



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

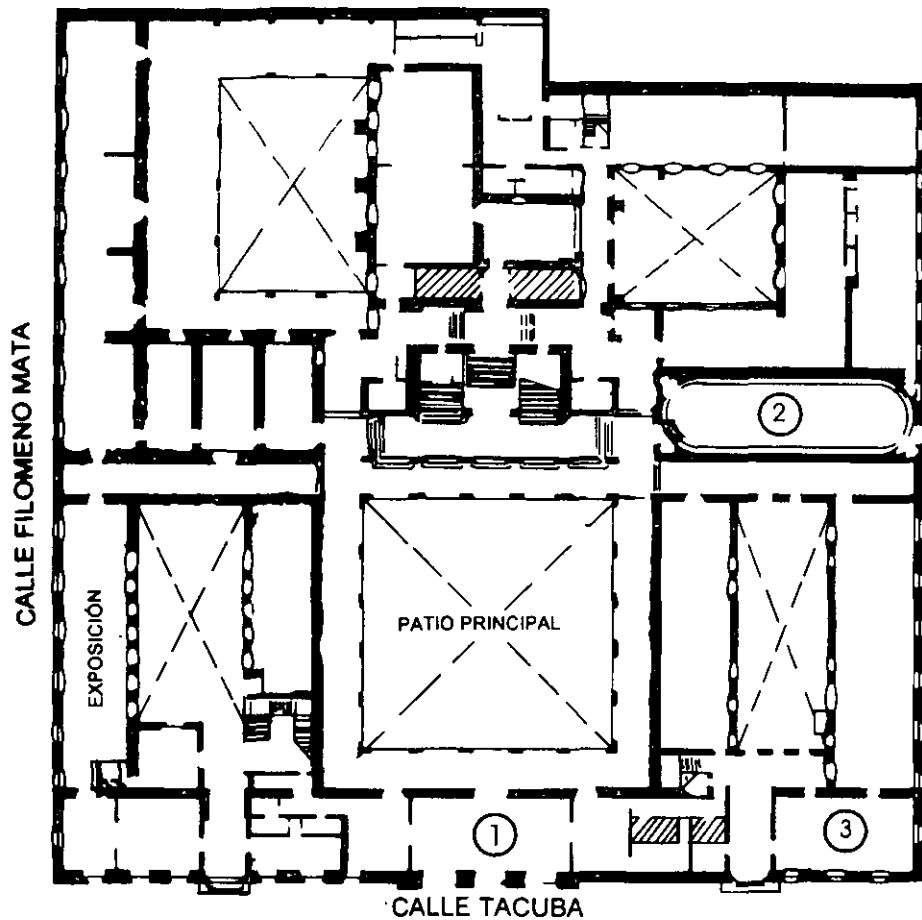
Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

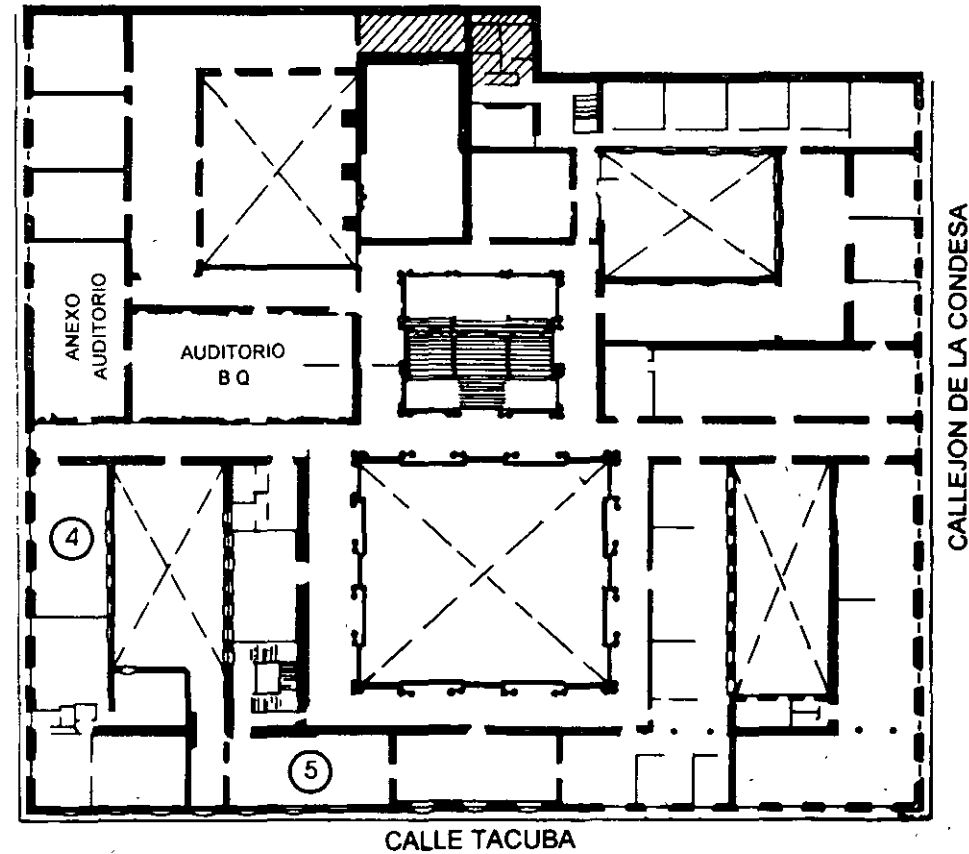
Atentamente

División de Educación Continua.

PALACIO DE MINERIA

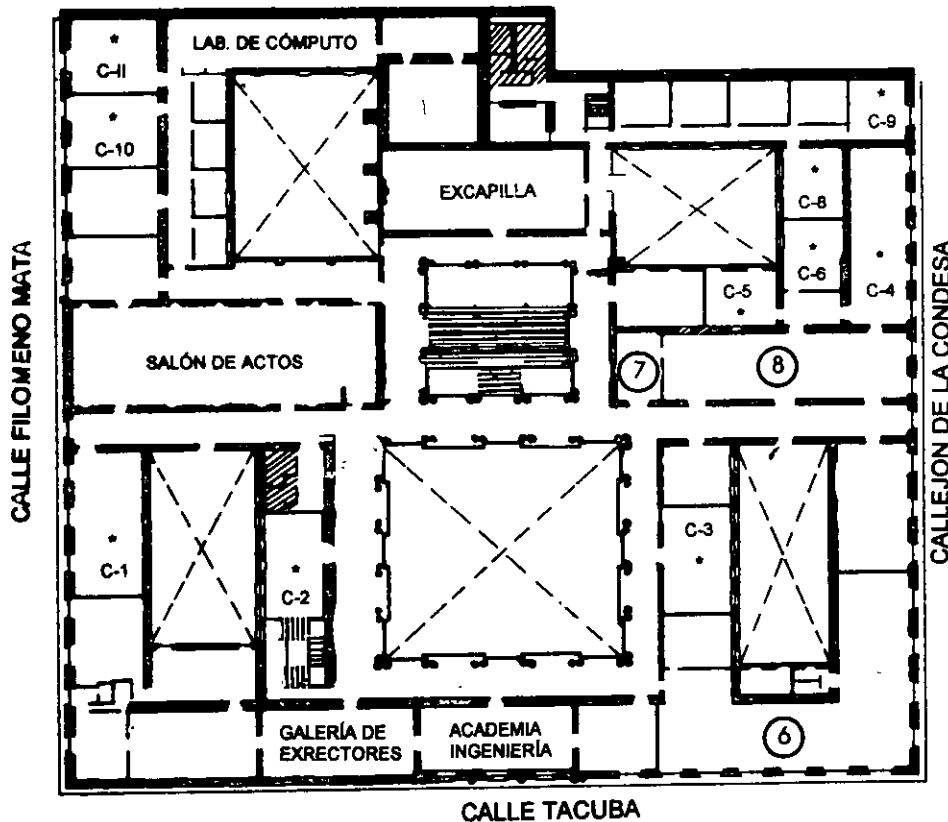


PLANTA BAJA



MEZZANINNE

PALACIO DE MINERIA



GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
3. LIBRERÍA UNAM
4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
6. OFICINAS GENERALES
7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
8. SALA DE DESCANSO

SANITARIOS

* AULAS

1er. PISO



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.
CURSOS ABIERTOS

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



**PROGRAMA DEL CURSO
DISEÑO ELECTROMECHANICO DE LINEAS DE TRANSMISION**

INSTRUCTOR	TEMA	SEPTIEMBRE	HORARIO
JBF-FSV	INTRODUCCION	17	17:00 - 17:30
ASH	REGLAMENTO DE LINEAS AEREAS	17	19:00 - 21:00
APS	DESCARGA DE RAYOS: DISTANCIAS DIELECTRICAS	18	17:00 - 21:00
APS	ANGULO DE BLINDAJE	19	17:00 - 19:00
RRC	MATERIALES: CONDUCTORES-AISLADORES HERRAJES	19	19:00 - 21:00
HET	RESISTENCIA DE TIERRA	20	17:00 - 19:00
HET	AISLADORES: LONGITUD, DISTANCIA DE FUGA. CONTAMINACION	21	19:00 - 21:00
GPG	SOBRETENSIONES: APARTARRAYOS	24	17:00 - 21:00
DRP	CARGAS MECANICAS	25	17:00 - 19:00
DRP	SELECCIÓN Y LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS	25	19:00 - 21:00
DRP	FLECHAS Y TENSIONES - PLANTILLAS	26	17:00 - 19:00
DRP	CALCULO DE CRUZAMIENTOS - PLANOS	26	19:00 - 21:00
DRP	CIMENTACIONES	27	17:00 - 21:00
DRP	FUERZAS: HORIZONTALES Y VERTICALES	28	17:00 - 21:00

CLAVE DE NOMBRES:

JBF	JUAN BAUTISTA FLORES
FSV	FRANCISCO SANTANDER VELAZQUEZ
ASH	AURELILANO SANCHEZ HERNANDEZ
APS	ANTONIO PANIAGUA SILVA
RRC	RAMON ROMERO CAMBEROS
HET	HUGO EQUIHUA TAPIA
GPG	GILBERTO PANIAGUA GARCIA
DRP	DELFINO RODRIGUEZ PEÑA



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM
CURSOS ABIERTOS**



CURSO: DIPLOMADO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA
MODULO III: DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE LINEAS DE TRANSMISION
FECHA: Del 17 al 28 de septiembre del 2001 **CA 110**

EVALUACIÓN DEL PERSONAL DOCENTE

(ESCALA DE EVALUACIÓN: 1 A 10)

CONFERENCISTA	DOMINIO DEL TEMA	USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	COMUNICACIÓN CON EL ASISTENTE	PUNTUALIDAD
Ing. Juan Bautista Flores				
Ing. Francisco Santander Velásquez				
Ing. Aureliano Sánchez Hernández				
Ing. Antonio Paniagua Silva				
Ing. Ramón Romero Camberos				
Ing. Hugo Equihua Tapia				
Ing. Gilberto Paniagua García				
Ing. Delfino Rodríguez Peña				

Promedio _____

EVALUACIÓN DE LA ENSEÑANZA

CONCEPTO	CALIF.
ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL CURSO	
GRADO DE PROFUNDIDAD DEL CURSO	
ACTUALIZACIÓN DEL CURSO	
APLICACIÓN PRACTICA DEL CURSO	

Promedio _____

EVALUACIÓN DEL CURSO

CONCEPTO	CALIF.
CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
CONTINUIDAD EN LOS TEMAS	
CALIDAD DEL MATERIAL DIDÁCTICO UTILIZADO	

Promedio _____

Evaluación total del curso _____

Continúa...2

1. ¿Le agradó su estancia en la División de Educación Continua?

SI

NO

Si indica que "NO" diga porqué:

2. Medio a través del cual se enteró del curso:

Periódico <i>La Jornada</i>	
Folleto anual	
Folleto del curso	
Gaceta UNAM	
Revistas técnicas	
Otro medio (Indique cuál)	

3. ¿Qué cambios sugeriría al curso para mejorarlo?

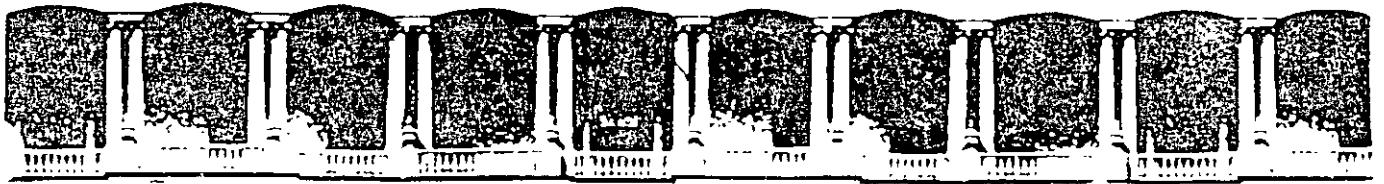
4. ¿Recomendaría el curso a otra(s) persona(s) ?

SI

NO

5. ¿Qué cursos sugiere que imparta la División de Educación Continua?

6. Otras sugerencias:



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

MODULO III: DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE LINEAS DE TRANSMISION

TEMA

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS LINEAS DE TRANSMISIÓN DE C.F.E.

**PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE 2001.**

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS LINEAS DE TRANSMISION DE C. F. E.

TENCION (KV)	CONDUCTORES		CAPACIDAD		LIMITE DE OP ESTABLE PROMEDI (MVA)	DIST ENTRE COND. EXTREMOS	MVR X100 KM EN VACIO	NO AISLADORES DE VIDRIO 12 Kv.
	N° X FASE	CALIBR E(MCM)	SII (MVA)	TERMICA (MVA)				
400	2	1113	504	1545	400 - 600	22	64	24
230	1	900	138	358	100 - 120	13	16	17
	1	795	138	317	80 - 100	13	16	
115	1	177	38	95	40 - 60	9	4	9

TABLA N° 1

INTRODUCCIÓN

CONTENIDO:

- **CONCEPTOS GENERALES**
- **USO DE UNA TORRE**
- **ESTRUCTURACIÓN**

OBJETIVO:

Los Participantes:

- Conocerán las partes que integran una torre ó estructura
- Conocerán la función de las torres
- Unifican vocablos usados

USO DE LA TORRE

LA CONJUNCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DEFLEXIÓN, CLARO MEDIO HORIZONTAL Y CLARO VERTICAL FORMAN EL DENOMINADO “USO DE LA TORRE” .

DEFLEXIÓN/CLARO MEDIO HORIZONTAL/CLARO VERTICAL

CLASIFICACIÓN DE TORRES

- DELTA

POR SU SILUETA

- VERTICALES

CLASIFICACIÓN DE TORRES

- AUTOSOPORTADAS

POR SU CONDICIÓN
DE APOYO

- CON RETENIDAS

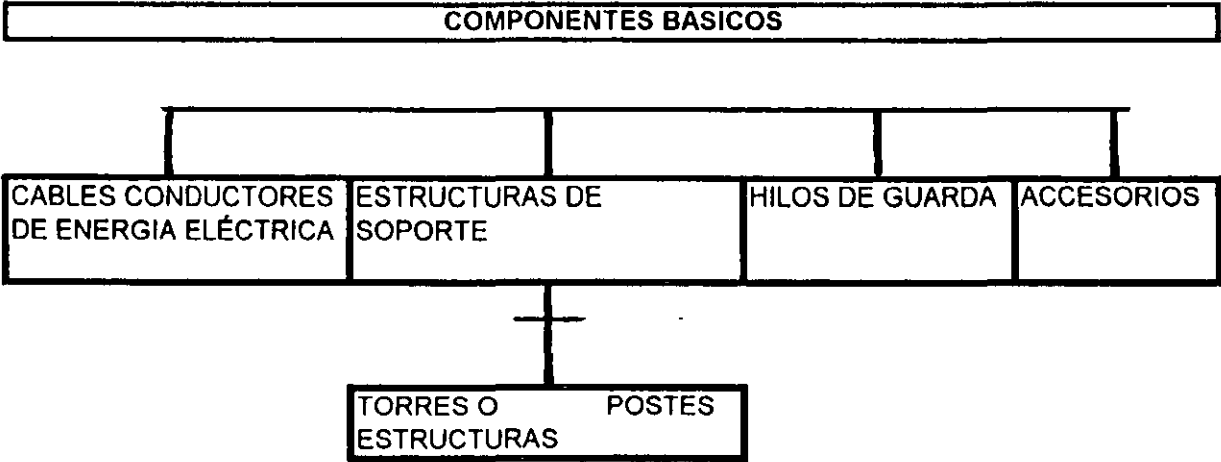
ESTRUCTURAS FUNCIÓN PRIMORDIAL

- SOPORTAR A LOS CONDUCTORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA.
- SOPORTAR HILOS DE GUARDA.
- RESISTIR LA ACCIÓN DE FENÓMENOS NATURALES: VIENTO, HIELO, SÍSMO.

DIMENSIONAMIENTO ELÉCTRICO

- SEPARACIÓN ENTRE CONDUCTORES*
- SEPARACIÓN ENTRE CONDUCTOR Y ESTRUCTURA*
- DISTANCIA ENTRE CONDUCTOR Y TERRENO*
- ÁNGULO DE PROTECCIÓN ENTRE CONDUCTORES E HILO DE GUARDA*
- CADENAS DE AISLADORES*

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN



COMPONENTES ESTRUCTURALES DE UNA TORRE

- EXTENSIONES
- CERRAMIENTOS
- CUERPO PIRAMIDAL
- HORQUILLA
- BRAZOS
- CRUCETAS DE CONDUCTORES
- TRABE O PUENTE
- CRUCETAS DE HILO DE GUARDA

CLASIFICACIÓN DE TORRES

POR SU USO

- SUSPENSIÓN
- DEFLEXIÓN
- REMATE
- TRANSPOSICIÓN

CLASIFICACIÓN DE TORRES

- POR SU TENSIÓN DE OPERACIÓN

- 400 kV
- 230 kV
- 115 kV
- COMBINADAS

TIPOS DE CARGA

EN FUNCIÓN A SU DIRECCIÓN RESPECTO AL EJE DE LA LÍNEA.

- **CARGA MUERTA**

VERTICALES: DEBIDA A LA MASA DE LOS CABLES CONDUCTORES, HERRAJES, ACCESORIOS Y AL PROPIO PESO DE LA TORRE.

- **CARGA VIVA**

TRANSVERSALES: DEBIDAS A VIENTO EN LOS CONDUCTORES, H.G., ESTRUCTURA HIELO SOBRE ESTOS ELEMENTOS.

- **CARGA ACCIDENTAL**

LONGITUDINALES: DEBIDA A LA TENSIÓN MÁXIMA DE LOS CONDUCTORES E H.G.

DEFLEXIÓN

ES EL ÁNGULO MÁXIMO DE CAMBIO DE DIRECCIÓN EN LA TRAYECTORIA DE LA L.T., QUE PERMITE LA TORRE SIN AFECTAR SU ESTABILIDAD.

PLANOS DE MONTAJE

- SON UN
COMPLEMENTO DE
LOS DE TALLER.
- SU FUNCIÓN ES
MOSTRAR EL
ENSAMBLE DE UNA
ESTRUCTURA

PLANOS DE FABRICACIÓN O TALLER

SE ELABORAN CON LA INFORMACIÓN
CONTENIDA EN LOS PLANOS
ESTRUCTURALES O DE DISEÑO

- CONTIENE LA GEOMETRÍA AL MILÍMETRO DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN LA ESTRUCTURA.
- DETALLES DE LAS PLACAS DE CONEXIÓN.
- TIPOS, TAMAÑOS Y LONGITUD DE SOLDADURAS.
- GRAMILES, POSICIÓN Y BARRENOS EN PLACAS Y PERFILES.
- LISTA DE MATERIALES EN DONDE SE ESPECIFICA LA MARCA, PERFIL, DIMENSIONES, PESO Y NÚMERO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL MISMO TIPO.

PLANOS EMPLEADOS EN TORRES

- PLANOS ESTRUCTURALES O DE DISEÑO
- PLANOS DE FABRICACIÓN O TALLER
- PLANOS DE MONTAJE

CLARO VERTICAL

ES LA SUMA DE LAS DISTANCIAS HORIZONTALES ENTRE LOS PUNTOS MÁS BAJOS DE LAS CATENARIAS DE LOS CABLES ADYACENTES A LA TORRE Y SE UTILIZA PARA DETERMINAR LAS CARGAS VERTICALES QUE ACTUAN SOBRE LA ESTRUCTURA, DEBIDAS A LA MASA DE LOS CONDUCTORES E H.G.

CLARO MEDIO HORIZONTAL

ES LA SEMISUMA DE LOS CLAROS ADYACENTES A LA TORRE Y SE UTILIZA PARA CALCULAR LAS CARGAS TRANSVERSALES QUE ACTUAN SOBRE LA ESTRUCTURA, DEBIDAS A LA ACCIÓN DEL VIENTO SOBRE LOS CABLES.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

MODULO III: DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE LINEAS DE TRANSMISION

TEMA

**DESCRIPCIÓN DE LA INCIDENCIA DE DESCARGAS
ATMOSFERICAS EN LAS DIFERENTES AREAS DE TRANSMISIÓN
DE C.F.E.**

**PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE 2001.**

1

DESCRIPCION DE LA INCIDENCIA DE DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LAS DIFERENTES AREAS DE TRANSMISION DE CFE

- 1.1 Parámetros de la Descarga Utilizados en el
Diseño de Líneas
 - 1.1.1 Densidad de Rayos a Tierra
 - 1.1.2 Número de Descargas que Inciden
en una Línea de Transmisión
 - 1.1.3 Distribución de Frecuencia de la Magnitud
y Forma de Onda de la Corriente del Rayo
 - 1.1.4 Impedancia Transitoria de Cables de Blindaje,
Conductores, Torres y Sistemas de Tierra
 - 1.1.5 Propagación de Ondas en Cables de Blindaje
y Conductores de Fase
 - 1.1.6 Atenuación y Distorsión de Ondas por Efecto Corona
 - 1.1.7 Características de Flameo de Aisladores
 - 1.1.8 Efectividad de la Protección

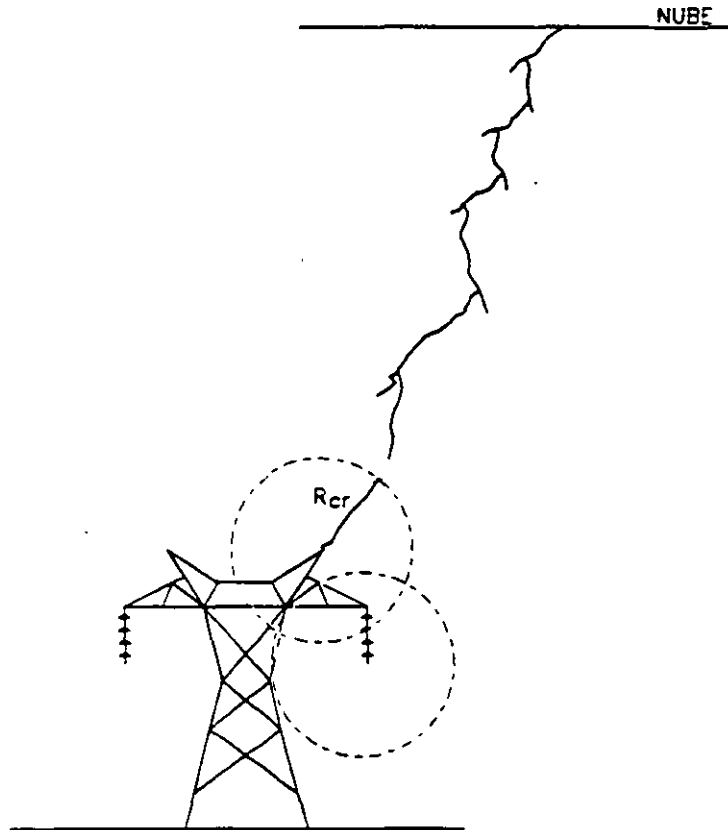


Figura 1.2.- Proceso de propagación de la guía descendente y formación de la guía ascendente (radio crítico de atracción).

1.1 Parámetros de la Descarga Utilizados en el Diseño de Líneas

Desde el punto de vista del diseño de líneas los parámetros de la descarga atmosférica más importantes son:

- 1.1.1 - La densidad de rayos a tierra en el área de interés
- 1.1.2 - El número de descargas que inciden en la línea de transmisión
- 1.1.3 - La distribución de frecuencia de la magnitud y forma de onda de la corriente del rayo
- 1.1.4 - La impedancia transitoria de los cables de blindaje, conductores, torres y sistemas de tierras
- 1.1.5 - La propagación (incluyendo la reflexión y transmisión) de las ondas en cables de blindaje y conductores de fase
- 1.1.6 - La atenuación de las ondas por efecto corona
- 1.1.7 - Las características de flameo de aisladores y el aislamiento de subestaciones incluyendo el efecto de ondas de impulso no normalizadas
- 1.1.8 - La efectividad de la protección contra descargas para varios niveles de salidas de operación de la línea

1.1.1 Densidad de Rayos a Tierra

La densidad de rayos a tierra es uno de los parámetros de importancia en el diseño de la protección de líneas de transmisión.

La densidad de rayos a tierra se obtiene con contadores de rayos, los cuales registran el número de rayos a tierra en una área determinada.

En áreas donde solamente se cuente con información del número de **días tormenta** por año T_d , es posible obtener el número de rayos a tierra/km²/año, N_g .

La gráfica de la **figura 1.3** presenta las relaciones para los diferentes tipos de terrenos observadas en México y la curva obtenida por CIGRE (Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques). Los valores de densidad de rayos a tierra se correlacionan con el número de días tormenta en terrenos planos con la siguiente aproximación:

$$N_g = 0.044 T_d^{1.24}$$

donde:

N_g = Número de rayos a tierra/km²/año
 T_d = Número de días tormenta

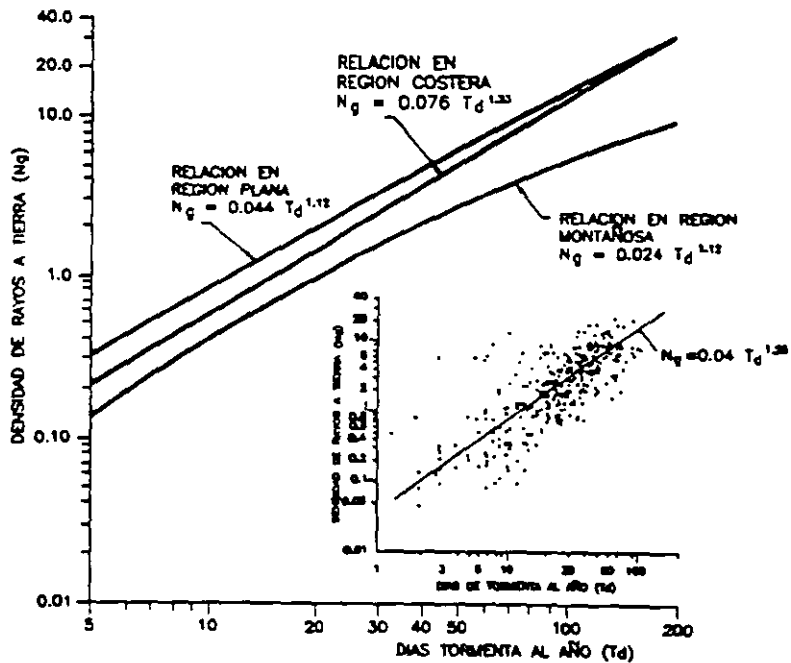


Figura 1.3.- Número de rayos a tierra en función del número de días tormenta para diferentes tipos de terreno en la República Mexicana y la relación obtenida por CIGRE.

1. DESCRIPCION DE LA INCIDENCIA DE DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LAS DIFERENTES AREAS DE TRANSMISION DE CFE

Las descargas atmosféricas son descargas naturales producidas normalmente durante tormentas eléctricas. Las descargas atmosféricas se clasifican por la polaridad de la carga en la nube (positiva o negativa) y por la dirección de propagación del líder inicial o guía escalonada (ascendente o descendente). Las descargas de polaridad positiva son más frecuentes en zonas cercanas a los polos. Podemos considerar que en nuestro país, en promedio, el 90% de rayos a tierra son de polaridad negativa, con 45% a 55% de descargas con solo un rayo de retorno.

El tipo de descarga más común que produce problemas a líneas de transmisión es la descarga de nube a tierra con polaridad negativa, **figura 1.1**.

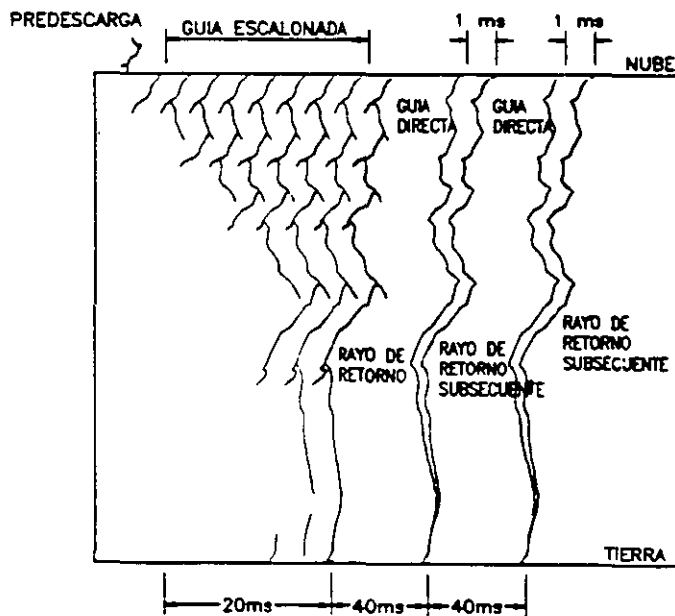


Figura 1.1.- Secuencia de los procesos en una descarga atmosférica con polaridad negativa.

Los procesos que se llevan a cabo durante una descarga son muy variables tanto en espacio como en tiempo. En la **tabla 1.1** se muestra un resumen de los procesos en una descarga atmosférica en secuencia de tiempo y lugar de ocurrencia.

Después de que ocurre el rayo de retorno, existe una alta probabilidad de que ocurra una o varias descargas subsecuentes por el mismo canal de descarga; el número promedio de descargas subsecuentes es de 3.

TABLA 1.1.- Procesos en un descarga atmosférica con polaridad negativa

PROCESO	TIEMPO	LUGAR
PREDESCARGA	Duración menor de un microsegundo , < 1 μ s.	Descarga dentro de la nube.
GUÍA ESCALONADA	Sucede a intervalos de tiempo de alrededor de 50 μ s con una duración total de aprox. 100 ms.	Desde la nube se prolonga hasta cerca del nivel de tierra, cambia de dirección en forma de escalones, con secuencias de aprox. 50 m cada uno.
(*)GUÍA ASCENDENTE	Se forma antes que la guía escalonada llegue a tierra.	Comienza en la superficie de la tierra u objetos altos.
(**)RAYO DE RETORNO	Neutralización de la carga en la guía escalonada en aprox. 100-200 μ s.	Desde la unión de las guías hasta la base de la nube.
GUÍA SUBSECUENTE	Mas rápida que la escalonada	El mismo canal que el rayo de retorno, sin ramificaciones
DESCARGA SUBSECUENTE	Descargas con intervalos de tiempo de aprox. 50 ms.	En el mismo canal del rayo de retorno.

(*) El proceso en el cual ambas guías se unen es considerado en el estudio del radio de atracción para el diseño de blindaje como protección contra rayos directos en líneas de transmisión de energía eléctrica.

(**) Este proceso es el de mayor corriente y el que mayor daño produce debido a la energía de la descarga. Los valores típicos de las corrientes de los rayos de retorno son de aproximadamente 30 kA y su frente de onda varía entre 1.8 μ s y 18 μ s, con valor promedio de 5.5 μ s.

En la **figura 1.2** se muestra la última etapa antes de que el rayo de retorno se produzca, en esta etapa se desarrolla la guía ascendente cuya longitud depende de la carga que tenga la guía descendente. A través de experimentación con torres de diferentes alturas, Erikson propuso la siguiente relación entre el radio crítico o de atracción y alturas promedio de torres de transmisión. Esta relación se obtuvo por medio del ajuste de las curvas de datos experimentales usando mínimos cuadrados:

$$R_{cr} = 14.0 H_T^{0.6}$$

donde:

R_{cr} = Radio crítico o de atracción (m)

H_T = Altura promedio de la torre o del conductor (m)

En México se tiene la información obtenida por una red de contadores de rayos instalados en toda la República Mexicana, esta información se recabó durante 11 años de operación de los contadores. En la **figura 1.4** se muestra el mapa de la República Mexicana con las áreas con una misma **densidad de rayos a tierra**, indicando el **número de rayos a tierra por kilómetro cuadrado y por año**. Estos valores representan el promedio de los valores registrados durante los once años de operación de los contadores. En el **APENDICE A** se muestran los mapas de las áreas de transmisión.

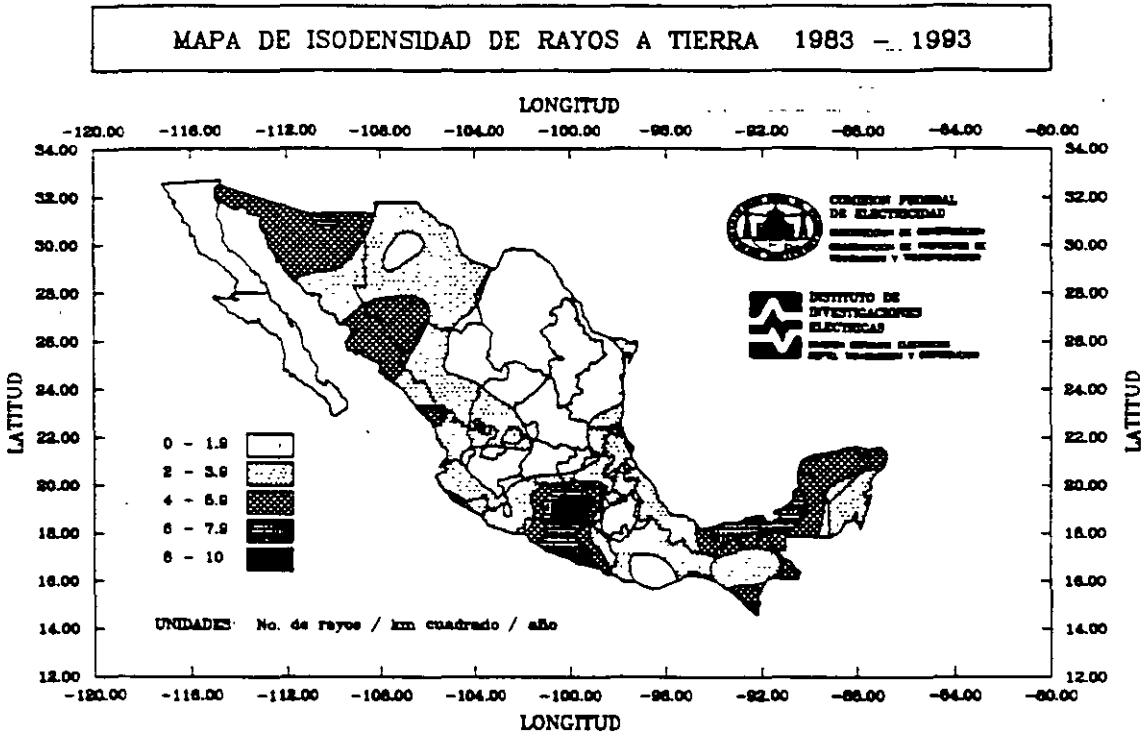


Figura 1.4.- Mapa de la República Mexicana con las áreas de densidad de rayos a tierra por kilómetro cuadrado por año.

1.1.2 Número de Descargas que Inciden en una Línea de Transmisión

En el estudio de blindaje de líneas de transmisión se comienza por calcular la distancia de atracción o radio crítico para los conductores de fase e hilos de guarda de acuerdo a la fórmula propuesta por Erikson, discutida en la sección 1.0 y representada por la **figura 1.2**. Posteriormente, se obtiene el número de rayos directos a la línea de acuerdo al tipo de terreno donde se encuentre la línea de transmisión. Por medio de un modelo dinámico matemático del desarrollo de la guía escalonada, se han obtenido resultados del número de rayos que inciden en líneas de transmisión para diferentes condiciones del terreno, como lo son: terreno plano,

laderas y picos de montañas (Dellera y Garbagnati). En la **figura 1.5** se muestra la relación entre el número de rayos esperados a una línea de transmisión en función de la altura promedio de la torre H_T , para una $N_g = 1$, y para diferentes tipos de terreno. Para densidades de rayos a tierra diferentes a la unidad, el resultado se afectará proporcionalmente.

El número de rayos a una línea en **terreno plano** se puede calcular usando la siguiente fórmula:

$$N_L = N_g \frac{(2R_{cr} + b)}{10}$$

donde:

- N_g = Densidad de rayos a tierra de la región en número de rayos a tierra por kilómetro cuadrado por año.
- R_{cr} = Radio crítico de atracción en metros (ver sección 1.0 y figura 1.2)
- b = Ancho de la línea en metros

En la **figura 1.5** se muestran los resultados obtenidos con la fórmula anterior, representados por la curva marcada con (*). De estos resultados se concluye que se puede usar esta fórmula para el cálculo del número de rayos a una línea en un terreno plano o en ladera, con las alturas promedio de torres mostradas en la gráfica. Para el caso de líneas sobre terreno con cumbres se recomienda el uso de la curva correspondiente mostrada en la **figura 1.5**.

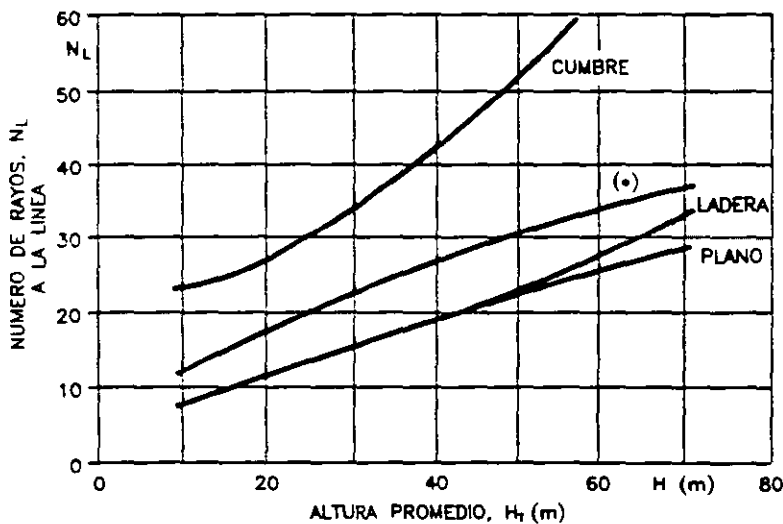


Figura 1.5.- Número de rayos esperados a líneas de transmisión en función de la altura promedio de la torre H_T , para $N_g=1$.

1.1.3 Distribución de Frecuencia de la Magnitud y Forma de Onda de la Corriente del Rayo

En la **figura 1.6** se muestran las distribuciones de frecuencia de las magnitudes de corriente del rayo (polaridad negativa), obtenidas por: CIGRE (línea continua) y la adoptada por IEEE (línea punteada). La curva dada por CIGRE se obtuvo con 408 observaciones en estructuras de menos de 60 m de altura en diferentes partes del mundo. La curva de IEEE es una aproximación matemática de la curva de CIGRE.

Para efectos de cálculo, una representación simple de la curva probabilística de la magnitud de corriente del rayo de IEEE (sugerida por J. G. Anderson) es la siguiente:

$$P(I) = \frac{1}{1 + \left(\frac{I}{31}\right)^{2.6}}$$

donde P(I) es la probabilidad de exceder un valor de la corriente I.

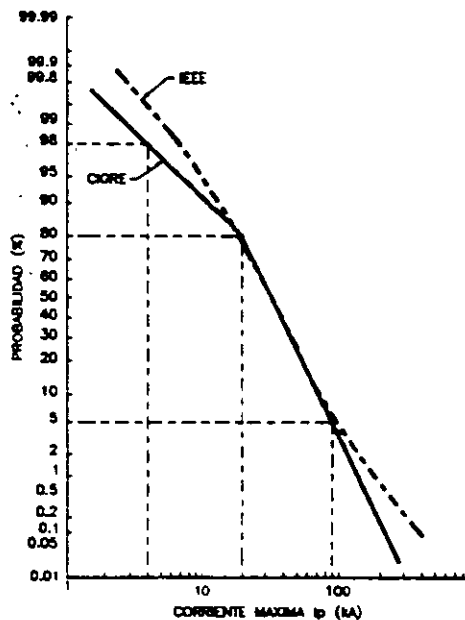


Figura 1.6.- Distribución de corrientes de rayo.

Las transitorios producidos por descargas atmosféricas directas en líneas de transmisión de energía eléctrica y los esfuerzos a los que se ve sometido el aislamiento eléctrico pueden analizarse por medio de simulaciones usando formas de onda normalizadas. La forma de onda de 1.2 μs de frente y 50 μs para que la onda disminuya su amplitud a un 50% de su valor máximo (1.2/50 μs) es usada en pruebas de simulación de impulsos de voltaje por rayo y la forma de onda 8/20 μs es usada en pruebas de impulso de corriente de rayo. Normalmente se usan funciones matemáticas para su representación en cálculos en los que se involucran.

1.1.4 Impedancia Transitoria de Cables de Blindaje, Conductores, Torres y Sistemas de Tierra.

La impedancia transitoria de cables, ya sea de blindaje o conductores de fase a una altura sobre el nivel de tierra, se calcula con la relación siguiente:

$$Z_r = 60 \ln \frac{2h_c}{r_c}$$

donde:

- h_c = altura del conductor sobre el nivel de tierra (m)
- r_c = radio del conductor (m)

La estructura de la torre se considera como una línea de transmisión corta con una impedancia transitoria constante aterrizada a través de su resistencia a pie de la torre. Se tienen las relaciones de impedancias transitorias equivalentes para algunos tipos de torres (obtenidas por Sargent y Darveniza en 1968). La **figura 1.7** muestra los perfiles típicos de tres clases de torres con sus respectivas relaciones de impedancia transitoria. Para el perfil de torre de clase 2, el valor $2r$ es el diámetro de la guía de bajada de tierra en poste de madera o en su caso el diámetro del poste metálico. Adicionalmente, en la **tabla 1.2** se presentan las impedancias transitorias de las torres de transmisión, normalmente usadas en CFE.

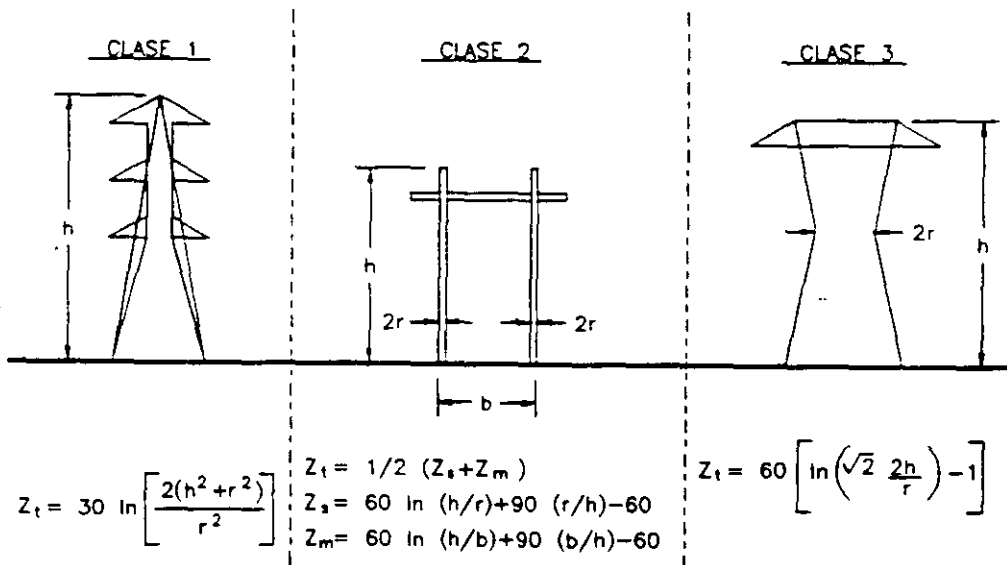


Figura 1.7.- Perfiles típicos de torres de transmisión con sus respectivas relaciones de impedancia transitoria.

Tabla 1.2.- Impedancias características de torres usadas en CFE

TORRE TIPO	NIVEL DE TENSION (KV)	IMPEDANCIA TRANSITORIA (Ω)	TORRE TIPO	NIVEL DE TENSION (KV)	IMPEDANCIA TRANSITORIA (Ω)
A	400	247.83	2M1	230	243.3
AM	400	249.4	2S1	230	241.1
C	400	211.7	2B1	230	232.2
CM	400	237.3	2B2	230	154.9
D	400	216.12	2R2	230	148.0
DM	400	241.0	2S2	230	154.6
4BC1	400	229.7	2Z1	230	234.1
4BB1	400	233.14	2D1	230	243.8
4BA1	400	232.23	1M1	115	294.2
2B1	230	245.8	1B1	115	283.1
2C1	230	239.0			

La impedancia transitoria de conexión a tierra al pie de la torre puede considerarse constante (resistencia al pie de torre) para efectos de simplificación de cálculos. En realidad este valor de impedancia transitoria de conexión a tierra varia en forma no lineal.

1.1.5 Propagación de Ondas en Cables de Blindaje y Conductores de Fase

Al incidir una descarga atmosférica en un cable de blindaje o conductor de fase, figura 1.8, se inyectará la corriente del rayo en el conductor y se producirá una onda de voltaje proporcional al producto de la impedancia transitoria del conductor y la mitad de la corriente del rayo, como:

$$V_i(t) = \frac{I_r(t)}{2} Z_i$$

donde:

$V_i(t)$ = voltaje transitorio (V)

$I_r(t)$ = corriente del rayo (A)

Z_i = impedancia transitoria del conductor (Ω)

Estas ondas se propagarán o viajarán, con una velocidad aproximada a la velocidad de la luz (300 m/μs), hacia ambos lados del conductor, ver **figura 1.8**, hasta encontrar un camino a tierra. Al encontrar cambios de impedancia, como puede ser la conexión a una torre, la onda de corriente y de voltaje sufrirán cambios en magnitud y forma de onda.

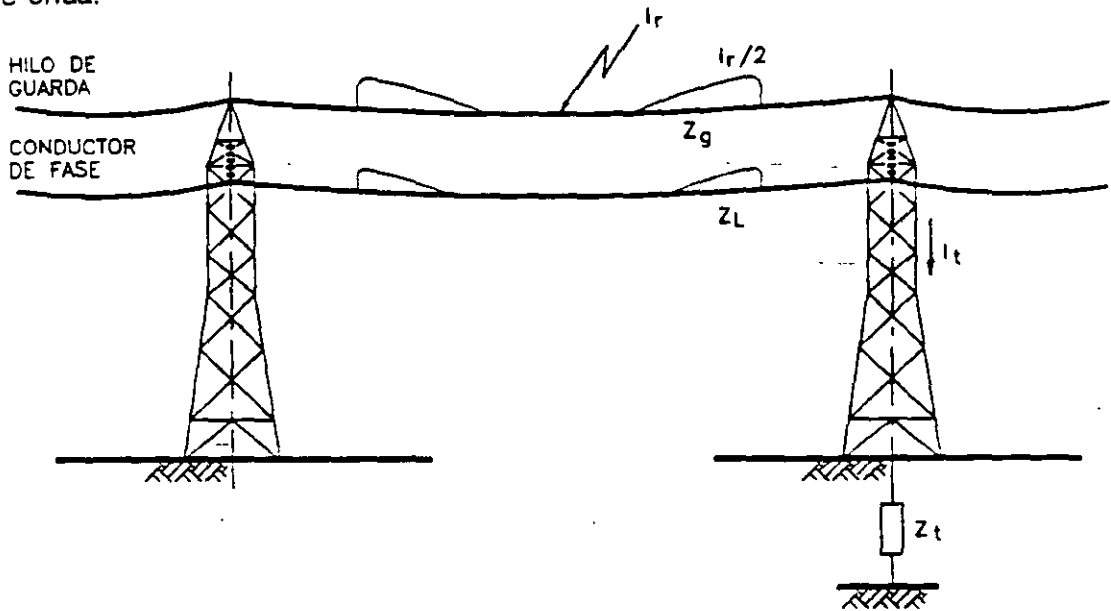


Figura 1.8.- Representación de la incidencia de una corriente de rayo en una línea de transmisión y la formación de las ondas de voltaje.

1.1.6 Atenuación y Distorsión de Ondas por Efecto Corona

La atenuación y distorsión de las ondas al viajar por los conductores se debe principalmente a la pérdida de energía, esta pérdida de energía depende de las características del conductor, principalmente de sus dimensiones y su ubicación. El efecto corona es una manera de pérdida de energía a través de ionización alrededor del conductor. Este efecto consiste en la disipación de la energía en el aire, la cual forma una corona conductiva alrededor del conductor y está relacionado directamente con el voltaje y el radio del conductor. El voltaje de iniciación de corona está dado por:

$$V_c = E_c r_c \ln\left(\frac{2h}{r_c}\right)$$

donde :

r_c = radio de corona

h = altura del conductor

E_c = esfuerzo dieléctrico en aire para campo eléctrico uniforme (3×10^6 V/m)

En la **figura 1.9** se muestra la atenuación y distorsión debido a corona para diferentes tiempos de cola de la onda.

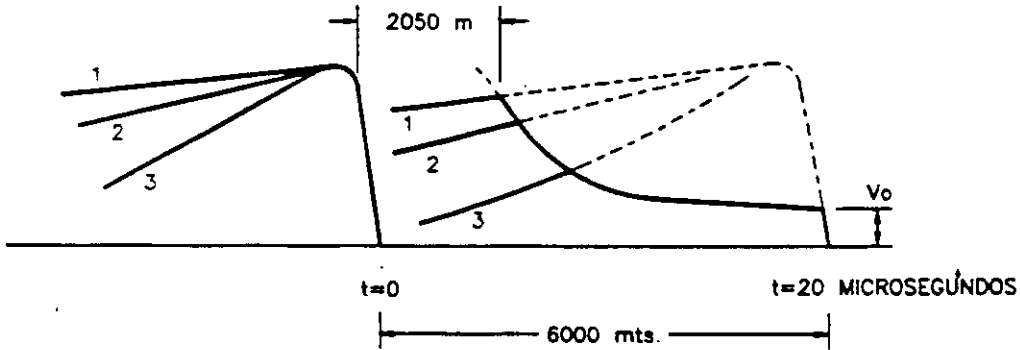


Figura 1.9.- Atenuación y distorsión debido a corona para diferentes tiempos de cola.

1.1.7 Características de Flameo de aisladores

El comportamiento de los aisladores ante esfuerzos eléctricos es bastante complejo, normalmente se define como un fenómeno no lineal con su característica voltaje-tiempo, en la **figura 1.10** se muestra este comportamiento para diferentes frentes de onda de la corriente del rayo.

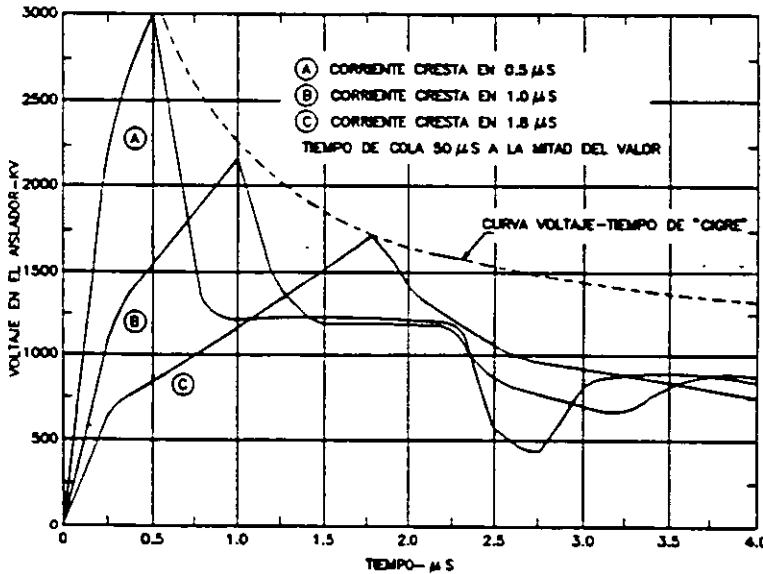


Figura 1.10.- Curva Voltaje-tiempo de un aislador con corrientes de rayo con diferentes frentes de onda.

1.1.8 Efectividad de la Protección

Normalmente, la efectividad de la protección contra descargas atmosféricas se evalúa comparando los índices de salidas esperados contra los índices de salida obtenidos, para los diferentes métodos de protección. Por ejemplo, si se espera un índice de salidas de 0.05 por cada 100 kilómetros de línea por año debido a fallas de protección, se tiene que evaluar la operación de la línea durante un año para determinar el índice real de salidas de la línea analizada. Se puede usar la siguiente relación para obtener una evaluación aproximada de la efectividad del esquema de protección contra rayos en líneas de transmisión:

$$E_{prot} = \left(1 - \frac{S_{esp} - S_{prot}}{S_{esp}}\right) \times 100$$

donde :

- E_{prot} = Efectividad de la protección usada
- S_{esp} = Índice de salidas esperado
- S_{prot} = Índice de salidas durante un año de operación con protección


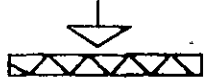
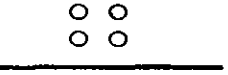

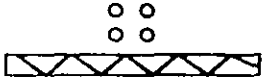
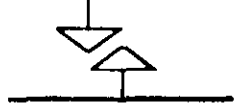

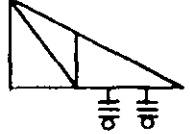
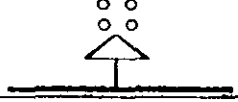

Adicionalmente, en este análisis se puede incluir el costo de operación de la protección, C_{oper} , con la siguiente relación:

$$C_{oper} = \frac{C_{ssp} - C_{scp}}{C_{prot}} \times 100$$

donde :

- C_{oper} = Costo de operación de la protección usada
- C_{ssp} = Costo de salidas de línea sin protección
- C_{scp} = Costo de salidas de línea con protección durante un año de operación

DISTANCIAS DIELECTRICAS

Configuración de Electroodos		Factor de Gap K
Punta - Plano (punta - placa)		1.0
Punta - Estructura		1.05
Conductor - Plano		1.15
Conductor - Ventana		1.20
Conductor - Estructura		1.30
Punta - Punta (Varilla-Varilla) H= 3.0 m o menos		1.30
Conductor - Estructura Lateral y Debajo		1.35
Conductor - Extremo de brazo o Cruceta de Estructura		1.55
Conductor - Punta H= 3.0m o menos		1.65
Conductor - Punta H= 6.0m o menos		1.90



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

MODULO III: DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE LINEAS DE TRANSMISION

TEMA

**DETERMINACIÓN DEL ANGULO DE BLINDAJE PARA OBTENER
UN INDICE DE SALIDAS DESEADO POR FALLAS DE BLINDAJE**

**PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE 2001.**

2

DETERMINACION DEL ANGULO DE BLINDAJE PARA OBTENER UN INDICE DE SALIDAS DESEADO POR FALLAS DE BLINDAJE

2.1 Angulo de Blindaje

2.2 Falla de Blindaje

**2.3 Indices de Salidas de Líneas de Transmisión
por Fallas de Blindaje**

2. DETERMINACION DEL ANGULO DE BLINDAJE PARA OBTENER UN INDICE DE SALIDAS DESEADO POR FALLAS DE BLINDAJE

Uno de los métodos de protección de líneas contra descargas es por medio del blindaje, este método consiste en interceptar las descargas atmosféricas y conducirlos a tierra por medio de un conductor conectado a tierra o **hilo de guarda**. El hilo de guarda se instala en la parte más elevada de la torre de transmisión con un ángulo respecto a su línea vertical y el conductor de fase mas externo, conocido como ángulo de blindaje, θ_o (figura 2.1).

2.1 Angulo de Blindaje

La figura 2.1 muestra la variación del ángulo de blindaje, θ_o , de positivo a negativo, al variar la posición del hilo de guarda con respecto a un conductor de fase para un tipo de torre. El objetivo de la selección del número de hilos de guarda y su posición es el de interceptar los rayos y reducir las fallas de blindaje a un número aceptable.

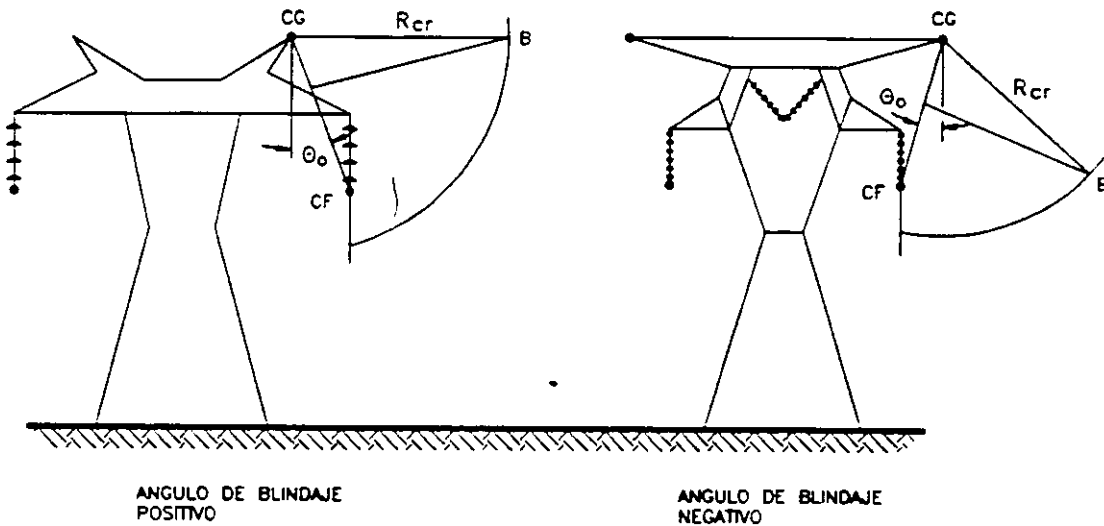


Figura 2.1.- Variación del ángulo de blindaje para un tipo de estructura de torre. Los ángulos mostrados son positivo (a) y negativo (b).

2.2 Falla de Blindaje

Para la obtención del **índice de fallas por blindaje inapropiado**, FB, se tienen dos alternativas, una es considerando la corriente mínima de incidencia del rayo, obtenida de la curva de probabilidad (3 kA) y la otra alternativa es considerando la corriente mínima del rayo en el conductor de fase que produzca flameo en el aislamiento, obteniendo el **índice de fallas de blindaje que producen flameo**, FBF.

La falla de blindaje se puede definir como el flameo de un aislador debido a la incidencia de un rayo en el conductor de fase en vez de incidir en el hilo de guarda diseñado con cierto ángulo de blindaje, ver el **APENDICE B**, sección B.2.

Adicionalmente, las condiciones para las cuales se producen flameos inversos, como son altos valores de resistencia a tierra y/o bajo nivel del aislamiento, se deben de tomar en cuenta para obtener las bases de un diseño total por descargas atmosféricas. De esta manera se puede considerar un solo hilo de guarda para zonas con baja densidad de rayos a tierra y dos hilos de guarda para zonas con alta densidad de rayos a tierra. Los niveles críticos para los **índices de fallas de blindaje que producen flameos**, FBF, se deja a consideración del diseñador. Por ejemplo para líneas que den servicio a cargas críticas, se puede seleccionar un valor de diseño de **FBF menor o igual a 0.05** fallas de blindaje que producen flameos por cada cien kilómetros de línea por año.

Basado en la formulación del radio crítico de Brown-Whitehead, para condiciones severas y considerando rayos verticales, se puede sugerir el uso de la **figura 2.2** para la selección del ángulo de blindaje. En esta figura se presentan los ángulos de blindaje promedio a medio claro, por lo que los ángulos de blindaje en las torres pueden ser mayores.

Con las curvas de la **figura 2.2** se obtiene el ángulo de blindaje promedio para diferentes valores de diseño de FBF/ N_g y se considera terreno plano. En la figura, H_g es la altura del conductor de guarda y H_f es la altura del conductor de fase. Los ángulos de blindaje, θ_o , se obtienen con las alturas promedio de los conductores en la torre, H_T , para valores de corriente de 5 y 10 kA, los cuales representan los límites para obtener fallas de blindaje que producirán flameos al rebasar el nivel básico de aislamiento. Estos ángulos de blindaje son promedios tomados a medio claro, por lo que en las torres pueden llegar a tener un valor mayor. También se considera un terreno plano para estos ángulos. Para torres en laderas, el ángulo promedio se obtiene como el valor del ángulo en la gráfica menos el ángulo de inclinación de la ladera. Para el caso de torres en áreas arboladas o con estructuras altas se pueden usar ángulos mayores, ya que el radio de atracción de la tierra se incrementa por las alturas de los árboles y estructuras.

Torres construidas en topes de colinas son más vulnerables debido al aumento del número de rayos, sin embargo los flameos inversos llegan a ser más representativos debido a que la resistencia al pie de la torre tiende a ser mayor en estas áreas.

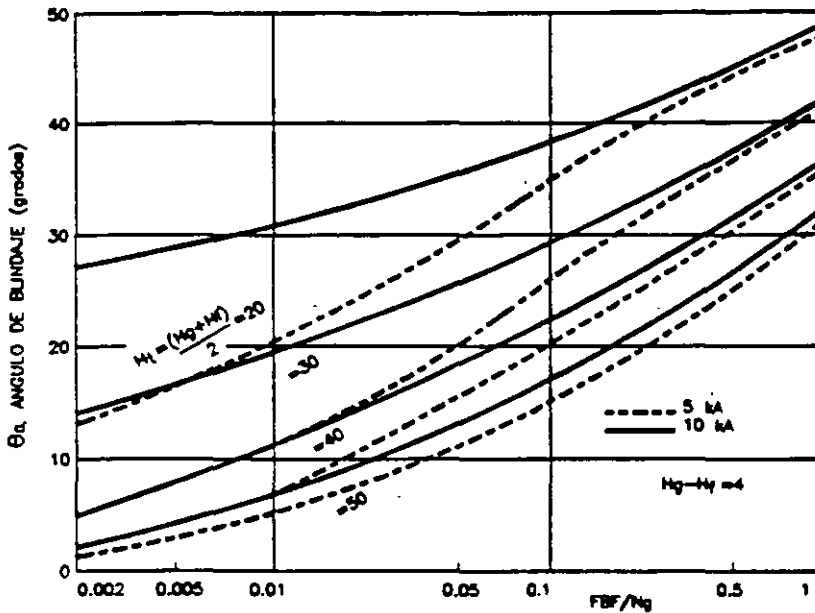


Figura 2.2.- Relación entre valores de diseño de fallas de blindaje que producen flameo/densidad de rayos a tierra (FBF/N_g) y ángulo de blindaje promedio considerando terreno plano.

Como ejemplo de aplicación de la gráfica de la figura 2.2, tomemos el tipo de torre de 400 kV (un circuito, suspensión), tipo "A", TOMEXSA, con alturas del conductor de fase de 25.0 m y del hilo de guarda de 33.525 m, se obtiene un valor promedio $(H_g + H_f)/2 = 29.26$ m, y considerando un valor de diseño de $FBF = 0.05$ y un $N_g = 5$, tenemos que $FBF/N_g = 0.01$, para una corriente crítica de 5 kA se obtiene en la curva un valor de ángulo promedio de 11 grados. Si cambiamos el valor de N_g a un valor de 1, se tiene una relación $FBF/N_g = 0.05$, lo que resulta en valor de 21 grados de ángulo de blindaje en la gráfica.

La utilización de ángulos de blindaje negativos es solamente apoyada por los estudios de Dellera-Garbagnati, quienes proponen la relación entre la altura promedio de los conductores en la torre H_T y el ángulo de blindaje θ_0 , mostrada en la figura 2.3.

Nótese que los ángulos negativos son requeridos para torres con H_T mayor a 35 m, para garantizar una relación FBF/N_g del orden de 0.0125, o una de 0.05 para regiones con una N_g de 4 rayos/km²/año.

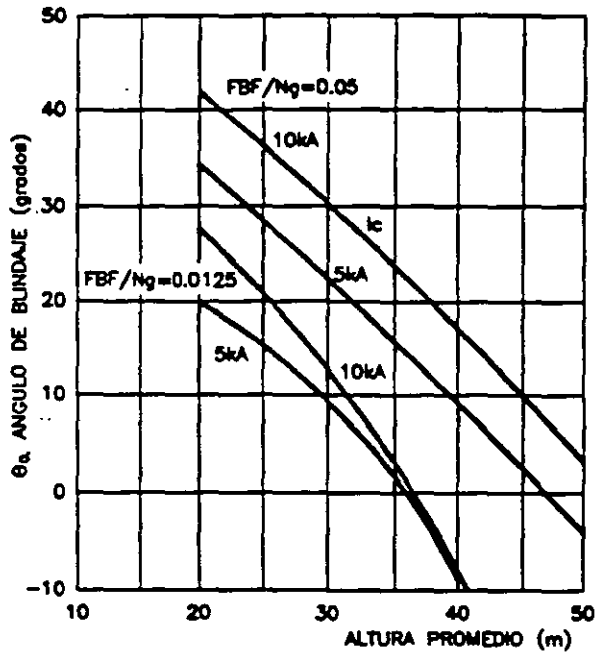


Figura 2.3.- Ángulo de blindaje obtenido por el método Dellera-Garbagnati.
FBF = fallas de blindaje que producen flameo,
N_g = densidad de rayos a tierra

2.3 Indices de Salidas de Líneas de Transmisión por Fallas de Blindaje

En esta sección se presentan las relaciones entre el número de salidas por kilómetro de línea por año debidas a fallas por blindaje y el ángulo de blindaje. Estas relaciones se establecen para cada nivel de tensión.

Normalmente se permite un cierto riesgo de falla del blindaje en su diseño, el cual influye en la construcción o modificación de topes o copetes de torres para la instalación del hilo de guarda. El cálculo del índice de salidas de línea se realiza con el modelo electrogeométrico por medio de una computadora. Se tienen resultados, válidos a nivel internacional, en donde se da el número de salidas por año por 100 km de línea en función del ángulo de blindaje, **gráficas de la figura 2.4**. Las gráficas se dan para una densidad de rayos a tierra de 2.0 rayos/km²/año (T_d = 25), para diferentes alturas promedio del hilo del guarda y diferentes niveles de aislamiento al impulso por rayo. La altura promedio del hilo de guarda se calcula de la manera siguiente:

Para terreno plano: $H_p = H_g - (2/3) F_g$
 Para terreno ondulado: $H_p = H_g$
 Para terreno montañoso: $H_p = 2H_g$

donde H_p es la altura promedio, H_g es la altura del hilo de guarda y F_g es la flecha máxima del hilo de guarda.

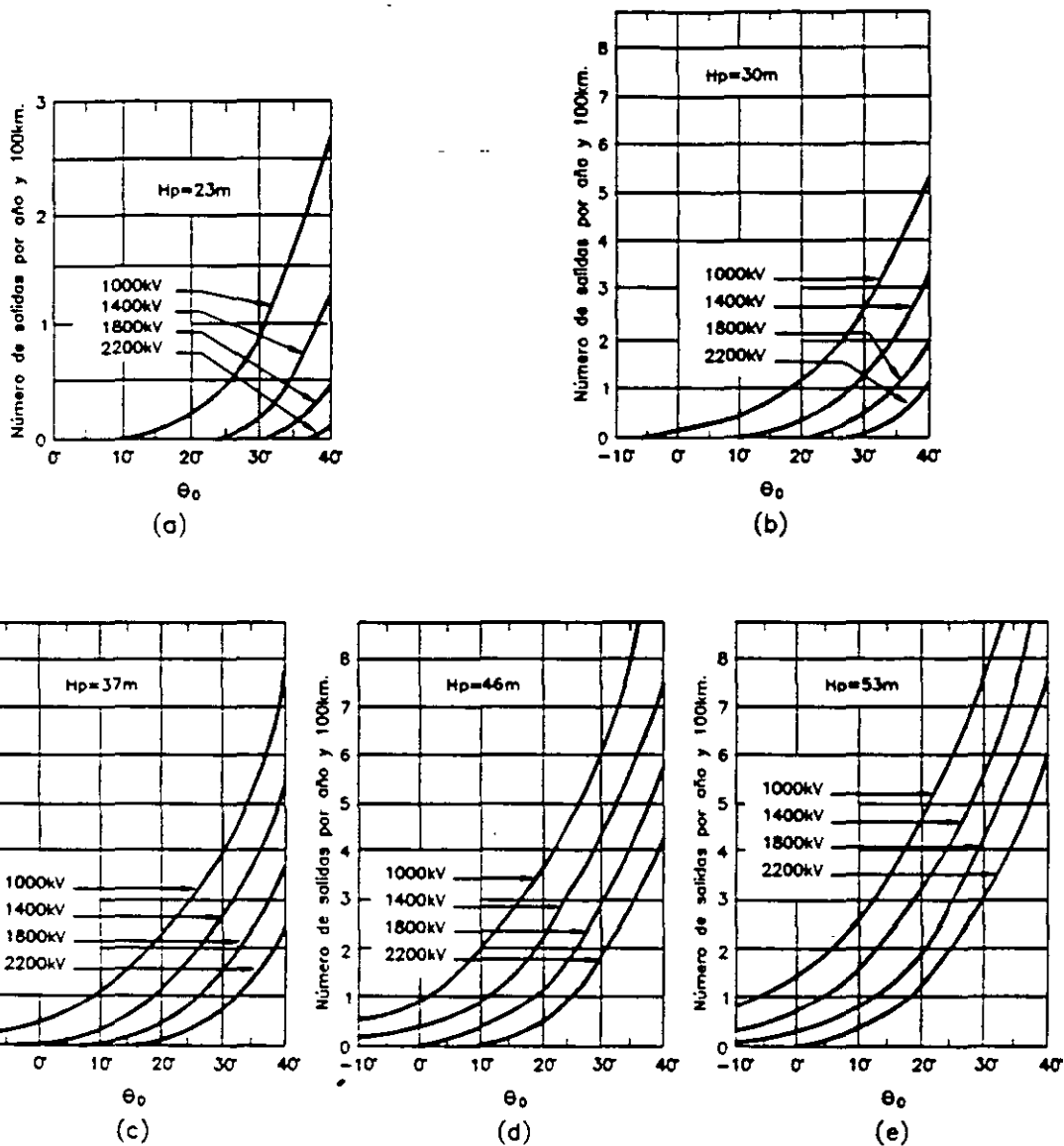


Figura 2.4.- Gráficas del número de salidas en función del ángulo de blindaje.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
POTENCIA**

**MODULO III: DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE LINEAS DE
TRANSMISION**

TEMA

MATERIALES: CONDUCTORES, AISLADORES

**PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE 2001.**

INDICE

CONDUCTORES

- 1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN**
- 2 NORMAS QUE SE APLICAN**
- 3 DEFINICION**
- 4 ESPECIFICACIONES**
- 5 MUESTREO**
- 6 METODOS DE PRUEBA**
- 7 EMPAQUE**
- 8 MARCADO**

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

La presente especificación establece las características que deben cumplir los cables ACSR/AS, que utiliza la Comisión en los sistemas eléctricos ubicados en zonas con problemas de corrosión.

2 NORMAS QUE SE APLICAN

NOM-EE-161-1983	Carretes de Madera para Conductores Eléctricos y Telefónicos.
CFE E0000-13-1979	Procedimientos de Muestreo Estadístico para Conductores Eléctricos.
ANSI/ASTM B 549-71	Concentric - Lay - Stranded Aluminum Conductors, Aluminum - Clad Steel Reinforced (ACSR/AW). (Conductores de Aluminio con cableado concéntrico, reforzados con acero recubierto de aluminio soldado)
ANSI/ASTM B 502-70	Aluminum-Clad Steel Core Wire For Aluminum Conductors. Aluminum-Clad Steel Reinforced. (Alambres de Acero con recubrimiento de aluminio soldado, para conductores de aluminio reforzados con acero recubierto de aluminio soldado)

3 DEFINICION

3.1 Cable ACSR/AS

Es el cable constituido por un núcleo central de alambre(s) de acero recubierto(s) de aluminio soldado, rodeado(s) por una (o más) capa(s) de alambre de aluminio dispuesto helicoidalmente.

4 ESPECIFICACIONES.

Todos los cables ACSR/AS que utiliza la Comisión deben cumplir con lo indicado en las normas ANSI/ASTM B 549 y ANSI/ASTM B 502 última revisión. Sus características principales se indican en la tabla 1.

La unión aluminio-acero en los alambres del núcleo, se debe efectuar por el proceso controlado de soldadura a nivel molecular.

4.1 Tensiones Nominales

Las tensiones nominales de operación en las que se utilizan normalmente los cables ACSR/AS, se indican en la tabla 2.

TABLA 1- Características generales de los cables ACSR/AS

Descripción corta	Area Total de AL mm ² (kCM)	Area de los alambres de AL mm ²	No. de alambres		Diámetros mm		
			AL	AS	Alambres		Total cable (D)
					AL (d1)	AS (d2)	
Cable ACSR/AS 2	39.25 (69.14)	33.64	6	1	2.67	2.67	8.01
Cable ACSR/AS 1/0	62.46 (109.9)	53.52	6	1	3.37	3.37	10.11
Cable ACSR/AS 3/0	99.16 (174.8)	84.95	6	1	4.25	4.25	12.75
Cable ACSR/AS 4/0	125.10 (220.4)	107.20	6	1	4.77	4.77	14.31
Cable ACSR/AS 266	157.23 (277.7)	135.13	26	7	2.57	2.00	16.28
Cable ACSR/AS 336	198.39 (350.1)	170.60	26	7	2.89	2.25	18.31
Cable ACSR/AS 477	281.29 (496.4)	241.81	26	7	3.44	2.68	21.80
Cable ACSR/AS 795	468.58 (827.4)	402.93	26	7	4.44	3.45	28.14
Cable ACSR/AS 900	515.16 (929.2)	455.95	54	7	3.28	3.28	29.51
Cable ACSR/AS 1113	103.22 (1132)	564.05	45	7	3.99	2.66	31.98

Descripción corta	Resistencia mínima a la ruptura kN (kgf)	Resistencia C.D. a 20°C Ω/km	Masa aproximada kg/km	Clave
Cable ACSR/AS 2	12 (1252)	0.820	129	EV0EA00261
Cable ACSR/AS 1/0	19 (1928)	0.515	206	EV0EA00D61
Cable ACSR/AS 3/0	28 (2858)	0.324	326	EV0EA09861
Cable ACSR/AS 4/0	34 (3488)	0.257	412	EV0EA00A61
Cable ACSR/AS 266	48 (4899)	0.206	520	EV0EA099G7
Cable ACSR/AS 336	60 (6124)	0.163	657	EV0EA0ATG7
Cable ACSR/AS 477	84 (8573)	0.115	931	EV0EA0CRG7
Cable ACSR/AS 795	136 (13835)	0.069	1 551	EV0EA0CNG7
Cable ACSR/AS 900	138 (14062)	0.062	1 654	EV0EA0BKL7
Cable ACSR/AS 1113	130 (13290)	0.050	1 822	EV0EA0BUK7

Abreviaturas:

AL - ALUMINIO

AS - ACERO CON RECUBRIMIENTO DE ALUMINIO SOLDADO.

5 MUESTREO

Debe seguirse el procedimiento de muestreo indicado en las especificaciones CFE E0000-13-1979

6/1 HILOS 26/7 HILOS 54/7 HILOS 45/7 HILOS

FIGURA 1-Cables ACSR/AS

TABLA 2-Tensiones nominales de operación, en las que se usan normalmente los cables ACSR/AS

Descripción corta	Baja tensión 240 V	Mediana tensión kV			Alta tensión kV			
		13.8	24	34.5	6.9	115	230	400
Cable ACSR/AS 2	X	X	X	X				
Cable ACSR/AS 1/0	X	X	X	X				
Cable ACSR /AS 3/0		X	X	X	X			
Cable ACSR/AS 4/0		X	X	X	X			
Cable ACSR/AS 266			X	X	X	X		
Cable ACSR/AS 336				X	X	X		
Cable ACSR/AS 477					X	X		
Cable ACSR/AS 795						X	X	
Cable ACSR/AS 900							X	
Cable ACSR/AS 1113							X	X

6 METODOS DE PRUEBA

Deben realizarse las pruebas indicadas en la norma ANSI/ASTM-8 549, ANSI/ASTM B 502, última revisión

7 EMPAQUE

7.1 Carretes

Deben utilizarse carretes como los indicados en la norma NOM-EE-161

7.2 Tramos de embarque y sus penalizaciones

La longitud nominal del tramo de embarque debe ser como se indica en la tabla 3. Se acepta la entrega de tramos con longitud diferente aplicando las penalizaciones mostradas en la tabla 4.

El tramo de embarque que contenga cada carrete, debe ser continuo en su longitud completa.

TABLA 3-Tramos de embarque de los cables ACSR/AS

Descripción corta	Masa kg	Longitud Nominal m
Cable ACSR/AS 2	537	4 160
Cable ACSR/AS 1/0	538	2 610
Cable ACSR/AS 3/0	535	1 640
Cable ACSR/AS 4/0	536	1 300
Cable ACSR/AS 266	1 903	3 660
Cable ACSR/AS 336	1 912	2 910
Cable ACSR/AS 477	1 909	2 050
Cable ACSR/AS 795	1 908	1 230
Cable ACSR/AS 900	2 266	1 370
Cable ACSR/AS 1113	1 822	1 000

TABLA 4- Penalizaciones de tramos con longitud diferente a la nominal

Para todos los cables excepto el 1113 kCM		Para el cable 1113 kCM	
Longitud en % de lo especificado	Descuento al precio en %	Longitud en % de lo especificado	Descuento al precio en %
Mayor de 105	30*	Mayor de 102.5	30*
105 - 95	0	102.5 - 97.5	0
94.9 - 85	10	97.4 - 85	10
84.9 - 75	15	84.9 - 75	15
74.9 - 65	20	74.9 - 65	20
64.9 - 55	25	64.9 - 55	25
54.9 - 50	30	54.9 - 50	30

Nota.

* al tramo excedente.

8 MARCADO

Cada carrete debe tener una placa metálica con los siguientes datos marcados en relieve.

- Número progresivo del carrete,
- Nombre o símbolo del fabricante del cable,
- Clave y descripción corta,
- Longitud en m y masa en kg, del tramo de embarque,
- Número de pedido,
- Año de fabricación.

Table 3.3.3 (Cont.)
CHARACTERISTICS OF MULTILAYER ALUMINUM-CONDUCTOR-STEEL-REINFORCED

Code	Cross Section			Stranding		Diameter		L a y e r s	wt lbs per 1000 ft	STRG (Kips)	DC 25 C	Resistance (Ohms/Mile) AC at 60 HZ				GMR (ft)	Reactance 1 ft Rad 60 HZ	
	(kcmil)	(sq mm)	(sq mm)	Aluminum	Steel	Cond (in.)	Core (in.)										X _a (Ohm/ Mile)	X _b (Megohm -Mile)
	Al	Al	Tot									25 C	50 C	75 C	100 C			
Wood Duck	605	307	378	30x 1420	7x 1420	0.994	.426	2	947	29.4	.1556	1561	.1714	1868	.2021	0342	410	.0943
Teal	605	307	376	30x 1420	19x 0852	0.994	.426	2	940	30.0	.1556	1561	1714	1868	.2021	0342	410	.0943
Sauab	605	306	356	26x 1525	7x 1186	0.966	.356	2	833	23.6	.1552	1560	.1713	1866	.2018	0327	415	.0952
Peacock	605	307	346	24x 1588	7x 1059	0.953	.318	2	780	21.6	.1551	1560	1712	1865	.2018	.0319	418	.0956
Duck	606	307	347	54x 1059	7x 1059	0.953	.318	3	779	22.5	.1550	1559	1711	1864	.2016	0322	417	.0956
Eagle	557	282	348	30x 1362	7x 1362	0.953	.409	2	872	27.2	.1691	1696	.1863	.2029	.2196	.0328	415	.0956
Dove	556	282	328	26x 1463	7x 1138	0.927	.341	2	766	22.4	.1687	1694	1860	.2026	2192	.0313	420	.0964
Parakeet	557	282	319	24x 1523	7x 1015	0.914	.305	2	717	19.8	.1686	1695	1860	2026	2192	0306	423	.0968
Osprey	556	282	298	18x 1758	1x 1758	0.879	.176	2	604	13.7	.1679	1693	1857	.2022	.2187	0284	432	.0980
Hen	477	242	298	30x 1261	7x 1261	0.883	.378	2	747	23.8	.1973	1977	.2171	2366	.2560	0304	424	.0979
Hawk	477	242	281	26x 1354	7x 1053	0.858	.316	2	657	19.5	.1969	1975	.2169	2363	.2557	0290	430	.0987
Flicker	477	242	273	24x 1410	7x 0940	0.846	.282	2	615	17.2	.1967	1975	2168	.2362	2556	.0283	432	.0991
Pelican	477	242	255	18x 1628	1x 1628	0.814	.163	2	518	11.8	.1958	1970	2162	2355	2547	0263	441	1003
Lark	397	201	248	30x 1151	7x 1151	0.806	.345	2	623	20.3	.2368	.2371	2605	2838	3072	0277	435	1006
Ibs	397	201	234	26x 1236	7x 0961	0.783	.288	2	547	16.3	.2363	.2368	.2601	2834	3067	0265	441	1014
Brant	396	201	228	24x 1287	7x 0858	0.772	.257	2	512	14.7	.2361	.2367	2600	2833	.3066	0259	444	1018
Chickadee	397	201	213	18x 1486	1x 1486	0.743	.149	2	432	9.9	.2350	.2360	.2591	2822	.3054	0240	452	1030
Onio	336	170	210	30x 1059	7x 1059	0.741	.318	2	527	17.0	.2797	.2800	.3076	3352	3628	.0255	445	1030
Linnit	336	170	198	26x 1137	7x 0884	0.720	.265	2	463	14.0	.2793	.2797	3072	3348	3623	0243	451	1039
Widgeon	336	170	193	24x 1184	7x 0789	0.710	.237	2	433	12.5	.2790	.2795	3070	3345	3621	0238	454	1043
Merlin	336	170	180	18x 1367	1x 1367	0.684	.137	2	366	8.6	.2777	.2785	3059	3332	3606	0221	463	1054
Piper	300	152	187	30x 1000	7x 1000	0.700	.300	2	470	15.5	.3137	.3139	3449	3758	4068	0241	452	1047
Ostrich	300	152	177	26x 1074	7x 0835	0.680	.251	2	413	12.7	.3130	.3134	3443	3751	4060	0230	458	1056
Gadwall	300	152	172	24x 1118	7x 0745	0.671	.224	2	386	11.2	.3129	.3134	3442	3751	4060	0225	461	1060
Phoebe	300	152	160	18x 1281	1x 1291	0.646	.129	2	326	7.7	.3114	.3121	3428	3735	4042	0209	469	1071
Junco	267	135	167	30x 0943	7x 0943	0.660	.263	2	418	13.7	.3527	.3530	3878	4226	4574	0227	459	1065
Partridge	267	135	157	26x 1013	7x 0788	0.642	.236	2	367	11.3	.3518	.3522	3869	4216	4563	0217	465	1073
Waxwing	267	135	143	18x 1217	1x 1217	0.609	.122	2	289	6.9	.3504	.3510	3856	4201	4547	0197	477	1089

7

INDICE

AISLADORES

- 1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN**
- 2 NORMAS QUE SE APLICAN**
- 3 DEFINICIONES**
- 4 CLASIFICACION**
- 5 ALCANCE DEL SUMINISTRO**
- 6 CARACTERISTICAS GENERALES**
- 7 MARCADOR DEL AISLADO**
- 8 DESCRIPCION DE LAS ABREVIATURAS EN LA
DESCRIPCION CORTA**
- 9 EMPAQUE Y EMBARQUE**
- 10 CONTROL DE CALIDAD**
- 11 GARANTIA**
- 12 INFORMACION REQUERIDA**

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Esta especificación establece los requerimientos principales para la adquisición, así como las características electromecánicas que deben cumplir los aisladores tipo suspensión de porcelana o de vidrio templado para uso en las instalaciones de Comisión.

2 NORMAS QUE APLICAN

CFE 52000-51-1991	Pruebas para Evaluar las Propiedades de la Porcelana Utilizada en Aisladores Eléctricos.
CFE L0000-11-1988	Empaque, Embarque, Recepción, Manejo y Almacenamiento de Bienes Adquiridos por CFE.
CFE L0000-15-1992	Código de Colores.
CFE L0000-31-1993	Requisitos de Aseguramiento de Calidad para Proveedores de Bienes y Servicios.
NOM 008-SCFI-1993	Sistema General de Unidades de Medida.
NMX B-381-1976	Pasadores y Chavetas Series Métricas.
NMX H-004-1995	Recubrimientos de Zinc por el Proceso de Inmersión en Caliente para Sujetadores y Herrajes de Hierro y Acero
ANSI C29 1-1988	Electrical Power Insulators-Test Methods.
ANSI C-29.2-1992	Insulators-Wet-Process Porcelain and Toughened Glass Suspension Type.
ASTM A-668/A668 M-1993	Standard Specification for Steel Forging, Carbon and Alloy, for General Industrial Use.
IEC-575-1977	Thermal-Mechanical Performance Test and Mechanical Performance Test on String Insulator Units.
MIL-STD-105 E-1989	Military Standard Sampling Procedures and Tables for Inspection By Attributes.

NOTA: En caso de que los documentos anteriores sean revisados o modificados debe tomarse en cuenta la edición en vigor o la última edición en la fecha de apertura de las ofertas de la licitación, salvo que la Comisión indique otra cosa.

3 DEFINICIONES

3.1 Aislador

Aislador es un soporte no conductor para un conductor eléctrico.

3.2 Aislamiento Tipo Suspensión

Es un conjunto de unidades de aisladores de suspensión adecuados para soportar no rigidamente conductores eléctricos.

3.3 Distancia de Fuga

La distancia de fuga de un aislador es la distancia más corta o la suma de las distancias más cortas a lo largo del contorno de las superficies externas de partes de vidrio o porcelana del mismo, entre estas partes, en las que normalmente se tiene la tensión de operación entre ellas.

Una distancia medida sobre la superficie del cemento u otro material de unión conductora, no debe ser considerado como parte de la distancia de fuga.

3.4 Unidad de Aislador de Suspensión

Es un arreglo de un esbozo y herrajes para el acoplamiento no rígido con otras unidades o al herraje de sujeción.

3.5 Cadena de Aisladores de Suspensión

Es un conjunto de dos o más aisladores de suspensión montados en serie.

3.6 Tensión Crítica de Flameo (TCF)

Es el valor de cresta de tensión de una onda de impulso por rayo para el cual se tiene una probabilidad de flameo de 50%.

3.7 Zona Contaminada

Es la localidad en la que existen niveles de contaminación ambiental en grado tal, que altere las condiciones normales de operación del aislador.

3.8 Zona Normal

Es la localidad donde existen niveles mínimos de contaminación ambiental, que no afectan las condiciones normales de operación del aislador.

3.9 Zona Corrosiva

Es la localidad donde existen ambientes industriales de alta humedad y marinos que afectan en grado tal que aceleran la degradación en partes metálicas del aislador.

3.10 Manguito de Zinc

Parte metálica de refuerzo que actúa como ánodo de sacrificio que retarda la corrosión en el vástago.

4 CLASIFICACION

4.1 Por su Acoplamiento

Los aisladores de suspensión se clasifican de acuerdo a lo indicado en la tabla 1.

TABLA 1 - Clasificación de los aisladores

Por su acoplamiento.
a) Horquilla y ojo anular.
b) Clavera y bola.
Por su aplicación.
a) Normal.
b) Corrosión.
c) Contaminación.

5 ALCANCE DEL SUMINISTRO

El alcance del suministro debe incluir el diseño, materiales, fabricación, pruebas, empaque y embarque de los aisladores tipo suspensión. A continuación se mencionan las partes, accesorios y servicios que integran el suministro.

- a) Cuerpo del aislador.
- b) Herrajes y chavetas para el acoplamiento entre aisladores y el herraje de sujeción.
- c) Pruebas de rutina.
- d) Pruebas de aceptación.
- e) Empaque (cuando así se indique.)
- f) Embarque.

6 CARACTERISTICAS GENERALES

6.1 Aisladores de Porcelana o de Vidrio Templado

Los aisladores de suspensión de porcelana o de vidrio templado deben satisfacer las características electromecánicas y dimensiones indicadas en las figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6 y especificaciones particulares correspondientes. Su fabricación y acabado debe realizarse conforme a lo indicado en la norma ANSI C29.2.

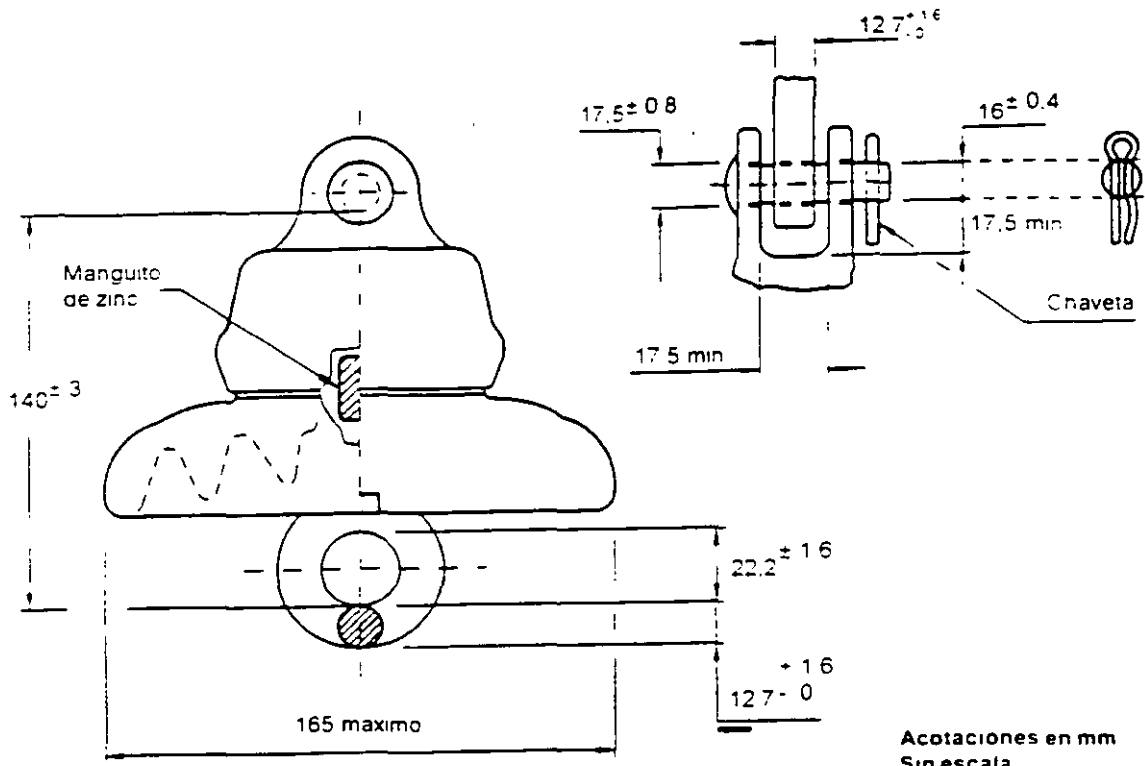


FIGURA 1 - Aislador 16S

Acotaciones en mm
Sin escala

- NOTAS.
- 1- La geometría del aislador es orientativa, no limitativa
 - 2- El código es para uso administrativo

Características		Clase	52-1	52-1	52-1	52-1	
		Código	201300	2013X2	2013X3	2013X4	
		Descripción corta	16SVH04C	16SPH04C	16SVH044C	16SPH044C	
Dimensiones	Diametro y espaciamento	mm	165 x 140	165 x 140	165 x 140	165 x 140	
	Distancia mínima de fuga	mm	178	178	178	178	
Eléctricas	Flameo a baja frecuencia	en seco	kV	60	60	60	60
		en húmedo	kV	30	30	30	30
	Tensión crítica de flameo	al impulso positivo	kV	100	100	100	100
		al impulso negativo	kV	100	100	100	100
Tensión de perforación a baja frecuencia		kV	80	80	80	80	
Mecánicas	Resistencia electromecánica		kN	44	44	44	44
	Resistencia al impacto		Nm	5	5	5	5
	Resistencia a la tensión (durante 3 s)		kN	22	22	22	22
De radio Interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra)		kV	7.5	7.5	7.5	7.5
	Tensión máxima de radio interferencia 1000 kHz		µV	50	50	50	50
Material			Vidrio templado	Porcelana	Vidrio templado	Porcelana	
			Con manguito de zinc				
Uso	Soporta y aísla conductores aéreos en zonas		Normales		Corrosivos		
Acrónimos en la descripción corta		Véase capítulo 8 de esta especificación					

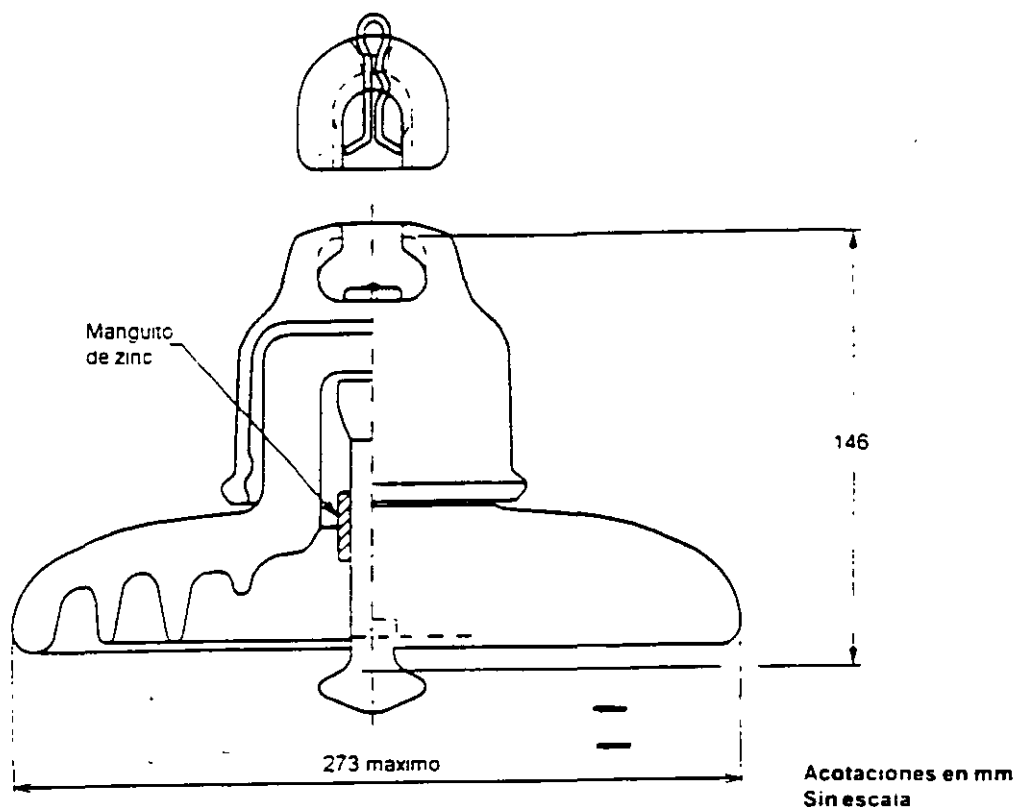
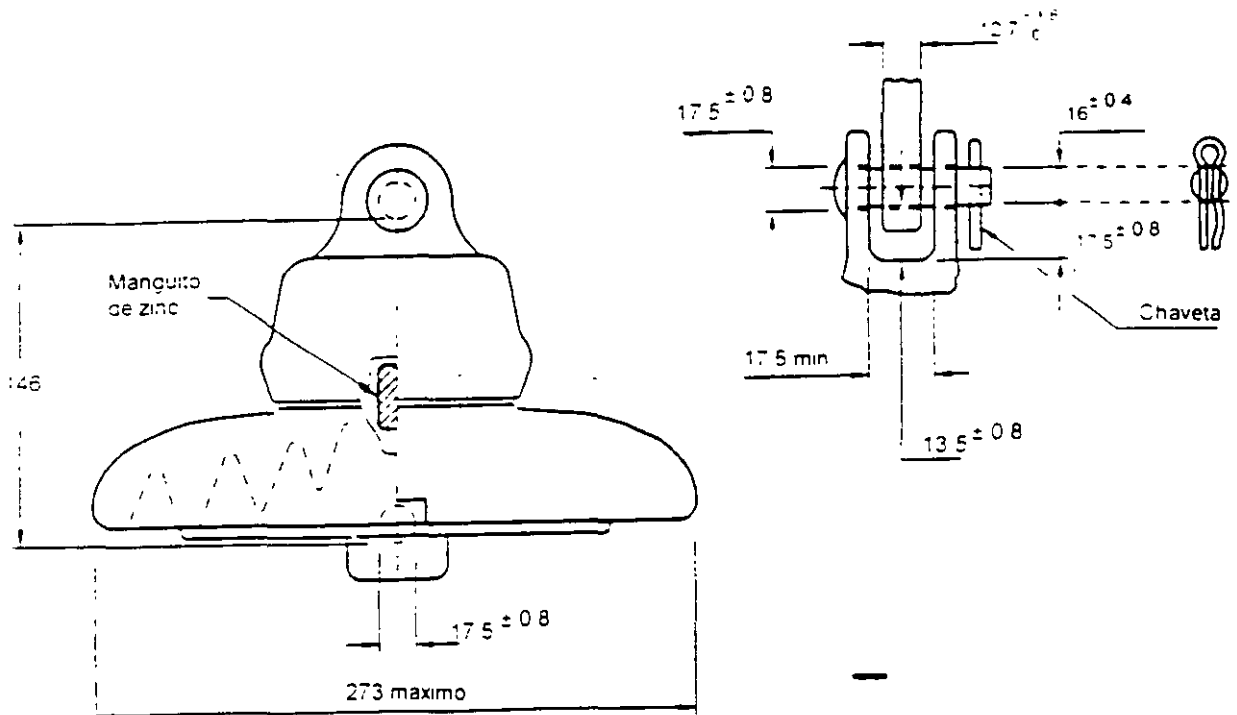


FIGURA 2 - Aislador 27S

- NOTAS: 1- La geometría del aislador es orientativa, no limitativa
 2- El código es para uso administrativo

Características		Clase	52-5	52-5	52-5	52-5 ¹	
		Código	2028A4	2028A3	2028X2	2028X1	
		Descripción corta	27SVC111	27SPC111	27SPC111C	27SPC111C	
Dimensiones	Diámetro y espaciamiento	mm	273 x146	273 x146	273 x146	273 x146	
	Distancia mínima de fuga	mm	279	279	279	279	
Eléctricas	Flameo a baja frecuencia	en seco	kV	80	80	80	80
		en húmedo	kV	50	50	50	50
	Tensión crítica de flameo	al impulso positivo	kV	125	125	125	125
		al impulso negativo	kV	130	130	130	130
Tensión de perforación a baja frecuencia		kV	110	110	110	110	
Mecánicas	Resistencia electromecánica		kN	111	111	111	111
	Resistencia al impacto		Nm	7	7	7	7
	Resistencia a la tensión (durante 3 s)		kN	55.5	55.5	55.5	55.5
De radio Interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra)		kV	10	10	10	10
	Tensión máxima de radio interferencia 1000 kHz		µV	50	50	50	50
Herraje de acoplamiento		Calavera v bola ANSI tipo		J	J	J	J
Material			Vidrio templado	Porcelana	Vidrio templado	Porcelana	
			Con manguito de zinc				
Uso	Soporta v aísla conductores aéreos en zonas		Normales		Corrosivas		
Abreviaturas en la descripción corta		Vease capítulo 8 de esta especificación					



Acotaciones en mm
Sin escala

FIGURA 3 - Aislador 27S

- NOTAS
- 1- La geometría del aislador es orientativa, no limitativa
 - 2- El código es para uso administrativo

Características		Clase	52-6	52-6	52-6	52-6	
		Código	2013X1	2013X5	2013X6	2013X7	
		Descripción corta	27SVH111	27SPH111	27SVH111C	27SPH111C	
Dimensiones	Diametro y espaciamento	mm	273 x146	273 x146	273 x146	273 x146	
	Distancia mínima de fuga	mm	279	279	279	279	
Eléctricas	Flameo a baja frecuencia	en seco	kV	80	80	80	80
		en húmedo	kV	50	50	50	50
	Tensión crítica de flameo	al impulso positivo	kV	125	125	125	125
		al impulso negativo	kV	130	130	130	130
Tensión de perforación a baja frecuencia	kV	110	110	110	110		
Mecánicas	Resistencia electromecánica	kN	111	111	111	111	
	Resistencia al impacto	Nm	7	7	7	7	
	Resistencia a la tensión (durante 3 s)	kN	55.5	55.5	55.5	55.5	
De radio Interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra)	kV	10	10	10	10	
	Tensión máxima de radio interferencia 1000 kHz	µV	50	50	50	50	
Material		Vidrio templado	Porcelana	Vidrio templado	Porcelana		
		Con manguito de zinc					
Uso	Soporta y aísla conductores aéreos en zonas		Normales		Corrosivas		
Abreviaturas en la descripción corta	Vease capítulo 8 de esta especificación						

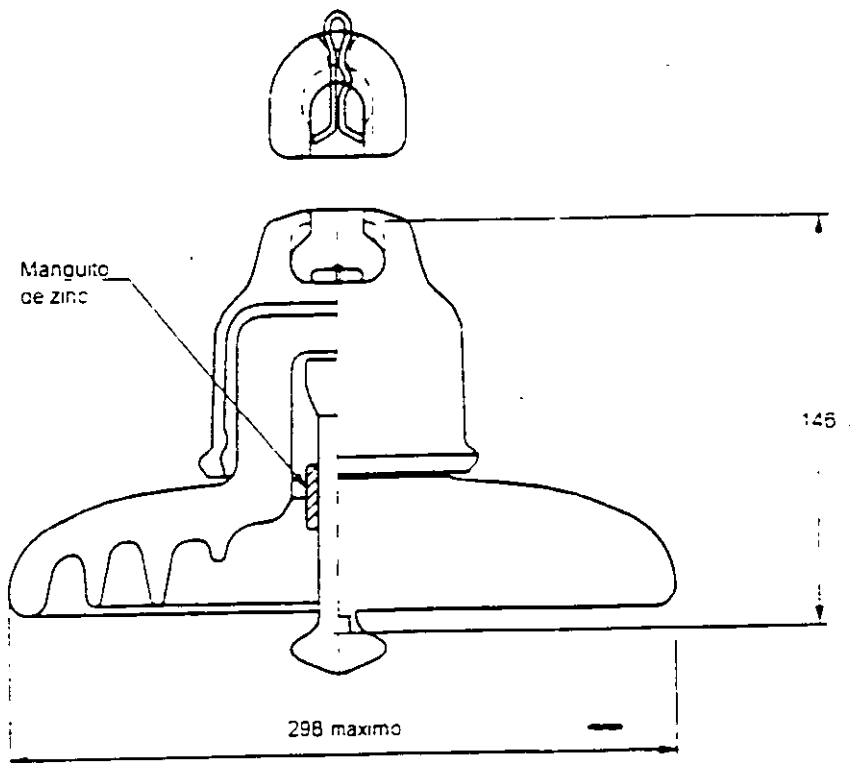
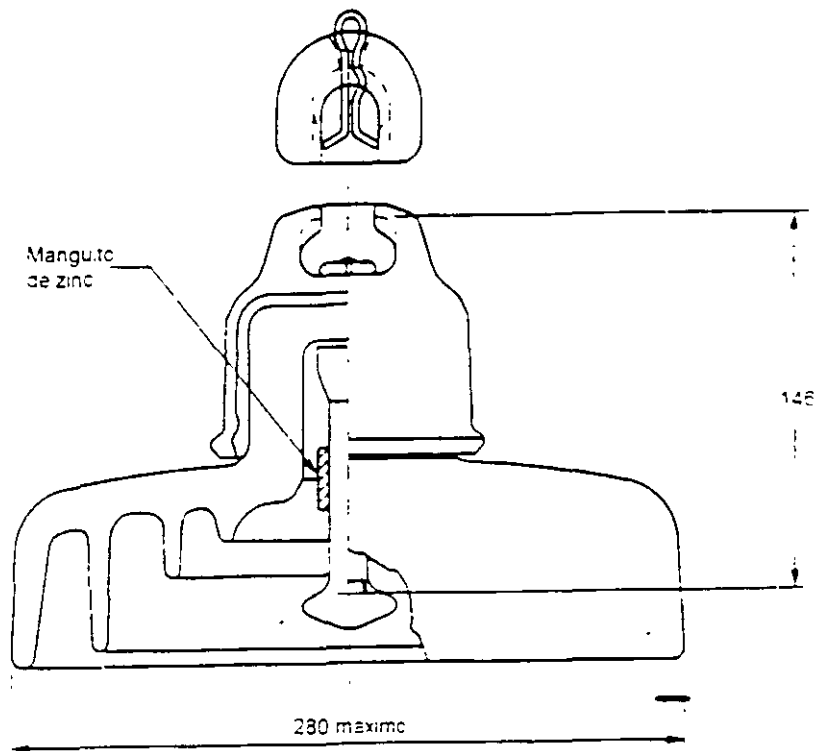


FIGURA 4 - Aislador 29S

Acotaciones en mm
Sin escala

- NOTAS:
- 1- La geometria del aislador es orientativa, no limitativa
 - 2- El codigo es para uso admistrativo

Caracteristicas		Codigo		2028X3	2028X4
		Descripcion corta.		28SPC111C	28SVC111C
Dimensiones	Diámetro y espaciamento		mm	280x146	290x146
	Distancia minima de fuga		mm	445	445
Electricas	Flameo a baja frecuencia	en seco	kV	100	100
		en humedo	kV	60	60
	Tension critica de flameo	al impulso positivo	kV	140	140
		al impulso negativo	kV	140	140
Tension de perforacion a baja frecuencia		kV	130	130	
Mecanicas	Resistencia electromecanica		kN	111	111
	Resistencia al impacto		Nm	11	11
	Resistencia a la tension (durante 3 s)		kN	55.5	55.5
	Resistencia de carga sostenida-tiempo		kN	67.7	67.7
De radio Interferancia	Tension de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra)		kV	10	10
	Tension maxima de radio interferencia 1000 kHz		µV	50	50
Herraje de acoplamiento		Calavera v bola ANSI tipo		J	J
Material				Porcelana	Vidro templado
			Con manguito de zinc		
Uso	Sopora v aisa conductores aereos en zonas		Corrosivas y contaminacion		
Abreviaturas en la descripcion corta		Vease capitulo 8 de esta especificacion			

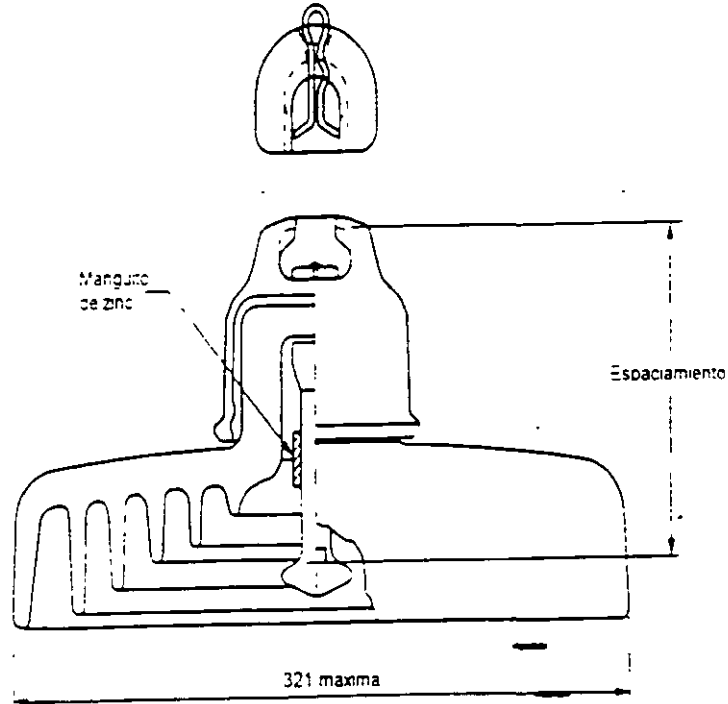


Acotaciones en mm
Sin escala

FIGURA 5 - Aislador 28S

- NOTAS:
- 1- La geometría del aislador es orientativa, no limitativa
 - 2- El código es para uso administrativo

Características		Clase	52-8	52-8	52-8	52-8
		Código	2028X6	2028X5	2028X8	2028X7
		Descripción corta	29SVC160	29SPC160	29SVC160C	29SPC160C
Dimensiones	Diametro y espaciamento	mm	298x146	298x146	298x146	298x146
	Distancia mínima de tuga	mm	279	279	279	279
Eléctricas	Flameo a baja frecuencia	en seco	kV	80	80	80
		en húmedo	kV	50	50	50
	Tensión crítica de flameo	al impulso positivo	kV	125	125	125
		al impulso negativo	kV	130	130	130
Tensión de perforación a baja frecuencia	kV	110	110	110	110	
Mecánicas	Resistencia electromecánica	kN	160	160	160	160
	Resistencia al impacto	Nm	10	10	10	10
	Resistencia a la tensión (durante 3 s)	kN	80	80	80	80
De radio Interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra)	kV	10	10	10	10
	Tensión máxima de radio interferencia 1000 kHz	µV	50	50	50	50
Herraje de acoplamiento	Calavera v bola ANSI tipo		K	K	K	K
Material			Vidrio templado	Porcelana	Vidrio templado	Porcelana
			Con manguito de zinc			
Uso	Soporta y aísla conductores aéreos en zonas		Normales	Corrosivos		
Abreviaturas en la descripción corta	Vease capítulo 8 de esta especificación					

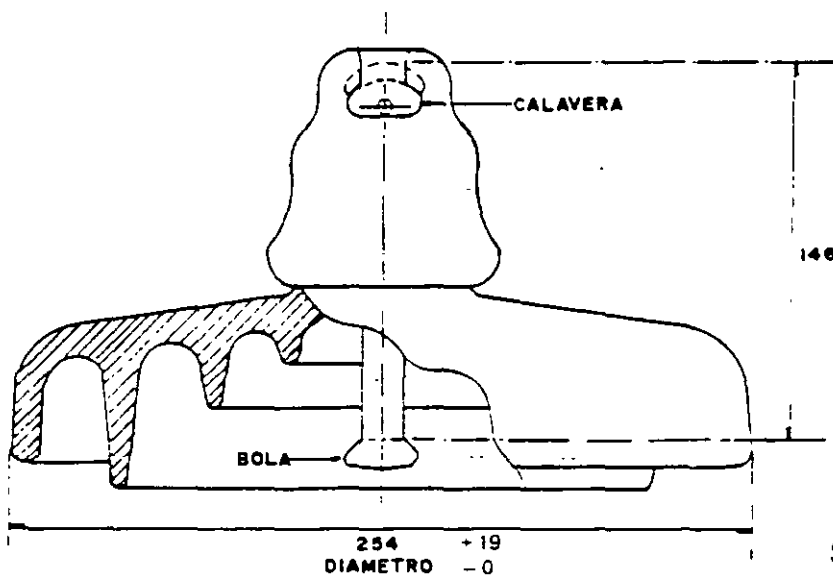


Acotaciones en mm
Sin escala

FIGURA 6 - Aislador 32S

- NOTAS:
- 1- La geometría del aislador es orientativa, no limitativa
 - 2- El código es para uso administrativo
 - 3- Estos valores no tienen referencia normalizada, son características particulares requeridas por CFE.

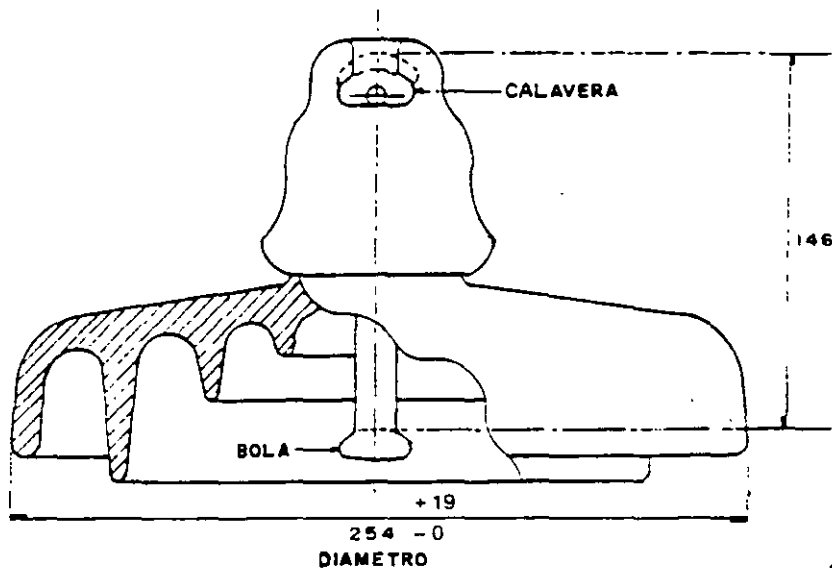
Características		Codigo		2028Y1	2028Y3	2028Y2	2028X9
		Descripción corta		32SVC111CM	32SVC160CC	32SVC111CM	32SPC160CC
Dimensiones	Diametro y espaciamento	mm	321x146	321x171	321x146	321x171	
	Distancia mínima de tuca	mm	612	540	612	540	
Electricas	Flameo a baja frecuencia	en seco	kV	110	100	110	100
		en humedo	kV	60	65	60	65
	Tension critica de flameo	al impulso positivo	kV	160	170	160	170
		al impulso negativo	kV	170	160	170	160
Tension de perforacion a baja frecuencia	kV	130	130	130	130		
Mecanicas	Resistencia electromecanica	kN	111	160	111	160	
	Resistencia al impacto	Nm	11	45	11	45	
	Resistencia a la tension (durante 3 s)	kN	55.5	80	55.5	80	
	Resistencia de carga sostenida-tiempo	kN	66.5	110	66.5	110	
De radio Interferencia	Tension de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra)	kV	10	10	10	10	
	Tension maxima de radio interferencia 1000 kHz	µV	50	50	50	50	
Herraje de acoplamiento	Calavera y bola ANSI tipo		J	K	J	K	
Material		Vidrio templado		Porcelana			
		Con manguito de zinc					
Uso	Soporta y aisia conductores aereos en zonas	Corrosivas y contaminacion					
Abreviaturas en la descripción corta	vease capitulo 8 de esta especificacion						



Acotaciones en mm
Sin escala

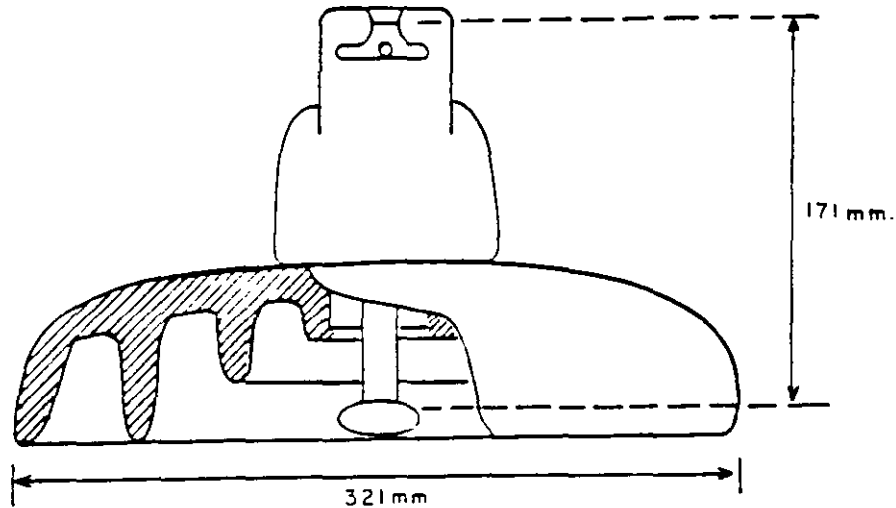
Características					
Las dimensiones del vástago, bola y calavera deben cumplir con la clase 52.5					
Dimensiones	Diámetro y altura mm			Distancia mínima de fuga mm	
	254 x 146			420	
Mecánicas	Resistencia combinada electromecánica N (kgf)	Resistencia al impacto N - cm (kgf - cm)	Resistencia a la tensión durante 3s en N (kgf)	Resistencia de carga sostenida tiempo N (kgf)	
	111200 (11340)	1000 (104)	55600 (5570)	66700 (6804)	
Eléctricas	Flameo en seco a baja frecuencia kV	Flameo en húmedo a baja frecuencia kV	Flameo al impulso positivo kV	Flameo al impulso negativo kV	Tensión de perforación a baja frecuencia kV
	100	60	150	155	130
De radio interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra) kV			Tensión máxima a 1000 kHz, μ V	
	10			50	
Material y acabado:	10SPNC25 - Porcelana vidriada 10SVNC25 - Vidrio templado Partes metálicas de hierro maleable galvanizado				
Especificación general:	CFE 52200-02 Aisladores de Suspensión				
Uso:	Acoplado a la estructura a los conductores aéreos en zonas contaminadas.				
Descripción corta:	Aislador 10SPNC25		Aislador 10SVNC25		
Clave:	522E4G1310		522E4G2310		
Abreviatura en la descripción corta:	10 - Diámetro del aislador en pg; S - Suspensión; P - Porcelana, V - Vidrio; N - Niebla; C - Calavera y bola; 25 - Resistencia electromecánica en lb X 1000				

Nota: La longitud de sujeción de una cadena de 6 aisladores seleccionada al azar debe ser igual a 6 veces la longitud nominal de cada aislador \pm 19 mm.



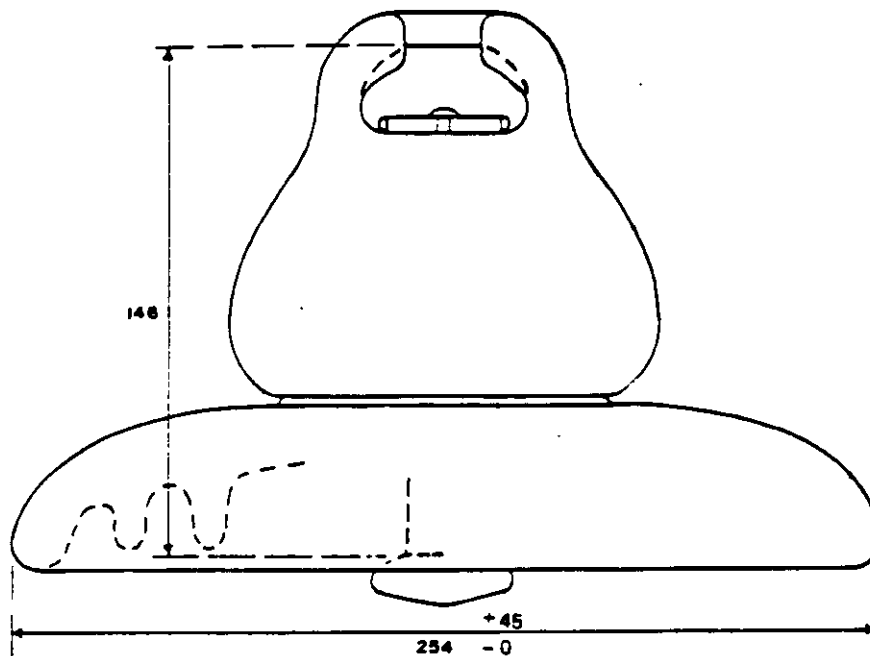
Características					
Las dimensiones del vástago, bola y calavera deben cumplir con la clase 52.3.					
Dimensiones	Diámetro y altura mm			Distancia mínima de fuga mm	
	254 x 146			420	
Mecánicas	Resistencia combinada electromecánica N (kgf)	Resistencia al impacto N - cm (kgf - cm)	Resistencia a la tensión durante 3s en N (kgf)	Resistencia de carga sostenida-tiempo N (kgf)	
	66700 (6804)	1000 (104)	33400 (3402)	44500 (4536)	
Eléctricas	Flameo en seco a baja frecuencia kV	Flameo en húmedo a baja frecuencia kV	Flameo al impulso positivo kV	Flameo al impulso negativo kV	Tensión de perforación a baja frecuencia kV
	100	60	150	155	130
De radio interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra) kV			Tensión máxima a 1000 kHz, μ V	
	10			50	
Material y acabado:	10SPNC 15 - Porcelana vidriada 10SVNC 15 - Vidrio templado Partes metálicas de hierro maleable galvanizado				
Especificación general:	CFE 52200-02 Aisladores de Suspensión				
Uso:	Acoplado a la estructura, aísla conductores aéreos en zonas contaminadas				
Descripción corta:	Aislador 10SPNC15		Aislador 10SVNC15		
Clave:	522E3G1310		522E3G2310		
Abreviaturas en la descripción corta:	10 - Diámetro del aislador en pg; S - Suspensión; P - Porcelana; V - Vidrio; N - Niebla; C - Calavera y bola; 15 - Resistencia electromecánica en lb X 1000				

Nota: La longitud de sujeción de una cadena de 6 aisladores seleccionada al azar debe ser igual a 6 veces la longitud nominal de cada aislador \pm 19 mm.



Acotaciones en mm

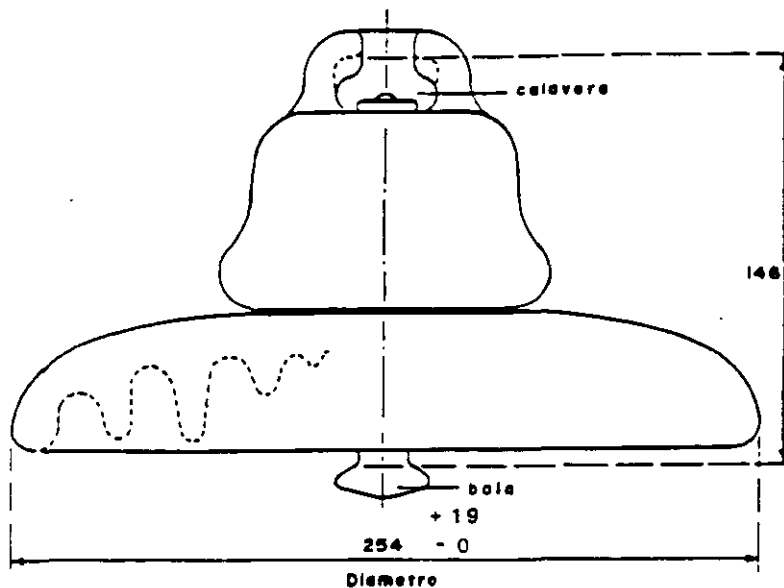
Características JØ					
Clase 52.8					
Dimensiones	Diámetro y altura (mm)			Distancia mínima de fuga (mm)	
	321 X 171			540	
Mecánicas	Resistencia combinada electromecánica N (kgf)	Resistencia al impacto N-cm (kgf-cm)	Resistencia a la tensión durante 3s en N (Kgf)	Resistencia de carga sostenida tiempo N (kgf)	
	160143 (16330)	4511(460)	80071 (8165)	106755(10886)	
Eléctricas	Flameo en seco a baja frecuencia kV	Flameo en humedo a baja frecuencia kV	Flameo al impulso positivo kV	Flameo al impulso negativo kV	Tensión de perforación a baja frecuencia kV
	110	65	170	160	130
De radio interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra) kV		Tensión máxima a 1000 kHz, µV		
	10		90		
Material y acabado:	<ul style="list-style-type: none"> - Vidrio templado - Manguito de zinc fundido sobre el vástago. 				
Especificación general:	CFE 52200-02 Aisladores de Suspensión				
Uso:	Acopiado a la estructura aisl conductores aéreos en zonas contaminadas				
Descripción corta:	Aislador 12SVNC36				
Abreviaturas en la descripción corta:	12-Diámetro del aislador en pg; S.- Tipo suspensión; V- Vidrio N-Niebla; C-Calavera 36- Resistencia electromecánica en lb x 1000.				
Nota aclaratoria:	Solo para reposición de aisladores similares en líneas ya existentes. No debe considerarse en nuevos proyectos.				



Acotaciones
en mm.
Sin escala

Características					
Clase 52-8					
Dimensiones	Diámetro y altura mm			Distancia mínima de fuga mm	
	254 X 146			279	
Mecánicas	Resistencia combinada electromecánica N (kgf)	Resistencia al impacto N - cm (kgf - cm)	Resistencia a la tensión durante 3s en N (kgf)	Resistencia de carga sostenida tiempo N (kgf):	
	160200 (16330)	1000 (104)	80100 (8165)	106800 (10886)	
Eléctricas	Flameo en seco a baja frecuencia kV	Flameo en húmedo a baja frecuencia kV	Flameo al impulso positivo kV	Flameo al impulso negativo kV	Tensión de perforación a baja frecuencia kV
	80	50	125	130	110
De radio interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rme a tierra) kV		Tensión máxima a 1000 kHz, μ V		
	10		50		
Material y acabado:	10SPC36 - Porcelana vidriada 10SVC36 - Vidrio templado Partes metálicas de hierro maleable galvanizado				
Especificación general:	CFE 52200 - 02 Aisladores de Suspensión				
Uso:	Acoplado a la estructura aísla conductores aéreos en zonas normales.				
Descripción corta:	Aislador 10SPC36		Aislador 10SVC36		
Clave:	522E631110		522E632110		
Abreviaturas en la descripción corta:	10 - Diámetro del aislador en pg; S - Suspensión; P - Porcelana; V - Vidrio; C - Calavera y bola; 36 - Resistencia electromecánica en lb X 1000				

Nota: La longitud de sujeción de una cadena de 6 aisladores seleccionada al azar debe ser igual a 6 veces la longitud nominal de cada aislador \pm 19 mm.

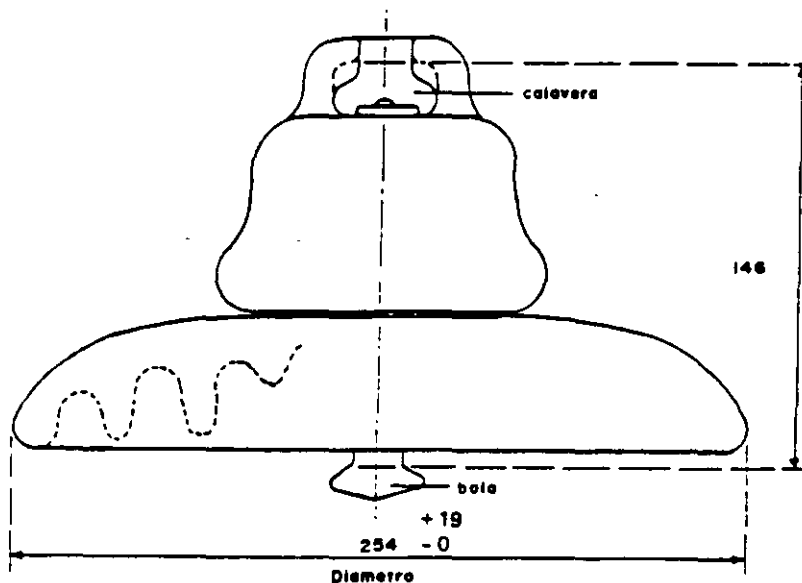


Acotaciones en mm

Sin escala

Características					
Clase 52.5					
Dimensiones	Diámetro y altura mm			Distancia mínima de fuga mm	
	254 X 146			279	
Mecánicas	Resistencia combinada electromecánica N(kgf)		Resistencia al impacto N - cm (kgf-cm)	Resistencia a la tensión durante 3s en N (kgf)	Resistencia de carga sostenida tiempo N (kgf)
	111200 (11340)		700 (69)	55600 (5670)	66700 (6804)
Eléctricas	Flameo en seco a baja frecuencia kV	Flameo en húmedo a baja frecuencia kV	Flameo al impulso positivo kV	Flameo al impulso negativo kV	Tensión de perforación a baja frecuencia kV
	80	50	125	130	110
De radio interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra) kV			Tensión máxima a 1000 kHz, μ V	
	10			50	
Material y acabado:	10SPC25 - Porcelana vidriada 10SVC25 - Vidrio templado Partes metálicas de hierro maleable galvanizado				
Especificación General:	CFE 52200 - 02 Aisladores de Suspensión				
Uso:	Acoplado a la estructura aísla conductores aéreos en zonas normales				
Descripción corta:	Aislador 10SPC25			Aislador 10SVC25	
Clave	522E431110			522E432110	
Abreviaturas en la descripción corta:	10 - Diámetro del aislador en pg; S - Suspensión; P - Porcelana; V - Vidrio; C - Calavera y bola; 25 - Resistencia electromecánica en lb X 1000				

Nota. La longitud de sujeción de una cadena de 6 aisladores seleccionada al azar debe ser igual a 6 veces la longitud nominal de cada aislador \pm 19 mm.



Acotaciones en mm
Sin escala

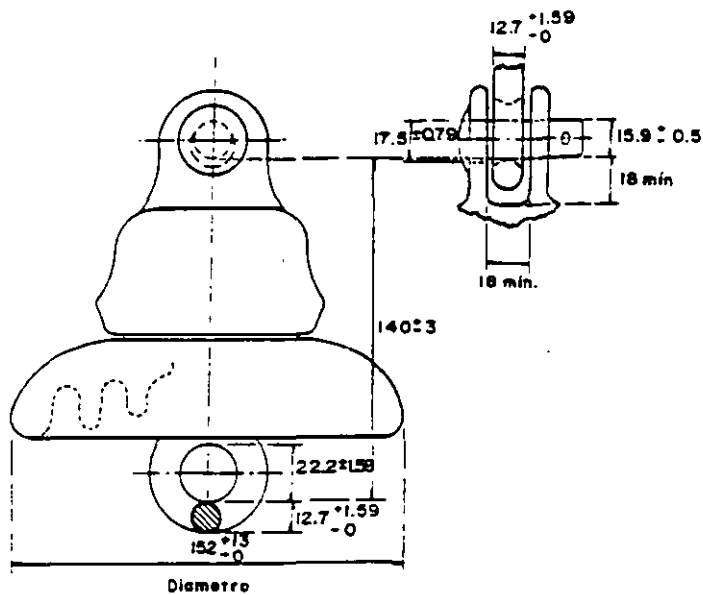
Características

Clase 52.3

Dimensiones	Diámetro y altura mm		Distancia mínima de fuga mm.		
		254 X 146		292	
Mecánicas	Resistencia combinada electromecánica N(kgf)		Resistencia al impacto N - cm (kgf - cm)		Resistencia de carga sostenida- tiempo N (kgf)
	66700 (6804)		600 (63)		44500 (4536)
Eléctricas	Flameo en seco a baja frecuencia kV	Flameo en húmedo a baja frecuencia kV	Flameo al impulso positivo kV	Flameo al impulso negativo kV	Tensión de perforación a baja frecuencia kV
	80	50	125	130	110
De radio interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra) kV			Tensión máxima a 1000 kHz. μ V	
	10			50	

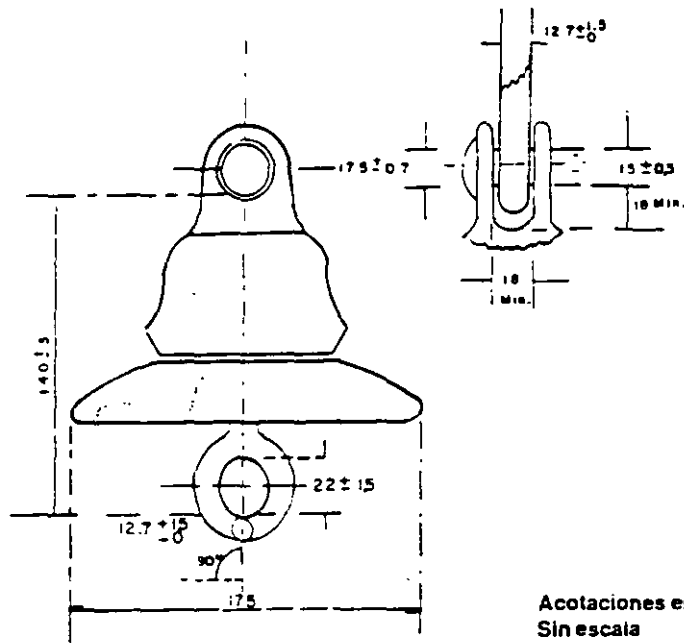
Material y acabado:	10SPC15 - Porcelana vidriada 10SVC15 - Vidrio templado Partes metálicas de hierro maleable galvanizado	
Especificación general:	CFE 52200-02 Aisladores de suspensión	
Uso:	Acoplado a la estructura aísla conductores aéreos en zonas normales	
Descripción corta:	Aislador 10SPC15	Aislador 10SVC15
Clave:	522E331110	522E332110
Abreviaturas en la descripción corta :	10 - Diámetro del aislador en pg; S - Suspensión; P - Porcelana; V - vidrio; C - Calavera y bola; 15 - Resistencia electromecánica en lb X 1000	

Nota: La longitud de sujeción de una cadena de 6 aisladores seleccionada al azar debe ser igual a 6 veces la longitud nominal de cada aislador ± 19 mm.



Acotaciones en mm
Sin escala

Características					
Clase 52-1					
Dimensiones	Diámetro v altura mm			Distancia mínima de fuga mm	
	152 X 140			178	
Mecánicas	Resistencia combinada electromecánica N(kgf)	Resistencia al impacto N-cm (kgf-cm)	Resistencia a la tensión durante 3s en N (kgf)	Resistencia de carga sostenida tiempo N (kgf)	
	44500 (4536)	500 (52)	22200 (2268)	26700 (2722)	
Eléctricas	Flameo en seco a baja frecuencia kV	Flameo en húmedo a baja frecuencia kV	Flameo al impulso positivo kV	Flameo al impulso negativo kV	Tensión de perforación a baja frecuencia kV
	60	30	100	100	80
De radio interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra) kV		Tensión máxima a 1000 kHz, μ V		
	7.5		50		
Material y acabado:	6SPH10 - Porcelana vidriada 6SVH10 - Vidrio templado Partes metálicas de hierro maleable galvanizado				
Especificación general:	CFE 52200 - 02 Aisladores de Suspensión				
Uso:	Acoplado a la estructura aísla conductores aéreos en zonas normales				
Descripción corta:	Aislador 6SPH10		Aislador 6SVH10		
Clave	522A111130		522A112130		
Abreviaturas en la descripción corta:	6 - Diámetro del aislador en pg; S - Tipo suspensión; P - Porcelana; V - vidrio H - Horquilla y ojo anular; 10 - Resistencia electromecánica en lb X 1000.				



Nota: Las tolerancias deben ser verificadas despues del galvanizado

Características

Clase 52.1					
Dimensiones	Diametro y altura (mm)			Distancia minima de fuga (mm)	
	175 X 140			178	
Mecanicas	Resistencia combinada electromecanica N (kgf)	Resistencia al impacto N - cm (kgf-cm)	Resistencia a la tensión durante 3 s en N (kgf)	Resistencia de carga sostenida tiempo N (kgf)	
	44500 (4538)	4511 (460)	22200 (2268)	26700 (2722)	
Eléctricas	Flameo en seco a baja frecuencia kV	Flameo en número a baja frecuencia kV	Flameo al impulso positivo kV	Flameo al impulso negativo kV	Tensión de perforación a baja frecuencia kV
	60	35	88	90	80
De radio interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (rnc a tierra) kV			Tensión maxima a 1000 kHz. μ V	
	75			50	

Material y acabado:	Vidrio templado Partes metalicas de hierro maleable galvanizado
Especificacion general:	CFE 52200-02 Aisladores de Suspensión
Uso:	Acoplado a la estructura asia conductores aereos en zonas normales
Descripción corta:	Aislador 7SVH10
Abreviaturas en la descripción corta	7 - Diámetro del aislador en pg; S.- Tipo suspensión; V - vidrio H.- Horquilla y ojo anular; 10 - Resistencia electromecanica en lb X 1000
Nota aclaratoria:	Sustituye al aislador 6SVH10 que actualmente está fuera del mercado nacional.

6.2 Materiales

La porcelana debe cumplir con lo indicado en la especificación CFE 52000-51.

El vidrio debe cumplir con lo indicado en el inciso 8.4 de la norma ANSI C-29.2.

6.3 Acabado

El aislador debe tener un acabado vidriado y liso; de constitución homogénea compacta y libres de porosidades. La homogeneidad debe ser de alta calidad para evitar la absorción de humedad. En los aisladores de porcelana el color debe ser gris y los límites son los colores 25 gris y 5 gris claro de la especificación CFE L0000-15 y para los de vidrio templado debe ser verde translúcido, y los límites son los colores 13 verde hoja y 15 verde claro de acuerdo a la misma especificación.

6.4 Cemento

Debe estar libre de cavidades y no presentar agrietamiento en las partes expuestas al ambiente.

6.5 Vástago

La posición del vástago (ojo anular o bola) debe ser perpendicular al plano del esbozo del aislador, y estar alineado con respecto al eje central del esbozo y calavera como se muestra en las figuras correspondientes. Debe ser de acero de acuerdo con la norma ASTM A-668/A668 M con galvanizado tipo especial de acuerdo con la norma NMX H-004.

6.6 Chavetas

Deben ser de acero inoxidable tipo AISI 316, de acuerdo a la norma NMX B-381, diseñadas de manera que una vez instaladas por el fabricante no tengan movimientos en condiciones normales. Para la calavera del aislador debe ser del tipo R y debe tener ambos extremos alabeados de tal forma que impidan su extracción completa. Para el perno de acoplamiento tipo horquilla, la chaveta debe ser del tipo R (Joroba) véanse las figuras de la 1 a la 6.

Cuando se realicen trabajos en línea energizada, deben operarse con facilidad, para retirar el aislador.

6.7 Perno

Debe ser de acero forjado de acuerdo a la norma ASTM A-668 con galvanizado tipo especial de acuerdo a la norma NMX H-004.

6.8 Galvanizado

Debe ser del tipo especial de acuerdo a la norma NMX H-004.

7 MARCADO DEL AISLADOR

a) Calavera.

- valor de la resistencia eléctricomecánica en kN,
- año de fabricación,

- identificación del fabricante.
- b) Esbozo de porcelana o vidrio.
- año de fabricación,
- identificación del fabricante,

8 DESCRIPCION DE LAS ABREVIATURAS EN LA DESCRIPCION CORTA

Estas se indican en las tablas de las características técnicas de las figuras de la 1 a la 6.

10 caracteres alfanuméricos.

9 EMPAQUE Y EMBARQUE

9.1 Empaque

Los aisladores deben cumplir con lo indicado en la especificación CFE L0000-11.

Los aisladores deben empacarse en cajas de madera tratada que resista el manejo rudo sin dañar el contenido y almacenaje a la intemperie, con una cantidad máxima de 6 piezas.

Adicionalmente a lo anterior estos se deben entregar sobre flejados y debidamente ordenados; para efectuar un conteo rápido; la masa total del conjunto debe ser menor a 1000 kg para mover cada tarima con una cargador frontal (montacargas.)

Se permite además, que en una tarima se acomoden debidamente ordenados y flejados dos o más tipos de aisladores, cuando las cantidades de cada uno de ellos no sea suficiente para completar la carga de una tarima

9.2 Marcado en el Empaque

Para la identificación del empaque este debe tener las siguientes leyendas en un lugar visible.

- a) Propiedad de CFE.
- b) Identificación del fabricante y del proveedor en su caso.
- c) Indicación de manejo de que es un producto frágil.
- d) Número de contrato de CFE.
- e) Número de lote de fabricación
- f) Cantidad de piezas contenidas.
- g) Masa bruta y neta en kg y volumen en m³.
- h) Destino.

- i) País de origen.
- j) Posición y condición de almacenamiento.
- k) Descripción corta del producto.

10 CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad del aislador, así como sus partes constitutivas debe ser supervisado por la Gerencia de LAPEM de Comisión de acuerdo con los procedimientos que esta tenga establecidos y cumplir con la especificación CFE L0000-31.

10.1 Prueba de Prototipo

Los aisladores deben cumplir con las pruebas de diseño establecidas en el inciso 8.2 de las normas ANSI C29.1 y ANSI C29.2 y la prueba termomecánica de acuerdo con lo establecido en la norma IEC 575, estas pruebas deben ser sancionadas y aprobadas por la Gerencia de LAPEM.

NOTA: CFE se reserva el derecho de exigir el cumplimiento de las pruebas siguientes.

10.1.1 Resistencia de arco de potencia

De acuerdo al método de prueba siguiente:

Dos cadenas de aisladores seleccionados al azar con 6 aisladores cada uno se deben someter a 6 arcos de potencia cada uno de 6 kA durante 0,2 s a una tensión mínima de 13,8 kV y una frecuencia de 60 Hz

Durante la prueba se debe aplicar una carga mecánica a la cadena de 0,4 veces la carga nominal electromecánica y el tiempo máximo entre arcos debe ser de 5 min.

Se considera satisfactorio el resultado de esta prueba si no se rompen más de dos esbozos por cadena y si el valor promedio de resistencia mecánica menos 3 desviaciones estándar es mayor al 60% del valor especificado de resistencia electromecánica.

10.1.2 Prueba de perforación al impulso de frente de onda

Los parámetros en forma preliminar, se consideran los establecidos en la publicación IEC SC-36B.WG6

10.2 Pruebas de Aceptación

Son las indicadas en el inciso 8.3 de la norma ANSI C29.2, el muestreo se debe llevar a cabo en base a los lineamientos indicados en la norma MIL-STD-105 E y al procedimiento de inspección de la Gerencia de LAPEM, el cual debe considerar el comportamiento operativo en campo, cuya información será proporcionada por el área usuaria para fijar el nivel de inspección correspondiente.

10.3 Pruebas de Rutina

El proveedor debe realizar las pruebas al 100% de su producción de acuerdo a lo indicado en el inciso 8.4 de la norma ANSI C29.2

11 GARANTIA

Todos los aisladores tipo suspensión que se indican en esta especificación deben garantizarse en todas sus partes de cualquier problema derivado de vicios ocultos, ocurridos durante su vida útil, la cual no debe ser menor de 30 años. Esta garantía es adicional a la garantía comercial.

12 INFORMACION REQUERIDA

12.1 Con la Oferta

El licitante debe incluir en su propuesta técnica la información siguiente:

- a)** El cuestionario técnico contestado (el licitante tiene opción de utilizar otro formato siempre y cuando contenga toda la información requerida y el orden establecido en dicho cuestionario.)
- b)** Debe presentar los reportes de prueba de caracterización de la porcelana de acuerdo a lo indicado en las especificación CFE 52000-51 avalados por la Gerencia de LAPEM.
- c)** Planos prototipos aprobados por el área usuaria.
- d)** Reporte de pruebas de prototipo aprobados por la Gerencia de LAPEM
- e)** Catálogo descriptivo de los aisladores en español.
- f)** Descripción de la garantía

INDICE

HERRAJES

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN
2. NORMAS QUE APLICAN
3. DEFINICIONES
4. CLACIFICACION DEL MATERIAL
5. PROCESOS DE FABRICACION
6. ENSAMBLE Y ACABADO
7. CONTROL DE CALIDAD
8. MARCADO
9. ENPAQUE Y ALMACENAMIENTO

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta especificación establece las características mecánicas, dimensionales, tolerancias de fabricación y métodos de prueba, que deben satisfacer los herrajes de material ferroso, con sus accesorios utilizados en la construcción y mantenimiento de redes y líneas aéreas de distribución y subtransmisión, que utiliza la Comisión.

2 NORMAS QUE SE APLICAN

CFE L0000-11-1988	Empaque, Embarque, Recepción, Manejo y Almacenamiento de Bienes Adquiridos por CFE.
NOM-008-SCFI-1993	Sistema General de Unidades de Medida.
NMX B-252 -1988	Requisitos Generales para Planchas, Perfiles, Tablaestacas y Barras de Acero Laminado, para Usos Estructurales.
NMX B-254-1987	Acero Estructural.
NMX H-004-1995	Recubrimientos de Zinc por el Proceso de Inversión en Caliente para Sujetadores de Herrajes de Hierro y Acero.
NMX H-076-1990	Arandelas Planas.
NMX H-118-1988	Sujetadores Roscados de Acero al Carbono.
NMX H-124-1990	Tornillo de Alta Resistencia para Uniones de Acero Estructural.
NMX H-131-1990	Sujetadores Tipo Máquina - Cabeza Hexagonal.
NMX H-132-1990	Tuercas y Contratueras Hexagonales Grado Dos.
NMX H-148-1991	Arandelas Helicoidales de Presión Tipo Regular.
NMX H-172-1990	Procedimiento para Soldar Acero Estructural.
NMX J-151-1976	Productos de Hierro y Acero Galvanizados por Inmersión en Caliente.

NMX Z-012/1-1987	Muestreo para Inspecciones por Atributos - Parte 1 -Información General y Aplicaciones.
NMX Z-012/2-1987	Muestreo para la Inspección por Atributos - Parte 2 - Método de Muestreo, Tablas y Gráficas.
NMX Z-012/3-1987	Muestreo para la Inspección por Atributos - Parte 3 - Regla de Cálculo para la Determinación de Planes de Muestreo.
ANSI C135.17-1979	American National Standard for Galvanized Ferrous Bolt-Type Insulator Pins With Lead Threads for Head.
ASTM A47M-1990	Standard Specification for Ferritic Malleable Iron Castings. (Metric).
ASTM A213/A213M REV B-1994	Standard Specification for Seamless Ferritic and Austenitic Alloy-Steel Boiler, Superheater, and Heat - Exchanger Tubes.
ASTM A563-1991	Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nots.
ASTM A668-1990	Steel Forgings, Carbon and Alloy for General Industrial Use.
NEMA CC1-1984	Electric Power Conectors for Substations.

NOTA: En caso de que los documentos anteriores sean revisados o modificados debe tomarse en cuenta la edición en vigor o la última edición en la fecha de apertura de las ofertas de la licitación, salvo que la Comisión indique otra cosa.

3 DEFINICIONES

3.1 Acero Estructural

Barras, perfiles, tubos y otras formas de acero, usadas con propósito de construcción.

3.2 Área sin Galvanizar

Áreas de un artículo galvanizado que no han reaccionado con el zinc durante el proceso de galvanizado.

3.3 Centrifugado

Acción de mover el exceso de zinc fundido, inmediatamente después del galvanizado, mediante el uso de fuerza centrífuga.

3.4 Decapado

La remoción de la cascarilla y óxido de las piezas por inmersión de las mismas en reactivos apropiados, tales como ácido sulfúrico o clorhídrico.

3.5 Doble Inmersión

En caso donde la pieza es demasiado grande para permitir el galvanizado en una sola inmersión, se efectúa una segunda inmersión para galvanizar las áreas no sumergidas en la primera inmersión.

3.6 Asentamiento de Impurezas (dross)

Aleación de hierro-zinc que se forma en el fondo de las tinas, durante el proceso de galvanizado, también se le conoce como escoria.

3.7 Fragilización

Una reducción de la ductilidad normal del metal base como resultado de un cambio físico o químico.

3.8 Galvanizar

Recubrir con una capa de zinc cualquier producto de hierro o acero, para protegerlo contra la corrosión.

3.9 Galvanizar por Inmersión en Caliente

Recubrir con zinc fundido, los productos de hierro o acero, después de que han sido sometidos a un proceso de preparación para lograr que se adhiera en ellos una capa de este metal.

3.10 Hierro Maleable

Hierro fundido convertido estructuralmente por un tratamiento térmico con una matriz de ferrita o perlita que contiene nódulos de grafito revenido (rosetas).

3.11 Hierro Forjado

Es el proceso de formado a productos por golpe o presión.

3.12 Masa de Recubrimiento

La masa del recubrimiento de zinc por unidad de área en el metal base.

3.13 Metal Base

Hierro o acero a recubrir o que ha sido recubierto.

3.14 Trabajo en Frío

Deformación permanente de un metal, abajo de su temperatura de recristalización.

3.15 Defecto Crítico

Defecto que puede producir condiciones inseguras o peligrosas, impide el desempeño o funcionamiento correcto.

3.16 Defecto Mayor

Defecto que puede provocar una falla o reducir en forma drástica la utilidad del producto para el que se destina.

4 CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL

Todos los herrajes y accesorios deben cumplir con lo que se especifica a continuación a menos que se indique otra cosa en la especificación CFE particular del producto.

El proveedor debe recurrir antes de iniciar la fabricación de cualquier componente, con el área usuaria y/o Gerencia de LAPEM de Comisión.

4.1 Acero Estructural

Las formas o perfiles de acero estructural que se empleen en la fabricación de los herrajes y accesorios, deben cumplir con las siguientes especificaciones:

- las dimensiones generales deben estar de acuerdo con la norma NMX B-252,
- las propiedades físicas, químicas y mecánicas deben estar de acuerdo con la norma NMX B-254.

4.2 Hierro Maleable

Los productos de hierro maleable o fundido deben cumplir con lo establecido para este material en la norma ASTM A47M.

4.3 Hierro Forjado

Los productos de hierro forjado en los que así se requiera, deben cumplir con la norma ASTM A668.

5 PROCESOS DE FABRICACIÓN

En los procesos de manufactura del producto terminado los herrajes y accesorios deben estar libres de cualquier defecto.

5.1 Cortes

Los cortes que se ejecuten en el material durante la fabricación de los herrajes deben ser estrictamente ortogonales.

5.2 Barrenos

Los barrenos deben ser efectuados por medio de taladro o punzonado.

5.3 Doble

El doblez en los herrajes que lo requieran, se debe efectuar en caliente o en frío, y en cualquier caso las piezas terminadas deben estar libres de agrietamiento o abolsamiento en las zonas afectadas.

5.4 Roscas

Las roscas internas y externas, ajuste y dimensiones generales de los tornillos y tuercas, deben cumplir con la norma ASTM A-563.

Las roscas pueden ser roladas, tarrajadas o maquinadas, manteniéndose en los tres casos el diámetro nominal de la cuerda.

5.5 Soldadura

Cuando se requieran uniones soldadas, se debe cumplir con la norma NMX H-172 y con lo siguiente:

- a) Las uniones soldadas se deben hacer con soldadura de arco o por resistencia. El tipo de unión y la preparación de los extremos en las piezas a soldar, deben cumplir con lo indicado en las especificaciones del producto.
- b) Las superficies de unión de las piezas por soldar deben estar libres de oxidación, escamas de laminación, grasa o cualquier otra impureza.
- c) Los cordones deben ser corridos alrededor o longitudinalmente a toda el área de contacto entre las piezas, de tal manera que se evite la oxidación en los socabados donde es difícil el flujo de zinc durante el proceso de galvanizado.
- d) Los cordones deben ser uniformes y estar exentos de porosidades, carbón y escoria, antes de aplicar cualquier recubrimiento protector.
- e) El uso de electrodos deja frecuentemente residuos que presentan problemas para el proceso de decapado con las soluciones usuales, por lo que todos los residuos de la soldadura se deben eliminar por medio de chorro de arena o cepillo de alambre de acero.
- f) El cordón de soldadura debe estar libre de grietas, escamas, traslapes o porosidades, debiendo presentar además buena apariencia.

5.6 Galvanizado

Todos los herrajes, accesorios y tornillos, deben ser galvanizados por inmersión en caliente, excepto en los casos que se indique otro tipo de acabado en la especificación del producto. Dicho galvanizado debe ser del tipo especial y cumplir con lo indicado en las normas NMX-J-151 y NMX-H-004, tomando en cuenta lo siguiente:

- a) El galvanizado de los herrajes y accesorios se debe efectuar una vez terminadas las operaciones de manufactura.
- b) Las tuercas se deben repasar después del galvanizado, con un machuelo de 0,4 mm mayor en diámetro que el correspondiente al diámetro nominal de la cuerda.
- c) A todos los productos roscados, excepto las tuercas, después de la galvanización, se les debe efectuar una operación de centrifugación para eliminar los excesos que afectan el ajuste de sus partes.
- d) Las tuercas y tornillos deben ser acabados en tal forma, que después de su galvanizado conserven su ajuste y las tuercas puedan atornillarse con los dedos en toda la longitud de la cuerda del tornillo.
- e) La apariencia de la superficie en los productos galvanizados debe ser uniforme y libre de escurrimientos, exceso de áreas sin recubrimiento y burbujas, libre de dross, figuras, rallas, golpes, escamas, rebabas e imperfecciones que afecten las propiedades mecánicas o que presenten rugosidad, ya que deben tener un aspecto terso al tacto.
- f) Se requiere un certificado de calidad, que garantice el acabado de las piezas sometidas al galvanizado.

6 ENSAMBLE Y ACABADO

6.1 Piezas y Componentes

El componente de cada herraje o accesorio debe estar formado por elementos de una sola pieza, a menos que se indique otra cosa en las especificaciones particulares del producto. En este último caso, deben ser complementados con los materiales descritos como componentes adicionales del producto, por lo cual cada proveedor debe suministrar armados o ensamblados dichos componentes completos con cada producto.

6.2 Tornillos y Tuercas

6.2.1 Material

Los tornillos y tuercas que se suministren para el ensamble de los herrajes y sus accesorios deben ser de acero, de bajo contenido carbón SAE grado A, de acuerdo a las normas NMX-H-118, NMX-H-131 y NMX-H-132, fabricados en frío o en caliente.

Para las tuercas consultar y cumplir con todo lo establecido en la norma ASTM A563.

6.2.2 Forma y Dimensiones

El diámetro, longitud y forma de cabeza de tuerca y tornillos, deben cumplir con lo indicado en la especificación particular del producto.

Las cabezas de tornillos deben cumplir con la norma NMX H-131. Las tuercas deben corresponder a las de tipo regular de la norma NMX H-132. Los tornillos y pernos de los herrajes y accesorios, se deben suministrar con tuerca y chaveta, cuando así lo indique la especificación particular del producto correspondiente.

6.3 Accesorios

6.3.1 Arandelas Planas

Las arandelas planas deben ser conforme a la norma NMX H-124 y cumplir dimensionalmente con lo indicado en la norma NMX-H-76.

6.3.2 Arandelas de Presión

Las arandelas de presión deben ser de acero al carbón, endurecido, tipo resorte helicoidal y cumplir con lo indicado en la norma NMX-H-148.

6.3.3 Alfileres

Los alfileres para aisladores deben cumplir con la norma ANSI C135.17 y con las especificaciones correspondientes del producto en particular.

6.3.4 Chavetas

Deben ser de acero inoxidable de AISI-316, de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM A-213.

6.4 Masa

La masa de los herrajes en ningún caso debe variar más del 5% de la masa indicada en las especificaciones correspondientes de cada producto.

6.5 Dimensiones y Tolerancias

Las dimensiones de los herrajes y accesorios, deben ajustarse a lo establecido en las especificaciones de producto correspondiente y en su caso a las tolerancias indicadas en la tabla 1 de esta especificación.

6.6 Acabado de Herrajes y Accesorios

El acabado de los herrajes y accesorios no deben presentar grietas, escamas, porosidades o cualquier otra imperfección que afecte la resistencia mecánica o la apariencia de los mismos.

TABLA 2 - Referencia de los materiales forjados y de fundición

Materiales forjados (1)
Bola y Ojo
Calavera y Ojo
Calavera y Horquilla
Eslabón para grapa de tensión a compresión
Gancho Bola
Gancho Ojo
Grapas Paralelas
Grilletes
Horquillas
Pija 13
Tornillos Máquina
Tuercas de Ojo
Yugos
Materiales de fundición (2)
Aro 84
Marco 84
Tapa 84
Dados
Grapa Amortiguador
Grapa Remate
Grapa Suspensión
Guardacabo de Aluminio
Amortiguador

NOTA: Los materiales enlistados en esta tabla, son orientativos no limitativos.

7 CONTROL DE CALIDAD

7.1 Certificados de Calidad

a) Material.

El proveedor debe entregar antes de las pruebas los certificados de calidad del metal empleado en la fabricación de los herrajes y sus accesorios. No se aceptan reparaciones ni resanes y las partes deben estar libres de defectos de fundición.

b) Galvanizados.

El proveedor debe entregar antes de las pruebas, el certificado de calidad del galvanizado.

7.2 Muestreo

Se debe llevar a cabo de acuerdo con lo indicado en las normas NMX-Z-12/1, NMX-Z-12/2 y NMX -Z-12/3, usando un nivel de inspección II para un plan de muestreo simple normal con los niveles de calidad indicados a continuación:

	Nivel de calidad
- defectos críticos	1,0
- defectos mayores	4,0
- defectos menores	N/A

7.2.1 Clasificación de defectos

En las tablas 3,4,5 y 6 se muestran los defectos críticos, mayores y menores que se consideran al llevar a cabo la inspección y pruebas por el inspector del LAPEM de la Comisión. La inspección comprende detectar lo siguiente:

- defectos en los herrajes en su acabado final,
- defectos en los herrajes fabricados por forja,
- defectos en los herrajes fabricados por fundición,
- defectos en los herrajes fabricados por maquinado y troquelado.

7.2.2 Inspección

El proveedor debe proporcionar al personal de Comisión las facilidades para tener libre acceso a sus instalaciones, a fin de inspeccionar la materia prima, procesos de fabricación, precisión de los instrumentos de control y medición, así como los productos terminados, incluyendo los procedimientos y registros que apoyan estas actividades.

7.3 Pruebas

Deben efectuarse todas las pruebas indicadas en las normas que se citan en el capítulo 2 de esta especificación, aplicando los métodos de prueba que las mismas señalan.

7.3.1 Pruebas mecánicas

Los herrajes y accesorios deben cumplir con las pruebas que marcan las normas citadas en el capítulo 2 de esta especificación, así como con las indicadas en las especificaciones correspondientes de cada producto.

7.3.2 Pruebas eléctricas

Cuando la especificación del producto así lo indique, éste debe ser sometido a las pruebas siguientes:

- a) Elevación de temperatura.
- b) Efecto corona visual.
- c) Radiointerferencia.

Los valores de prueba que deben cumplir, son los indicados en la norma NEMA CC1.

TABLA 3 - Clasificación de defectos del acabado final

Inciso	Galvanizado fuera de especificación	Crítico	Mayor
a	Espesor	x	
b	Escamas		x
c	Escurrimiento		x
d	Exceso de material	x	
e	Burbujas		x
f	Aristas filosas *		x
g	Gotas		x
h	Roscas		x
i	Tuercas	x	
j	Escorias	x	
k	Limpieza		x
l	Manchas por fundente		x
m	Crispones		x
n	Grumos	x	
o	Asentamiento de impurezas (dross) *		x
p	Adherencia	x	
q	Áreas sin galvanizar	x	

TABLA 4 - Clasificación de defectos del acabado por forja

Inciso	Concepto	Crítico	Mayor
a	Año y número de lote		x
b	Logotipo o identificación		x
c	Tensión mecánica	x	
d	Limpieza		x
e	Pliegues	x	
f	Burbujas		x
g	Manchas por fundente		x
h	Cristales		x
i	Grumos *	x	
j	Espesor	x	
k	Adherencia	x	
l	Áreas desnudas	x	

NOTA: * para defectos de cualquier tamaño

TABLA 5 - Clasificación de defectos en los herrajes fabricados por fundición

Inciso	Tipo de defecto	Critico	Mayor
a	Año y número de lote		x
b	Logotipo o identificación		x
c	Dimensiones internas	x	
d	Dimensiones externas	x	
e	Posición y tamaño de barreno	x	
f	Poros *	x	
g	Aristas filosas *	x	
h	Grietas *	x	
i	Tensión mecánica	x	
j	Dureza	x	
k	Ensamble	x	

TABLA 6 - Clasificación de defectos en los herrajes fabricados por maquinado y troquelado

Inciso	Concepto	Critico	Mayor
a	Año y número de lote		x
b	Logotipo o identificación		x
c	Dimensiones internas	x	
d	Dimensiones externas	x	
e	Grietas visibles*	x	
f	Tensión mecánica	x	
g	Rebaba *		x
h	Arista filosas*	x	
i	Filo	x	

8 MARCADO

8.1 En el Producto

Para facilitar la identificación de cada producto debe ser marcado con el logotipo o marca de fabricación indicando además el número de lote y año de fabricación. En los productos fabricados en acero forjado o maleable, se deben marcar además la resistencia mecánica de ruptura. Las marcas deben ser estampadas en alto o bajo relieve antes de galvanizar, a fin de quedar perfectamente visibles después del acabado del producto.

8.2 En el Empaque

Cuando el herraje o accesorio requiera empaque, deben aparecer en un lugar visible y en español, los siguientes datos que faciliten su identificación: nombre genérico, (descripción

corta), especificación del producto correspondiente, marca o logotipo del proveedor, cantidad y masa, así como las precauciones que se deben observar en el manejo del producto.

El empaque debe proteger al producto durante el viaje desde el lugar de fabricación hasta el sitio, incluyendo seis (6) meses de almacenamiento en el nivel y bajo las condiciones que se recomienden y que hayan sido aprobadas por la entidad de Comisión que lo haya adquirido.

El empaque debe hacerse de tal forma que permita un recuento rápido sin destruir o vaciar el empaque.

8.3 Nomenclatura

La designación y codificación de los herrajes y accesorios, para efectos de requisitos, pedidos, entrega y manejo por almacenes, se debe hacer conforme se describe en la especificación CFE del producto correspondiente.

9 Empaque y Almacenamiento

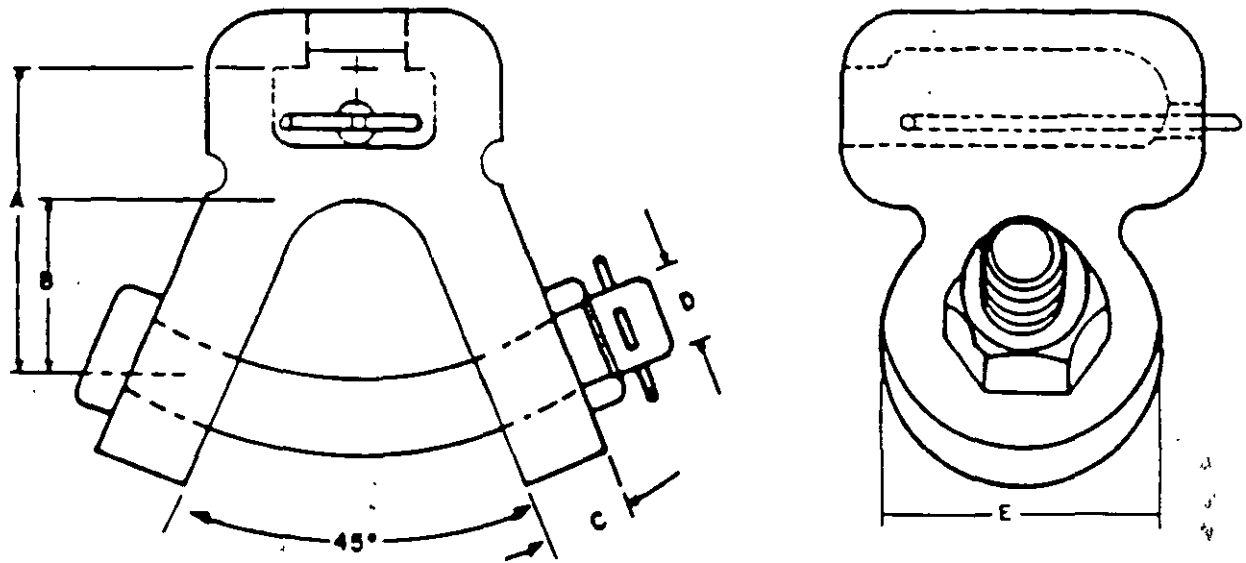
El empaque requerido, así como las recomendaciones de almacenamiento para cada material, se estipulan en la especificación del producto correspondiente. En términos generales, el empaque solicitado debe ser lo suficientemente fuerte para soportar un manejo rudo, presentar la resistencia necesaria para su transporte hasta los puntos de almacenamiento y de utilización, cumpliendo con lo indicado en la especificación CFE L0000-11, indicando la cantidad que ampara cada partida, con identificación clara y permanente.

Adicionalmente a lo anterior, para piezas menores de 3 m y masas hasta 50 kg, éstas se deben entregar sobre tarima (para mover con cargador frontal o montacarga), flejadas y debidamente ordenadas para efectuar un conteo rápido.

Se permite además, que en una tarima se acomoden debidamente ordenados y flejados dos o más tipos de herrajes, cuando las cantidades de cada uno de ellos no sea suficiente para completar la carga de una tarima.

Solo se permite el uso de alambre o fleje galvanizado en amarres o atados de empaques, salvo lo que se indique en la especificación particular del producto.

Cuando se usen cajas para empaque estas deben ser de plástico, lámina galvanizada o madera con espesor mínimo de 13 mm.



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN KN (kg)	MASA kg	CLASE
2C2AC73382	58	30	13	19	48	1336 (13620)	1.13	525
2C2M684392	63	35	16	22	60	2227 (22700)	2.27	528
2C2AD14392	69	39	16	22	60	2227 (22700)	2.27	528

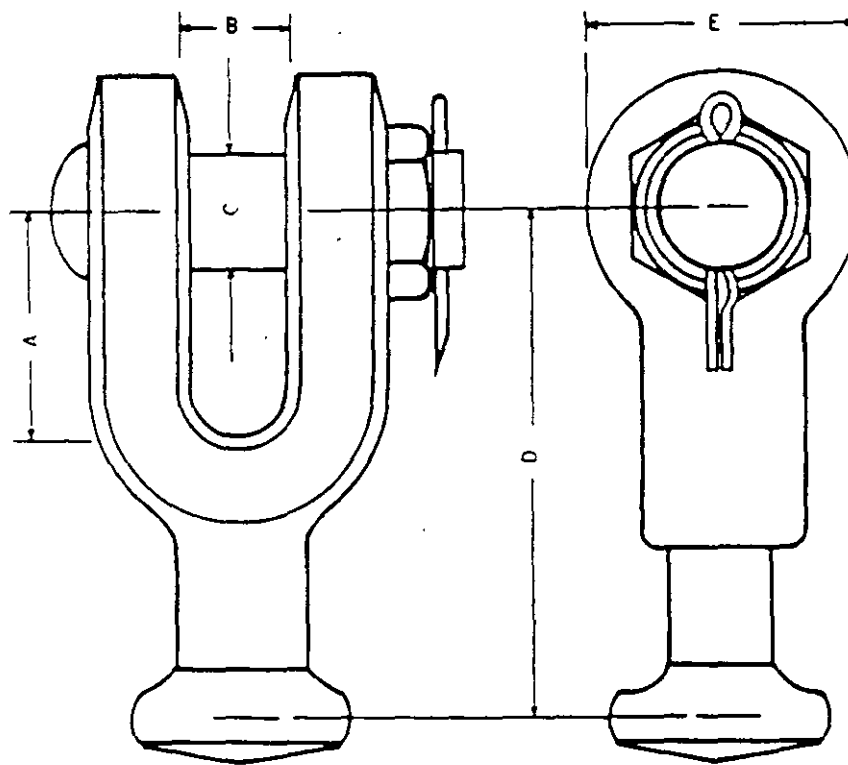
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado o hierro maleable galvanizado Holgura entre tuerca y horquilla de 2 mm
ESPECIFICACION GENERAL:	CFE. - 20000-01 Herrajes y Accesorios CFE. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	Conjuntos de suspensión vertical 2 conductores por fase Conjuntos de suspensión en "V" 1 y 2 conductores por fase
ACCESORIOS:	Chaveta tipo "R" de acero inoxidable o bronce
ACOTACIONES:	En milímetros

HORQUILLA BOLA

ESPECIFICACION

CFE 2HILT-03

1 de .



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)	MASA EN kg	CLASE
2H3B021111	49	24	22	106	56	160.2 (16380)	1.2	52.8

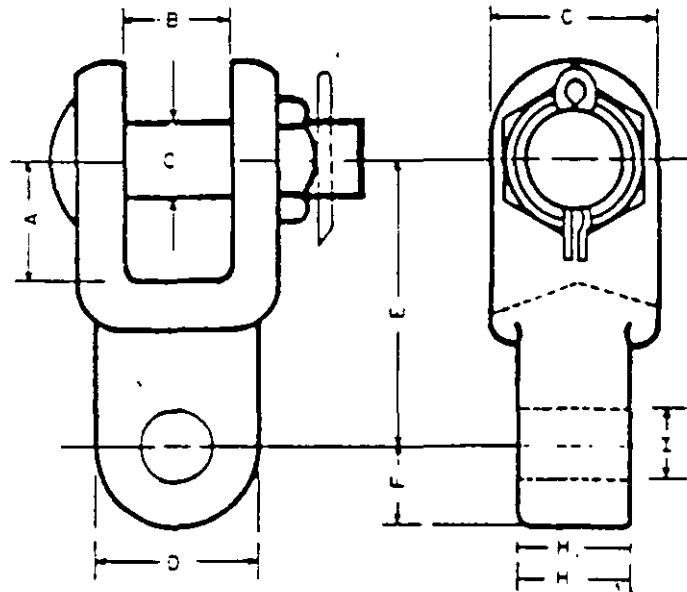
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado y galvanizado Holgura entre tuerca y horquilla de 2 mm -
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios CFE - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjuntos de tensión para 2 conductores por fase
ACCESORIOS:	Chaveta tipo R de acero inoxidable o bronce
ACOTACIONES:	En milímetros

HORQUILLA OJO REVIRADO

ESPECIFICACION

C.F.E. 2HILT-04

1 de 1



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN	MA S A kg
2H3BC72211	35	21	16	44	70	22	45	30	18	112.2 (11340)	1.247
2H3B072451	35	21	16	44	70	22	45	42	18	222.7 (22700)	1.361

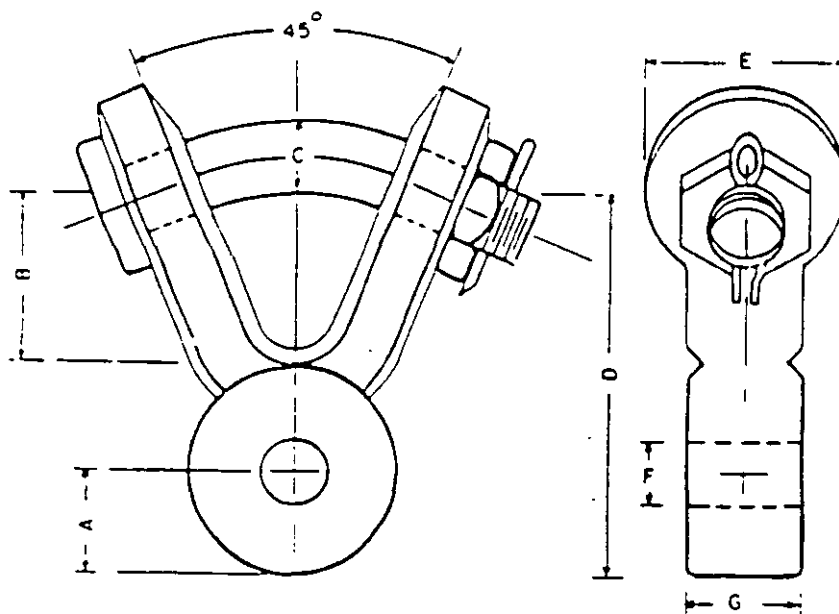
MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Acero forjado y galvanizado Holguro entre tuerca y horquilla 2 mm
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	Resistencia de ruptura menor: Líneas de 115 kV; 1 conductor Resistencia de ruptura mayor: líneas de 230 kV; 1 ó 2 conductores
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACCESORIOS:	Chaveca tipo "R" de acero inoxidable o bronce
ACOTACIONES:	En milímetros

HORQUILLA "Y" OJO CORTA

ESPECIFICACION

- CFE-2HILT-05 -

1 de



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	F	G	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)	MASA EN kg.
2H3D091331	21	41	22	62	45	21	44	133.6 (13620)	1.04

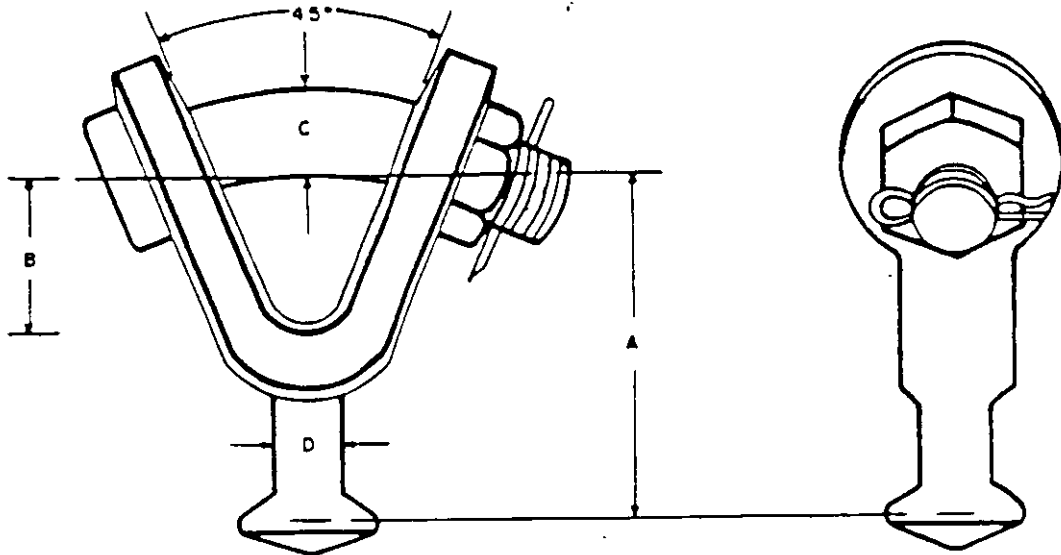
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado o hierro maleable galvanizado Holgura entre tuerca y horquilla de 2 mm
ESPECIFICACION GENERAL:	CFE - 20000-01 Herrajes y Accesorios CFE - 2 HILT-01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjuntos de suspension vertical; 2 conductores por fase En conjuntos de suspension en "V"; 1 y 2 conductores por fase
ACCESORIOS	Chaveta tipo R de acero inoxidable o bronce
ACOTACIONES:	En milímetros

HORQUILLA "Y" BOLA

ESPECIFICACION

CFE 2H117-06

1 de 1



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg.)	MASA kg	CLASE
2H3D093261	76	38	19	18	111.2 (11340)	0.86	52.5
2H3D091111	100	46	22	23	160 (16360)	1.27	52.8

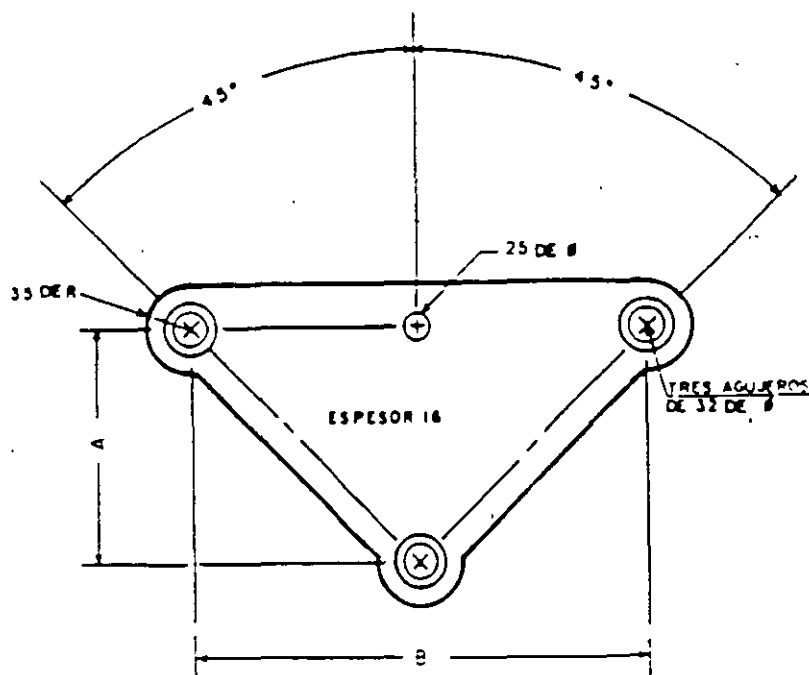
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado galvanizado Holgura entre tuerca y horquilla de 2 mm
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjuntos de suspensión vertical: 1 y 2 conductores por fase En conjuntos de suspensión en "V": 1 y 2 conductores por fase En conjuntos de tensión: 1 y 2 conductores por fase
ACCESORIOS:	Chaveta tipo "R" de acero inoxidable o bronce
ACOTACIONES:	En milímetros

YUGO TRIANGULAR VI

ESPECIFICACION

CFE 2HILT-07

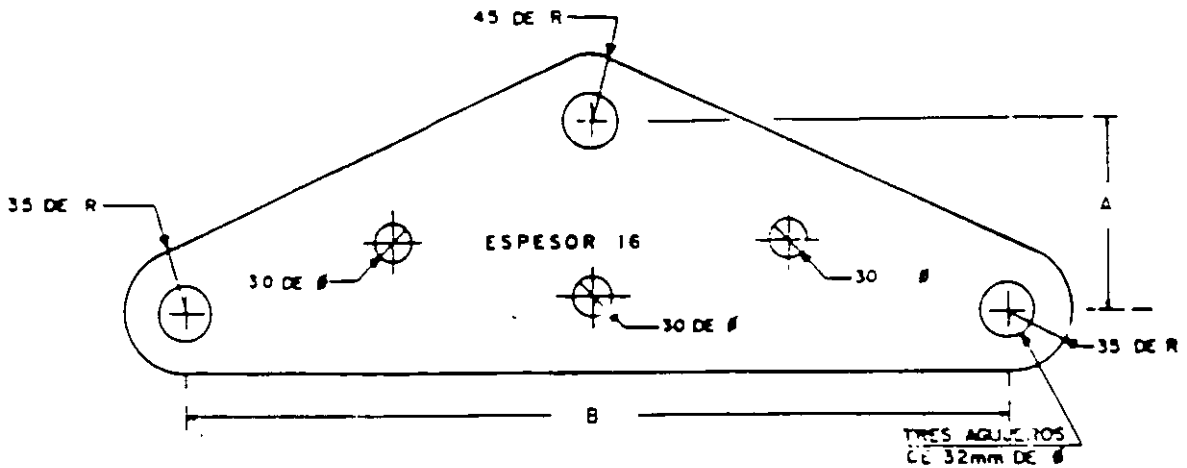
1 de



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS.

CLAVE	A	B	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)	MASA EN kg
2Y11211011	108	216	112.2 (11340)	2

MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero estructural o hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	CFE - 20000-01 Herrajes y Accesorios CFE - 2 HILT-01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de suspensión en "V": 1 conductor por fase
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)	M A S A EN kg
2Y.1221011	108	450	111.2 (11340)	12.7

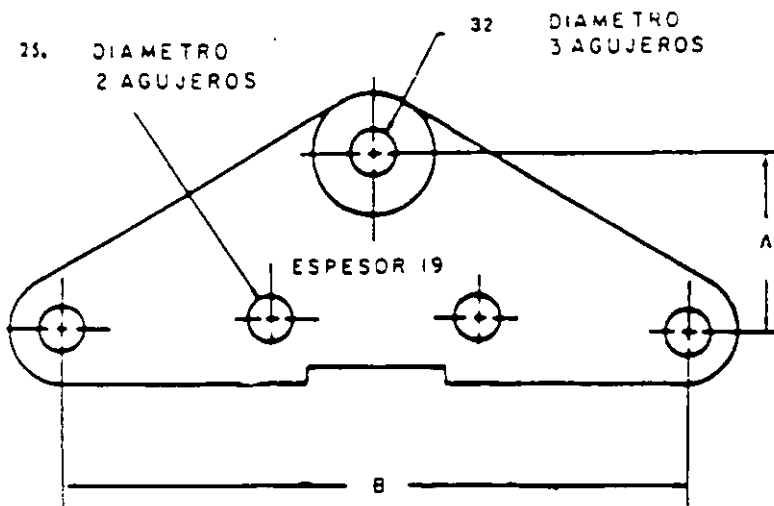
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero estructural o hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	CFE. - 20000-01 Herrajes y Accesorios CFE. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de suspensión vertical para 2 conductores por fase
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros

YUGO TRIANGULAR T2

ESPECIFICACION

CFE 2HILT-09

1 de 1



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)	M A S A EN kg
2Y11220221	127	457	267 (27240)	15.22

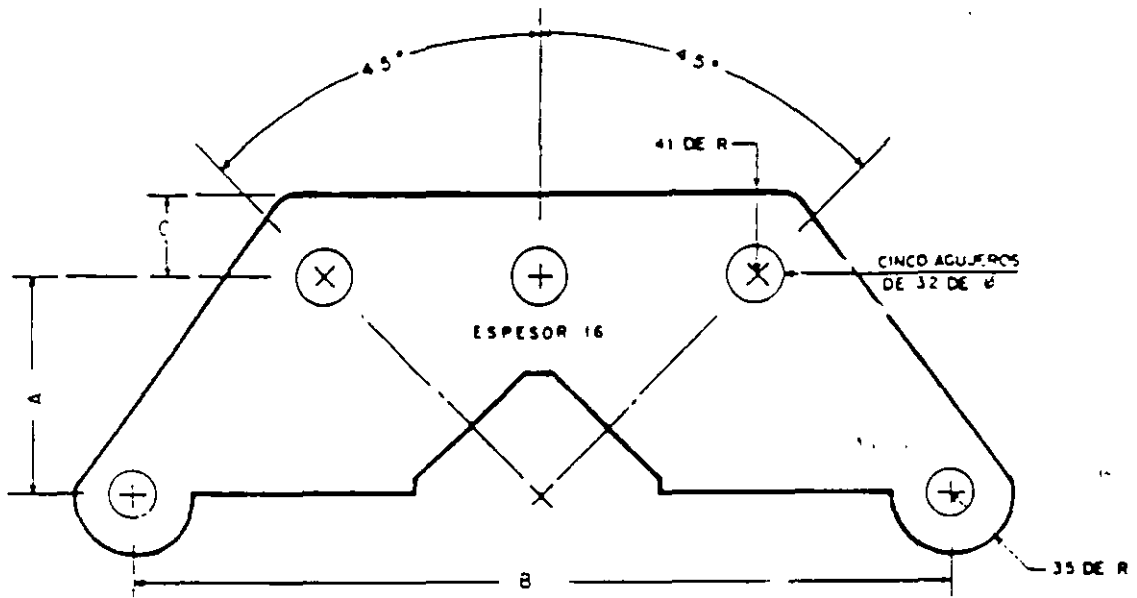
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero estructural o hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de tensión para 2 conductores por fase
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros

YUGO TRAPEZOIDAL V2

ESPECIFICACION

CFE 2HILT-10

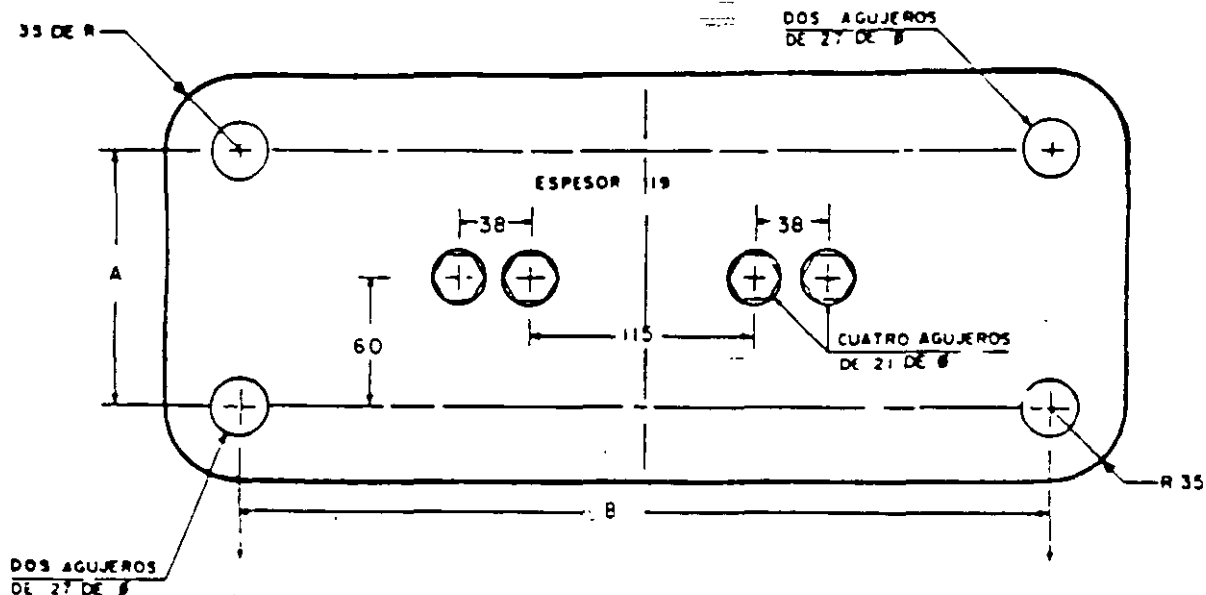
1 de 1



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)	M A S A EN kg
2Y11624011	127	450	41	III 2 (11340)	8

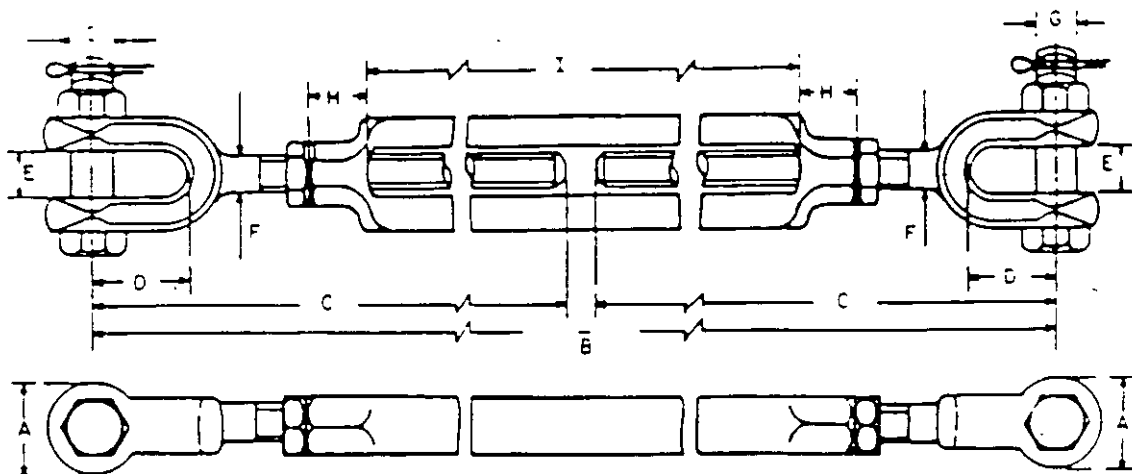
MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Acero estructural o hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	CFE - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios CFE - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de suspensiones en "V" para 2 conductores por fase
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	RESISTENCIA A LA RUPTURA kN (kg)	M A S A EN kg
2Y11626042	140	450	222.7 (22700)	15.2

MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero estructural o hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de tensión para dos conductores por fase.
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros.



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

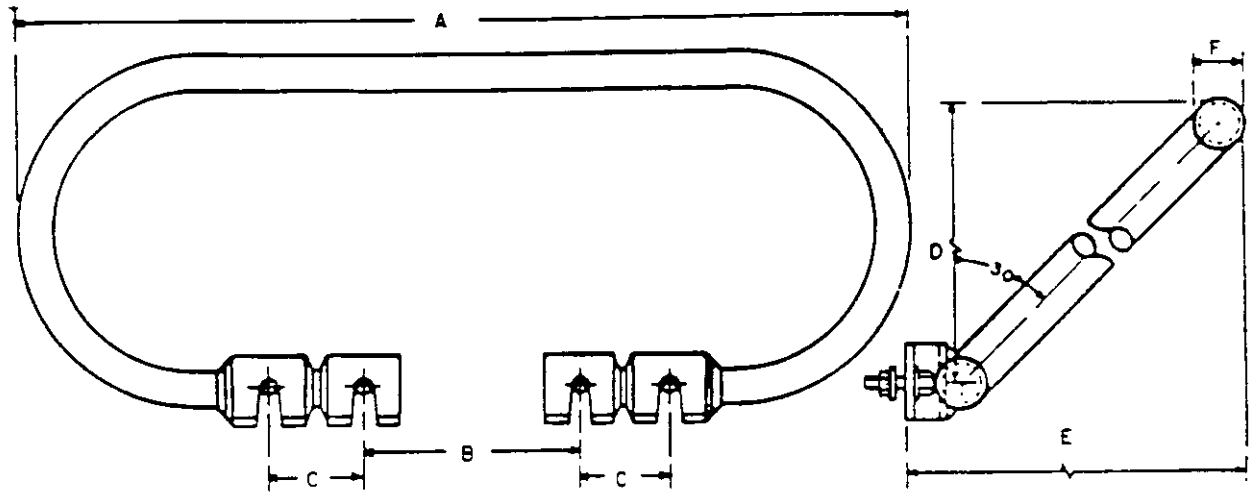
CLAVE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN(kg)	MASA kg.
2T3EUVY731	46	413-	206	54	29	22	22	33	152	160.2 (16330)	2.0
2T3EUVY831	46	565	206	54	29	22	22	33	152	160.2 (16330)	2.0

MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero estructural o hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	CFE. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios CFE - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de tensión para dos conductores por fase
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros

ANILLO EQUIPOTENCIAL

ESPECIFICACION
CFE 2HILT-13

1 de .



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	F	ti	n	S	A
								EN	kg	
51A0.0:1AL	930	115	38	275	300	48			1.60	

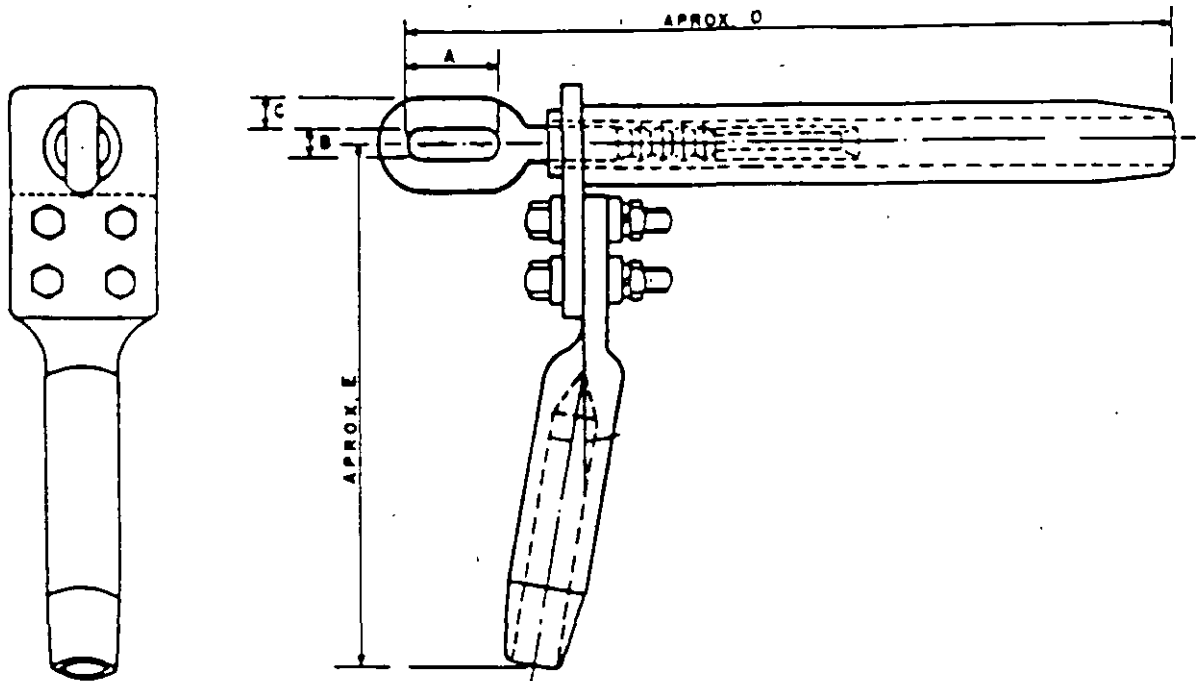
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Aluminio (ASTM - B108)
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E - 20000-01 Herrajes y Accesorios C.F.E - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjuntos de tensión para dos conductores por fase
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros

GRAPA DE TENSION A COMPRESION

ESPECIFICACION

CFE 2HILT-14

1 de 1



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	CABLE kCM	RESISTENCIA A LA RUPTURA
2621600012	55	20	18	480	280	477	95% De la del cable
2621600112	60	26	24	590	300	795	95% De la del cable
2621600012	60	26	24	610	310	900	95% De la del cable
2621600012	60	26	24	620	325	1113	95% De la del cable

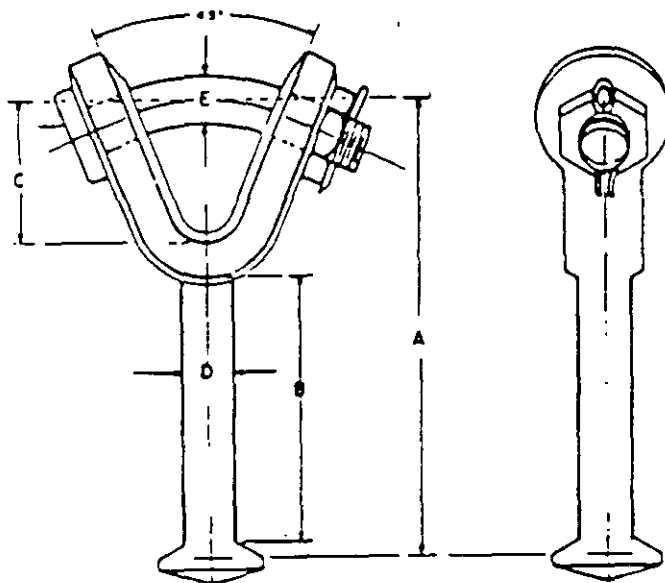
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Cuerpo. Aluminio Eslabon Acero
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjuntos de tensión de uno y dos conductores por fase
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros

HORQUILLA "Y" BOLA LARGA

ESPECIFICACION

C.F.E. 2HILT-15

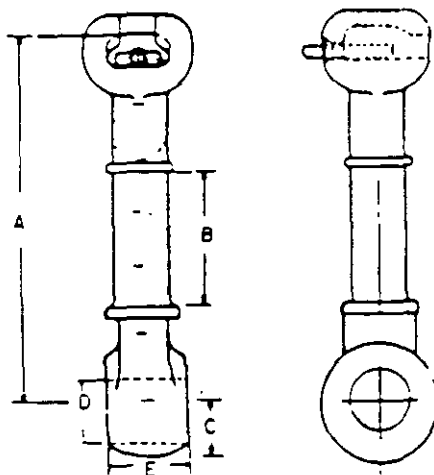
1 de



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg.)	MASA kg	CLASE
2H3B081311	246	149	48	22	19	133.6 (13620)	1.27	52.5
2H3B061441	259	152	48	22	22	222.7 (22700)	1.68	52.8

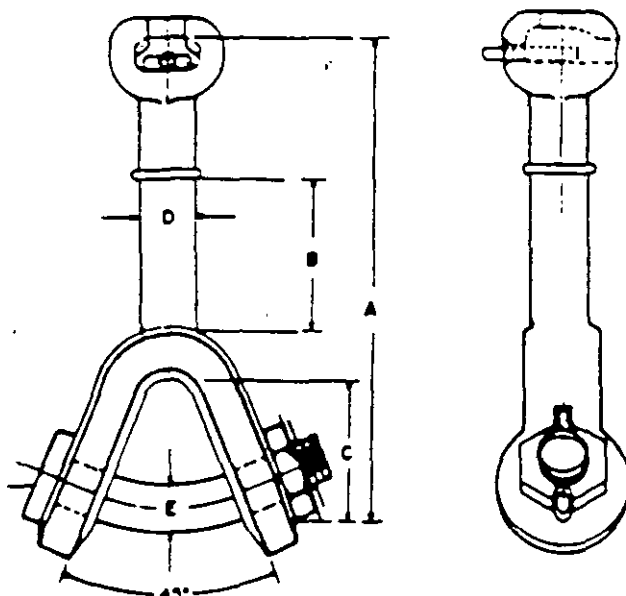
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado y galvanizado Holgura entre tuerca y horquilla de 2 mm
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000-01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT-01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En todos los conjuntos de suspensión y tensión de 1 y 2 conductores por fase
ACCESORIOS:	Chaveta tipo "R" de acero inoxidable o bronce
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg.)	MASA kg.	CLASE
2L3AC85501	254	152	25	30	32	133.6 (13620)	1.406	52.5

MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado o Hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000 -01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT -01 Herrajes para líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de suspensión vertical para un conductor por fase
ACCESORIOS:	Chaveta tipo "R" de acero inoxidable o bronce
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)	MASA EN kg.	CLASE
ZC2A593382	262	152	49	22	19	133.6 (13620)	1.6	52.5
ZC2A174392	273	150	52	30	22	222.7 (22700)	3.4	52.8

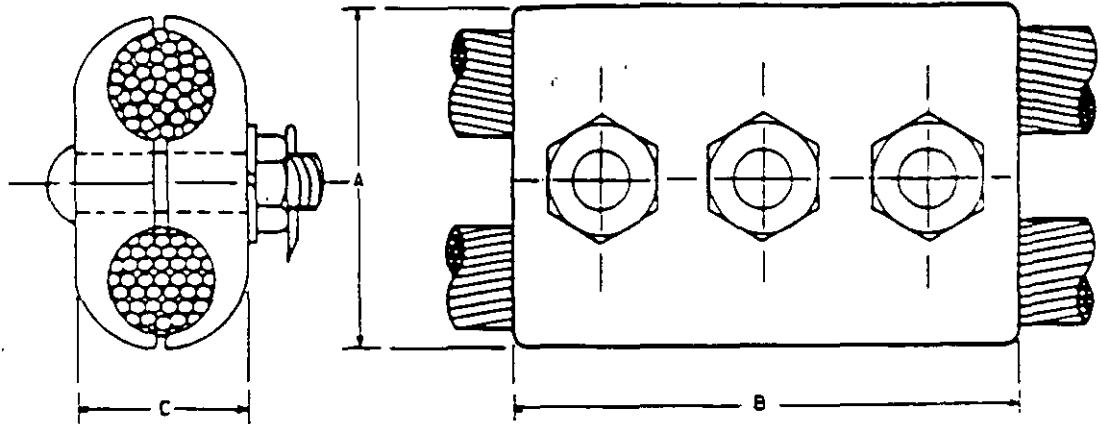
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado o hierro maleabe galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000-01 Herrajes y Accesorios CFE - 2 HILT-01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En todos los conjuntos de suspensión y tensión de uno y dos conductores por fase
ACCESORIOS:	Chaveta tipo "R" de acero inoxidable o bronce
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros

CONECTOR PARALELO PARA CABLE CONDUCTOR

ESPECIFICACION

CFE 2HILT-18

1 de 1



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	DESIGNACION	DIAMETRO CABLE KCM	A	B	C
552000A66A	CONECTOR 477	477	74	140	60
552000B66A	CONECTOR 795	795	105	165	80
552000B66A	CONECTOR 900	900	105	165	80
552000C66A	CONECTOR 1113	1113	128	180	95

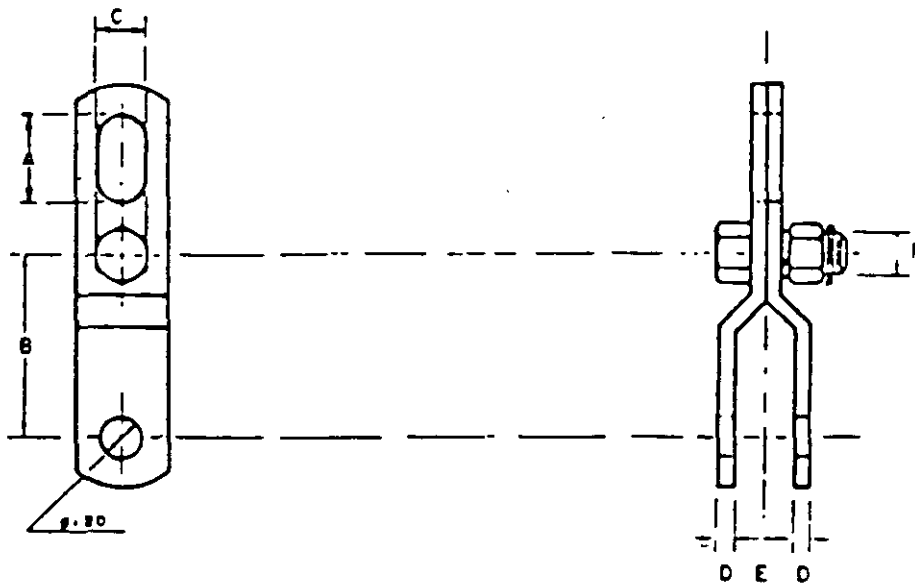
MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Aleacion de Aluminio-Silicio, alta resistencia mecánica
ESPECIFICACION GENERAL	C.F.E. - 20000-01 Herrajes y Accesorios C.F.E - 2 HILT-01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO	Conexión de cable a cable ACSR en transposiciones y puentes en torres de tensión
ACCESORIOS	Arandelo de presión
PRUEBAS	Debe pasar pruebas eléctricas y mecánicas de acuerdo con la norma NEMA CCI o NOM-J-383
ACOTACIONES	En milímetros

ESLABON PARA CABLE DE GUARDA

ESPECIFICACION

CFE 2HILT-19

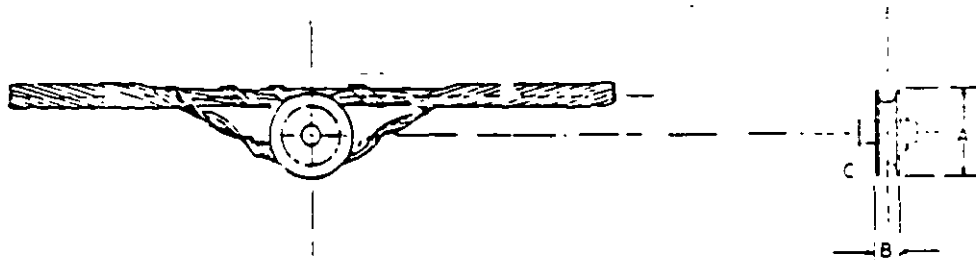
1 de 1



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)	MASSA EN kg
2E1AP00032	44	90	17	13	32	111.2 (11340)	1.06

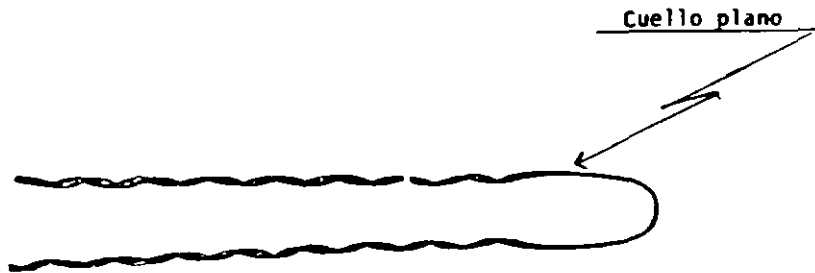
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero estructural galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	CFE.- 20000 - 01 Herrajes y Accesorios CFE.- 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de suspensión preformado para el cable de guarda
ACCESORIOS:	Chaveta tipo "R" de acero inoxidable o bronce
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas
ACOTACIONES:	En milímetros.



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)
8TLA000000	86	28	21	111.2 (11340)

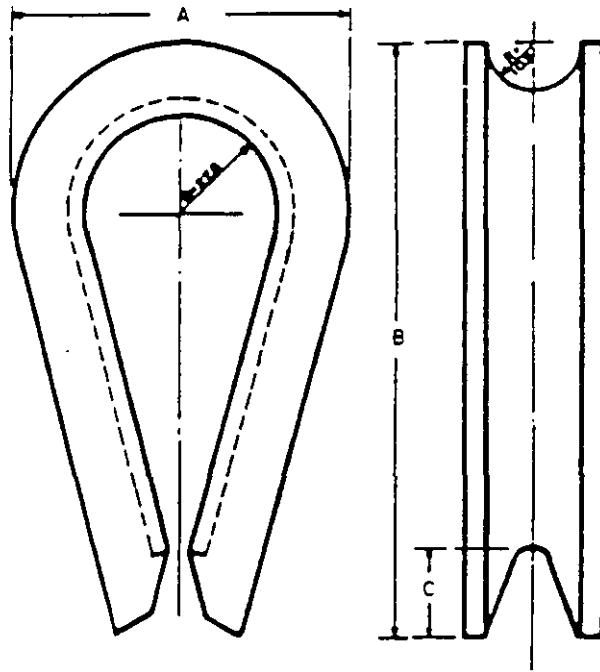
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Polea: Acero estructural galvanizado Preformado: Acero galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de suspensión preformado para el cable de guarda
ACCESORIOS:	Chaveta tipo "R" de acero inoxidable o bronce
ACOTACIONES:	En milímetros.



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	DESIGNACION	LONGITUD mm	DIAMETRO DEL CABLE
517H58627P	REMATE PA 9.5	889	9.5

MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Varillas preformadas de acero galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000-01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT-01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	Rematar cable de guarda
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas mecánicas: Debe soportar una carga de deslizamiento no menor del 95% de la carga de ruptura del cable
ABREVIATURAS:	Remate PA 9.5 Remate preformado de acero 9.5



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	MASA EN kg
2R3A21C08E	79	122	24	0.085

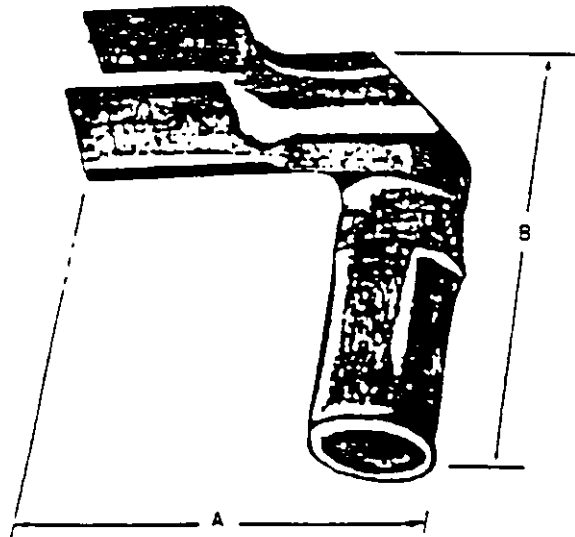
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Lamina de acero, galvanizado calibre No 12 USG
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En remates de cable de guarda
ACOTACIONES:	En milímetros

CONECTOR A COMPRESION DE CABLE A CABLE

ESPECIFICACION

C.F.E. 2HILT-23

1 de



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	MASA kg
5590003003	79	79	0.15

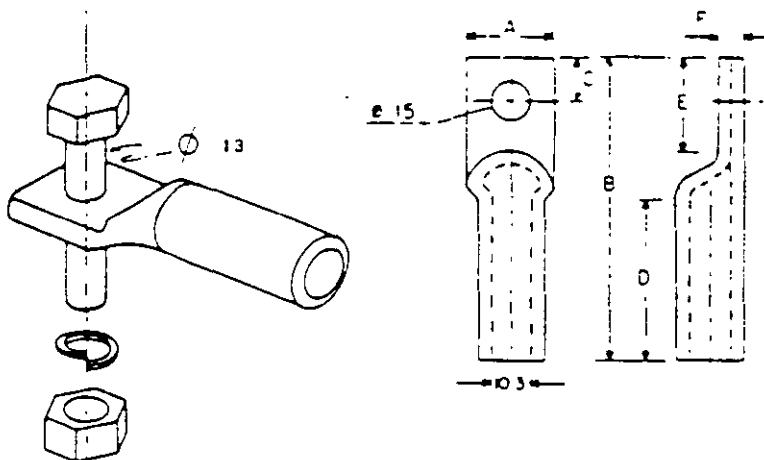
MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Aleacion de aluminio o acero galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000-01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT -01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	Conexion de cable a cable de guarda de acero galvanizado, 9.5 mm o 7 No.8 AAS
PRUEBAS:	Carga de deslizamiento del cable, mínimo 5% de la carga de ruptura del cable
ACOTACIONES:	En milímetros
ABREVIATURAS:	AAS Acero con aluminio soldado

CONECTOR A COMPRESION DE CABLE A SOLERA

ESPECIFICACION

CFE 2HILT-24

1 de 1



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	E	F	MASA kg
5580007033	32	92	13	41	35	8	0.022

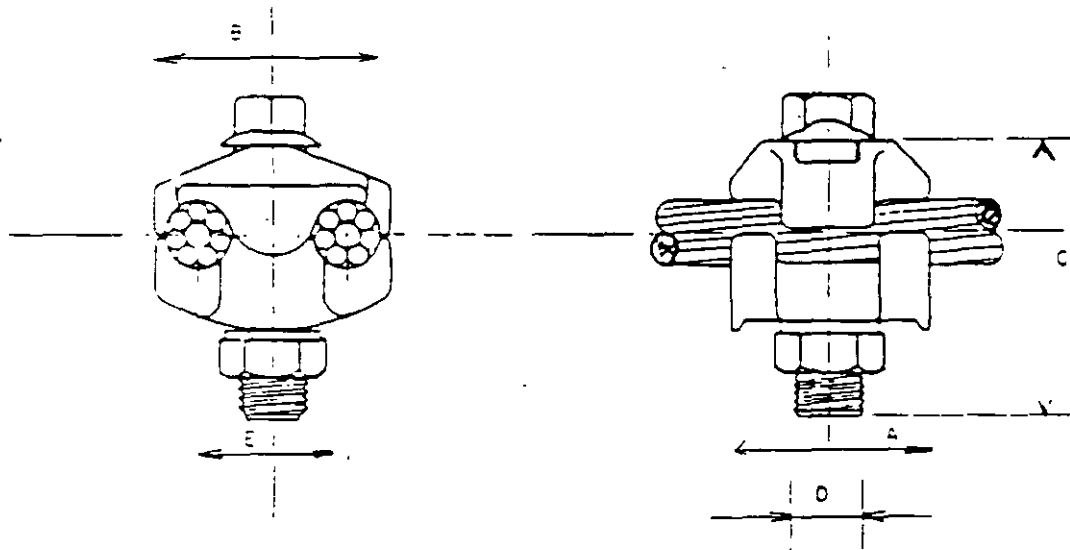
MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Aleación de aluminio o acero galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL	CFE - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios CFE. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO	Conexión de bajada del cable de guarda con las torres (acero galvanizado 9.5mm. o 7 N° 8 AAS)
ACCESORIOS:	Un tornillo de acero galvanizado de 13 mm de diámetro y longitud específica, con arandela de presión y tuerca
ACOTACIONES:	En milímetros
ABREVIATURAS:	AAS Acero con aluminio soldado

CONECTOR PARALELO

ESPECIFICACION

CFE 2HILT-25

1 de



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

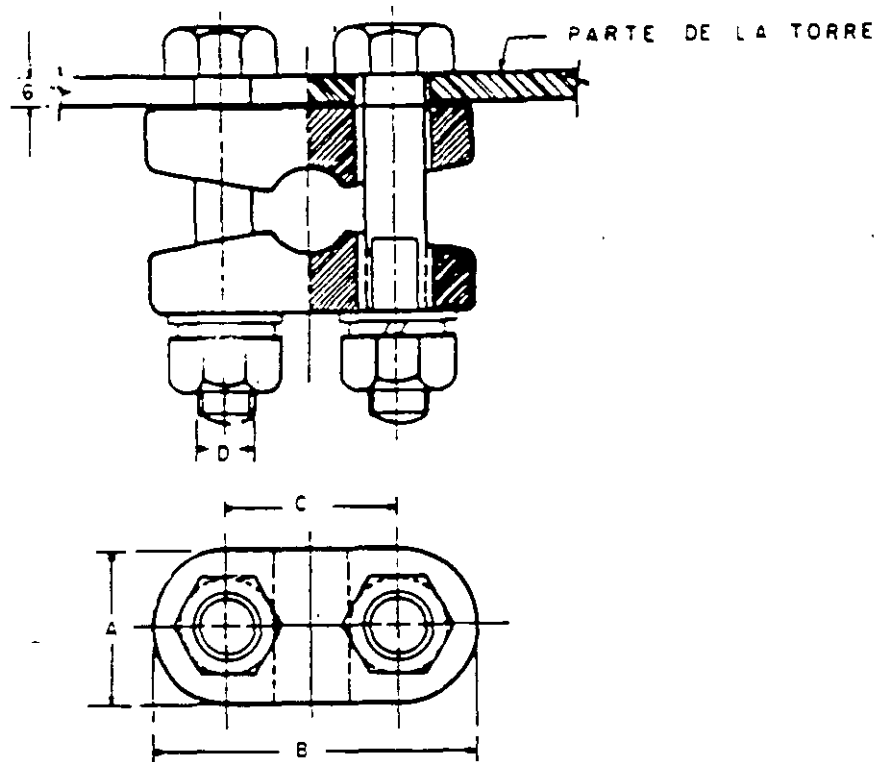
CLAVE	A	B	C	D	E	MASA EN kg
5520066BNB	50	41	40	9.5	21	0.26

MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Cuerpo del conector, acero forjado galvanizado Tornillo, Arandela y Tuerca: acero galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL	C.F.E - 20000-01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT -01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO	Conexión de dos cables a superficie plano
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas mecánicas
ACOTACIONES.	En milímetros

CONECTOR DE TORNILLO DE CABLE A SOLERA

ESPECIFICACION
CFE 2HILT-26

1 de 1



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	MASA EN kg
55B000A04A	30	64	34	13	0.26

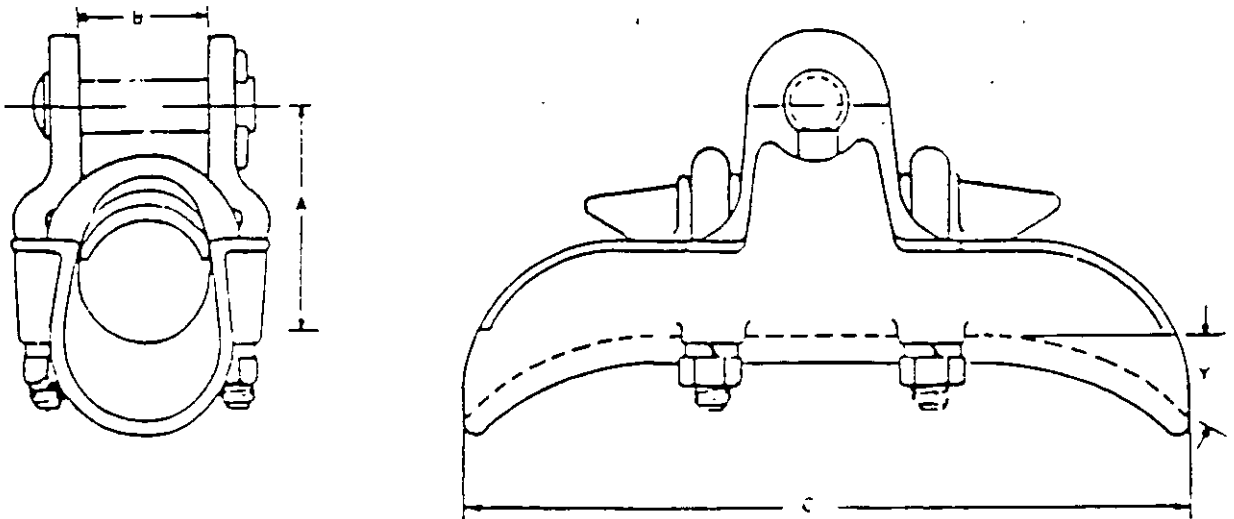
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado galvanizado o hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjuntos de tensión para el cable de guarda
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas mecánicas
ACOTACIONES:	En milímetros

GRAPA DE SUSPENSION PARA CABLE DE GUARDA

ESPECIFICACION

CFE 2HILT-01

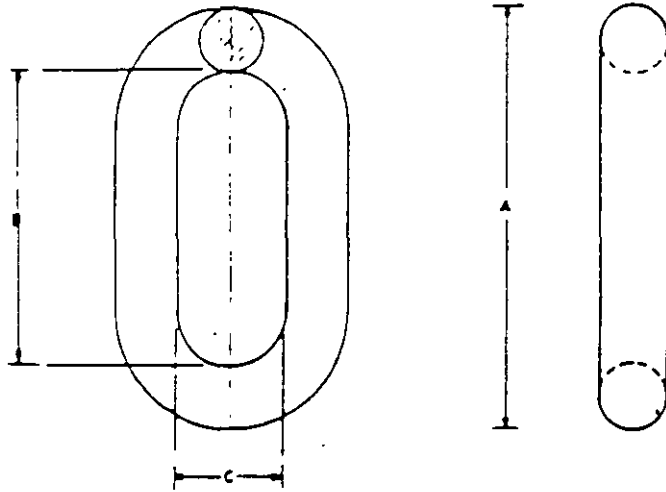
1 de



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	Y	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg)	MASA EN kg
ZCSAF2V100	52	19	171	30°	757(417718)	0.86

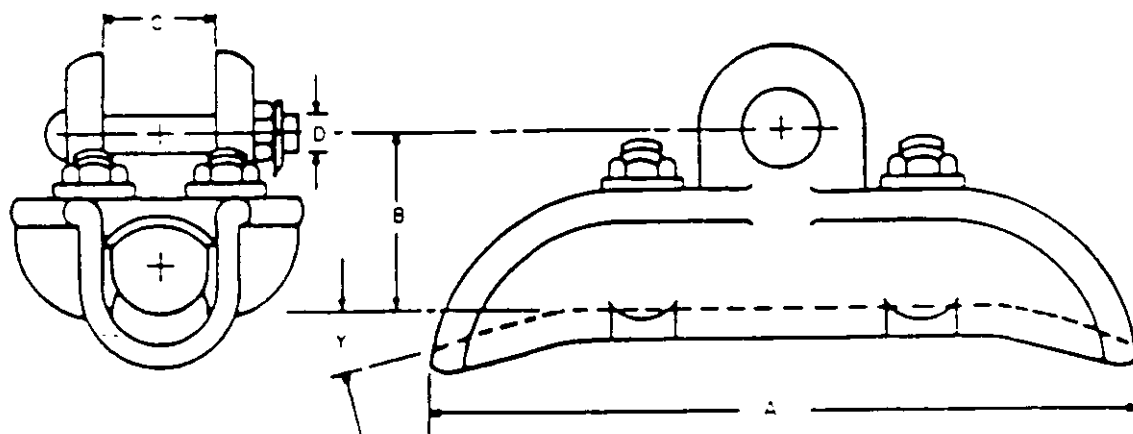
MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Aleación de Aluminio-Silicio, alta resistencia mecánica o hierro maleable galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL	C.F.E. - 20000-01 Herrajes para accesorios C.F.E - 2 HILT-01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de suspensión para el cable de guarda
ACCESORIOS:	Chaveta tipo "R" de acero inoxidable o bronce
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas y mecánicas
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN(kg)	MASA kg
2E1AR01060	82	57	25	135.6 (13620)	0.20

MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Acero forjado galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL	C.F.E. - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios C.F.E. - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjunto de suspensión para el cable de guarda
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas mecánicas
ACOTACIONES:	En milímetros



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	A	B	C	D	Y	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN kN (kg.)	MASA kg
2C5AF4CK00	270	89	55	16	20°	111.2 (11350)	2.22

MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Alcación aluminio - Silicio, alta resistencia mecánica
ESPECIFICACION GENERAL	CFE - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios CFE - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjuntos de suspensión vertical y de suspensión en "Y": 2 conductores por fase
PRUEBAS:	Debe pasar p. uebas mecánicas
ACOTACIONES:	En milímetros

VARILLAS PROTECTORAS PREFORMADAS

ESPECIFICACION

C.F.E. 2HILT-30

1 de 1



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	DESIGNACION	VARILLAS			PARA CABLE ACSR KCM
		Número	Diámetro	Longitud	
513A7Y82LF	VARILLAS PREFORMADAS ACSR 1113	12	9.27	2540	1113

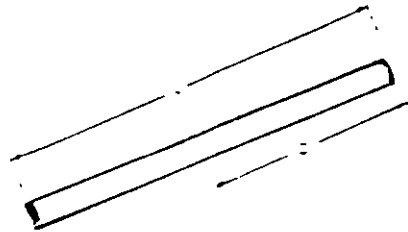
MATERIAL, FORMA Y ACABADO:	Aleación de aluminio, con los extremos en forma de pico de loro. ("Parrot bill")
ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. 20000-01 Herrajes y Accesorios C.F.E. 2HILT-01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	En conjuntos de suspensión vertical y de suspensión en "V": 2 conductores por fase
ACOTACIONES:	En milímetros.

EMPALME PARA CABLE DE GUARDA TIPO COMPRESION

ESPECIFICACION

CFE 2HILT-31

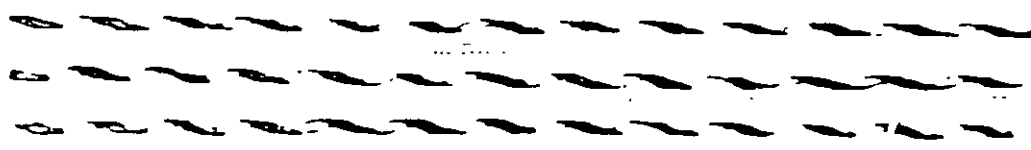
1 de 1



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	DESIGNACION	RANGO DEL CABLE	L mm	D mm	MASA kg
512KA9710A	EMPALME CA 8	CABLE DE ACERO 8	187	92	0.25
512KIM008Z	EMPALME CAAS 3N ₀ 8	CABLE AAS	165	81	0.20
512KAB012A	EMPALME CA 9.5	CABLE DE ACERO 9.5	343	170	0.77
512K1R0ARA	EMPALME CAAS 7N ₀ 8	CABLE AAS 7 N ₀ 8			

MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Tubo de acero cadminizado recubierto interiormente con partículas de carburo de silicio.
ESPECIFICACION GENERAL	CFE - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios CFE - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión
USO:	Para unir dos cables de acero galvanizado o dos cables de acero aluminio soldado.
PRUEBAS	Debe pasar pruebas eléctricas y mecánicas.
ABREVIATURAS	CA 8 Cable de acero de 8 mm de diámetro, alta resistencia CA 9.5 Cable de acero de 9.5 mm de diámetro, Siemens-Martín AAS: Acero aluminio soldado



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

CLAVE	DESIGNACION	Nº DE SUB JUEGOS	LONGITUD DE LAS VARILLAS	PARA CABLE
512DA972K3	EMPALME PA 8	3	1067 mm	CABLE DE ACERO DE 8 mm DE DIAMETRO ALTA RESISTENCIA
512DAS7313	EMPALME PA 9.5	3	1270 mm	CABLE DE ACERO DE 9.5 mm DIAMETRO SIEMENS - MARTIN

MATERIAL, FORMA Y ACABADO: Varillas preformadas de acero galvanizado, agrupadas en 3 subjuegos

ESPECIFICACION GENERAL: CFE - 20000 - 01 Herrajes y Accesorios
CFE - 2 HILT - 01 Herrajes para Líneas de Transmisión

USO: Para unir dos cables de acero galvanizado

PRUEBAS: Debe pasar pruebas eléctricas y mecánicas

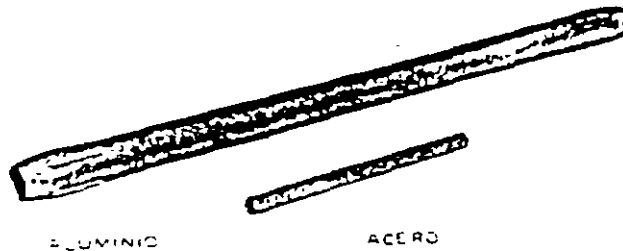
ABREVIATURAS: EMPALME PA 8: Preformado para cable de acero de 8 mm de diámetro
EMPALME PA 9.5: Preformado para cable de acero de 9.5 mm de diámetro

EMPALME DE COMPRESION PARA CONDUCTOR ACSR

HERRAJES

CFE 2HILT-33

1 de 1



DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS

Clave	Designación	Para conductor ACSR	Longitud (mm)		M A S A Kg
			ALUMINIO	ACERO	
512H3IH1FA	EMPALME 336 4 (26/7)	336 4 KCM (26/7)	635	165	1 32
512H3BH1GA	EMPALME 477 (26/7)	477 KCM (26/7)	654	187	1 45
512H5BH1RA	EMPALME 795 (26/7)	795 KCM (26/7)	724	165	1 90
512H5HT2AA	EMPALME 900 (54/7)	900 KCM (54/7)	954	343	2 40
512H5PR1BA	EMPALME 1113 (45/7)	1113 KCM (45/7)	787	187	1 77

MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Manguito exterior Aleación de aluminio Manguito interior Acero galvanizado
ESPECIFICACION GENERAL	CFE - 20000-01 Herrajes y Accesorios - CFE - 2 HILT-01 Herrajes para Ls de T
USO	Para unir dos conductores ACSR
PRUEBAS:	Debe pasar pruebas eléctricas y mecánicas
ABREVIATURAS:	Ls de T = Líneas de transmisión

ENPAQUE PREFORMADO PARA CABLE DE CUBIERTA
DE ALUMINO RECUBIERTO DE ACERO SOLDADO

ENPAQUES
CABLES 1003-14

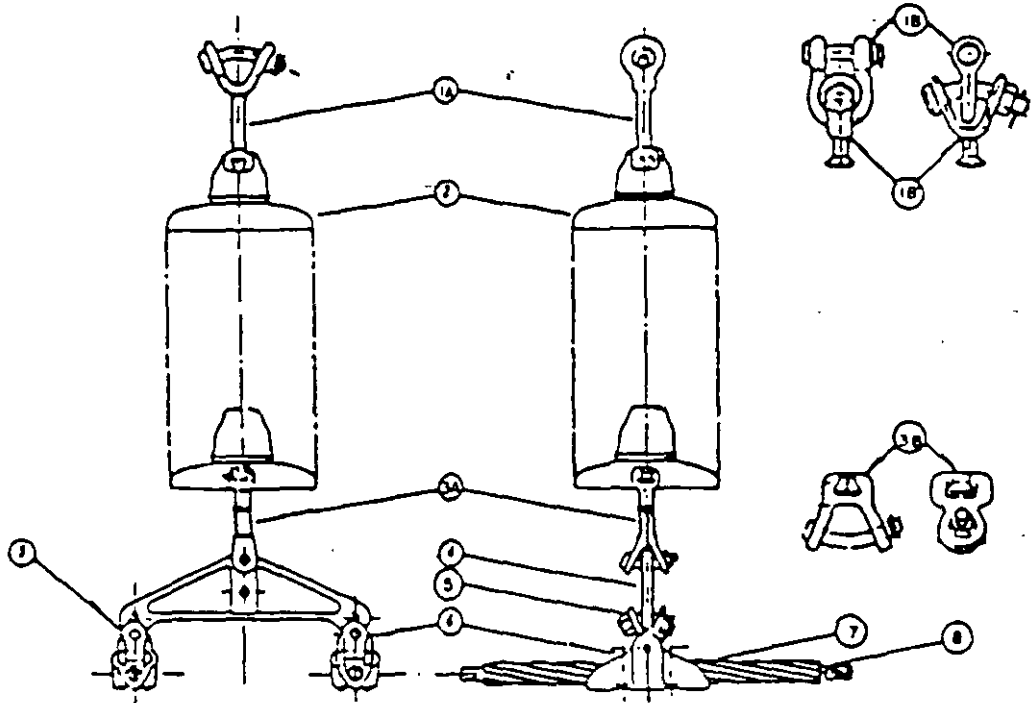
DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS

Clave	Designación	Número de subjugos	Longitud de las varillas	Para cable
82F.M3.M3	Enpaque PAAS 3 / 8	3	7.1 m	CABLE AAS CABLE 3 Nº 6
82F.M728B	Enpaque PAAS 7 / 8	3	166 mm	CABLE AAS CABLE 7 Nº 8

MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Varillas preformadas de acero recubiertas de aluminio soldado, agrupadas en 3 juegos
ESPECIFICACION GENERAL	CPE - 20000 - 0 Herrajes y Accesorios CPE - 2417 - 01 Herrajes para Ls. de T
USO	Para unir dos cables de acero recubiertos de aluminio soldado
PRUEBAS	Debe pasar pruebas eléctricas y mecánicas
ABREVIATURAS	ENPAQUE PAAS: Enpaque preformado de acero recubierta de aluminio soldado

ALTERNATIVA "A"

ALTERNATIVA "B"



LISTA DE PARTES Y MATERIALES

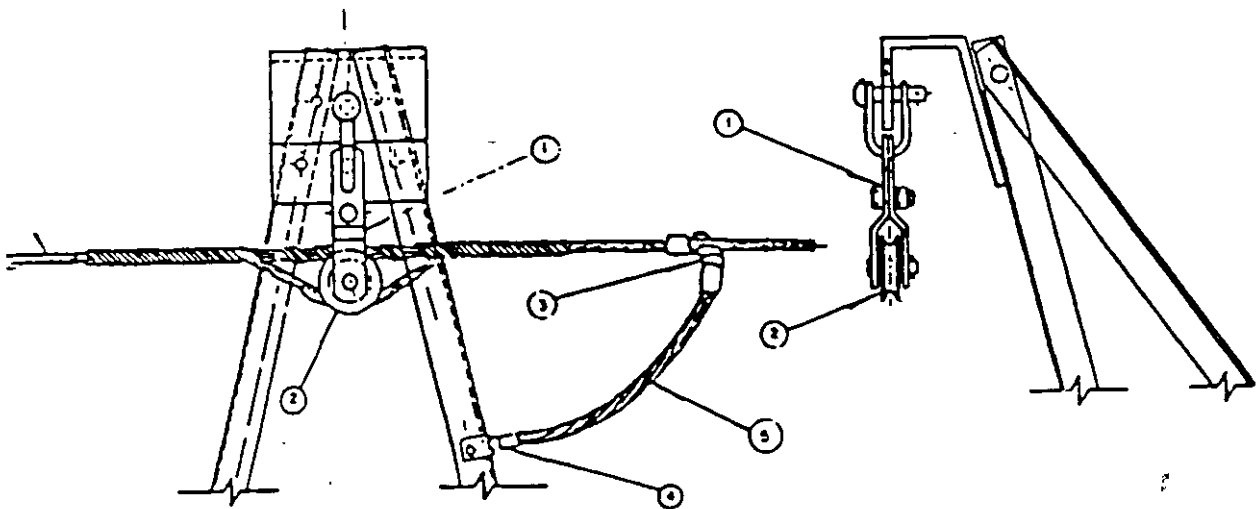
PART	DESCRIPCION	CANT	MATERIAL	ESPECIFICACION
1A	Horquilla "Y" Base larga	1	Acero forjado galvanizado	2 HILT-15
2	Aisladores		Se adquieren por separado	
3A	Colavera horquilla en "Y" larga	1	Acero forjado o hierro maleable galvanizado	2 HILT-17
4	Yugo triangular I 2	1	Acero estructural o hierro maleable galvanizado	2 HILT-08
5	Horquilla "Y" ojo corto	2	Acero forjado galvanizado	2 HILT-05
6	Grapa de suspensión III3	2	Aleación aluminio y silicio	2 HILT-29
7	Verillas protectoras	2	Aluminio	2 HILT-30
8	Cable conductor ACSR		Se adquiere por separado	
1B	Grillete	1	Acero forjado galvanizado	2 G300-84
1B'	Horquilla "Y" Base corta	1	Acero forjado galvanizado	2 HILT-06
3B	Colavera horquilla en "Y" corta	1	Acero forjado o hierro maleable galvanizado	2 HILT-02

ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. 20 000 - 01 Herrajes y accesorios
	C.F.E. 2HILT - 01 Herrajes para Ls. de T.
	C.F.E. 2HILT - 41 Conjuntos de herrajes para Ls. de T.
CARACTERISTICAS PARTICULARES: (la CFE las definirá)	Alternativa:
	Esfuerzo electromecánico
	Calibre del conductor:
ABREVIATURAS:	Ls. de T. = Líneas de Transmisión

CONJUNTO DE SUSPENSION PREFORMADO
PARA EL CABLE DE GUARDA

ESPECIFICACION
C.F.E. 2HILT-48

1 de 1



LISTA DE PARTES Y MATERIALES

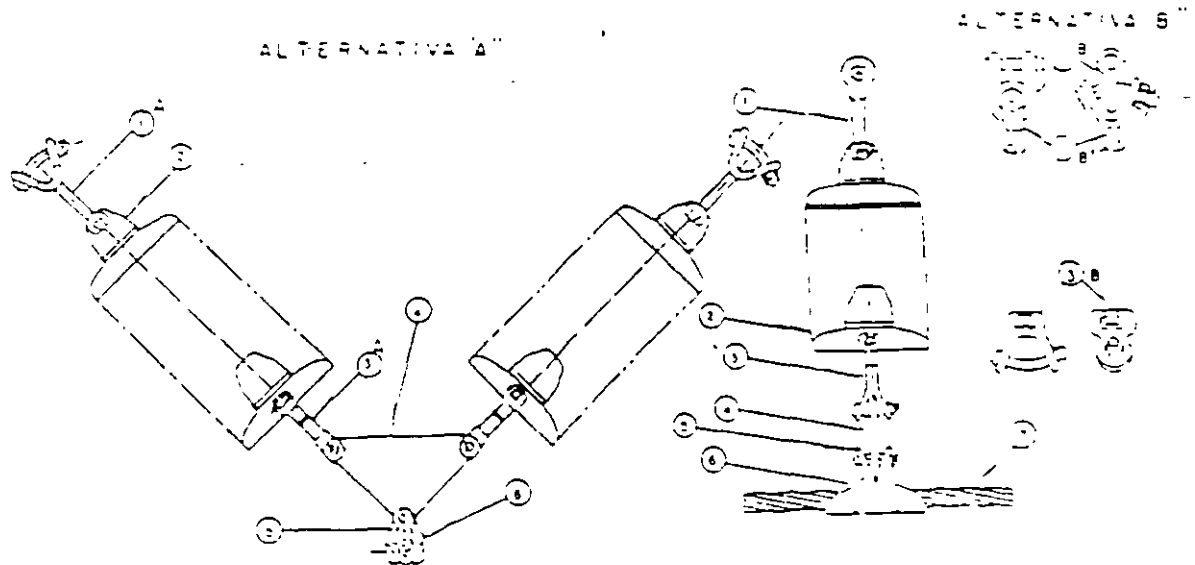
PART.	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL	ESPECIFICACION
1	Eslabón para Cable de Guarda	1	Acero estructural galvanizado	2 HILT-19
2	Juego de Suspensión Tipo Polea	1	Acero galvanizado	2 HILT-20
3	Conector o Compresión Cable a Cable	1	Lámina de acero galvanizado	2 HILT-23
4	Conector o Compresión de Cable a Solera	1	Aleación de aluminio y acero galvanizado	2 HILT-24
5	Cable de Guarda	Se adquiere por separado		

ESPECIFICACION GENERAL:	C.F.E. 20000-01 Herrajes y Accesorios
	C.F.E. 2HILT-01 Herrajes para Ls. de T.
	C.F.E. 2HILT-41 Conjuntos de Herrajes para Ls. de T.
CARACTERISTICAS PARTICULARES (la CFE las defini-á)	Esfuerzo electromecánico
	Calibre del conductor:
ABREVIATURAS:	Ls. de T. = Líneas de Transmisión

CONJUNTO DE SUSPENSION EN "V" PARA UN CONDUCTOR POR FASE

ESPECIFICACION
CFE 2HILT-44

1 01



LISTA DE PARTES Y MATERIALES

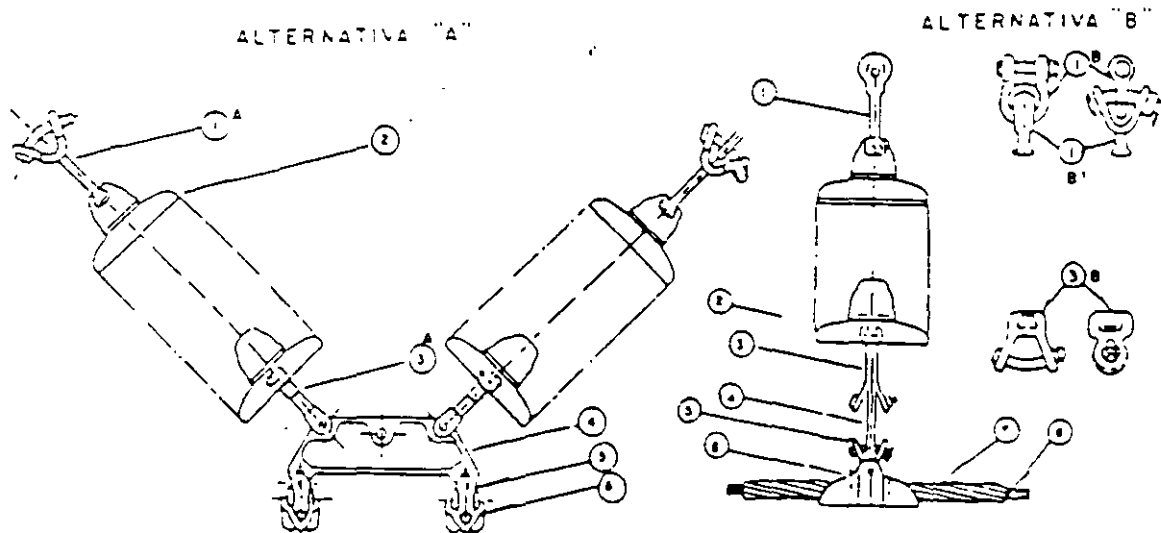
PART	DESCRIPCION	CANT	MATERIAL	ESPECIFICACION
1A	Horquilla "Y" Bala Largo	2	Acero forjado galvanizado	2 HILT-15
2	Aisladores	Se adquiere por separado		
3A	Calavera Horquilla en "Y" Largo	2	Acero forjado o hierro maleable galvanizado	2 HILT-17
4	Yugo Triangular VI	1	Acero estructural o hierro forjado galvanizado	2 HILT-07
5	Horquilla Ojo Revirado	1	Acero forjado galvanizado	2 HILT-04
6	Grapo de Suspension	1	Aleacion aluminio-silicio	2C 500-69
7	Cable conductor ACSR	Se adquiere por separado		
1B	Grillete	2	Acero forjado galvanizado	2G 300-84
1B'	Horquilla "Y" Bala Corta	2	Acero forjado galvanizado	2 HILT-06
3	Calavera Horquilla "Y" Corta	2	Acero forjado o hierro maleable galvanizado	2 HILT-02

ESPECIFICACION GENERAL	CFE 20000-01 Herrajes y Accesorios
	CFE 2HILT-01 Herrajes para Ls. de T
	CFE. 2HILT-41 Conjuntos de Herrajes para Ls de T.
CARACTERISTICAS PARTICULARES (la CFE las definirá)	Alternativa:
	Esfuerzo electromecánico:
	Calibre del conductor:
ABREVIATURAS	Ls de T = Líneas de Transmision

CONJUNTO DE SUSPENSION EN "V" PARA
DOS CONDUCTORES POR FASE

ESPECIFICACION
C.F.E. 2HILT-45

1 de 1



LISTA DE PARTES Y MATERIALES

PART.	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL	ESPECIFICACION
1 A	Horquilla "Y" Bala Larga	2	Acero forjado galvanizado	2 HILT-15
2	Aisladores	Se adquiere por separado		
3 A	Calavera Horquilla "Y" Larga	2	Acero forjado o hierro maleable galvanizado	2 HILT-17
4	Yugo Trapezoidal V2	1	Acero estructural o hierro maleable galvanizado	2 HILT-10
5	Horquilla Ojo Revirado	2	Acero forjado galvanizado	2 HILT-04
6	Grapa de Suspensión 1113	2	Aleación aluminio-silicio	2 HILT-29
7	Varillas Protectoras Preformadas	2	Aluminio	2 HILT-30
8	Cable Conductor ACSR	Se adquiere por separado		
1 B	Grillete	2	Acero forjado galvanizado	2 G300-84
1 B'	Horquilla "Y" Bala Corta	2	Acero forjado galvanizado	2 HILT-06
3 B	Calavera Horquilla "Y" Corta	2	Acero forjado o hierro maleable galvanizado	2 HILT-02

ESPECIFICACION GENERAL	C.F.E. 2000-01 Herrajes y Accesorios
	C.F.E. 2 HILT-01 Herrajes para Ls. de T.
	C.F.E. 2 HILT-41 Conjuntos de herrajes para Ls. de T.
CARACTERISTICAS PARTICULARES (la CFE las definirá)	Alternativa:
	Esfuerzo electromecánico:
	Calibre del conductor:
ABREVIATURAS	Ls. de T. = Líneas de Transmisión

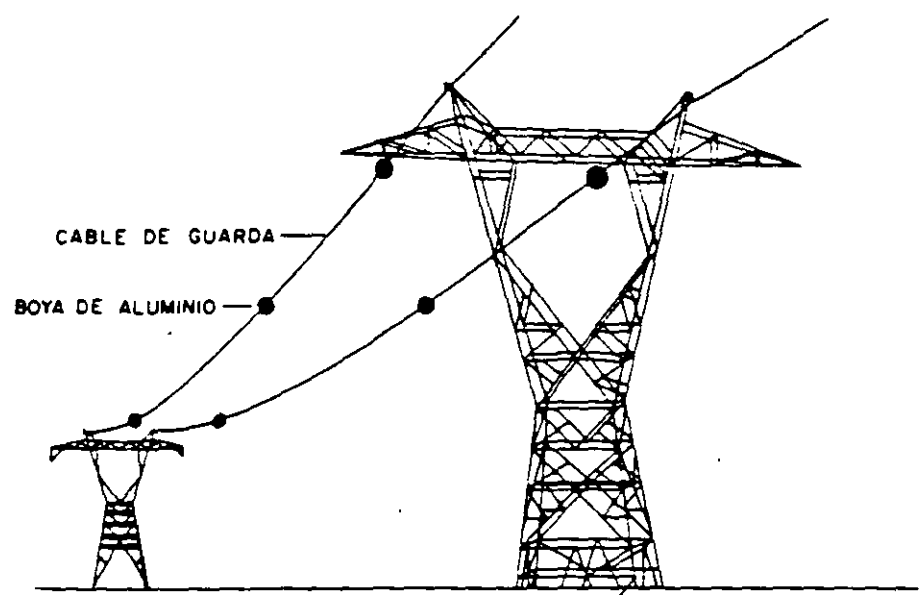
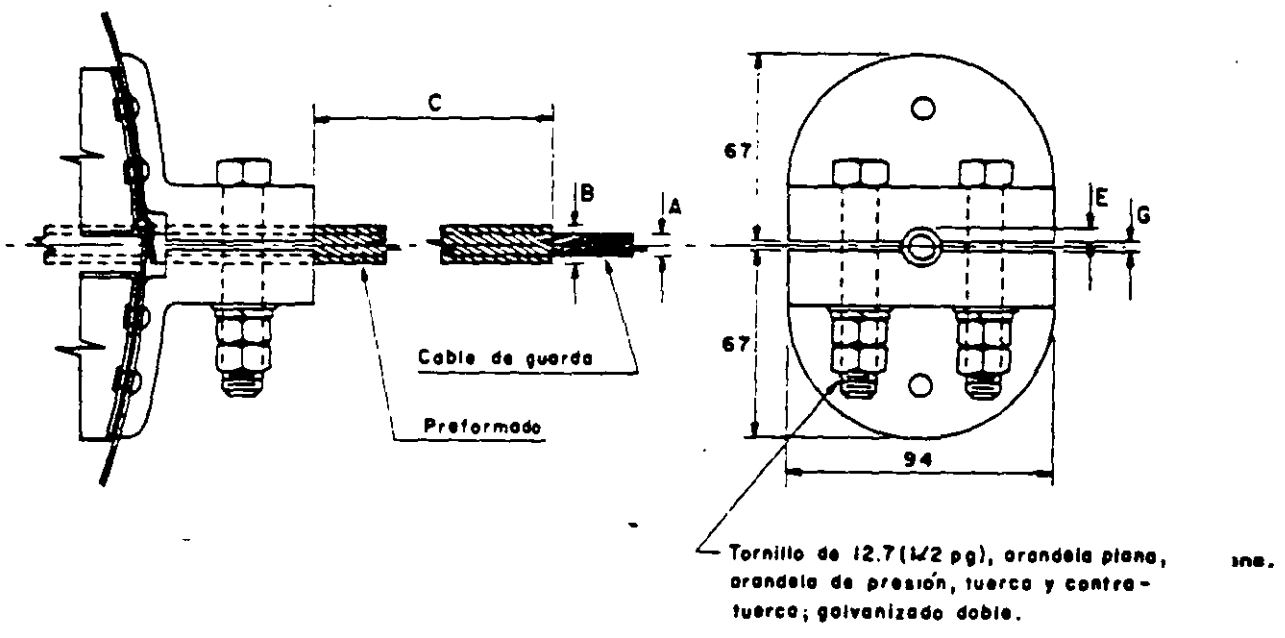


FIGURA 7 - Ubicación de la boya



Acotaciones en milímetros
Sin escala

Figura 8 - Detalle de montaje



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

MODULO III: DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE LINEAS DE TRANSMISION

TEMA

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A TIERRA PARA
OBTENER UN INDICE DE INTERRUPCIONES DESEADO POR
FLAMEOS INVERSOS**

**PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE 2001.**

3

**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A TIERRA
PARA OBTENER UN INDICE DE INTERRUPCIONES
DESEADO POR FLAMEOS INVERSOS**

3.1 Flameos Inversos

3.2 Número de Salidas por Flameos Inversos

**3.3 Sistemas de Conexión a Tierra, Esquemas
y Mejoramiento de los Valores de Resistencia**

**3.3.1 Reducción de Valores de Resistencia de Conexión
a Tierra en Torres de Transmisión**

3.3.2 Métodos de Mejoramiento

**3.3.3 Recomendaciones para diferentes
Resistividades del Terreno**

3. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A TIERRA PARA OBTENER UN INDICE DE INTERRUPCIONES DESEADO POR FLAMEOS INVERSOS

El proceso de flameos inversos depende de varios factores, uno de los principales es la resistencia al pie de la torre la cual puede ser diseñada para obtener un indice de fallas por flameos inversos.

3.1 Flameos Inversos

Cuando se tiene una descarga atmosférica en el hilo de guarda se crean ondas transitorias de corriente y voltaje que viajan hacia ambos lados del conductor, como se mostró en la **figura 1.8**. Al llegar la onda a un punto de cambio de impedancia, como lo es una torre, se producen ondas reflejadas y transmitidas en la punta de la torre; estas ondas crean diferencias de potencial en los aislamientos entre los conductores de tierra y conductores de fase, en diferentes puntos de la línea, estos puntos pueden ser a lo largo del claro o en los aisladores sostenidos en las torres. En el caso de que este potencial exceda los potenciales del aislamiento se producirán flameos entre las estructuras y conductores de fase, estos flameos se denominan flameos inversos. En la **figura 3.1** se muestra el concepto general de flameos inversos.

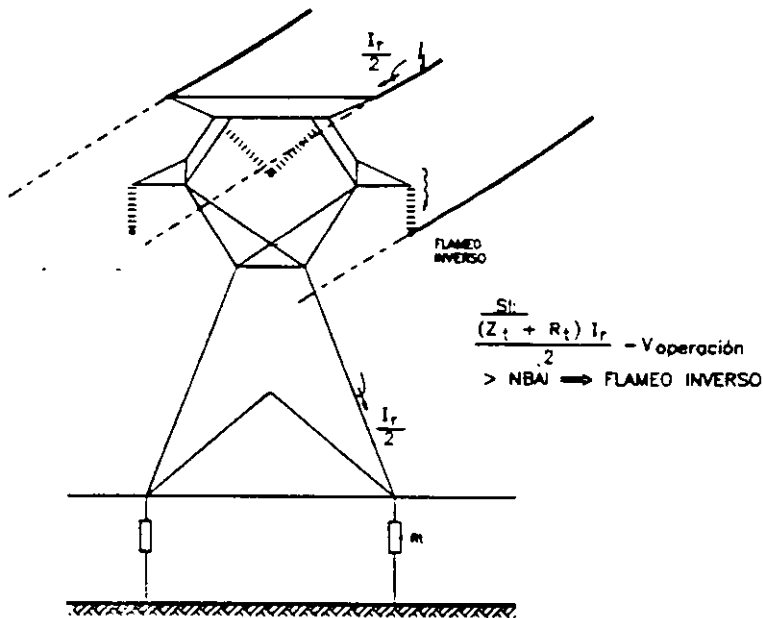


Figura 3.1.- Concepto general de flameos inversos.

Los flameos inversos en las torres son los más frecuentes. Por lo que para el diseño de protección por flameos inversos se deben considerar problemas por flameos inversos en las torres, despreciando los flameos inversos en los claros de las líneas. En general el flameo inverso es influenciado por los factores siguientes:

- Distancias conductor-conductor y conductor-estructura
- Longitud de claro entre torres
- Número de hilos de guarda y su posición
- Geometría de la estructura
- Resistencia de conexión a tierra de la torre
- Punto de incidencia del rayo
- Distribución de amplitudes de corrientes de rayo y formas de onda
- Densidad de rayos a tierra de la zona
- Tensión de operación de la línea

3.2 Número de Salidas por Flameos Inversos

Para la obtención del número de salidas por flameos inversos se consideran todos los parámetros anteriores, los cuales se varían de acuerdo a sus distribuciones de probabilidad. Los parámetros mencionados se usan en un programa de computadora para realizar el análisis y calcular el número de salidas por flameo inverso. En todos los análisis obtenidos se consideró un valor de $N_0 = 2.0$ rayos/km²/año (consistentes con los resultados mostrados en la figura 2.4). En la figura 3.2 se muestran los resultados de estos cálculos para el nivel de tensión de 115 kV y el tipo de torre 1B1 (TOMEXSA), usada en C.F.E.

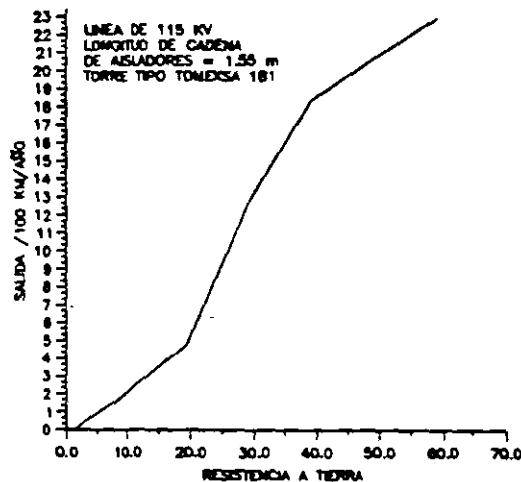


Figura 3.2.- Número de salidas por flameos inversos vs. resistencia de conexión a tierra para una torre de transmisión de 115 kV usada en C.F.E.

En las figuras 3.3 y 3.4 se muestran familias de curvas para obtener un índice de salidas por flameos inversos con determinada resistencia de conexión a tierra. En la figura 3.3 se muestran para un nivel de tensión de 230 kV y en la figura 3.4 se muestran para un nivel de tensión de 400 kV y para algunos tipos de torres de líneas de transmisión usadas en C.F.E.

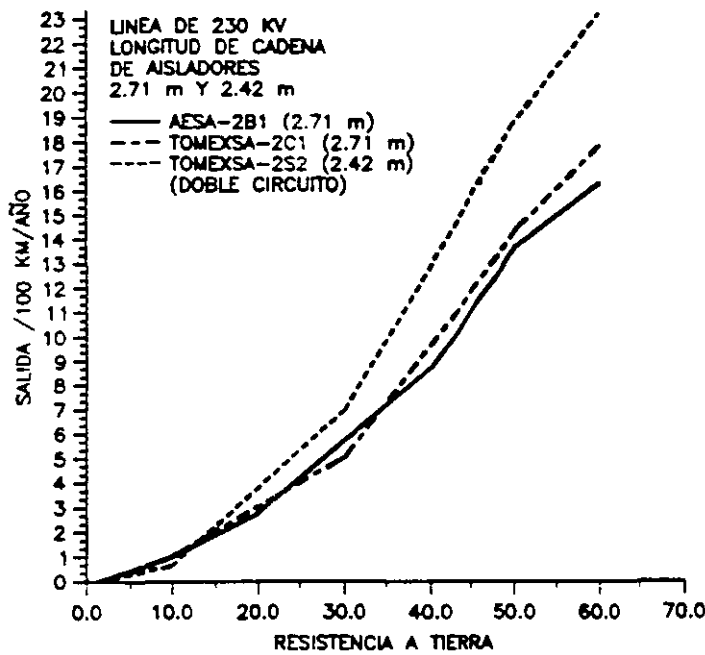


Figura 3.3.- Número de salidas por flameos inversos vs. resistencia de conexión a tierra para torres de transmisión de 230 kV usadas en C.F.E.

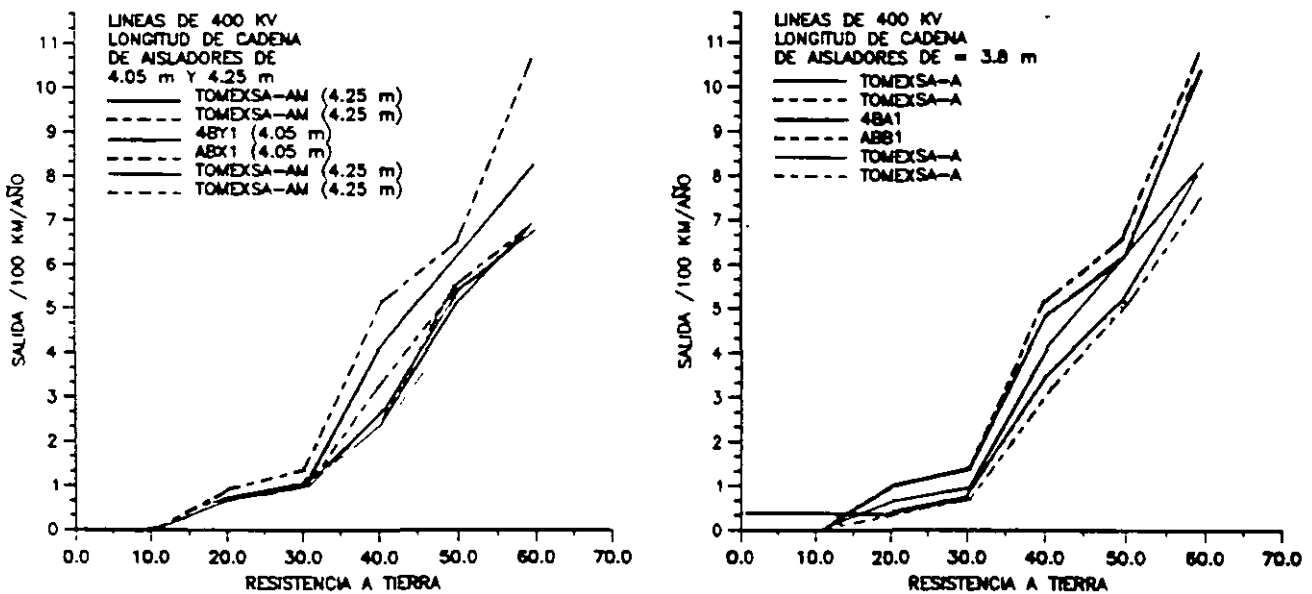


Figura 3.4.- Número de salidas por flameos inversos vs. resistencia de conexión a tierra para torres de transmisión de 400 kV usadas en C.F.E.

3.3 Sistemas de Conexión a Tierra, Esquemas y Mejoramiento de los Valores de Resistencia

Las funciones básicas de un sistema de conexión a tierra se pueden resumir en:

- 1) Proveer de una baja resistencia de dispersión de la corriente a tierra para:
 - a) Evitar daños por sobretensiones que se presenten por descargas atmosféricas o maniobras.
 - b) La descarga a tierra de dispositivos de protección (contra sobretensiones atmosféricas o internas)
 - c) Camino a tierra de corrientes de falla
 - d) Conectar los sistemas que usen neutro común aterrizado (más comunes)
 - e) Asegurar que las partes metálicas de los sistemas o equipos se encuentren al mismo potencial de tierra. Esto para protección de personal.
- 2) Disipar y resistir repetidamente las corrientes de falla y de las descargas atmosféricas.

Las características de los sistemas de conexión a tierra deben ser:

- a) Tener una resistencia a la corrosión en suelos de variada composición química, de manera que se asegure un comportamiento continuo durante la operación del equipo a proteger.
- b) Tener buenas propiedades de resistencia mecánica.
- c) El diseño de la red de tierras debe ser económico.

Uno de los elementos principales en una instalación de red de tierras es el electrodo de puesta a tierra. La resistencia del electrodo de puesta a tierra, llamado también varilla de tierra, tiene tres componentes:

- Una es su propia resistencia, la cual puede ser despreciable para efectos de cálculo. Pero las conexiones entre electrodo y conductor de bajada pueden llegar a tener una resistencia considerable con el tiempo.
- La resistencia de contacto entre electrodo y suelo, cuando el electrodo está libre de grasa o pintura, es despreciable. Sin embargo la resistencia de contacto puede aumentar significativamente en terrenos secos, aumentando

rápidamente cuando el contenido de humedad disminuye por debajo de un 15%.

- Resistividad del terreno alrededor del electrodo. Introduciendo un electrodo en un terreno uniforme, la corriente se dispersará uniformemente alrededor del electrodo. La resistividad del terreno varía ampliamente según su composición y zonas climáticas, también varía estacionalmente, debido a que la resistividad se determina en gran proporción por el contenido de electrolito, consistente de agua, minerales y sales. Adicionalmente también varía con la temperatura. Algunos valores típicos de resistividades de suelos se resumen en la siguiente **tabla 3.1**.

Tabla 3.1.- Valores típicos de resistividad en diferentes tipos de suelos.

TIPO DE SUELO	RESISTIVIDAD (Ω -m)
Suelo de superficie, greda, etc	1 - 50
Arcilla	2 - 100
Arena y grava	50 - 1,000
Piedra caliza de superficie	100 - 10,000
Piedra caliza	5 - 4,000
Esquisto o pizarra	5 - 100
Piedra arenisca	20 - 2,000
Granito, basalto	1,000

3.3.1 Reducción de Valores de Resistencia de Conexión a Tierra en Torres de Transmisión

Debido a que el valor de resistencia de conexión a tierra se ve afectado por las características del terreno, arreglos de las varillas de tierra y las conexiones entre ellas, los métodos de mejoramiento de los valores de resistencias de conexión a tierra en torres de transmisión hacen uso de los puntos mencionados anteriormente. Para las características del terreno se usan métodos para disminuir la resistividad del terreno por medio de sales o productos químicos. Con los arreglos de varillas de tierra se recomiendan tanto número como disposición de varillas para disminuir la resistencia de conexión para ciertas resistividades de terreno. Y por último, se recomiendan tipos de uniones para asegurar que las conexiones no pierdan sus características.

3.3.2 Métodos de Mejoramiento

A continuación se enumeran algunos de los métodos usados para reducir o mejorar los valores de conexiones a tierra:

1) Electrodo profundos.- Cuando el terreno es penetrable se puede usar este método para mejorar el valor de resistencia de tierra. A mayor profundidad se tienen mejores valores de resistividad del terreno, especialmente en terrenos donde se tienen los mantos freáticos no muy profundos. Debido a las longitudes de electrodos y los métodos para enterrar las varillas, este método puede resultar antieconómico y muy poco práctico.

2) Electrodo múltiples en paralelo.- Cuando se tienen valores de la resistividad del terreno de las capas superiores más baja que la de las capas más profundas o en casos donde no se puedan obtener las profundidades adecuadas de las varillas de tierra, se recomienda el uso de dos o más electrodos en paralelo.

3) Contraantenas.- En terrenos donde no es posible la penetración de varillas teniéndose un manto delgado de suelo sobre subsuelo de roca, se recomienda el uso de conductores enterrados a baja profundidad a lo largo de zanjas construidas específicamente para contener al conductor.

4) Hormigón armado.- El hormigón armado puede considerarse como electrodo metálico inmerso en un medio razonablemente homogéneo (el hormigón), cuya resistividad está en el orden de los 30 Ω -m. El hormigón, a su vez está inmerso en el terreno, cuya resistividad puede variar desde 1 hasta 1,000 Ω -m. La relación de resistividades de hormigón y terreno determina la resistencia de dispersión a tierra resultante.

5) Reducción de la resistividad del suelo mediante procedimientos artificiales.- En algunos terrenos con alta resistividad, las prácticas de los métodos resumidos anteriormente pueden resultar prácticamente imposibles de aplicar para obtener valores de resistencia de conexión a tierra aceptables. En estos casos puede resultar aceptable el uso de procedimientos para reducir artificialmente la resistividad del terreno que circunda al electrodo de tierra. Los métodos más usados se resumen a continuación :

5.1 Agregado de sales simples.- Un método simple de tratamiento químico de suelos es mediante sales. Esta se dispersa en una zanja alrededor del electrodo de tierra formando un círculo y tapada con tierra, sin llegar a tener contacto directo con el electrodo, como se muestra en la **figura 3.5**. El sulfato de magnesio, el sulfato de cobre y la sal común (cloruro de sodio), son sales que pueden utilizarse para este propósito. Una de las desventajas de este método es la degradación que existe durante las lluvias, que drenan la sal a través de la porosidad del suelo y la corrosión de la varilla. Por lo que este método no se recomienda.

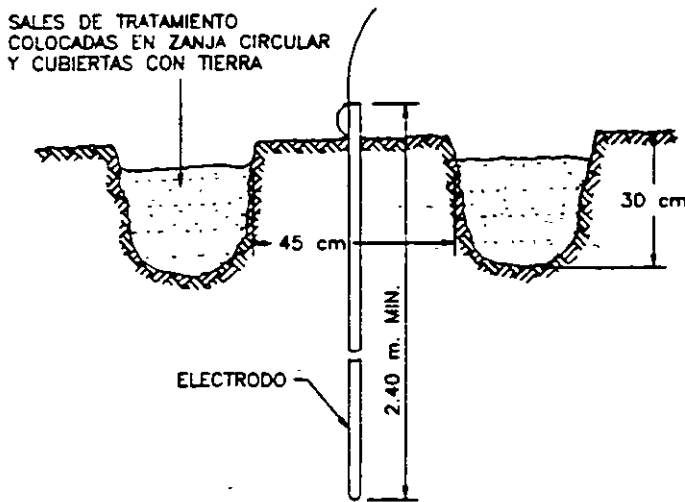


Figura 3.5.- Agregado de sales simples en zanja alrededor del electrodo de tierra.

5.2 Agregado de coque.- La resistividad del coque es de aproximadamente $1.3 \Omega\text{-m}$ y además es independiente del contenido de humedad, pero al colocarse en el terreno se hace dependiente de la humedad debido al resto del terreno. Una de las desventajas del uso del coque y de la sal es su efecto corrosivo, el cual disminuye la vida del electrodo de tierra.

5.3 Aporte de sales "gel".- Este método consiste en irrigar el terreno con dos o más sales combinadas con una solución acuosa y acompañadas de catalizadores que reaccionan entre sí formando un precipitado en forma de "gel" estable, con una elevada conductividad eléctrica. Esta mezcla es resistente a los ácidos del terreno y es insoluble en agua, lo que le da al método un mayor tiempo de permanencia.

5.4 Inyección de bentonita.- Este método consiste en el uso de la bentonita en grietas naturales formadas alrededor del electrodo de tierra o formando una capa alrededor de este. La bentonita es un mineral de composición compleja, básicamente arcilla de notables características higroscópicas, un buen conductor de electricidad y que además protege al electrodo de la corrosión.

3.3.3 Recomendaciones para diferentes Resistividades del Terreno

Los métodos básicos de conexiones de tierra en líneas de transmisión son: a) el uso de varillas de conexión de tierra de 19 mm de diámetro y 3 metros de longitud, enterradas verticalmente, interconectadas con longitudes cortas de conductores y unidas a las patas de las estructuras y b) el uso de contraantenas, las cuales consisten de uno o varios conductores enterrados horizontalmente en zanjas de 30 cm de profundidad y unidos a las patas de la estructura.

Desde el punto de vista práctico el método más usado para reducir el valor de resistencia a tierra es el uso de contraantenas. Estas se recomiendan usar en casos en que la resistividad del terreno sea mayor a $200 \Omega\cdot m$. Estas se caracterizan por una impedancia inicial entre 150 y 200 Ohms (impedancia característica). Su comportamiento al impulso de rayo presenta esta impedancia inicial que disminuye exponencialmente después de un tiempo aproximado a $1 \mu s$, como se muestra en la figura 3.6. Después de este tiempo la impedancia decrece a valores de la resistencia de conexión a tierra en estado estable. Este comportamiento al impulso de la impedancia nos da las longitudes máximas efectivas para el diseño de contraantenas, por ejemplo, si consideramos una contraantena de 50 m de largo (considerando un tiempo de viaje de la onda de corriente del rayo de $300 m/\mu s$), se tiene que en $1 \mu s$ la onda viajará 300 m, 6 veces la longitud de la contraantena.

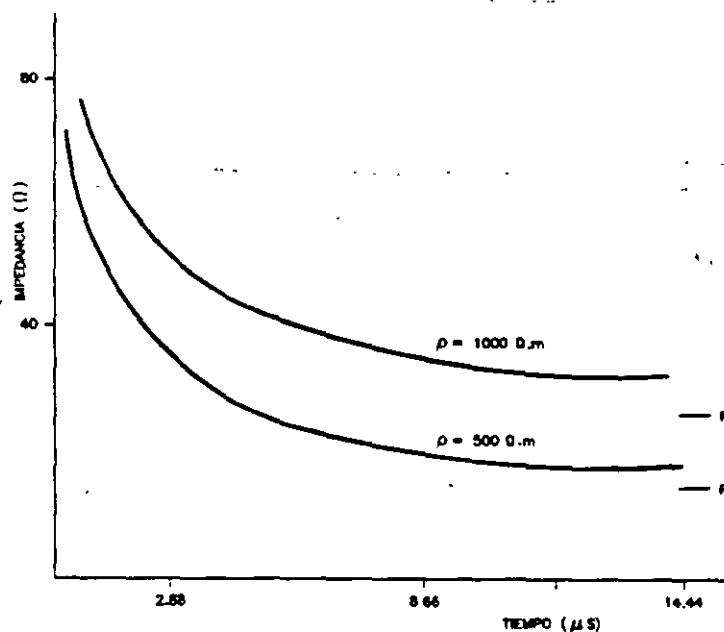


Figura 3.6.- Comportamiento al impulso de la impedancia de contraantenas.

Del comportamiento descrito anteriormente, la longitud de las contraantenas se puede limitar a valores característicos dependientes de la resistividad del terreno. En la figura 3.7 se muestra la relación entre la longitud eficaz de contraantenas y resistividad del terreno.

La longitud eficaz de contraantenas deberá estar comprendida entre 20 y 70 m y su multiplicidad entre 2 y 4.

El uso de contraantenas en torres de transmisión se puede resumir con la recomendaciones mostradas en la tabla 3.2 y figuras 3.8 y 3.9.

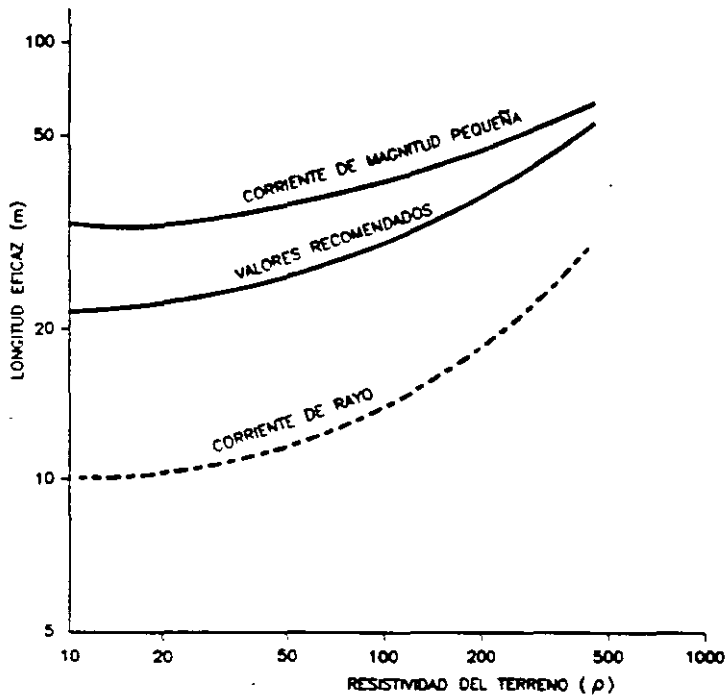


Figura 3.7.- Relación entre la longitud eficaz de contraantenas y resistividad del terreno.

Tabla 3.2.- Configuraciones de contraantenas para diferentes resistividades del terreno.

RESISTIVIDAD DEL TERRENO (Ω-m)	CONFIGURACION DE CONTRAANTENA
<300	Dos contraantenas de 30 m de longitud en patas opuestas (ver fig. 3.8)
300 - 500	Dos contraantenas de 45 m de longitud en patas opuestas (ver fig. 3.8)
500 - 1000	Cuatro contraantenas de 30 m de longitud (ver fig. 3.9)
1000 <	Cuatro contraantenas de 50 m de longitud (ver fig. 3.9)

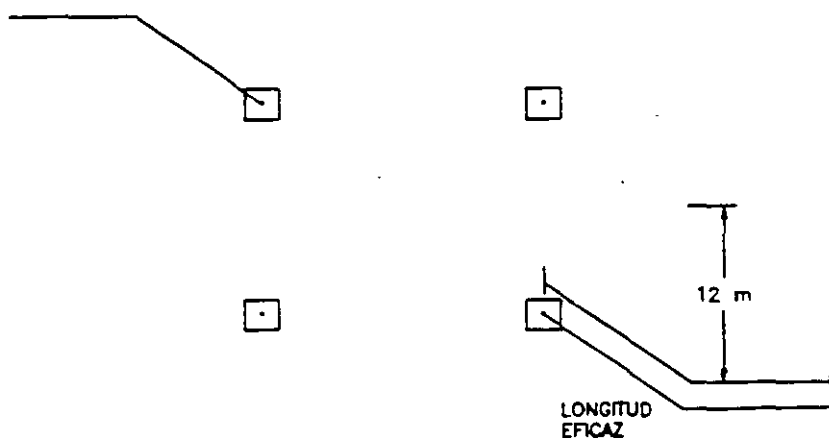


Figura 3.8.- Configuración de dos contraantenas.

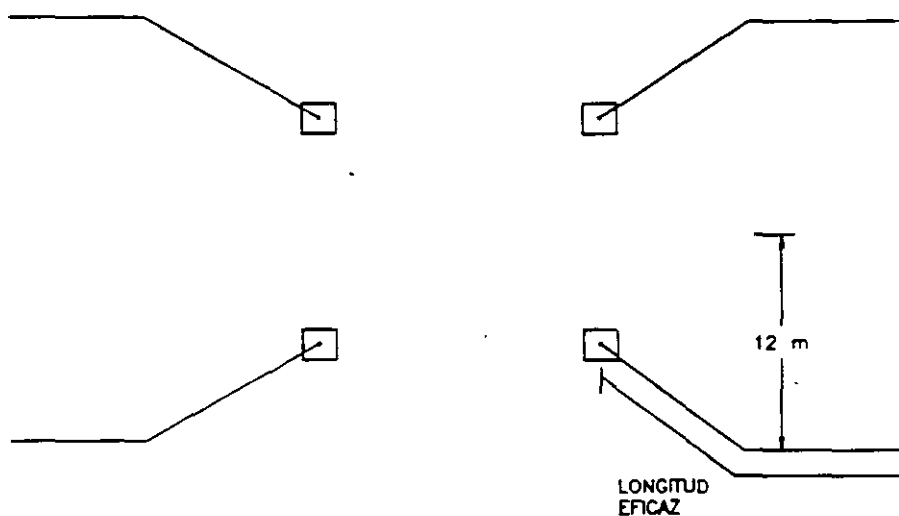
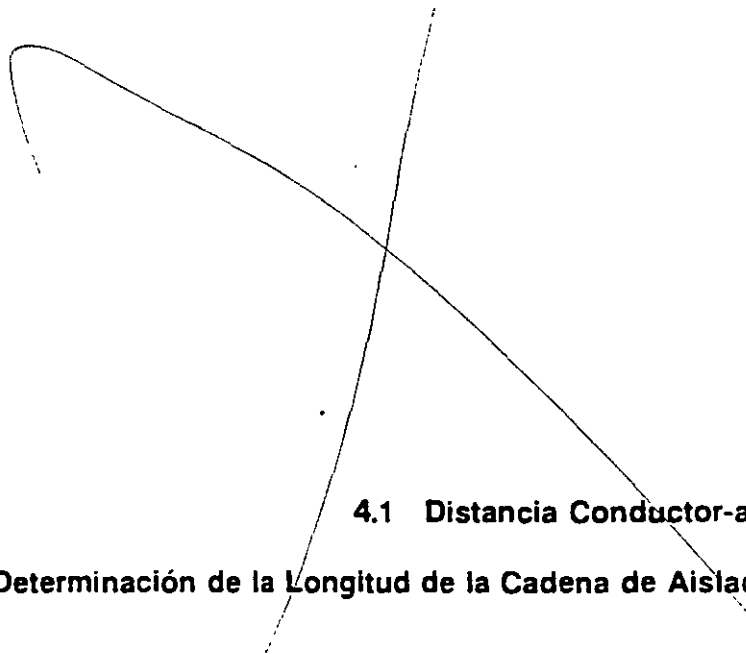


Figura 3.9.- Configuración de cuatro contraantenas.

Estas recomendaciones dan un enfoque general de las conexiones de tierra en las torres de transmisión, la solución para cada línea dependerá del nivel de confiabilidad deseado, la variación de la resistividad del terreno a lo largo de la línea y de la densidad de rayos a tierra.

4

DETERMINACION DE LA LONGITUD DE LA CADENA DE AISLADORES EN AREAS CON DETERMINADA DENSIDAD DE RAYOS A TIERRA



4.1 Distancia Conductor-apoyo

4.2 Determinación de la Longitud de la Cadena de Aisladores



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

“Tres décadas de orgullosa excelencia” 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

MODULO III: DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE LINEAS DE TRANSMISION

TEMA

**DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE LA CADENA DE
AISLADORES EN AEREA CON DETERMINADA DENSIDAD DE
RAYOS A TIERRA**

**PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE 2001.**

4

DETERMINACION DE LA LONGITUD DE LA CADENA DE AISLADORES EN AREAS CON DETERMINADA DENSIDAD DE RAYOS A TIERRA

4.1 Distancia Conductor-apoyo

4.2 Determinación de la Longitud de la Cadena de Aisladores

4. DETERMINACION DE LA LONGITUD DE LA CADENA DE AISLADORES EN AREAS CON DETERMINADA DENSIDAD DE RAYOS A TIERRA

La **distancia de fuga** de un aislador debe escogerse de acuerdo a la operación con la tensión de servicio y de acuerdo a las condiciones que imponga el índice de contaminación de la zona.

La **longitud de la cadena de aisladores**, para un riesgo de falla dado, se debe diseñar para soportar los voltajes a los que se verá sometido. En el diseño se consideran aspectos económicos y de construcción, por ejemplo, para obtener un índice de fallas igual a cero en una línea de transmisión, implicaría longitudes grandes de aislamiento debido a los altos potenciales que se producen por descargas directas a las fases. Por otro lado, la protección contra rayos directos a la línea se puede diseñar con el uso de hilos de guarda o blindaje de la misma.

4.1 Distancia Conductor-apoyo

Se pueden tener dos casos de distancias conductor apoyo dependiendo del tipo de arreglo de la cadena de aisladores; en el primer caso se tiene la distancia constante o geometría fija, en el cual se usa una disposición de la cadena de aisladores en "V", y en el segundo caso se tiene la geometría variable, en el que se usa la cadena de aisladores en arreglo vertical. Las **figuras 4.1(a)** y **4.1(b)** muestra los dos tipos de geometría, la fija y la variable respectivamente.

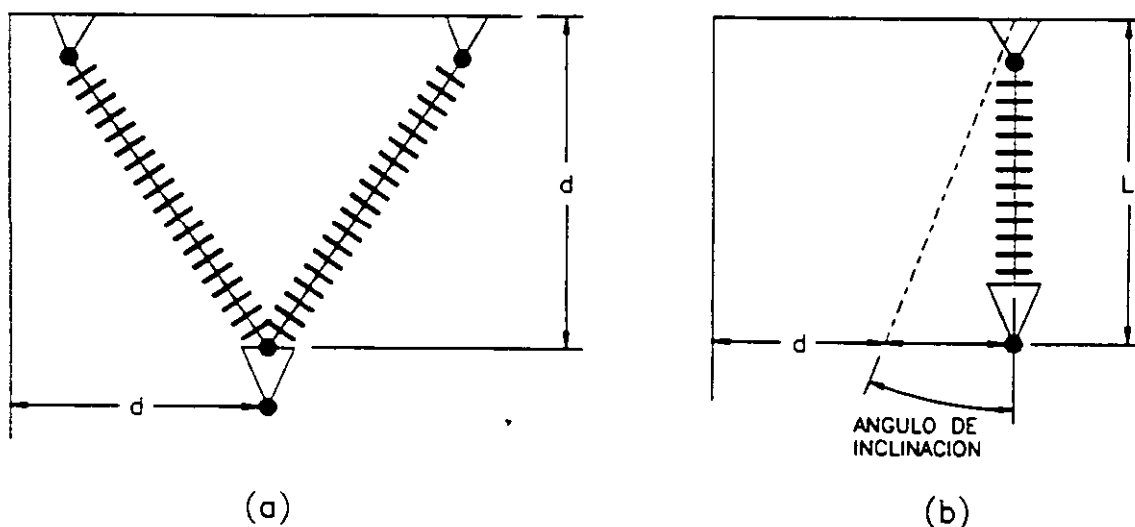


Figura 4.1.- Distancias conductor-apoyo: a) para aisladores de geometría fija y b) de geometría variable

Para el caso de distancias conductor-apoyo del arreglo vertical de la cadena de aisladores o de geometría variable, se consideran ángulos de oscilación de la cadena de aisladores debido a la acción del viento sobre los conductores. Se considera una presión del viento de 25 kg/m^2 para conductores de diámetro superior a 16 mm y de 30 kg/m^2 para diámetros inferiores a 16 mm . El ángulo de inclinación total obtenido por la acción del viento y por la de su propio peso, para claros promedios y diámetros de conductores normalmente en uso son:

- Para líneas de 115 kV : 50°
- Para líneas de 230 kV : 45°
- Para líneas de 400 kV : 40°

4.2 Determinación de la Longitud de la Cadena de Aisladores

Para el cálculo de distancias se toma un factor de 1.05 veces la distancia de fase a tierra por herrajes. El voltaje de arqueo entre conductores y estructuras depende de la geometría de los electrodos o elementos que intervienen y su distancia en aire. El voltaje de arqueo en aire de algunas geometrías de electrodos se puede relacionar con la característica del voltaje de arqueo en aire de electrodos de referencia por medio del factor K , el cual caracteriza al voltaje de arqueo en aire del arreglo geométrico de los electrodos. En la **tabla 4.1** se dan los valores de factores K para diferentes configuraciones de electrodos en aire y para cada tipo de voltaje (k_n para voltaje a frecuencia nominal, k_m para maniobra y k_r para impulso de rayo).

El voltaje de arqueo para impulsos de rayo se puede obtener con la siguiente formulación como una aproximación:

$$V_{ag}(d) = K_r d$$

donde:

- V_{ag} = es el voltaje de arqueo en aire entre electrodos varilla-plano
- K_r = factor de electrodo en aire
- d = es la distancia en aire entre electrodos

y para sobrevoltaje por maniobras como:

$$V_{ag}(d) = K_m \left(\frac{3400}{1 + \frac{8}{d}} \right)$$

para el cálculo a frecuencia nominal el factor K_m en la ecuación anterior se sustituye por K_n obtenido en la **tabla 4.1**.

Para efecto de cálculos se presenta la **tabla 4.2** con los valores de niveles básicos de aislamiento al impulso (NBAI) y por maniobra (NBAM), para los diferentes niveles de tensión transmisión.

Tabla 4.1.- Valores de los factores K_n , K_m y K_r para diferentes configuraciones de entrehierros

Configuración de entrehierros	Diagrama	K_n	K_m	K_r
Fase-torre		1.40	1.25	550
Fase-ventana de torre		1.30	1.20	550
Conductor-suelo		1.30	1.10	550
Conductor-objeto		1.45	1.35	550
Varilla-plano		1.20	1.00	480
Conductor-conductor		1.65	1.50	550
Entre anillos (equipotenciales) de conductores		-	1.60	550

Tabla 4.2.- Niveles básicos de aislamiento por impulso tipo rayo, NBAI y niveles básicos de aislamiento por impulso tipo maniobra, NBAM, de fase a tierra y de fase a fase y distancias mínimas de fase a fase y de fase a tierra, para diferentes niveles de tensión de transmisión.

Tensión nominal kV	Tensión máxima kV	NBAI fase-tierra kV	NBAM fase-tierra kV	NBAI fase-fase kV	NBAM fase-fase kV	Distancia fase-tierra mm	Distancia fase-fase mm
4.4	4.4	75	-	75	-	120	120
6.9	7.2	95	-	95	-	160	160
13.8	15.5	110	-	110	-	220	220
24.	26.4	150	-	150	-	320	320
34.5	38.	200	-	200	-	480	480
69.	72.5	350	-	350	-	630	630
115.	123.	450 550	-	450 550	-	900 1100	900 1100
138	145	450 550 650 550	-	550 650 650 650	-	1100 1300 1100	1100 1300 1300
161.	170.	650 750	-	650 750	-	1300 1500	1500
230	245	650 750 850 950 1050	-	750 850 950 1050 1125	-	1300 1500 1700 1900 2100	1500 1700 1900 2100 2250
400	420.	1050 1175 1300 1425	950 950 1050	-	1425 1550	2200 ² , 2900 ³ 2600 ² , 3400 ³	3100, 3200 3500, 4100

1 Presion barométrica de 760 mm de Hg y temperatura de 20°C

2 Para configuraciones conductor-estructura

3 Para configuración asimétrica



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

MODULO III: DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE LINEAS DE TRANSMISION

TEMA

SELECCIÓN DE TRAYECTORIAS, ALINEAMIENTO, CIMENTACIONES Y EQUILIBRIO ECOLOGICO

**PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE 2001.**

SELECCIÓN DE TRAYECTORIAS

LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE ALTA TENSIÓN DENTRO DEL SISTEMA ELÉCTRICO TIENEN LA FUNCIÓN DE TRANSPORTAR LA ENERGÍA ELÉCTRICA DESDE LAS CENTRALES DE GENERACIÓN Y DE CONCENTRACIÓN DE ENERGÍA. HASTA LOS CENTROS DE DISTRIBUCIÓN Y DE CONSUMO.

EN EL CASO DE LA REPÚBLICA MEXICANA, DONDE LAS GRANDES CENTRALES GENERADORAS CASI SIEMPRE ESTÁN UBICADAS A DISTANCIAS CONSIDERABLES DE LOS PRINCIPALES CENTROS DE CONSUMO, ES DE VITAL IMPORTANCIA CONTAR CON LÍNEAS DE TRANSMISIÓN PARA LOGRAR EL ENLACE ENTRE LOS NODOS DEL SISTEMA Y EL ADECUADO TRANSPORTE DE LA ENERGÍA.

HASTA EL MES DE DICIEMBRE DE 1994 LA RED ELÉCTRICA NACIONAL DE TRANSMISIÓN, TIENE LA LONGITUD QUE SE INDICA A CONTINUACIÓN.

VOLTAJE (KV)	LONGITUD (KM)
400	10623
230	18217
230	20416
TOTAL	49256

LAS FIGS. 1, 2 Y 3 MUESTRAN LAS CONFIGURACIONES DE LAS REDES DE TRANSMISIÓN DE 400 KV, 230 KV Y >230 KV RESPECTIVAMENTE.

EN UN SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA DE IMPORTANTE QUE LA RED DE TRANSMISIÓN SE INCREMENTE CONSTANTEMENTE CON OBJETO DE LOGRAR EL ADECUADO FLUJO DE ELECTRICIDAD EN TODO EL PAÍS.

LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN SE DEBEN CONCEBIR, PROYECTAR Y CONSTRUIR, TOMANDO EN CUENTA LAS CONDICIONES TÉCNICAS Y AMBIENTALES, PARA QUE SU OPERACIÓN SEA DENTRO DE LOS MÁRGENES DE CONFIABILIDAD ESTABLECIDOS POR LA NORMATIVIDAD OFICIAL.

LOCALIZACIÓN DE TRAYECTORIAS Y EVALUACIÓN DE LA RUTA

CRITERIOS BÁSICOS.

EL CRITERIO QUE SE ADOPTA PARA CADA UNO DE LOS CONCEPTOS QUE SE TOMAN EN CUENTA PARA LA EVALUACIÓN DE LA RUTA, DEPENDE Y VARÍA LOS SIGUIENTES FACTORES.

TENSIÓN DE LA LÍNEA: MENORES DE 230, 230 Y 400 KV.

TOPOGRAFÍA PREDOMINANTE: CONSIDERANDO EL TIPO DE TERRENO: PLANO, LOMERIO O MONTAÑOSO.

CONDICIONES METEOROLÓGICAS: PRECIPITACIONES, DESCARGAS ATMOSFÉRICAS, TORMENTAS, TORNADOS, MASAS DE AIRE, CICLONES.

USO DEL SUELO: AGRÍCOLA, PECUARIO, FORESTAL, INDUSTRIAL, URBANO Y EN CASOS TURÍSTICOS.

VIALIDAD DE APOYO: AUTOPISTAS, CARRETERAS PAVIMENTADAS, TERRACERÍAS, BRECHAS.

TIPO DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y SU PROBABLE EXPANSIÓN. CIUDADES, POBLADOS, RANCHERÍAS, CASERÍO AISLADO Y ASENTAMIENTOS IRREGULARES.

TIPO DE VEGETACIÓN: ÁRIDA, CULTIVOS HUERTOS, PASTIZALES, PALMARES, BOSQUE, SELVA, MANGLAR.

FACTIBILIDAD Y FACILIDAD PARA ADQUIRIR EL PERMISO DE PASO.

PROTECCIÓN AMBIENTAL. APEGÁNDOSE A LA LEY GENERAL DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO. LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE Y A SU REGLAMENTO.

PRECEPTOS RECOMENDABLES.

LA MEJOR LONGITUD POSIBLE. BASÁNDONOS EN EL PRINCIPIO GEOMÉTRICO QUE LA DISTANCIA MÁS CERCANA ENTRE 2 PUNTOS ES LA LÍNEA RECTA.

EL MENOR NÚMERO DE PUNTOS DE INFLEXIÓN.

EL MENOR NÚMERO DE CRUZAMIENTOS CON LÍNEAS DE TRANSMISIÓN, VÍAS DE FERROCARRIL, CARRETERAS Y RÍOS.

FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN.

CERCANÍA A CARRETERAS Y CAMINOS DE TERRACERÍA PARA FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN, REVISIÓN Y MANTENIMIENTO, EVITANDO CON ESTO LA

CREACIÓN DE NUEVOS ACCESOS QUE PUDIERAN AFECTAR LA ESTABILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS.

EVITAR BOSQUES, HUERTAS, SEMBRADÍOS DE ALTO VALOR Y PREFERENTEMENTE NO CRUZAR POR ZONAS SELVÁTICAS Y AGRÍCOLAS.

EVITAR LAGUNAS, ESTEROS, PANTANOS, RÍOS, ZONAS INUNDABLES Y PLAYAS.

ALEJARSE DE LA CONTAMINACIÓN MARINA E INDUSTRIAL ASÍ COMO DE TERRENOS EROSIONADOS O AGRESIVOS.

EVITAR PASAR CERCA DE ZONAS TURÍSTICAS, EN FUNCIONES O EVIDENTEMENTE POTENCIALES, ASÍ COMO POR ZONAS ARQUEOLÓGICAS O DE VALOR HISTÓRICO Y ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.

PARA LO MÁS RAZONABLEMENTE ALEJADO DE NÚCLEOS DE POBLACIÓN.

CONSIDERAR EL USO DE POSTES TUBULARES, DE MEJOR ESTÉTICA Y POR RAZONES DE ESPACIO, CUANDO POR LA FUNCIÓN PROPIA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN SE TENGA QUE PASAR POR POBLACIONES O ZONAS TURÍSTICAS. ESTO MINIMIZARÁ EL IMPACTO VISUAL Y EL DERECHO DE VÍA RESPECTIVO.

CUMPLIR CON TODAS LAS LEYES, REGLAMENTOS Y RECOMENDACIONES DEL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA DE LA SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE RECURSOS NATURALES Y PESCA EN MATERIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL, ASÍ COMO LAS DE LOS DEMÁS ORGANISMOS PÚBLICOS FEDERALES, ESTATALES O MUNICIPALES; ASÍ MISMO CON EL ACUERDO POR EL QUE SE ESTABLECEN LOS CRITERIOS ECOLÓGICOS PARA LA SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DE SITIOS Y TRAYECTORIAS, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE POTENCIA.

ACTIVIDADES DE GABINETE

ALGUNAS SE LLEVAN A CABO ANTES DEL RECONOCIMIENTO DE CAMPO Y OTRAS DESPUÉS.

PROGRAMACIÓN SIMPLIFICADA DE LA OBRA SEGÚN FECHA DE ENTRADA EN OPERACIÓN Y CARACTERÍSTICAS INDICADAS EN EL PROGRAMA DE OBRAS E INVERSIONES.

ELABORAR EL DIAGRAMA UNIFILAR SIMPLIFICADO DE LA ZONA DONDE QUEDE COMPRENDIDA LA LÍNEA POR ESTUDIAR, INCLUYENDO, LAS OBRAS EN OPERACIÓN Y LAS FUTURAS.

RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN GENERAL:

- CARTAS TOPOGRÁFICAS DEL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI)
- PLANOS URBANOS, DE DESARROLLO URBANO Y PLANES DIRECTORES.
- POSICIÓN FÍSICA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS, EN OPERACIÓN Y FUTURAS.
- CARRETERAS, VÍAS DE FF.CC., AEROPUERTOS, PRESAS, ETC., OPERANDO Y EN PROYECTO.
- DESARROLLOS INDUSTRIALES, HABITACIONALES Y TURÍSTICOS.
- ZONAS DE BOSQUES, SELVAS, HUERTAS, CAÑA, SEMBRADÍOS DE ALTO VALOR, ETC.
- AREAS NATURALES PROTEGIDAS, COMO PARQUES NACIONALES, RESERVA DE LA BIOSFERA, ZONAS ARQUEOLÓGICAS, ETC.
- ZONAS DE CONTAMINACIÓN MARINA, INDUSTRIAL O AGRÍCOLA COMO LA QUEMA DE CAÑA.
- ZONAS INUNDABLES O PROPENSAS A INUNDACIÓN.
- VIENTOS DOMINANTES Y ALGUNOS DATOS METEOROLÓGICOS.

ELABORACIÓN DEL PLANO GENERAL DE TRABAJO Y TRAZO DE RUTAS OPCIONALES, CON BASE A LA INFORMACIÓN OBTENIDA. ESTA ES LA ÚLTIMA ACTIVIDAD ANTES DE LAS ACTIVIDADES DE CAMPO.

ACTIVIDADES DE CAMPO

ACTUALIZACIÓN EN CAMPO DEL PLANO DE TRABAJO, REGISTRANDO EN ÉL TODAS LAS NUEVAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA Y ASENTAMIENTOS HUMANOS E INDUSTRIALES, ASIMISMO LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS MÁS IMPORTANTES, REALIZANDO UN LEVANTAMIENTO DE TODAS LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE LA ZONA.

RECONOCIMIENTO TERRESTRE, EN FORMA DETALLADA, DE TODAS LAS OPCIONES DE RUTA CONSIDERADAS Y DE LAS QUE SURJAN COMO FACTIBLES DURANTE ESTA FASE DEL ESTUDIO.

RECONOCIMIENTO AÉREO DE LAS OPCIONES DE RUTA, YA AFINADAS DESPUÉS DEL RECORRIDO TERRESTRE, PRINCIPALMENTE CUANDO POR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL TERRENO NO ES POSIBLE EL ACCESO TERRESTRE.

RECOPIACIÓN DE OPINIONES Y SUGERENCIAS RELATIVAS A LAS OPCIONES DE RUTA. DE LAS DIVERSAS ÁREAS DE OPERACIÓN Y CONSTRUCCIÓN, ASÍ COMO DE LOS ORGANISMOS FEDERALES, ESTATALES Y MUNICIPALES.

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE OPCIONES, EN DONDE SE CONSIDERA PRINCIPALMENTE LOS ASPECTOS TÉCNICOS Y ECOLÓGICOS ANALIZADOS EN CAMPO.

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN DE LA TRAYECTORIA DEFINITIVA.

ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO-ECONÓMICO-AMBIENTAL DE LAS TRAYECTORIAS CONSIDERADAS, TOMANDO EN CUENTA LOS FACTORES YA DESCRITOS.

AJUSTE EN GABINETE DE LOS ÁNGULOS DE DEFLEXIÓN, TANGENTES CRÍTICAS Y SELECCIÓN DE LA TRAYECTORIA DEFINITIVA.

ELABORACIÓN DEL "PLANO GENERAL", YA ACTUALIZADO CON LA INFORMACIÓN DE CAMPO Y LA TRAYECTORIA DEFINITIVA, GENERALMENTE EN CARTOGRAFÍA TOPOGRÁFICA ESCALA 1:50,000 ASIMISMO OFICIALIZADO CON FIRMAS DE LOS FUNCIONARIOS AUTORIZADOS.

DISTRIBUCIÓN DEL "PLANO GENERAL" A LAS DIVERSAS ÁREAS DEL PROYECTO, EN EL QUE SE CONTEMPLA LA RUTA O TRAYECTORIA POR DONDE SE CONSTRUIRÁ LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN.

LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

ESTOS APUNTES TIENEN COMO OBJETIVO PRINCIPAL, ESTABLECER LOS REQUERIMIENTOS MÍNIMOS QUE DEBEN SATISFACER LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS PARA LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON TENSIONES ENTRE 115 Y 400 KV, NORMALIZANDO Y OPTIMIZANDO SU EJECUCIÓN Y PRESENTACIÓN, UNIFORMIZAR LOS TRABAJOS, REGISTROS DE CAMPO, CÁLCULOS Y ELABORACIÓN DE PLANOS, PROPORCIONANDO AL PERSONAL DE CAMPO LA INFORMACIÓN NECESARIA Y SUFICIENTE.

CON ESTO SE PRETENDE FACILITAR AL TOPÓGRAFO, LA INFORMACIÓN SUFICIENTE PARA OBTENER MEJORES RESULTADOS, QUE SE TRADUCIRÁN EN UN MEJOR PROYECTO Y MENOS COSTO.

LOCALIZACIÓN DEL TRAZO

LA BASE DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL EJE DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN, ES LA TRAYECTORIA ANALIZADA, EVALUADA Y SELECCIONADA, QUE SE MARCA EN EL LLAMADO "PLANO GENERAL" Y QUE ESTA FORMADO POR CARTAS TOPOGRÁFICAS EDITADAS POR EL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMACIÓN (INEGI), GENERALMENTE A ESCALA 1:50.000, ACTUALIZADO POR EL ÁREA RESPONSABLE, TAMBIÉN PUEDE INDICARSE LA TRAYECTORIA SOBRE FOTOGRAMETRÍAS, FOTOS A ESCALA NO RECTIFICADA, ETC.

TAL EJE SE LOCALIZARÁ, REGISTRARÁ, DIBUJARÁ Y SEÑALARÁ EN EL CAMPO CON UNA APROXIMACIÓN MÁXIMA DE 50 M. A CADA LA DEL EJE SEÑALANDO EN EL PLANO GENERAL.

RECONOCIMIENTO DE CAMPO

EL TRAZO SE INICIA CON EL RECONOCIMIENTO PRELIMINAR DEL TERRENO. EN ESTE RECORRIDO SE ESTUDIARÁN LOS ACCESOS; SE FIJARÁN LOS PUNTOS DE INFLEXIÓN (PI), LOS PUNTOS OBLIGADOS, LOS PUNTOS SOBRE TANGENTE VISIBLES A GRAN DISTANCIA; LOS PUNTOS DE PARTIDA (0+000) Y DESTINO, QUE SERÁ EL CENTRO DE LOS MARCOS DE LAS ESTRUCTURAS DE LAS SUBESTACIONES; EN SU DEFECTO, EL CENTRO DEL TERRENO O EL PUNTO MÁS CERCANO AL SITIO PROBABLE DE LA SUBESTACIÓN; LOS CRUZAMIENTOS CON VÍAS DE COMUNICACIÓN, CON LÍNEAS DE TRANSMISIÓN, ETC.; LOS DIVERSOS TIPOS DE VEGETACIÓN; LAS POSIBLES FUENTES DE CONTAMINACIÓN, ETC.

EN ESTE RECONOCIMIENTO, GENERALMENTE SURGEN LAS PRIMERAS DUDAS Y DIFICULTADES QUE SERÁN RESUELTAS CON ALGUNAS DE LAS RECOMENDACIONES GENERALES QUE A CONTINUACIÓN SE CITAN, EN LA INTELIGENCIA QUE YA FUERON TOMADAS EN CUENTA EN EL ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LA TRAYECTORIA SELECCIONADA, PERO QUE PUDIERAN SER ÚTILES PARA AFINAR LA LOCALIZACIÓN DEFINITIVA EN EL CAMPO O POR ALGÚN PROBLEMA NO PREVISTO O QUE HAYA SURGIDO DESPUÉS DEL ESTUDIO Y QUE OBLIGUE A EFECTUAR UN CAMBIO PARCIAL DE TRAYECTORIA. ALGUNAS RECOMENDACIONES SON:

SE DEBERÁ EVITAR EL TRAZO PASE, HASTA DONDE SEA POSIBLE, POR:

- NÚCLEOS DE POBLACIÓN O CONSTRUCCIONES, A MENOS DE 50 M. SALVO CASOS PARTICULARES COMO LAS ÁREAS URBANAS.
- ZONAS CON VESTIGIOS ARQUEOLÓGICOS.

- MINAS. BANCOS DE MATERIAL EN EXPLOTACIÓN. POLVORINES.
- TERRENOS AGRESIVOS O VISIBLEMENTE EROSIONADOS O EXPUESTOS A CORRIENTES FLUVIALES.
- DESIERTOS. ZONAS DE DUNAS O ARENALES PLUVIALES.
- BOSQUES. SELVAS. HUERTAS. ZONAS DE CONTAMINACIÓN NATURAL O INDUSTRIAL.
- ZONAS INUNDABLES O PANTANOSAS.
- PENDIENTES DEL TERRENO EXCESIVAS Y LADERAS DESLIZANTES CON TERRENO SUELTO.
- SIEMBRAS DE ALTO COSTO.
- CABECERAS DE AEROPISTAS. A MENOS DE 2 KM.

LOS PUNTOS DE INFLEXIÓN (PI) SE HARÁN EN TERRENO SENSIBLEMENTE PLANO RAZONABLE ALTO. NUNCA EN ZONAS BAJAS O CÚPIDES DE CERROS. NI LADERAS MUY PRONUNCIADAS.

LAS TANGENTES SERÁN LO MÁS LARGO POSIBLE. SIENDO ÉSTAS LO MÁS APROPIADAS PARA CRUZAR BARRANCAS DE GRAN CLARO.

LOS CRUZAMIENTOS CON CARRETERAS. FERROCARRILES. CANALES. ACUEDUCTOS O DUCTOS DE PEMEX SE HARÁN LO MÁS CERCANO A LOS 90° Y NUNCA A MENOS DE 30°.

LOS CRUZAMIENTOS CON LÍNEAS DE TRANSMISIÓN SE LOCALIZARÁN PENSANDO EN QUE LA LÍNEA DE MENOR VOLTAJE. PREFERENTEMENTE DEBE PASAR POR DEBAJO. ACERCÁNDOSE LO MÁS POSIBLE A UNA TORRE. LAS DE MAYOR VOLTAJE PASARÁN POR ARRIBA, POR LO QUE SE PROCURARÁ EL PASO POR DONDE LA FLECHA DEL CONDUCTOR ES MAYOR.

CUANDO SON DE LA MISMA TENSIÓN ES PREFERIBLE QUE. POR MANIOBRAS DE CONSTRUCCIÓN. LAS NUEVA LÍNEA PASO POR ABAJO.

EL ÁNGULO DE CRUCE IDEAL ES 90°. NO RECOMENDÁNDOSE UNO MENOR DE 45°.

NO SE LOCALIZARÁN PUNTOS DE INFLEXIÓN A MENOS DE 20 M FUERA DEL LÍMITE DEL DERECHO DE VÍA DE CARRETERAS, CAMINOS DE TERRACERÍA, VÍAS DE FF.CC., CANALES, DUCTOS DE PEMEX, ETC.. LA DISTANCIA ENTRE EJES DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN PARALELAS, NO DEBE SER MENOR A LAS QUE SE INDICAN EN EL SIGUIENTE CUADRO, EXCEPTUANDO LOS REMATES EN LAS SUBESTACIONES.

SE CONSIDERARÁ EL PROMEDIO DE DIMENSIONES DE LAS TORRES MÁS REPRESENTATIVAS EN UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN.

CUANDO SE UTILICEN POSTES DE CUALQUIER TIPO, ESTAS DISTANCIAS SE REDUCIRÁN DE ACUERDO A LAS DIMENSIONES PARTICULARES DE CADA CASO.

TRAZOS DE LA PLANTA Y CONFIGURACIÓN DEL PERFIL DEL TERRENO.

EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEBERÁ SER LLEVADO A CABO POR MÉTODOS ELECTRÓNICOS UTILIZANDO DISTANCIÓMETROS.

SE DEBERÁ LEVANTAR Y REGISTRAR EN PLANOS, ADEMÁS DE LOS DATOS NECESARIOS PARA PODER DIBUJAR LA PLANTA Y EL PERFIL DEL EJE DE LA LÍNEA LOS SIGUIENTES PUNTOS.

LINDEROS DE TERRENOS Y SU TIPO.

RÍOS, ARROYOS, ESCURRIMIENTOS PLUVIALES, CANALES.

LAGUNAS, PRESAS, ZONAS INUNDABLES, PANTANOS.

CARRETERAS, CAMINOS BRECHAS, PUENTES, FERROCARRILES.

TIPO Y ALTURA DE VEGETACIÓN, SEMBRADÍOS, HUERTAS, ARBOLEDAS Y SUS ALTURAS EN EL MOMENTO Y MÁXIMAS DE CRECIMIENTO.

TIPO Y USO DEL TERRENO.

SE LEVANTARÁ Y DIBUJARÁ CUALQUIER ELEMENTO DE LOS ANTERIORES, QUE AUNQUE NO SE CRUCE, QUEDE DENTRO DE UNA FAJA DE 50 M A CADA LADO DEL EJE DE LA LÍNEA.

PUNTOS DE ORIGEN Y DESTINO.

EL LEVANTAMIENTO SE INICIARÁ EN EL PUNTO CENTRAL DEL MARCO DE LA BAHÍA O BAHÍAS DE LA SUBESTACIÓN. SALVO QUE SE INDIQUE OTRA COSA: PUNTO QUE SE DENOMINARÁ 0+000 DEL CADENAMIENTO.

EL ÁNGULO RESPECTO AL MARCO, DE SER POSIBLE, SERÁ DE 90°. EN NINGÚN CASO SERÁ MENOR DE 75°.

LA ESTRUCTURA O TORRE DE REMATE SE PROYECTA ENTRE 40 Y 60 M. QUE PUEDE SER UN PUNTO SOBRE TANGENTE (PST) O BIEN UN PUNTO DE INFLEXIÓN (PI), NUNCA MAYOR DE 15°.

LA SIGUIENTE O PRIMERA DEFLEXIÓN DE CUALQUIER GRADO, NO SERÁ LOCALIZADA A MENOS DE 300 M. EN CASO DE TORRES.

DE SER ESTRUCTURAS DE MADERA O CONCRETO, ESTA DISTANCIA SE RECOMIENDA DE 200 M Y DE 100 M EN EL CASO DE POSTES TUBULARES.

EL MARCO DE LA BAHÍA DE LA SUBESTACIÓN DE DESTINO, SERÁ EL PUNTO FINAL DE LA LÍNEA. DEBIÉNDOSE OBSERVAR LAS MISMAS RESTRICCIONES QUE EN LA SUBESTACIÓN DE ORIGEN.

SE DEBERÁ LIGAR EL TRAZO CON TODOS LOS LINDEROS DE LA SUBESTACIÓN Y LOS CUATRO PUNTOS EXTREMOS DE LAS ESTRUCTURAS PRINCIPALES DE LA SUBESTACIÓN, DIBUJÁNDOSE Y ACOTÁNDOSE ESTA LIGAR EN LOS PLANOS DE PERFIL Y PLANTA.

EN EL CASO DE QUE EL SITIO O PROYECTO DE UNA DE LAS SUBESTACIONES NO ESTÉ PERFECTAMENTE DEFINIDO, SE INICIARÁ O TERMINARÁ EL TRAZO EN UN PUNTO PIVOTE, LO MÁS CERCA POSIBLE DEL TERRENO O TERRENOS PROBABLES, PUNTO QUE SERÁ MARCADO EN EL PLANO DE TRAYECTORIA, CONSIDERÁNDOSE ALLÍ, SI ES DE ORIGEN, UNA IGUAL EN KILOMETRAJE.

BRECHA

EL DESMONTE O BRECHA SERÁ SÓLO LA SUFICIENTE PARA PERMITIR EL PASO DEL TRAZO, PROCURANDO NO DAÑAR CERCAS, LINDEROS, CULTIVOS NI HUERTAS. LOS ÁRBOLES FRUTALES Y DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA NO SE DEBEN DERRIBAR, Y CUANDO OBSTACULICEN, SE USARÁN MÉTODOS INDIRECTOS PARA EL ALINEAMIENTO Y MEDICIÓN. ALREDEDOR DE UNA MOJONERA SE HARÁ UN DESMONTE DE 3 (TRES) METROS.

ALINEAMIENTO

EL ALINEAMIENTO SE CONSERVARÁ VISANDO EN DIRECTA O EN INVERSA, CON PROMEDIO DE PUNTOS, LO QUE DISMINUIRÁ CUALQUIER DESVIACIÓN. -

LAS ESTACIONES PODRÁN SER HASTA DE UN KILÓMETRO SIEMPRE QUE LA VISIBILIDAD LO PERMITA, SEÑALÁNDOSE CON UNA ESTACA CLAVADA AL RAZ DEL PISO.

PARA EVITAR CUALQUIER POSIBLE ERROR Y COMO MEDIO DE COMPROBACIÓN LAS LECTURAS SE DEBERÁN HACER DOBLES EN CADA ESTACIÓN, HACIA ATRÁS Y HACIA ADELANTE.

ENTRE ESTACIÓN Y ESTACIÓN SE TOMARÁN LECTURAS EN PUNTOS INTERMEDIOS, DE PREFERENCIA DONDE HAYA CAMBIOS DE PENDIENTE, ASÍ COMO EN LAS PARTES BAJAS Y PROMINENTES.

CUANDO EL TERRENO SEA PLANO O CON PENDIENTE UNIFORME LOS PUNTOS INTERMEDIOS SE OBSERVARÁN A UN MÁXIMO DE 100 M.

LOS PUNTOS INTERMEDIOS NO SE SEÑALARÁN EN EL TERRENO.

ELEVACIONES

LAS ELEVACIONES ESTARÁN REFERIDAS AL NIVEL DEL MAR, TOMANDO COMO BASE LOS BANCOS DE NIVEL DEL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI), EN CASOS ESPECIALES SE UTILIZARÁN LOS BANCOS DE NIVEL OFICIAL DE SEDENA, S.C.T., SARH, C.N.A., FONATUR.

SE DEBERÁ ADJUNTAR COPIA DEL BANCO DE NIVEL DONDE SE INDIQUE SU NÚMERO, UBICACIÓN Y COTA, EN CASOS PARTICULARES EN LOS QUE COMPROBADAMENTE NO SE ENCUENTRE BANCOS DE NIVEL A UNA DISTANCIA DE 10 KM., SE UTILIZARÁN LAS CURVAS DE NIVEL DEL INEGI.

ORIENTACIÓN DEL TRAZO

SE DEBERÁ EFECTUAR UNA ORIENTACIÓN ASTRONÓMICA AL INICIO DEL TRAZO DEBIENDO REALIZAR OTRA AL FINAL, A MANERA DE COMPROBACIÓN ANGULAR, AMBAS POR MEDIO DE ORIENTACIÓN SOLAR.

TOLERANCIAS

-EN DISTANCIA HORIZONTAL. LA TOLERANCIA MÁXIMA SERÁ DE 20 CM POR KILÓMETRO.

-EN ELEVACIÓN SE ADMITE HASTA 15 CM POR KILÓMETRO DE DISTANCIA HORIZONTAL.

-EN NINGUNO DE LOS CASOS SERÁ ACUMULATIVA. DEBIENDO CORREGIRSE EN EL CADA PUNTO DE INFLEXIÓN.

CRUZAMIENTOS

CUANDO EL TRAZO DE LA LÍNEA CRUCE CON ALGUNA DE LAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA QUE SE RELACIONAN EN LOS INCISOS SIGUIENTES. SE DEBERÁ LEVANTAR. REGISTRAR Y DIBUJAR EN PLANOS. LA INFORMACIÓN QUE SE DESCRIBE ABAJO DE CADA UNO DE ELLOS.

CON CARRETERAS Y CAMINOS DE TERRACERIA

- KILOMETRAJE Y ELEVACIÓN DEL EJE EN LA LÍNEA EN EL EJE DEL CAMINO.
- KILOMETRAJE DE LA CARRETERA Y SU NOMBRE O POBLACIONES IMPORTANTES MÁS CERCANAS.
- ÁNGULO DE INTERSECCIÓN
- TIPO Y ANCHO DE LA CARRETERA
- LÍMITES DEL DERECHO DE VÍA

CON VÍAS DE FERROCARRIL

- KILOMETRAJE Y ELEVACIÓN DEL EJE DE LA LÍNEA EN EL PUNTO DE CRUCE CON LOS RIELES.
- CLAVE KILOMETRAJE EXACTO Y ELEVACIÓN DE LOS RIELES DEL FF.CC. EN EL PUNTO DE CRUCE.
- NOMBRE DEL FERROCARRIL Y ESTACIONES MÁS CERCANAS.
- ÁNGULO DE INTERSECCIÓN.
- LÍMITES DEL DERECHO DE VÍA.

CON RÍOS, ARROYOS Y CANALES.

- KILOMETRAJE Y ELEVACIÓN DEL EJE DE LA LÍNEA EN EL CRUCE CON LOS BORDES Y ORILLAS.
- NOMBRE DEL RÍO O ARROYO
- DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE.

- ÁNGULO DE INTERSECCIÓN.
- ELEVACIÓN DE LA CORRIENTE EN LAS ORILLAS DEL CAUCE
- ELEVACIÓN DEL NIVEL DE AGUAS MÁXIMAS, TOMADAS DE LAS HUELLAS DEL CAUCE O CONSULTANDO A LOS VECINOS DE MAYOR EDAD.
- EN CASO DE SER NAVEGABLE, DATOS DE ALTURAS MÁXIMAS DE EMBARCACIONES.

CON DUCTOS DE GAS, PETRÓLEO O DERIVADOS

- KILOMETRAJE Y ELEVACIÓN DEL EJE DE LA LÍNEA POR LEVANTAR, EN EL PUNTO DE CRUCE.
- ALTURA DEL CABLE MÁS ALTO.
- PERFILES LATERALES.
- ÁNGULO DE INTERSECCIÓN.

CON LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

- KILOMETRAJE Y ELEVACIÓN DEL EJE DE LA LÍNEA POR LEVANTAR, EN EL PUNTO DE CRUCE.
- NOMBRE Y TENSIÓN DE LA LÍNEA QUE SE CRUCE.
- DISTANCIA DEL PUNTO DE CRUCE, A LAS ESTRUCTURAS O TORRES MÁS CERCANAS Y EL NÚMERO DE ÉSTAS.
- ÁNGULO DE INTERSECCIÓN.
- ALTURA DE LOS CABLES DE GUARDA Y LOS CONDUCTORES INDICANDO SU NOMENCLATURA HG. CS. CM. CI.
- PERFILES LATERALES, A LA DISTANCIA ESPECIFICADA PARA LA LÍNEA EN PROCESO DE TRAZO, DE LOS CABLES DE GUARDA Y CONDUCTORES MÁS ALTOS CUANDO SE PROYECTE PASAR POR ARRIBA, CUANDO SE PROYECTO PASAR POR ABAJO, SE LEVANTARÁN LOS PERFILES LATERALES DE LOS CONDUCTORES MÁS BAJOS.

CON LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

- KILOMETRAJE Y ELEVACIÓN DEL EJE DE LA LÍNEA POR LEVANTAR, EN EL PUNTO DE CRUCE.
- ÁNGULO DE INTERSECCIÓN
- ALTURA DEL CABLE MÁS ALTO
- PERFILES LATERALES

PERFILES LATERALES

CUANDO EL TERRENO PRESENTE UNA PENDIENTE TRANSVERSAL AL EJE DEL TRABAJO, EN EL SENTIDO ASCENDENTE, DE MÁS DE LOS VALORES QUE SE ESPECIFICAN, SERÁ NECESARIO QUE SE LEVANTE CON PRECISIÓN Y SE

REGISTRE EN LOS PLANOS DE PLANTA Y PERFIL. UN PERFIL LATERAL (PARALELO). ESTOS VALORES Y DISTANCIAS SERÁN SEGÚN LA TABLA SIGUIENTE:

PENDIENTE TRANSVERSAL %	TENSIÓN KV	DISTANCIA PERFIL LATERAL (M)	
		LOMERIO	MONTAÑA
15	115	12	14
10	230	17	22
8	400	25	30

CUANDO A LA DISTANCIA INDICADA EN LAS 2 ÚLTIMAS COLUMNAS SE ENCUENTRE ALGUNA PROMINENCIA NATURAL O CONSTRUCCIÓN QUE SOBREPASE DE 2 (DOS) M RESPECTO A LA ELEVACIÓN DEL EJE: NO IMPORTANDO QUE LA PENDIENTE TRANSVERSAL DEL TERRENO SEA NULA O MENOR QUE LA ESPECIFICADA EN LA PRIMERA COLUMNA. SE DEBERÁ OBTENER Y REGISTRAR EN LOS PLANOS DE PERFIL Y PLANTA EL O LOS PERFILES LATERALES.

TAL CASO SE PRESENTA COMÚNMENTE CUANDO LA LÍNEA SE TRAZA POR CALLES O PASA CERCA DE CONSTRUCCIONES AISLADAS O TAMBIÉN CERCA DE ALGUNA ARBOLEDA.

SEÑALAMIENTO

CON ESTACAS DE MADERA Y SE COLOCARÁN EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES (E). CLAVADAS AL RAS DEL SUELO. CON UNA TACHUELA O CLAVO EN EL EJE DEL TRAZO Y CLARAMENTE MARCADOS CON EL NÚMERO PROGRESIVO QUE LE CORRESPONDE A CADA ESTACIÓN (E-1, E-2, ETC.).

CON MOJONERAS DE CONCRETO CON FORMA PIRAMIDAL CON LAS DIMENSIONES SIGUIENTES: BASE 25X25 CM, CORONA 15X15 CM, ALTURA 40 CM. SE PINTARÁN CON PINTURA DE ACEITE, COLOR BLANCO. EN LA CARA SUPERIOR SE COLOCARÁN UNA VARILLA O ALAMBRÓN INMERSO 10 CM EN EL CONCRETO, QUE INDICARÁ EL EJE Y SE PINTARÁ CON ROJO EL NÚMERO DEL PUNTO DE INFLEXIÓN (PI) Y/O ESTACIÓN (E). EN UNA DE LAS CARAS, CON PINTURA DE ACEITE ROJA SE ANOTARÁ EL NOMBRE DE LA LÍNEA EL KILOMETRAJE Y EN SU CASO EL ÁNGULO DE DEFLEXIÓN. SE FIJARÁN FIRMEMENTE AL TERRERO, DEBIENDO SOBRESALIR ENTRE 10 Y 15 CM; PUEDEN SER COLOCADAS DIRECTAMENTE EN LA EXCAVACIÓN O PRECOLADAS. ADHRIÉNDOLAS CON MORTERO.

SE COLOCARÁN EN LOS SIGUIENTES PUNTOS:

- INICIO Y TERMINACIÓN DE LA LÍNEA.
- PUNTOS DE INFLEXIÓN.
- ESTACIONES ADYACENTES DE PUNTOS DE INFLEXIÓN.
- CRUCES CON VÍAS DE FERROCARRIL, CARRETERAS, CAMINOS DE TERRACERÍAS IMPORTANTES, CANALES, RÍOS, GASODUCTOS, OLEODUCTOS O POLIDUCTOS, LÍNEAS DE TRANSMISIÓN (DE 69 A 400 KV), EN ESTOS CASOS SE COLOCARÁN UNA CADA LADO, EN EL LÍMITE DEL DERECHO DE VÍA O FUERA DE ÉSTE EN DONDE SEAN VISTAS CON FACILIDAD.
- CAMINOS SECUNDARIOS DE TIERRA O BRECHAS QUE SIRVAN DE ACCESO A LA LÍNEA: EN ÉSTOS, SE COLOCARÁ SÓLO UNA.
- TANGENTES LARGAS, DONDE NO SE HAYAN COLOCADO LAS DE LOS CASOS ANTERIOR, A NO MÁS DE 3 KM.

SI EL TRAZO VA POR ZONAS DONDE HAYA ROCA APARENTE, LAS ESTACAS Y MOJONERAS SERÁN SUSTITUIDAS POR CÍRCULOS DE 20 Y 30 CM DE DIÁMETRO, RESPECTIVAMENTE, CUBIERTOS CON PINTURA DE ACEITE BLANCA INSCRIBIENDO EN ELLOS, CON LETRAS ROJAS, LOS MISMOS DATOS QUE EL DE LAS ESTACAS Y MOJONERAS.

REGISTROS DE CAMPO

TODOS LOS DATOS OBSERVADOS Y MEDIDOS PARA REALIZAR EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEBERÁN REGISTRARSE, DE PREFERENCIA, EN LIBRETAS DE TRÁNSITO EDITADAS EXPROFESO.

SE ANEXAN MODELOS DE REGISTRO, QUE PUEDEN SER MEJORADOS O AMPLIADOS SEGÚN EL EQUIPO UTILIZADO O LAS CONDICIONES ESPECIALES DEL LEVANTAMIENTO.

LOS REGISTROS CONTENDRÁN TODOS LOS DATOS NECESARIOS, CLAROS Y PRECISOS, PARA QUE SE ELABOREN LOS PLANOS DE PERFIL Y PLANTA, TAL Y COMO SE INDICA EN EL CAPÍTULO CORRESPONDIENTE. LAS HOJAS DEBERÁN ESTAR NUMERADAS.

EN LA PORTADA SE ANOTARÁ EL NÚMERO DE LA LIBRETA Y EL NOMBRE DE LA LÍNEA TRAZADA. EN LA PRIMERA HOJA ADEMÁS DE LO ANTERIOR, LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS LÍNEAS, EL NOMBRE COMPLETO DEL TOPÓGRAFO, EL APARATO UTILIZADO, SU MARCA, TIPO Y PRECISIÓN TEÓRICA.

LAS FECHAS SE ANOTARÁN, INVARIABLEMENTE AL INICIO DE CADA UNA DE LAS HOJAS UTILIZADAS EN UN DÍA DE TRABAJO.

ESTOS REGISTROS NORMALMENTE SE ENTREGARÁN CONJUNTAMENTE CON LOS PLANOS DE PERFIL Y PLANTA. YA QUE ELLOS SERÁN EL APOYO NUMÉRICO DE LA REVISIÓN QUE DEBERÁ EFECTUARSE A DICHOS PLANOS.

LOS DATOS DE APOYO PLANIMÉTRICO Y ALTIMÉTRICO, TALES COMO LA ORIENTACIÓN ASTRONÓMICA Y LA NIVELACIÓN PARA DAR COTA RELACIONADA A LA RED DEL INEGI, TAMBIÉN SERÁN ENTREGADOS CON LOS PLANOS.

PLANOS

EL PLANO GENERAL DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN SE ELABORA SOBRE UN MOSAICO DE CARTAS TOPOGRÁFICAS EN COLOR, A ESCALA 1:50,000. EDITADAS POR EL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI). LAS DIMENSIONES DE TAL MOSAICO SE PROCURAN QUE SEAN DE 28 O 56 CM A LO ANCHO; EL LARGO SEGÚN SEA EL DESARROLLO DE LA LÍNEA. SE INCLUIRÁ UN ESQUEMA DE LAS HOJAS Y SU CLASIFICACIÓN DEL INEGI, UTILIZADOS PARA FORMAR EL CITADO MOSAICO.

EN LÍNEAS MUY LARGAS O CON DIRECCIONES MUY VARIABLES, ES CONVENIENTE FORMAR EL PLANO EN DOS O TRES HOJAS.

AL PLANO YA FORMADO, SE ADICIONARÁN, ENTRE OTROS, LOS SIGUIENTES DATOS:

- TRAYECTORIA DE LA LÍNEA POR TRAZAR.
- COORDENADAS GEOGRÁFICAS.
- LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y SUS DESTINOS, EN CASO DE QUE NO APAREZCAN EN EL PLANO.

PARA TAL FIN, SE NORMALIZARÁ LA SIMBOLOGÍA PARA INDICAR SUS DIFERENTES TENSIONES COMO SIGUE:

L.T. 400 KV AZUL
L.T. 230 KV AMARILLO
L.T. 161 KV
L.T. 150 KV NARANJA
L.T. 115 KV ROJO
L.T. 69 KV ROJO

- SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE 115 Y MAYORES Y SU NOMBRE.
- DESTINO DE CARRETERAS Y VÍAS DE FERROCARRIL QUE SE CORTEN POR LOS MÁRGENES DEL PLANO.

- MÁRGENES. CUADRO DE REFERENCIAS. ESCALA GRÁFICA Y NORTE ASTRONÓMICO.
- CUADRO DE DATOS FINALES DEL TRAZO (AL TERMINAR EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO).

PLANTA DEL TRAZO

LA PLANTA GENERAL O DE CONJUNTO DEL PERFIL TOPOGRÁFICO LEVANTADO. SE DIBUJARÁ CON EXACTITUD. EN EL PLANO GENERAL. MISMO SOBRE EL QUE SE MARCA LA TRAYECTORIA PRELIMINAR DE LA LÍNEA.

LA POLIGONAL QUE REPRESENTA LA PLANTA GENERAL DE LA LÍNEA SERÁ RELACIONADA CON LAS SUBESTACIONES DE LOS EXTREMOS Y CON TODOS LOS ACCIDENTES NATURALES U OBRAS DE INFRAESTRUCTURA EXISTENTES. ADICIONANDO TODAS AQUELLAS QUE NO HAYAN ESTADO MARCADAS EN EL PLANO

LOS PUNTOS DE INFLEXIÓN DE LA POLIGONAL SE LES DOMINARÁ CON EL NÚMERO PROGRESIVO CORRESPONDIENTE. INCLUYENDO LOS DATOS PRINCIPALES DE ESOS PUNTOS. RESUMIDOS EN UN CUADRO DE DATOS TAL COMO SE INDICA EN EL EJEMPLO SIGUIENTE:

PLANOS DE PERFIL Y PLANTA

LOS PLANOS DE PERFIL Y PLANTA SERÁN ELABORADOS EN FORMATOS DE PELÍCULA POLIESTER INDEFORMABLE CON CUADRÍCULA MILIMÉTRICA. DEBIENDO DIBUJARSE MEDIANTE COMPUTADORA O EN TINTA CHINA Y CON TODA LA INFORMACIÓN QUE EN ÉL SE INDICA. EMPLEANDO LAS SIGUIENTES ESCALAS:

	HORIZ	VERT
TERRENO PLANO. LOMERÍO. MONTAÑA SUAVE.	1:2000	1:200
EN TERRENO MUY ACCIDENTADO	1:2000	1:500

EL RUMBO ASTRONÓMICO DE CADA TANGENTE DEBERÁ APARECER EN CADA UNA DE LAS HOJAS.

AL DIBUJAR EL PERFIL. TENER EN CUENTA LA PROYECCION DE ESTRUCTURAS. POSTES O TORRES. INCLUYENDO EL CONDUCTOR MÁS BAJO QUE LAS UNE: POR LO TANTO. EL ESPACIO LIBRE QUE DEBERÁ HABER ENTRE EL PUNTO MÁS PROMINENTE DEL PERFIL Y LA PARTE INFERIOR DE LA PLANTA. SERÁ COMO MÍNIMO DE 40M SEGÚN LA ESCALA VERTICAL QUE SE UTILICE.

PARA COMPLEMENTAR LA INFORMACIÓN GRÁFICA ES CONVENIENTE INCLUIR EN UNA HOJA INDEPENDIENTE, EL DIBUJO EN PLANTA A UNA ESCALA OBJETIVA. TAMBIÉN SE DEBEN INDICAR LOS DETALLES DE CÓMO SE LLEGA Y SALE A LAS SUBESTACIONES CON LAS SIGUIENTES INDICACIONES:

- LINDEROS DEL PREDIO DE LAS SUBESTACIONES Y CERCAS ALEDAÑAS
- ESTRUCTURAS PRINCIPALES DE LAS SUBESTACIONES DENTRO DE LAS CUALES SE ENCUENTRE EL MARCO DE SALIDA O LLEGADA DE LA LÍNEA EN PROCESO DE TRAZO.
- POSTES. ESTRUCTURAS O TORRES DE REMATE DE LAS LÍNEAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA QUE SALGAN O LLEGUEN A LAS SUBESTACIONES.
- CARRETERAS. CAMINOS. VÍAS DE FERROCARRIL Y DUCTOS ADJUNTOS A LA SUBESTACIONES. CON SUS RESPECTIVOS DESTINOS.

MODIFICACIONES A LA TRAYECTORIA

EN CASO QUE DURANTE EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO SE PRESENTE ALGÚN PROBLEMA NO PREVISTO EN EL ESTUDIO O QUE HAYA SURGIDO DESPUÉS DE ÉSTE. Y QUE OBLIGUE A UN CAMBIO SUSTANCIAL DE LA TRAYECTORIA. SERÁ NECESARIO QUE EL RESPONSABLE DEL TRAZO LEVANTE EL OBSTÁCULO Y/O INFORME DEL PROBLEMA PRESENTANDO ALTERNATIVAS PARA QUE SEAN ANALIZADA Y EVALUADAS POR EL DEPARTAMENTO DE SELECCIÓN DE SITIOS. EL QUE DECIDIRÁ FINALMENTE. LA MODIFICACIÓN QUE HABRÁ DE EJECUTARSE.

CIMENTACIONES

PARA QUE CUALQUIER ESTRUCTURA SEA SEGURA Y TRABAJE CORRECTAMENTE, DEBE CONTAR CON UNA CIMENTACIÓN ADECUADA.

LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CIMENTACIÓN ES MUCHAS VECES EL TRABAJO MÁS DIFÍCIL DE TODOS LOS QUE SE REALIZAN EN UNA OBRA.

LOS ELEMENTOS MECANICOS QUE TRANSMITEN AL TERRENO LAS ESTRUCTURAS:

DEBEN RESISTIR LOS PESOS, LA ACCIÓN DEL VIENTO SOBRE LOS CABLES Y LA ESTRUCTURA, ASÍ COMO ALGUNAS OTRAS ACCIONES POSIBLES COMO ROTURA DE CABLES O HIELO.

SE DEBE IDENTIFICAR LA MAGNITUD Y FORMA EN QUE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS SON TRANSMITIDOS POR LA ESTRUCTURAS AL SUELO DE LA CIMENTACIÓN.

LAS TORRES TRANSMITEN LAS CARGAS A LA CIMENTACIÓN MEDIANTE 4 PATAS, DOS DE ELLAS TRABAJAN A COMPRESIÓN Y LAS OTRAS DOS LO HACEN A TENSIÓN, FUERZAS HORIZONTALES, TRANSVERSALES Y/O LONGITUDINALES; LAS TORRES CON RETENIDAS TIENEN UN APOYO CENTRAL QUE TRABAJA A COMPRESIÓN, EN TANTO QUE LAS RETENIDAS LO HACEN A TENSIÓN.

EN CIMENTACIONES QUE TRABAJAN A COMPRESIÓN SE REQUIERE EL CONOCIMIENTO DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL TERRENO DONDE SE APOYAN, EN LAS CIMENTACIONES QUE TRABAJAN A TENSIÓN SE REQUIERE CONOCER LA RESISTENCIA AL ARRANCAMIENTO DE LOS RELLENOS.

LOS POSTES TRONCOCÓNICOS SÓLO POSEEN UN APOYO Y POR TANTO LA FORMA DE TRANSMITIR LAS CARGAS AL TERRENO DIFIEREN.

GEOTECNIA

LA GEOTECNIA ES LA RAMA DE INGENIERIA CIVIL QUE INVOLUCRA A LA MECÁNICA DE SUELOS Y LA MECÁNICA DE LAS ROCAS.

DESPUES DE SER IDENTIFICADOS DEBIDAMENTE LA MAGNITUD Y FORMA DE ACTUCION DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS QUE TRANSMITEN LAS DIVERSAS ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN AL TERRENO, ES NECESARIO ESTUDIAR LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y SU RESISTENCIA A LOS EFECTOS A QUE SERA SOMETIDO.

LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LOS SUELOS Y ROCAS ESTÁ ASOCIADA AL CONTENIDO DE AGUA QUE POSEEN EN SU ESTRUCTURA, A MAYOR CANTIDAD DE AGUA MENOR RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE Y MAYOR INESTABILIDAD DE LAS MASAS DE SUELOS; EL AGUA PROVOCA EROSIÓN Y SOCAVACIÓN.

EN LAS ESTRUCTURA DEL SUELO EL AGUA INFLUYE EN LA PRESION DEL PORO Y LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LOS SUELOS Y SE EXPRESA:

$$s = c + \sigma_s \tan \theta$$

DONDE:

S = RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE

C = COHESIÓN DEL SUELO

σ_s = ESFUERZO EFECTIVO NORMAL AL PLANO DE FALLA EN EL

σ_n = ESFUERZO TOTAL NORMAL AL PLANO DE FALLA

θ = ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA DEL SUELO EN GRADOS

LAS PARTES BAJAS O DEPRESIONES GENERALMENE SON ZONAS POTENCIALMENTE INUNDABLES, DE IMPORTANCIA SU IDENTIFICACIÓN PREVIA AL DISEÑO.

LOS CONOCIMIENTOS DE INGENIERÍA SÍSMICA RESULTAN VALIOSOS PAA EL GEOTECNISTA COMPORTAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS Y SU CIMENTACIÓN. LOS PROBLEMAS SÍSMICOS QUE MÁS PUDIERAN AFECTAR A LAS CIMENTACIONES DE ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN ESTÁN ASOCIADOS CON EL AGRIETAMIENTO EN SUELOS Y CON LA LICUACIÓN DE ARENAS FINAS UNIFORMES SATURADAS.

PARA LOGRAR DISEÑOS ADECUADOS DE CIMENTACIONES, TANTO EN FUNCIONALIDAD COMO EN COSTO, ES NECESARIO REALIZAR ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN Y MUESTREO DE LAS DIFERENTES FORMACIONES QUE SE ENCUENTRAN A LO LARGO DE LA TRAYECTORIA ELEGIDA DE LA LÍNEA DE TRANSMIISIÓN.

LA EXPLORACIÓN CONSISTE UNA VISITA PRELIMINAR DE CAMPO EL INGENIERO GEOTECNISTA IDENTIFICA FORMACIONES GEOLÓGICAS Y RASGOS QUE PRESENTAN EN LA SUPERFICIE, UN PROGRAMA DE EXPLORACIÓN Y MUESTREO SUPERFICIAL Y/O PROFUNDO PARA

CONOCER LAS PROPIEDADES DEL SUBSUELO. PENETRACIÓN ESTÁNDAR O DE CONO ELÉCTRICO EN SUELOS BLANDOS Y DE BAJA RESISTENCIA. EL NÚMERO, TIPO Y DISTRIBUCIÓN DE SONDEOS DEPENDE DE LA VARIACIÓN DEL TIPO DE TERRENO, LA EXPERIENCIA Y PERICIA DEL INGENIERO GEOTECNISTA. CON TODA ESTA INFORMACIÓN, CONSTRUYEN LOS PERFILES ESTRATIGRÁFICOS ELIGEN LOS TIPOS DE CIMENTACIÓN.

DETECTAR LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS, POTENCIALIDAD DE INUNDACIÓN DE LAS DIFERENTES ZONAS, LA POTENCIALIDAD DE INUNDACIÓN DE LAS DIFERENTES ZONAS LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN, EL RIESGO DE DESBORDAMIENTOS Y SOCACACIÓN DE RÍOS Y ARROYOS, FACTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS DE LADERAS.

IDENTIFICAR ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS EN INFORMACIÓN Y REGISTRARLAS, EN LOS INFORMES GEOTÉCNICOS.

PRUEBAS DE LABORATORIO

LAS PRUEBAS GRANULOMETRÍA, LÍMITES DE PLASTICIDAD, CONTENIDO NATURAL DE AGUA, PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS Y PESO ESPECÍFICO NATURAL, LAS PRUEBAS MECÁNICAS SON COMPRESIÓN SIMPLE, COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADA NO DRENADA Y DE CONSOLIDACIÓN.

CAPACIDAD DE CARGA Y DEFORMACIONES EN LOS SUELOS

DOS ASPECTOS FUNDAMENTALES EL ANÁLISIS Y DISEÑO, CIMENTACIONES:

A) QUE LA PRESIÓN TRANSMITIDA AL SUELO NO REBASE LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE ÉSTE PARA NO PROVOCAR UNA FALLA CATASTRÓFICA DE LA ESTRUCTURA

B) QUE LA PRESIÓN TRANSMITIDA NO INDUZCA DEFORMACIONES EXCESIVAS AL SUELO QUE SE TRADUZCAN EN UN MAL FUNCIONAMIENTO

LAS FALLAS MÁS FRECUENTES SE ASOCIAN CON EL PRIMER ASPECTO.

NO SE REBASE LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LOS SUELOS, SE EVALÚA CAPACIDAD DE CARGA DEL TERRENO ANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS COMPRESIVAS.

CONSIDERANDO CARGAS PERMANENTES COMO LAS CARGAS DINÁMICAS VARIABLES MÁS DESFAVORABLES.

PARA DISEÑAR PILAS DE CIMENACIÓN, REQUIERE CONOCER TANTO LA CAPACIDAD DE CARGA A COMPRESIÓN DEL SUELO, COMO LA RESISTENCIA DESARROLLA EN LA CARA LATERAL.

EN CIMENTACIONES EN POSTES LOS MOMENTOS TRANSMITIDOS AL SUELO SON MUY GRANDES, LAS ZAPATAS DE CIMENTACIÓN RESULTAN TAMBIÉN MUY GRANDES.

TIPOS DE CIMENTACION, ANALISIS Y DISEÑO

SUPERFICIALES Y PROFUNDAS. ZAPATAS AISLADAS O CORRIDAS, ZAPATAS AISLADAS LIGADAS CON CONTRATRABES, LOSAS, PILAS CORTAS Y PILONES O ZAPATAS ANCLADAS EN ROCA, ASÍ MUERTOS DE ANCLAJE PARA RETENIDAS.

LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES SE DESPLANTAN A UNA PROFUNDIDAD NO MAYOR DE 5 M, HASTA 7 M. EN SUELOS CAPACIDAD DE 3 TON/M.

CIMENTACIONES PROFUNDAS EN ESTRATOS SUPERIORES DEL SUBSUELO NO TIENEN LA SUFICIENTE RESISENCIA AL CORTE, SON MUY COMPRESIBLES O SON SUSCEPTIBLES A LA LICUACIÓN ANTE CARGAS DINÁMICAS.

CIMENTACIONES SUPERFICIALES

PUEDEN SER DE CONCRETO O DE ACERO.

DEBIDO A PROBLEMAS DE CORROSIÓN EL CONCRETO REFORZADO EN SUELOS SUMAMENTE AGRESIVOS SE PUEDE MEJORAR CON CEMENTO TIPO LL O PUZOLÁNICO.

RN NINGUN CASO ESTAS ESTRUCTURAS SE DESPLANTARÁN SOBRE TIERRA VEGETAL, SUELOS O RELLENOS SUELTOS O DESHECHOS.

SE DISEÑANCIMENTACIONES DE ESTE TIPO PARA CUALQUIER CLASE DE TORRESEGÚN:

a) PARA SUELOS CON CAPACIDAD ECARGA NETA ADMISIBLE (0.5, 1.0 Y 2.0 KG/CM²)

b) PARA CADA NIVEL DE TORRE O POSTE SIN EXTENSIONES, SIGUIENTES CASOS:

SUELO SUMERGIDO (NIVEL FREÁTICO SUPERFICIAL).

ESTRUCTURAS SOPORTE DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISION

LAS ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN IGUAL QUE TODAS LAS OBRAS DE INGENIERÍA, SURGEN DE LA NECESIDAD ESPECIFICA POR SATISFACER. LA NECESIDAD DE SOPORTAR ADECUADA Y EFICIENTEMENTE LOS CONDUCTORES PARA TRANSMITIR ENERGÍA ELÉCTRICA.

ESTAS ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN FORMAN PARTE DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y SE PUEDEN DIVIDIR EN DOS TIPOS FUNDAMENTALES QUE SON TORRES Y POSTES.

EXISTE UNA GRAN VARIEDAD DE TIPOS DE TORRES DE TRANSMISIÓN:

TORRES AUTOSOPORTADAS:

- A) DELTA
- B) RECTA
- C) CARA DE GATO

TORRES CON RETENIDAS:

- A) COLUMNAS EN "V"
- B) COLUMNAS EN PORTAL

LAS TORRES AUTOSOPORTADAS SON CONSTITUIDAS POR LAS SIGUIENTES PARTES:

- A) CIMENTACIÓN METÁLICA, DE CONCRETO O COMBINADA
- B) EXTENSIONES "PATAS"
- C) CERRAMIENTO
- D) CUERPO PIRAMIDAL
- E) HORQUILLAS "BRAZOS", PARA TORRES TIPO DELTA
- F) CUERPO RECTO PARA TORRES CON CIRCUITOS DE DISPOSICIÓN VERTICAL

- G) TRABE, PARA TORRES TIPO DELTA
- H) CRUCETAS PARA CONDUCTORES E HILOS DE GUARDA
- I) AISLADORES Y HERRAJES

LAS TORRES CON RETENIDAS CUENTAN CON LAS SIGUIENTES PARTES PRINCIPALES:

- A) CIMENTACIONES DE CONCRETO
- B) COLUMNAS
- C) TRABE
- D) CRUCETAS PARA CONDUCTORES E HILO DE GUARDA
- E) CABLES PARA RETENIDAS

ESTAS PARTES FORMAN UN CONJUNTO CUYO COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEPENDE DEL COMPORTAMIENTO DE CADA UNA DE ELLAS, EL OBJETO DEL DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS ES QUE FORMEN PARTE DE... SISTEMAS CONSTRUIDOS A UN COSTO RAZONABLE Y ALTAMENTE CONFIABLE, EN DONDE UN DISEÑO ÓPTIMO QUE IMPLICA:

- A) ESTABLECER LOS REQUISITOS DE SEGURIDAD Y SERVICIO
- B) EVALUAR SOLICITACIONES
- C) EFECTUAR UN ANÁLISIS ESTRUCTURAL.
- D) DIMENSIONAR LOS ELEMENTOS DE LA TORRES EVALUANDO SU RESISTENCIA
- E) ELABORAR LOS PLANOS

LOS PASOS ANTERIORES SE RIGEN POR UNA SERIE DE CONSIDERACIONES, QUE DEPENDEN DEL MÉTODO DE DISEÑO.

PARA LAS TORRES SE SIGUE EL MÉTODO DE LOS ESTADOS LÍMITE. QUE ES LA ETAPA DEL COMPORTAMIENTO DE UNA ESTRUCTURA A PARTIR DE LA CUAL, ESTA O ALGUNA DE SUS PARTES DEJA DE CUMPLIR CON LA FUNCIÓN PARA LA CUAL FUE PROYECTADA.

ESTA DEFINICIÓN PRESENTA EN OCASIONES GRANDES DIFICULTADES, YA QUE EXISTEN DEFORMACIONES PERMANENTES O TRANSITORIAS DURANTE LA APLICACIÓN DE UNA CARGA, CUYO IMPACTO EN EL COMPORTAMIENTO ELÉCTRICO DE UNA TORRES O SU CONTRIBUCIÓN AL COLAPSO DE LA MISMA NO SON FÁCILES DE DETERMINAR.

EVALUACIÓN DE SOLICITACIONES

SOLICITACIÓN ES TODO AGENTE QUE PUEDE LLEVAR A LA TORRE A UN ESTADO LÍMITE, PARA CADA SOLICITACIÓN SE ESTABLECE UN VALOR NOMINAL QUE ES VALOR CONSERVADOR DE SU INTENSIDAD MÁS DESFAVORABLE.

DEBIDO A LA INCERTIDUMBRE EN LA ESTIMACIÓN DE LAS SOLICITACIONES, SU VALOR NOMINAL SE ESTABLECE CON PROBABILIDADES Y SE DEFINE COMO LA INTENSIDAD DE LA SOLICITACIÓN TAL, QUE LA PROBABILIDAD DE QUE OCURRA UNA INTENSIDAD MAYOR EN UN PERÍODO DETERMINADO SEA PEQUEÑA.

PARA TOMAR EN CUENTA LA INCERTIDUMBRE CON QUE SE DETERMINAN LOS VALORES DE LAS FUERZAS QUE INTERVIENEN EN LAS COMBINACIONES, ESTAS ÚLTIMAS SE MULTIPLICAN POR FACTORES MAYORES QUE UNO, DENOMINADOS DE CARGA, CUYOS VALORES AUMENTAN CONFORME LA COMBINACIÓN CORRESPONDIENTE CONTIENE FUERZAS MÁS INCIERTAS.

PARA LA EVALUACIÓN DE LAS SOLICITACIONES SE REQUIERE LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

- A) TIPO Y NÚMERO DE CADENAS DE AISLADORES
- B) DISPOSICIÓN VERTICAL O EN "V"
- C) NÚMERO DE AISLADORES, CON EL FIN DE CALCULAR LA MASA DE LOS MISMOS.
- D) LONGITUD DE LAS CADENAS, CON LA FINALIDAD DE CALCULAR EL ÁREA EXPUESTA AL VIENTO.

E) SILUETA DE LAS ESTRUCTURAS, EN LA CUAL SE INDIQUEN LAS LIMITANTES DIELECTRICAS.

PROPORCIONADA POR LOS DISÑADORES DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.

A) TIPOS DE TORRES

- SUSPENSIÓN
- DEFLEXIÓN
- REMATE
- TRANSPOSICIÓN

B) USO DE LAS TORRES

- GRADOS DE DEFLEXIÓN
- CLARO MEDIO HORIZONTAL
- CLARO VERTICAL

C) TIPO DE CONDUCTOR

D) TIPO DE HILO DE GUARDA

E) TENSION DE LOS CABLES (CONDUCTORES Y DE GUARDA)

F) SI SE DEBEN DISEÑAR PARA UNA ZONA CON HIELO.

PROPORCIONADA POR LAS AREAS DE SELECCIÓN DE SITIOS:

FUERZAS VERTICALES: A, A* Y B

VARIABLES A CONSIDERAR (A)

A) WC = MASA UNITARIA DE CABLES CONDUCTORES (KG./M).

B) WH = MASA UNITARIA DE HILO DE GUARDA (KG./M).

C) WCAD = MASA DE AISLADORES Y HERRAJES (KG.)

D) WA = ACCESORIOS, CADENAS ADICIONALES (KG.)

E) CARGA VIVA EN PUNTAS DE CRUCETAS POR MONTAJE; PARA TORRES DE 400 Y 230 KV EN CRUCETA DE CONDUCTOR 7 KN; EN TORRES DE 115 KV EN CRUCETA

DE CONDUCTOR 5 KN Y PARA TODAS LAS TORRES EN CRUCETA DE HILO DE GUARDA 3 KN.

- F) CV = CLARO VERTICAL (M), ES EL VANO DE PESO Y SE CONSIDERA ENTRE LOS PUNTOS MÁS BAJOS DE LAS CATENARIAS ENTRE TORRES ADYACENTES.

VARIABLES A CONSIDERAR (A*)

- A) MASA DE HIELO SOBRE CONDUCTORES E HILOS DE GUARDA, SE CONSIDERA UNA CAPA DE 5 MM DE ESPESOR SOBRE ÉSTOS (KG./ML).

VARIABLES A CONSIDERAR (B)

- A) MASA PROPIA DE LA ESTRUCTURA (KG.).

FUERZAS TRANSVERSALES C, C* Y D:

LA GRAN COMPLEJIDAD Y MAGNITUD DE LOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS Y SUS EFECTOS COMO ES EL VIENTO, CON CARACTERÍSTICAS NO PREVISIBLES RESPECTO A SU VELOCIDAD, DIRECCIÓN Y FRECUENCIA, GENERAN GRANDES ESFUERZOS EN LA ESTRUCTURA Y A SU VEZ, ÉSTA LOS TRANSMITE A LAS CIMENTACIONES.

LA MAGNITUD SE ESTIMA ACTUALMENTE CON MAYOR PRECISIÓN, CON ESTUDIOS MÁS ACUCIOSOS BASADOS EN VALORES ESTADÍSTICOS.

CON EL RESULTADO DE ESTOS ESTUDIOS SE HAN AFINADO LOS PLANOS DE ISOTACAS, PROPORCIONANDO VALORES DE VELOCIDAD REGIONAL DE VIENTO, QUE PERMITEN EVALUAR EN FORMA MÁS PRECISA LAS SOLICITACIONES.

ESTOS PLANOS SE DESARROLLAN PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO.

DEFINIDA LA TRAYECTORIA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN, SE UBICA DENTRO DEL PLANO DE ISOTACAS, CON EL FIN DE

DETERMINAR LA VELOCIDAD REGIONAL MÁXIMA QUE ACTUARÁ EN LA LÍNEA.

AL CONOCER LA VELOCIDAD MÁXIMA DEL VIENTO, SE CALCULA LA PRESIÓN QUE POR VIENTO INCIDIRÁ SOBRE CABLES CONDUCTORES Y DE GUARDA Y ESTRUCTURA.

VARIABLES A CONSIDERAR (C)

- A) ϕC = DIÁMETRO DE CONDUCTOR (M)
- B) ϕH = DIÁMETRO DE HILO DE GUARDA (M)
- C) ϕCAD = DIÁMETRO DE CADENA DE AISLADORES (M)
- D) $LCAD$ = LONGITUD DE CADENA DE AISLADORES (M)
- E) CME = CLARO MEDIO HORIZONTAL (M), ES EL VANO DE VIENTO Y SE CONSIDERA COMO LA SEMISUMA DE LA DISTANCIA ENTRE TORRES ADYACENTES
- F) FR = FACTOR DE CLARO, SI EL CMH ES IGUAL O MAYOR DE 500 M SE CONSIDERA UN VALOR DE 0.6; SI EL CMH ES IGUAL O MENOR DE 100 M SE CONSIDERA UN VALOR DE 0.8; PARA CMH INTERMEDIOS DE CALCULA SU VALOR POR INTERPOLACIÓN LINEAL.
- G) PVC = PRESIÓN DE VIENTO EN CABLES (PA).

VARIABLES A CONSIDERAR (C*)

- A) ϕC = DIÁMETRO DE CONDUCTOR, CON 5 MM ADICIONALES DE RADIO POR LA CAPA DE HIELO (M)
- B) ϕH = DIÁMETRO DE HILO DE GUARDA, CON 5 MM ADICIONALES DE RADIO POR LA CAPA DE HIELO (M).
- C) PVC O PRESIÓN DE VIENTO REDUCIDA EN CABLES (PA).
- D) PVE = PRESIÓN DE VIENTO REDUCIDA EN ESTRUCTURA (PA).

VARIABLES A CONSIDERAR (D)

- A) PVE = PRESIÓN DE VIENTO EN ESTRUCTURA (PA)

B) $D = \text{ÁREA EXPUESTA AL VIENTO DE LA ESTRUCTURA (M}^2\text{)}$

FUERZA LONGITUDINAL F.

- A) PARA TORRES DE SUSPENSIÓN Y DEFLEXIÓN ES AL FUERZA LONGITUDINAL NO CONTRARRESTADA DEBIDA A LA ROTURA DE CABLE CONDUCTOR O DE HILO DE GUARDA (KN).
- B) PARA TORRES DE REMATE SON LAS FUERZAS LONGITUDINALES NO CONTRARRESTADAS DE TODOS LOS CONDUCTORES E HILOS DE GUARDA (KN).
- C) PARA TODOS LOS TIPOS DE TORRES SE CONSIDERA LA FUERZA LONGITUDINAL POR MANIOBRA DE MONTAJE DE CONDUCTOR O HILO DE GUARDA (KN).

COMPONENTE TRANSVERSAL H NO CONTRARRESTADA, PRODUCIDA POR LA TENSIÓN DE LOS CABLES CONDUCTORES Y DE GUARDA.

VARIABLES A CONSIDERAR:

- A) $TC = \text{TENSIÓN DE CONDUCTORES (KN)}$
- B) $TH = \text{TENSIÓN DE HILOS DE GUARDA (KN)}$
- C) $\alpha = \frac{1}{2} \text{ DE LA DEFLEXIÓN DE LA LÍNEA (GRADOS)}$

COMBINACIONES

PARA EL DISEÑO SE CONSIDERA EL EFECTO COMBINADO DE SOLICITACIONES QUE TIENEN LA PROBABILIDAD DE OCURRIR SIMULTÁNEAMENTE.

EJEMPLO:

- A) CONDICIONES NORMALES EN LAS CUALES SE COMBINA EL VIENTO MEDIO, MÁXIMO Y REDUCIDO, SEGÚN EL CASO, CON LA MASA DE CABLES, AISLADORES, HERRAJES, HIELO, ETC.

- VIENTO MEDIO SE REFIERE AL PERÍODO DE RETORNO DE 10 AÑOS
 - VIENTO MÁXIMO SE REFIERE AL PERÍODO DE RETORNO DE 50 AÑOS
 - VIENTO REDUCIDO SE CONSIDERA LA MITAD DEL VIENTO MEDIO.
- B) CONDICIONES ACCIDENTALES POR ROTURA DE CABLES, SON Y SIN HIELO, EN LAS CUALES SE COMBINAN CON VELOCIDAD DE VIENTO REDUCIDO Y MEDIO RESPECTIVAMENTE Y MASA DE CABLES, AISLADORES, HERRAJES, HIELO, ETC.
- C) CONDICIONES DE MANIOBRA POR TENDIDO DE CABLES, EN LAS CUALES SE COMBINA CON VIENTO REDUCIDO, MASA DE CABLES, AISLADORES Y HERRAJES, ETC., Y CARGA VIVA.

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TORRES

DISEÑO PRELIMINAR

ESTA ACTIVIDAD CONSISTE EN DEFINIR UNA ESTRUCTURA BÁSICA, CON DIMENSIONES GENERALES QUE CUBRAN LAS CONDICIONES ESPECIFICADAS POR EL DEPARTAMENTO ELÉCTRICO COMO SON:

- A) LIMITANTES DIELECTRICAS
- B) DISTANCIA DE CONDUCTOR A PISO, CON ESTE DATO SE DEFINEN LAS DIFERENTES ALTURAS DE CUERPOS Y EXTENSIONES QUE TENDRÁ LA TORRE.
- C) ÁNGULO DE PROTECCIÓN DE BLINDAJE DEL HILO DE GUARDA.

DEFINIR LA ESTRUCTURA PRINCIPAL.

ESTE ES EL PASO MÁS IMPORTANTE DEL DISEÑO, AL DEFINIR EN FORMA ÓPTIMA LAS DIMENSIONES DE LAS DIFERENTES PARTES QUE CONSTITUYEN UNA TORRES COMO LA BASE, CINTURA, PERALTA DE TRABE, ETC., ASÍ COMO LA

ESTRUCTURACIÓN DE ELEMENTOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS, NOS DARÁ COMO RESULTADO UN DISEÑO EFICIENTE Y POR SUPUESTO ECONÓMICO.

POR LO QUE REPRESENTA EN LOS COSTOS, SE DEBE HACER UN ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA TORRE DE MAYOR ALTURA, VARIANDO LAS DIMENSIONES ANTERIORMENTE MENCIONADAS, Y COMPARANDO LAS MASAS DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS, HASTA TENER LA QUE REPRESENTA UNA MASA MENOR.

ELEMENTOS CON ÁREA MÍNIMA.

DEFINIDA YA LA TORRE BÁSICA SE PRESENTAN VISTAS QUE SON DEFORMABLES EN ALGUNA DIRECCIÓN, EN ESTOS CASOS ES NECESARIO INCLUIR ELEMENTOS, PARA RIGIDIZAR EL SISTEMA.

A DICHOS ELEMENTOS SE LES ASIGNA UN ÁREA MÍNIMA, CON EL FIN DE QUE NO TOMAN ESFUERZO Y QUE ÉSTE, ES DECIR EL ESFUERZO, SE DISTRIBUYA EN LOS ELEMENTOS BÁSICOS.

DETERMINACIÓN DE LAS FUERZAS HORIZONTALES POR EFECTO DE LA PRESIÓN DE VIENTO SOBRE LA ESTRUCTURA.

CUANDO SE TIENE LA TORRE BÁSICA, SE ESTIMAN LOS REDUNDANTES (ELEMENTOS SIN ESFUERZOS QUE SE UTILIZAN PARA REDUCIR LA LONGITUD LIBRE DE PANDEO), CON SE TIENE DEFINIDA LA ESTRUCTURA.

A CONTINUACIÓN SE LIMITAN LAS ÁREAS TRIBUTARIAS Y SE PROCEDE A CALCULAR LAS ÁREAS QUE LOS ELEMENTOS EXPONEN AL VIENTO, PARA FINALMENTE MULTIPLICARLAS POR LA PRESIÓN DE VIENTO CALCULADA PARA LA ESTRUCTURA.

ESTAS FUERZAS CALCULADAS SE DIVIDEN ENTRE EL NÚMERO DE NODOS QUE SE HAN SELECCIONADO DENTRO DEL ÁREA TRIBUTARIA.

CÁLCULO DE COORDENADAS

LAS COORDENADAS SE CALCULAN EN TRES DIMENSIONES X, Y Y Z; ES CONVENIENTE QUE EL ORIGEN SE FIJE EN EL CENTRO DE LA TORRE, CON EL FIN DE FACILITAR EL CÁLCULO Y LA CAPTURA EN LA COMPUTADORA.

DETERMINACIÓN DE LOS NODOS

EN DONDE CONCURREN DOS O MÁS ELEMENTOS SE FORMA UN NODO. CUANDO LA ESTRUCTURA ESTA SUJETA A CARGAS CADA NODO SUFRIRÁ DESPLAZAMIENTOS.

DETERMINACIÓN DE INCIDENCIAS

TODOS LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA DEBEN SER NUMERADOS Y SU POSICIÓN E IDENTIFICACIÓN LA DARÁN LOS NODOS EXTREMOS.

CAPTURA DE LA INFORMACIÓN EN AL COMPUTADORA

CADA PROGRAMA DE ANÁLISIS TIENE SU PROPIO FORMATO DE ENTRADA DE DATOS. SIN EMBARGO PODEMOS GENERALIZAR EN QUE TIPO DE INFORMACIÓN ES REQUERIDA PARA REALIZAR EL ANÁLISIS.

- A) DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO
- B) COORDENADAS DE LOS NODOS
- C) INCIDENCIAS DE LOS ELEMENTOS
- D) ÁREA ASIGNADA A CADA UNO DE LOS ELEMENTOS
- E) GRADOS DE LIBERTAD DE LOS NODOS
- F) COMBINACIONES DE FUERZAS
- G) GRUPOS DE ELEMENTOS CONSIDERADOS COMUNES

ANÁLISIS

LAS FUERZAS INTERNAS Y LAS DEFORMACIONES PRODUCIDAS POR LAS SOLICITACIONES EN TORRES, QUE PRESENTAN UN ALTO GRADO DE HIPERESTATICIDAD, SE DETERMINAN MEDIANTE UN ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN EL ESPACIO, UTILIZANDO PARA ELLO LAS HERRAMIENTAS DE CÓMPUTO MÁS MODERNAS.

PARA EL ANÁLISIS SE UTILIZAN LOS MÉTODOS DENOMINADOS EXACTOS, QUE SATISFACEN TODAS LAS CONDICIONES DE EQUILIBRIO DE FUERZAS Y DE COMPATIBILIDAD DE DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES.

EL TIPO DE ANÁLISIS QUE GENERALMENTE SE USA PARA ESTRUCTURAS DE CELOSÍA AUTOSOPORTADAS EN EL ANÁLISIS ELÁSTICO LINEAL DE PRIMER ORDEN. CON ESTE MÉTODO SE CONSIDERA LOS ELEMENTOS COMO LINEALMENTE ELÁSTICOS, CON CAPACIDAD DE TOMAR ÚNICAMENTE FUERZAS AXIALES DE TENSIÓN ASÍ COMO DE COMPRESIÓN Y ASUME QUE LA CONFIGURACIÓN DE LA ESTRUCTURA CARGADA ES IDÉNTICA A LA CONFIGURACIÓN DE LA ESTRUCTURA NO CARGADA, ES DECIR LOS EFECTOS SECUNDARIOS O DE SEGUNDO ORDEN SON IGNORADOS.

LAS TORRES AUTOSOPORTADAS SE CONSIDERAN LO SUFICIENTEMENTE RÍGIDAS QUE NO REQUIEREN DE UN ANÁLISIS NO-LINEAL (DE SEGUNDO ORDEN).

EN ESTE TIPO DE ANÁLISIS NO ES NECESARIO QUE LOS ELEMENTOS REDUNDANTES SE INCLUYAN, DEBIDO A QUE NO TOMAN NINGUNA CARGA.

EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AMBIENTAL.

PRINCIPIO BÁSICO DE PROTECCIÓN AMBIENTAL.

LA EVALUACIÓN AMBIENTAL COMO CONDICIÓN PREVIA A LA REALIZACIÓN DE OBRAS O ACTIVIDADES PÚBLICAS O PRIVADAS, QUE PUEDAN CAUSAR DESEQUILIBRIOS ECOLÓGICOS O REBASAR LOS LÍMITES O CONDICIONES SEÑALADAS EN LOS REGLAMENTOS O NORMAS TÉCNICAS, CUALQUIERA QUE SEA LA NATURALEZA DE LA ACTIVIDAD QUE SE DESARROLLE.

ARTÍCULOS MAS REPRESENTATIVOS:

ARTÍCULO 4. LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, PRESERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO SE LLEVAN A CABO DE MANERA CONCURRENTES POR LA FEDERACIÓN, ESTADOS Y MUNICIPIOS.

ARTÍCULO 5 LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES ES DE INTERÉS FEDERAL.

ARTÍCULO 28. TODAS LAS OBRAS O ACTIVIDADES PÚBLICAS O PRIVADAS QUE PUEDAN CAUSAR DESEQUILIBRIOS ECOLÓGICOS O REBASAR LOS LÍMITES ESTABLECIDOS DEBEN SUJETARSE A AUTORIZACIÓN PREVIA DEL GOBIERNO FEDERAL A TRAVÉS DE LA SECRETARÍA.

ARTÍCULO 29. EL IMPACTO AMBIENTAL SERÁ EVALUADO POR EL GOBIERNO FEDERAL POR CONDUCTO DE LA SECRETARÍA, EN PARTICULAR PARA LA OBRA PÚBLICA FEDERAL (FRACCIÓN L) Y PARA LA GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN DE ELECTRICIDAD (FRACCIÓN LLL).

REGLAMENTOS

-REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL. PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 7 DE JUNIO DE 1988.

-REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS. PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 25 DE NOVIEMBRE DE 1988.

-REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA. PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 25 DE NOVIEMBRE DE 1988.

ASIMISMO SON DE OBSERVANCIA Y APLICACIÓN LOS SIGUIENTES REGLAMENTOS:

-REGLAMENTO PARA LA PROTECCIÓN DEL AMBIENTE CONTRA LA CONTAMINACIÓN ORIGINADA POR EMISIÓN DE RUIDO. PUBLICADA EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 6 DE DICIEMBRE DE 1982.

-REGLAMENTO DE LA LEY FORESTAL. PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 21 DE FEBRERO DE 1994.

-REGLAMENTO DE LA LEY DE AGUAS NACIONALES. PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 12 DE ENERO DE 1994.

REGLAMENTOS QUE TIENEN APLICACIÓN EN LAS OBRAS QUE EJECUTA LA COORDINACIÓN DE PROYECTOS DE TRANSMISIÓN Y TRANSFORMACIÓN.

REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AMBIENTAL.

ARTÍCULO 5. OBTENER AUTORIZACIÓN PREVIA EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL PARA CUALQUIER OBRA, EN PARTICULAR LA OBRA PÚBLICA FEDERAL Y LA DE GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN DE ELECTRICIDAD (FRACCIÓN V).

ARTÍCULO 7. SE PRESENTARÁ INFORME PREVENTIVO ANTE SEDESOL CUANDO SE CONSIDERE QUE LA OBRA A REALIZAR NO CAUSARÁ DESEQUILIBRIOS ECOLÓGICOS, NI REBASARÁ LOS LÍMITES O CONDICIONES DE LOS REGLAMENTOS Y NORMAS TÉCNICAS PARA LA PROTECCIÓN DEL AMBIENTE. UNA VEZ ANALIZADO, SEDESAL INFORMARÁ SI LA OBRA QUEDA AUTORIZADA O SI DEBE PRESENTARSE UNA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL ASI COMO LA MODALIDAD.

ARTÍCULO 8. INFORMACIÓN MÍNIMA QUE DEBE CONTENER UN INFORME PREVENTIVO

ARTÍCULO 9. MODALIDADES DE MANIFESTACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL

ARTÍCULO 10. INFORMACIÓN MÍNIMA A PRESENTAR EN UNA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD GENERAL

ARTÍCULO 11. INFORMACIÓN MÍNIMA A PRESENTAR EN UNA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD INTERMEDIA.

ARTÍCULO 12. INFORMACIÓN MÍNIMA A PRESENTAR EN UNA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD ESPECÍFICA.

ARTÍCULO 14. SEDESOL EVALUARÁ LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD GENERAL, ASÍ COMO LA INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA CUANDO SE REQUIERA DENTRO DE LOS TREINTA DÍAS HÁBILES SIGUIENTES A SU PRESENTACIÓN, O LOS SIGUIENTES 45 DÍAS HÁBILES CUANDO SE REQUIERA EL DICTÁMEN TÉCNICO QUE MENCIONA EL ARTÍCULO 19.

ARTÍCULO 15. SEDESOL EVALUARÁ LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD INTERMEDIA Y, EN SU CASO, LA INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA QUE SE REQUIERA, EN 60 DÍAS HÁBILES. PARA LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD ESPECÍFICA EMPLEARÁ 90 DÍAS HÁBILES.

ARTÍCULO 19. SEDESOL PODRÁ SOLICITAR A OTRAS DEPENDENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA FEDERAL LA FORMULACIÓN DE UN DICTÁMEN TÉCNICO PARA PODER EVALUAR LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.

ARTÍCULO 20. YA EVALUADA LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL SEDESAOL PODRÁ: AUTORIZAR LA OBRA EN LOS TÉRMINOS Y CONDICIONES INDICADOS EN EL DOCUMENTO.

. AUTORIZAR LA OBRA MODIFICANDO O RELOCALIZANDO EL PROYECTO.

. NEGAR LA AUTORIZACIÓN.

REGLAMENTO DE LA LEY FORESTAL

ARTÍCULO 19. INFORMACIÓN QUE SE DEBE PRESENTAR PARA EL OTORGAMIENTO EXCEPCIONAL DE AUTORIZACIÓN DE CAMBIO DE USO DE SUELO.

ARTÍCULO 20. INFORMACIÓN QUE SE DEBE INCLUIR EN LOS ESTUDIOS TÉCNICOS JUSTIFICATIVOS PARA LA AUTORIZACIÓN DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO.

ARTÍCULO 21. LA SECRETARÍA DEBETRÁ RESOLVER LAS SOLICITUDES DE AUTORIZACIÓN DE CAMBIO DE USO DEL SUELO, TOMANDO EN CONSIDERACIÓN EN CADA CASO LO ESTABLECIDO EN EL ARTÍCULO 19 DE

LA LEY FORESTAL, LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA, LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS APLICABLES Y LA CONVENIENCIA ECONÓMICA Y SOCIAL DE LA MEDIDA, DENTRO DE LOS 45 DÍAS HÁBILES SIGUIENTES A LA FECHA EN QUE HUBIERE PRESENTADO LA DOCUMENTACIÓN.

ARTÍCULO 22. INFORMACIÓN QUE DEBEN CONTENER LAS AUTORIZACIONES DE CAMBIO DE USO DEL SUELO.

NORMAS OFICIALES MEXICANAS

NOM-041-ECOL-1993 QUE ESTABLECE LOS NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN DE GASES CONTAMINANTES PROVENIENTES DEL ESCAPE DE LOS VEHÍCULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACIÓN QUE USAN GASOLINA COMO COMBUSTIBLE.

NOM-045-ECOL-1993, QUE ESTABLECE LOS NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE OPACIDAD DEL HUMO PROVENIENTE DEL ESCAPE DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACIÓN QUE USAN DIESEL COMO COMBUSTIBLE.

NOM-059-ECOL-1994. QUE DETERMINAN LAS ESPECIES Y SUBESPECIES DE FLORA Y FAUNA SILVESTRES TERRESTRES Y ACUÁTICAS EN PELIGRO DE EXTINCIÓN, AMENAZADAS, RARAS Y LAS SUJETAS A PROTECCIÓN ESPECIAL Y QUE ESTABLECE ESPECIFICACIONES PARA SU PROTECCIÓN.

NOM-080-ECOL-1994, QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN DE RUIDO PROVENIENTE DEL ESCAPE DE VEHICULOS AUTOMOTORES, MOTOCICLETAS Y TRICICLOS MOTORIZADOS EN CIRCULACIÓN Y SU MÉTODO DE MEDICIÓN.

NOM-081-ECOL-1994, QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN DE RUIDO DE FUENTES FIJAS Y SU MÉTODO DE MEDICIÓN

AREAS NATURALES PROTEGIDAS

EL SINAP ES EL ORGANISMO ENCARGADO DE PROTEGER Y DESARROLLAR LAS ZONAS NATURALES QUE SON PATRIMONIO DEL PAÍS, QUE BENEFICIAN LA CALIDAD DE VIDA DE LA POBLACIÓN; LA ADMINISTRACIÓN ES RESPONSABILIDAD DE LA SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA.

EL SISTEMA CUENTA CON NUEVE CATEGORÍAS CUYOS OBJETIVOS DE MANEJO Y TIPO DE USOS PERMITIDOS SON:

A. RESERVAS DE LA BIÓSFERA. SON ZONAS CON UNA EXTENSIÓN SUPERIOR A LAS 10,000 HÉCTÁREAS, QUE CONTIENEN ÁREAS REPRESENTATIVAS BIOGEOGRÁFICAS RELEVANTES, A NIVEL NACIONAL,, DE UNO O MÁS ECOSISTEMAS NO ALTERADOS SIGNIFICATIVAMENTE POR LA ACCIÓN DEL HOMBRE Y AL MENOS, UNA ZONA NO ALTERADA, EN QUE HABITEN ESPECIES CONSIDERADAS ENDÉMICAS, AMENAZADAS O EN PELIGRO DE EXTINCIÓN:

B. RESERVAS ESPECIALES DE LA BIÓSFERA. SON ZONAS REPRESENTATIVAS DE UNO O MÁS ECOSISTEMAS NO ALTERADOS SIGNIFICATIVAMENTE POR LA ACCIÓN DEL HOMBRE, EN QUE HABITEN ESPECIES QUE SE CONSIDEREN ENDÉMICAS, AMENAZADAS O EN PELIGRO DE EXTINCIÓN, SU MENOR SUPERFICIE Y ECOSISTEMAS DA SU DIFERENCIA RESPECTO A LAS RESERVAS DE LA BIÓSFERA.

C. PARQUES NACIONALES. SON ÁREAS DE REPRESENTACIÓN BIOGEOGRÁFICA A NIVEL NACIONAL, DE UNO O MÁS ECOSISTEMAS QUE SE SIGNIFIQUEN POR SU BELLEZA ESCÉNICA, SU VALOR HISTÓRICO. POR LA EXISTENCIA DE FLORA Y FAUNA DE IMPORTANCIA NACIONAL Y POR SU APTITUD PARA EL DESARROLLO DEL TURISMO.

D. MONUMENTO NATURAL. SON ÁREAS QUE CONTENGAN UNO O VARIOS ELEMENTOS NATURALES DE IMPORTANCIA NACIONAL, CONSISTENTES EN LUGARES Y OBJETOS NATURALES.QUE POR SU CARÁCTER ÚNICO O EXCEPCIONAL, INTERÉS ESTÉTICO, VALOR HISTÓRICO O CIENTÍFICO, SE RESUELVE INCORPORAR A UN RÉGIMEN DE PROTECCIÓN ABSOLUTA.

E. PARQUES MARINOS NACIONALES. SON ZONAS MARINAS, PLAYAS Y ÁREAS FEDERALES MARITIMO-TERRESTRES CONTIGUAS, DEDICADAS A LA PRESERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS Y SUS ELEMENTOS. SE DEDICAN A LA INVESTIGACIÓN ECOLÓGICA Y AL USO RACIONAL DE SUS RECURSOS, BAJO NORMAS ESPECÍFICAS DE PROTECCIÓN ECOLÓGICA.

F. AREAS DE PROTECCIÓN DE RECURSOS NATURALES. SON AQUELLAS ZONAS DESTINADAS A LA PRESERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE ZONAS FORESTALES Y A LA CONSERVACIÓN DEL SUELO Y AGUA. SE CONSIDERAN DENTRO DE ESTA CATEGORÍA DE MANEJO LAS SIGUIENTES ÁREAS:

- L. RESERVAS FORESTALES
- LL. RESERVAS FORESTALES NACIONALES
- LLL. ZONAS PROTECTORAS FORESTALES
- LV ZONAS DE RESTAURACIÓN Y PROPAGACIÓN FORESTAL
- V ZONAS DE PROTECCIÓN DE RÍOS, MANANTIALES, DEPÓSITOS Y EN GENERAL, FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA EL SERVICIO DE LAS POBLACIONES.

G. AREAS DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA SILVESTRES Y ACUÁTICAS. SON ZONAS QUE CONTIENEN LOS HABITATS DE CUYO EQUILIBRIO Y PRESERVACIÓN DEPENDEN LA EXISTENCIA, TRANSFORMACIÓN Y DESARROLLO DE LAS ESPECIES DE FLORA Y FAUNA SILVESTRES Y ACUÁTICAS.

H. PARQUES URBANOS. SON AQUELLAS ÁREAS DE USO PÚBLICO. CON ECOSISTEMAS NATURALES, ARTIFICIALES O ELEMENTOS DE LA NATURALEZA DEDICADOS A PROTEGER UN AMBIENTE SANO PARA EL ESPARCIMIENTO DE LA POBLACIÓN Y PROTEGER VALORES ARTÍSTICOS, HISTÓRICOS Y DE BELLEZA NATURAL DE SIGNIFICACIÓN A NIVEL REGIONAL O LOCAL.

L. ZONAS SUJETAS A CONSERVACIÓN ECOLÓGICA. SON AQUELLAS ÁREAS EN LAS QU EXISTE UNO O MÁS ECOSISTEMAS EN BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN, DESTINADAS A PRESERVAR LOS ELEMENTOS NATURALES INDISPENSABLES AL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y BIENESTAR GENERAL.

FUNCIONES DE LAS ENTIDADES QUE NORMAN LA PROTECCION AMBIENTAL.

SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL

CON LA FINALIDAD DE DAR CONGRUENCIA A LA APLICACIÓN DE LA LEY AMBIENTAL, EL 26 DE MAYO DE 1992 SE MODIFICÓ LA LEY ORGÁNICA DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA FEDERAL, FORMALIZANDO LA CREACIÓN DE LA SEDESOL, MODIFICÁNDOSE LOS ORGANISMOS DEL EJECUTIVO FEDERAL ENCARGADOS DE ATENDER LA PROBLEMÁTICA, A ERECTO DE DESCONCENTRAR ADMINISTRATIVAMENTE SUS ATRIBUCIONES, DE TAL FORMA EL REGLAMENTO INTERIOR DE LA SEDESOL PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN DEL 4 DE JUNIO DE 1992, ESTABLECE LA CREACIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y DE LA PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE, COMO ÓRGANOS DESCONCENTRADOS, CON PLENA AUTONOMÍA TÉCNICA Y OPERATIVA.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS

ES LA DEPENDENCIA DEL EJECUTIVO FEDERAL ENCARGADA DE REGULAR EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS FORESTALES DEL PAÍS Y FOMENTAR SU CONSERVACIÓN, PROTECCIÓN Y RESTAURACIÓN.

COMPETENCIA

. REGULAR EL APROVECHAMIENTO RACIONAL DE LOS RECURSOS ATENDIENDO LAS RESTRICCIONES QUE LE SEÑALE EL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA.

. DECRETAR VEDAS FORESTALES, ORGANIZAR Y MANEJAR LA VIGILANCIA FORESTAL.

. ORGANIZAR Y ADMINISTRAR ZONAS FORESTALES, DE RESERVA Y PARQUES NACIONALES, CONSIDERADOS COMO ÁREAS NATURALES PROTEGIDOS.

. APLICAR LAS LEYES EN RELACIÓN CON RESTRICCIONES A LA CIRCULACIÓN O TRÁNSITO POR EL TERRITORIO NACIONAL DE LA FLORA Y FAUNA SILVESTRES PROCEDENTES DEL O DESTINADAS EL EXTRANJERO DE CONFORMIDAD CON LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS QUE EXPIDA EL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA.

ATRIBUCIONES

A CONTINUACIÓN SE SEÑALAN ALGUNAS ATRIBUCIONES DE LA SECRETARÍA EN MATERIA FORESTAL QUE ESTÁN CONTENIDAS EN EL ARTÍCULO 5A. DE LA LEY FORESTAL.

. ORGANIZAR Y MANEJAR EL REGISTRO FORESTAL NACIONAL

. AUTORIZAR EL CAMBIO DE USO DEL SUELO EN TERRENOS FORESTALES.

. FORMULAR Y ORGANIZAR, EN COORDINACIÓN CON LA SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL, UN PROGRAMA PERMANENTE DE FORESTACIÓN Y REFORESTACIÓN PARA EL RESCATE DE ZONAS EROSIONADAS.

. REALIZAR VISITAS DE INSPECCIÓN Y AUDITORÍAS TÉCNICAS EN TERRENOS FORESTALES Y DE APTITUD PREFERENTEMENTE FORESTAL, ASÍ COMO A CENTROS DE ALMACENAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN DE MATERIAS PRIMAS FORESTALES.

. SANCIONAR LAS INFRACCIONES QUE SE COMETAN EN MATERIA FORESTAL Y DENUNCIAR LOS DELITOS EN DICHA MATERIA A LAS AUTORIDADES COMPETENTES.

SUBSECRETARIA FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE DE LA S.A.R.H.

COMPETE A ESTA SUBSECRETARÍA A TRAVÉS DE LAS DELEGACIONES ESTATALES, OTORGAR LAS AUTORIZACIONES DE CAMBIO DE USO DE SUELO POR LA APERTURA DE BRECHAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN, LO ANTERIOR SE SUSTENTA EN EL ARTÍCULO 10. FRACCIÓN II DEL ACUERDO DELEGATORIO PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 4 DE NOVIEMBRE DE 1988.

ES MENESTER MENCIONAR QUE LA REALIZACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS QUE CONLLEVEN AL DERRIBO DE ARBOLADO, TAL COMO LA APERTURA DE LA BRECHA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN, IMPLICA UN CAMBIO DE USO DEL SUELO, PUESTO QUE NO SE VOLVERÁ A ARBOLAR, EN ESTE CONTEXTO Y AL NO PREVERSE EN LA LEY FORESTAL NI EN SU REGLAMENTO EL CASO ESPECÍFICO, ES DE APLICACIÓN AL ARTÍCULO 19 DE DICHA LEY.

ARTÍCULO 19. LEY FORESTAL, D.D.F. 22-DIC-1992.

LA SECRETARÍA SÓLO PODRÁ AUTORIZAR, POR EXCEPCIÓN Y CON BASES EN ESTUDIOS TÉCNICOS JUSTIFICATIVOS Y EN SU CASO, PREVIA OPINIÓN DEL CONSEJO REGIONAL DE QUE SE TRATE, EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES, ATENDIENDO LAS NÓRMAS OFICIALES MEXICANAS QUE EN MATERIA DE PROTECCIÓN ECOLÓGICA EMITA LA SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL, SIEMPRE QUE EL NUEVO USO NO COMPROMETA LA BIODIVERSIDAD Y CONTRIBUYE A EVITAR LA EROSIÓN DE SUELOS, EL DETERIORO DE LA CALIDAD DEL AGUA Y LA DISMINUCIÓN EN SU CAPTACIÓN.

GOBIERNO DE LOS ESTADOS Y MUNICIPIOS

CORRESPONDE A DICHOS GOBIERNOS EN LOS TÉRMINOS DE SUS RESPECTIVAS LEYES Y EN LOS PLANES DE USOS Y RESERVAS TERRITORIALES, EL OTORGAR LAS AUTORIZACIONES PARA EL DERRIBO DE ARBOLADA, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y PERMISOS DE CONSTRUCCIÓN DENTRO DE SU FONDO LEGAL.

ACTIVIDADES Y PROCEDIMIENTOS EN TENDIDO DE LÍNEAS

PLANEAR, PROGRAMAR Y COORDINAR LAS DIVERSAS ACTIVIDADES RELATIVAS A LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.

RECOPLILAR LA INFORMACIÓN QUE EN MATERIA AMBIENTAL SE ESTE GENERANDO Y EN COORDINACIÓN CON OTRAS DISCIPLINAS SELECCIONAR LA QUE SEA APLICABLE PARA SU INCORPORACIÓN EN LA

SELECCIÓN DE TRAYECTORIAS, LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.

- PROMOVER Y DESARROLLAR LA CAPACITACIÓN DEL PERSONAL ENCARGADO DE LA PROTECCIÓN AMBIENTAL EN LAS RESIDENCIAS GENERALES DE CONSTRUCCIÓN DE L.T. Y SE.

. RETROALIMENTAR A LAS RESIDENCIAS GENERALES DE CONSTRUCCIÓN CO LA INFORMACIÓN EN MATERIA AMBIENTAL MÁS ACTUALIZADA PARA QUE SEA CONSIDERADA EN LOS ESTUDIOS QUE SE ESTÉN REALIZANDO.

. ASESORAR A LAS RESIDENCIAS GENERALES DE CONSTRUCCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL.

. ELABORAR NORMAS, CRITERIOS Y ESPECIFICACIONES PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL.

. REVISAR QUE LOS ESTUDIOS EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL, CUMPLAN CON LA INFORMACIÓN REQUERIDA DE ACUERDO A LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL VIGENTE Y A LAS NUEVAS DISPOSICIONES PARA SU ELABORACIÓN Y TRAMITAR SU ENTREGA ANTE EL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA PARA SU REVISIÓN.

. EFECTUAR ANTE EL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA LAS GESTIONES NECESARIAS PARA LA OBTENCIÓN DE LA AUTORIZACIÓN EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL.

. COORDINAR, SUPERVISAR Y VIGILAR QUE LOS CONTRATISTAS DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN CUMPLAN CON LAS LEYES, REGLAMENTOS Y DISPOSICIONES PARTICULARES DE LAS ENTIDADES QUE NORMAN LA PROTECCIÓN AMBIENTAL.

PROCEDIMIENTOS

PARA OBTENER LA AUTORIZACIÓN PREVIA EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL, PARA REALIZAR UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN, LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD ACATA LAS INDICACIONES PREVISTAS EN LOS ARTÍCULO 60, 70, 80 Y 90. DEL REGLAMENTO DE LA LEY, SIGUIENDO UNA PROCEDIMIENTO EN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROYECTO, LAS CUALES SON:

- A) PROGRAMACIÓN
- B) INGENIERÍA BÁSICA Y SELECCIÓN DE TRAYECTORIA
- C) TOPOGRAFÍA
- D) DISEÑO
- E) CONSTRUCCIÓN

F) OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

A) EN LA ETAPA DE PROGRAMACIÓN SE LLEVA A CABO UN ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD DE LA RED ELÉCTRICA, CONSIDERANDO LAS RESTRICCIONES ECOLÓGICAS Y LA PROBLEMÁTICA SOCIAL Y DE INDEMNIZACIONES QUE SE HA PRESENTADO EN LA ZONA DONDE SE PRETENDE QUE QUEDE UBICADO EL PROYECTO.

B) DENTRO DE LAS ACTIVIDADES DE INGENIERÍA BÁSICA Y SELECCIÓN DE TRAYECTORIAS, SE EFECTÚA UNA REVISIÓN DE LOS DIVERSOS DOCUMENTOS QUE ADVIERTEN RESTRICCIONES AMBIENTALES EN LOS SITIOS, COMO SON:

- . EL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS
- . ORDENAMIENTO ECOLÓGICO
- . DECLARATORIAS DE USOS Y RESERVAS DEL SUELO
- . LEYES Y REGLAMENTOS MUNICIPALES, ESTATALES Y FEDERALES
- . RESTRICCIONES DEL INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA

C) LA ETAPA DE TOPOGRAFÍA ES LA MÁS IMPORTANTE EN LAS ACTIVIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL, YA QUE PARALELAMENTE AL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO EN CAMPO, SE RECOPILA LA INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA EVALUACIÓN DEL INFORME PREVENTIVO O MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. MISMOS AUE SON ELABORADOS CONFORME A LOS INSTRUCTIVOS EXPEDIDOS POR LA SEDESOL Y CONFORMADOS CON LAS ADAPTACIONES NECESARIAS PARA LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.

D) UNA VEZ OBTENIDA LA AUTORIZACIÓN DEL PROYECTO, EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL, SE INCORPORAN EN EL DISEÑO LAS MEDIDAS PARA CUMPLIR CON LOS TÉRMINOS ESTABLECIDOS, EVALUANDO EL COSTO-BENEFICIO DE DISEÑAR ESTRUCTURAS MULTICIRCUITOS PARA DISMINUIR LOS DERECHOS DE VÍA E IMPACTO VISUVAL, ASÍ COMO LA FACTIBILIDAD DE LÍNEAS SUBTERRÁNEAS.

E) EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN SE EJECUTAN LOS PROGRAMAS ESPECÍFICOS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE ACUERDO A LAS CONDICIONANTES DETERMINADAS POR LA SEDESOL.

F) UNA VEZ QUE LA LÍNEA ENTRA EN OPERACIÓN SE LLEVA A CABO LA EJECUCIÓN DE LOS PROGRAMAS DETERMINADOS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL, ASÍMISMO, MANTENIMIENTO A LOS EQUIPOS Y ESTRUCTURAS INSTALADAS.

CONTROL DE LA BRECHA FORESTAL

- . CONTROL DE LA POSIBLE CONTAMINACIÓN A ESTRUCTURAS, AISLADORES, CONDUCTORES Y EQUIPO ELECTROMECAÁNICO.
- . CONTROL DE LAS INVASIONES A LOS DERECHOS DE VÍA
- . MEDICIÓN DE LOS CAMPOS ELÉCTRICO Y MAGNÉTICO



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

MODULO III: DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE LINEAS DE TRANSMISION

TEMA

ANÁLISIS DE FLECHAS Y TENSIONES

**PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE 2001.**

Análisis de flechas y tensiones.

El análisis de flechas y tensiones en un conductor es una consideración importante en el diseño de una línea aérea de transmisión. La cantidad y continuidad del servicio eléctrico suministrado por la línea dependerá enormemente de la instalación apropiada de los conductores.

De acuerdo con lo anterior, el ingeniero de diseño deberá determinar de antemano la tensión mecánica que dará a los cables de una línea en particular, a una temperatura dada.

Para determinar la tensión mecánica que será usada en el tendido de los conductores de la línea, deberá conocer los valores de flechas y tensiones para las diferentes condiciones climatológicas.

La tabla 2208.3 del artículo 2208 de las Normas Oficiales Mexicanas, contiene las condiciones meteorológicas mínimas de diseño para las diferentes zonas de cargas mecánicas en la República Mexicana.

La tensión en los conductores contribuye a la carga mecánica sobre las estructuras de soporte donde la línea tiene un ángulo de deflexión o donde remata. La tensión mecánica excesiva puede causar la falla del propio conductor.

Los factores que afectan la flecha de un conductor fijo firmemente en sus soportes son:

1. Carga del conductor por unidad de longitud
2. Claro interpostal, esto es, distancia entre soportes
3. Temperatura
4. Tensión mecánica aplicada al conductor.

Para determinar adecuadamente la carga del conductor los factores que se necesitan tomar en cuenta son:

1. Peso propio del conductor
2. Peso del hielo o nieve adherida al conductor
3. Viento sobre el conductor.

El peso efectivo máximo del conductor es la suma de su propio peso y el peso del hielo adherido a él. Es importante considerar las condiciones más críticas.

El viento se considera aplicado en ángulo recto a la dirección de la línea y actuando sobre el área proyectada de los conductores, incluyendo el área proyectada del hielo en determinadas zonas geográficas.

Un diseño económico establece que la flecha del conductor sea mínima para no usar estructuras muy altas, para proveer suficiente espacio sobre el nivel del terreno (libramiento) y para eliminar excesivas distancias entre conductores evitando que se aproximen demasiado en los centros del claro interpostal.

Cálculo mecánico de conductores.

En mecánica se estudia la curva que forma un cable de peso uniforme suspendido por sus extremos situados en la misma horizontal. A esta curva se le conoce con el nombre de catenaria (Figura 1) y su ecuación es:

$$y = \frac{h}{2} \left(e^{\frac{x}{h}} - e^{-\frac{x}{h}} \right)$$

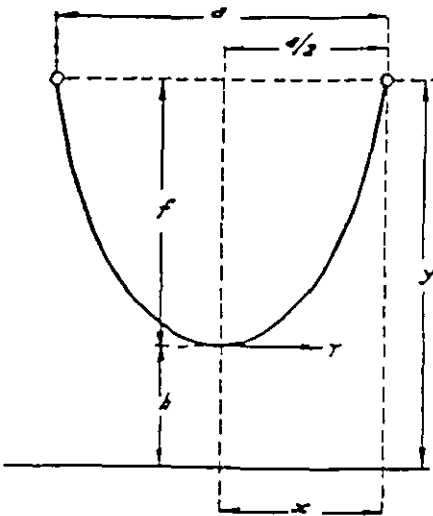


Figura 1

En la que $h = T/p$, siendo T la tensión en kilogramos en el punto mas bajo del conductor y p la carga por metro de conductor (peso + sobre carga).

Desarrollando en serie la ecuación anterior tendremos:

$$y = h \left(1 + \frac{x^2}{2h^2} + \frac{x^4}{4h^4} + \dots \right)$$

Como la relación T/p tiene un valor elevado porque p es pequeño comparado con la tensión T , y h aparece en los diversos términos de la serie en el denominador y con potencias crecientes, puede prescindirse, sin cometer error sensible, de los términos de la serie a partir del tercero, quedando así reducida la fórmula anterior a:

$$y = h \left(1 + \frac{x^2}{2h^2} \right) = h + \frac{x^2}{2h}$$

$$y - h = f = \frac{x^2}{2h}$$

Sustituyendo x por su valor $a/2$ y h por su valor T/p , tendremos:

$$f = \frac{x^2}{2h} = \frac{a^2}{4} \times \frac{p}{2 \times T} = \frac{a^2 \times p}{8 \times T}$$

que es la ecuación de una parábola.

Donde:

- f = Flecha del conductor en metros
- a = Longitud del claro, en metros
- p = Peso del conductor por unidad de longitud, en Kg/m
- T = Tensión del conductor en el punto de flecha máxima, en kilogramos

La longitud de la curva ADB (Figura 2) será:

$$l = a + \frac{8f^2}{3a} = a + \frac{a^2 \times p^2}{24 \times T^2}$$

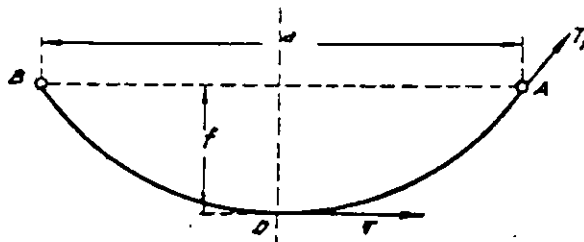


Figura 2

La tensión T_1 del conductor en los puntos de soporte es mayor que T y ambas tensiones se relacionan con la ecuación:

$$T_1 - T = p \times f$$

Generalmente en las líneas aéreas la flecha es inferior a 2% de la longitud del claro correspondiente y por ello el término $p \cdot f$ tiene un valor reducido.

Se considera entonces que $T_1 = T$, es decir, las tensiones de los diversos puntos de la curva son constantes y que éstas son iguales a la tensión en el punto más bajo, para el cual la flecha es máxima.

Cón la sustitución de la parábola por la catenaria y para claros menores de 300 m que es lo más común en líneas de distribución, con flechas menores del 6% de la longitud del claro, el error en la flecha calculada es del orden de 0.5%, error que aumenta con rapidez, y para flechas del orden de un 10% del claro, la ecuación de la parábola da flechas un 2% menores que empleando la ecuación de la catenaria.

Soportes a diferentes niveles. Claros asimétricos.

Considere un claro L entre dos niveles, como se muestra en la figura 3, cuyas elevaciones difieren por una distancia h .

Sea X_1 la distancia horizontal desde el punto más bajo de la curva hasta el punto de soporte inferior y X_2 la distancia horizontal desde el punto más bajo de la curva hasta el punto de soporte superior.

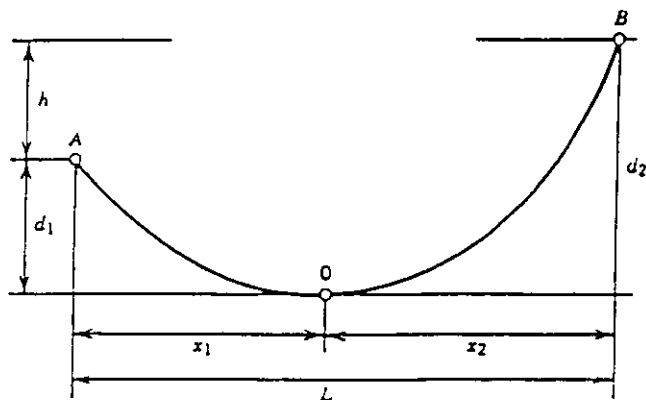


Figura 3

Usando la ecuación de la parábola se tiene:

$$y = \frac{wx^2}{2T}$$

Las flechas d_1 y d_2 pueden determinarse como:

$$d_1 = \frac{wx_1^2}{2T}$$

$$y \quad d_2 = \frac{wx_2^2}{2T}$$

De la figura, vemos que: $h = d_2 - d_1$

Por lo que
$$h = \frac{w}{2T} (x_2^2 - x_1^2)$$

ó
$$h = \frac{wL}{2T} (x_2 - x_1)$$

pero
$$L = x_1 + x_2 \quad \dots 1$$

entonces
$$\frac{2Th}{wL} = x_2 - x_1 \quad \dots 2$$

Sumando las ecuaciones 1 y 2 :

$$2x_2 = L + \frac{2Th}{wL}$$

ó
$$x_2 = \frac{L}{2} + \frac{Th}{wL}$$

Restando la ecuación 2 de la ecuación 1 :

$$2x_1 = L - \frac{2Th}{wL}$$

ó
$$x_1 = \frac{L}{2} - \frac{Th}{wL} \quad \dots 3$$

En la ecuación 3 :

Si $\frac{L}{2} > \frac{Th}{wL}$ entonces x_1 es positiva

Si $\frac{L}{2} = \frac{Th}{wL}$ entonces x_1 es cero

Si $\frac{L}{2} < \frac{Th}{wL}$ entonces x_1 es negativa

Si X_1 es negativa, el punto mas bajo (punto 0) de la curva se ubica fuera del claro, como se muestra en la siguiente figura:

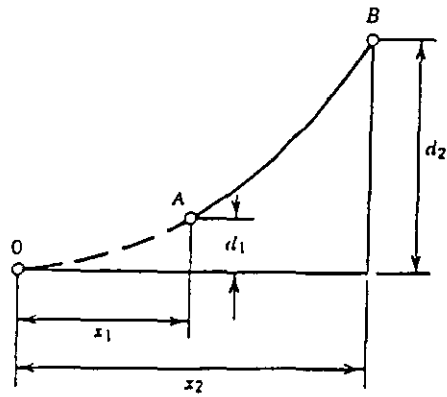


Figura 4

CLAROS DE LONGITUD DESIGUAL: CLARO REGLA O CLARO PROMEDIO.

Cuando en una línea existen claros de longitud desigual (el caso mas general), cada claro debería ser tensionado de acuerdo a su propia longitud. Sin embargo, esto no es posible con los aisladores de suspensión ya que la cadena de aisladores se giraría para igualar la tensión en cada claro. También es impráctico estar rematando a la línea en cada claro (con cadenas horizontales) por separado.

Es posible, para eliminar este inconveniente, suponer una tensión uniforme entre soportes de remate definiendo un claro equivalente, el cual se conoce como CLARO REGLA o CLARO PROMEDIO y basando todos los cálculos en este claro equivalente.

Si se conocen los claros entre soportes, el claro regla puede calcularse de la ecuación:

$$L_r = \sqrt{\frac{L_1^3 + L_2^3 + L_3^3 + \dots + L_n^3}{L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n}}$$

Donde: L_e = Claro regla o claro equivalente

L_i = Claro individual en la línea

Generalmente, no es necesario tener un valor exacto del claro regla. Un claro regla aproximado puede calcularse como:

$$L_e = L_{avg} + \frac{2}{3}(L_{max} - L_{avg})$$

Donde: L_{avg} = Claro promedio en la línea

L_{max} = Máximo claro en la línea

La tensión T en la línea puede estimarse usando este claro equivalente y la flecha para cada claro puede calcularse de la ecuación.

$$d = \frac{wL^2}{8T}$$

ECUACION DE CAMBIO DE ESTADO

En los libros de mecánica, se expone con detalle la deducción de la llamada ecuación de cambio de estado o ecuación de cambio de condiciones, en la cual figuran:

- a) Los valores de las tensiones inicial y final, debida ésta a las sobrecargas y variaciones de temperatura.
- b) Las temperaturas extremas a que se hallan sometidos los conductores.
- c) El módulo de elasticidad del metal de que está formado el conductor.
- d) El coeficiente de dilatación lineal del material considerado.
- e) Los pesos por unidad de longitud del conductor, con sobrecarga y sin ella.

Para el cálculo de la tensión mecánica del conductor, hacemos uso de la ecuación de cambio de estado, tomando como datos para el estado inicial y final, las limitaciones mecánicas que se fijan a los conductores para que trabajen satisfactoriamente en las diferentes condiciones ambientales, tales como: variación de temperatura, presión de viento y en algunos casos cargas de hielo.

A continuación se indicarán las variaciones de temperatura y presión de viento así como la carga de hielo que deberán tomarse en cuenta en la determinación de cada una de las limitaciones necesarias para el diseño de la línea.

1. Temperatura máxima sin presión de viento, permite determinar la limitación por libramiento y la plantilla a utilizar en la localización de postes sobre el perfil del recorrido de la línea.
2. Temperatura media sin viento, permite verificar que las tensiones alcanzadas en este caso estén de acuerdo con las tensiones admitidas para limitar las vibraciones.

3. Temperatura mínima sin viento: Permite verificar el libramiento en caso de cruce abajo de una línea existente.
4. Temperatura mínima con viento máximo, sin hielo o bien temperatura mínima con hielo y viento reducido: Permite obtener la tensión final máxima resultante de los conductores, cuyo valor es necesario para determinar el coeficiente de seguridad mínima en los conductores y así como para calcular las deflexiones máximas permisibles en las estructuras tipo.

Cargas de viento y hielo.

A fin de considerar las condiciones más reales de velocidad de viento y cargas de hielo para el diseño, se ha dividido a la República Mexicana en 6 zonas en las que se han establecido las condiciones más desfavorables de temperatura, velocidad de viento y cargas de hielo. (Ver mapa anexo).

El peso de hielo sobre un conductor circular está dado por la ecuación:

$$I = 0.3109 (D_I^2 - D_B^2)$$

Donde:

- I = Peso del hielo sobre el conductor, en libras/pie
- D_B = Diámetro del conductor en pulgadas
- D_I = Diámetro del conductor + 2 veces el espesor del hielo en pulgadas

La carga de viento sobre conductores y estructuras se determinará de acuerdo con la Tabla 2208.4 de las Normas Oficiales Mexicanas para la zona geográfica en estudio.

Zona de carga mecánica	Velocidad de viento de diseño km/h	Presión del viento en kg/m ² , sobre superficies de:		
		Cables	Estructuras	
			Cilíndricas (postes)	De celosía
I, II y III	90	39	66	105
IV	70	24	40	64
V	100	48	81	130
VI	105	53	90	143

Las tensiones finales, se calcularán a partir de la ecuación de cambio de Estado

$$S'^2 \left[S' + \frac{W_e^2 E_r m^2 a^2}{24 S^2} + \alpha E_r (t_r - t_i) - S \right] = \frac{W_e^2 E_r m'^2 a^2}{24}$$

Haciendo:

$$\frac{W_e^2 E_r}{24} = K \quad \text{y} \quad \alpha E_r = K'$$

$$S'^2 \left[S' + \frac{K m^2 a^2}{S^2} + K' (t_r - t_i) - S \right] = K m'^2 a^2$$

En el estado inicial

{	S	Esfuerzo inicial sobre el conductor	(Kg/mm ²)
	T _i	Temperatura inicial	(°C)
	m	Coeficiente de sobrecarga inicial	

En el estado final

{	S'	Esfuerzo final sobre el conductor	(Kg/mm ²)
	T _r	Temperatura final	(°C)
	m'	Coeficiente de sobrecarga final	

a Claro regla (m)

Coeficientes de sobrecarga

Inicial

$$m = \sqrt{\frac{W_h^2 + C_v^2}{W^2}}$$

Final

$$m' = \sqrt{\frac{W_h'^2 + C_v'^2}{W^2}}$$

Donde:

W	Peso unitario del conductor	(Kg/m)
W_h	Peso unitario del conductor con o sin hielo, para el estado inicial	(Kg/m)
C_v	Carga unitaria de viento sobre el conductor, con o sin hielo para el estado inicial	(Kg/m)
W'_h	Peso unitario del conductor con o sin hielo, para el estado final	(Kg/m)
C'_v	Carga unitaria de viento sobre el conductor, con o sin hielo para el estado final	(Kg/m)
W_e	Peso específico del conductor	(Kg/m / mm ²)
E_f	Módulo de elasticidad final	(Kg/ mm ²)
α	Coefficiente de dilatación lineal	(1/°C)

DETERMINACION DE LA TENSION FINAL DE UN CONDUCTOR DE COBRE, CAL 250 KCM, PARA LAS CONDICIONES FINALES DE 50 °C DE TEMPERATURA. SIN PRESION DE VIENTO Y MODULO DE ELASTICIDAD FINAL.

A) CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR

TIPO DE CABLE	COBRE
CALIBRE	250 KCM
SECCION	126.64 mm ²
DIAMETRO	14.58 mm
PESO POR UNIDAD DE LONGITUD	1.1501 kg/m
PESO ESPECIFICO	0.0089 kg/cm ³
MODULO DE ELASTICIDAD FINAL	11950 kg/mm ²
COEF. DILATACION LINEAL	16.92×10 ⁻⁶ /°C
CARGA DE RUPTURA	5157 kg
CLARO PROMEDIO	VER HOJAS ANEXAS

B) HIPOTESIS DE CALCULO

CONDICIONES INICIALES

TEMPERATURA	16 °C
TENSION DE TENDIDO	10% CARGA DE RUPTURA
PRESION DE VIENTO	CERO
CLARO PROMEDIO	VER HOJAS ANEXAS
MODULO DE ELASTICIDAD	FINAL
CARGA DE HIELO	CERO

CONDICIONES FINALES

TEMPERATURA	50 °C
TENSION	VALOR POR DETERMINAR
PRESION DE VIENTO	CERO
MODULO DE ELASTICIDAD	FINAL
CLARO PROMEDIO	VER HOJAS ANEXAS
CARGA DE HIELO	CERO

CLARO PROMEDIO: 75 m

$$m = 1$$

$$m' = 1$$

$$K = \frac{0.0089^2 \times 11950}{24} = 0.0394$$

$$K' = 16.92 \times 10^{-6} \times 11950 = 0.2022$$

ESFUERZO INICIAL:

$$F' = 0.1 \times 5157 = 515.7 \text{ kg}$$

$$S = \frac{515.7}{126.64} = 4.0722 \text{ kg / mm}^2$$

$$S'^2 \left[S' + \frac{0.0394 \times 1^2 \times 75^2}{4.0722^2} + 0.2022(50 - 16) - 4.0722 \right] = 0.0394 \times 1^2 \times 75^2$$

$$S'^2 [S' + 13.3647 + 6.8748 - 4.0722] = 221.625$$

$$S'^2 [S' + 16.1673] = 221.625$$

$$S'^3 + 16.1673S'^2 - 221.625 = 0$$

$$S' = 3.3682 \text{ kg / mm}^2$$

$$T_f = 3.3682 \times 126.64 = 426.54 \text{ kg}$$

CLARO PROMEDIO: 50 m

$$S'^2 \left[S' + \frac{0.0394 \times 1^2 \times 50^2}{4.0722^2} + 0.2022(50 - 16) - 4.0722 \right] = 0.0394 \times 1^2 \times 50^2$$

$$S'^2 [S' + 5.9399 + 6.8748 - 4.0722] = 98.5$$

$$S'^2 [S' + 8.7425] = 98.5$$

$$S'^3 + 8.7425S'^2 - 98.5 = 0$$

$$S' = 2.9078 \text{ kg / mm}^2$$

$$T_f = 2.9078 \times 126.64 = 368.24 \text{ kg}$$

CLARO PROMEDIO: 100 m

$$S'^2 \left[S' + \frac{0.0394 \times 1^2 \times 100^2}{4.0722^2} + 0.2022(50 - 16) - 4.0722 \right] = 0.0394 \times 1^2 \times 100^2$$

$$S'^2 [S' + 23.7595 + 6.8748 - 4.0722] = 394$$

$$S'^2 [S' + 26.5621] = 394$$

$$S'^3 + 26.5621S'^2 - 394 = 0$$

$$S' = 3.6135 \text{ kg/mm}^2$$

$$T_f = 3.6135 \times 126.64 = 457.61 \text{ kg}$$

DETERMINACION DE LA TENSION FINAL DE UN CONDUCTOR DE COBRE, CAL 250 KCM, PARA LAS CONDICIONES FINALES DE -5 °C DE TEMPERATURA, SIN CARGA DE HIELO, CON PRESION DE VIENTO Y MODULO DE ELASTICIDAD FINAL.

A) CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR

TIPO DE CABLE	COBRE
CALIBRE	250 KCM
SECCION	126.64 mm ²
DIAMETRO	14.58 mm
PESO POR UNIDAD DE LONGITUD	1.1501 kg/m
PESO ESPECIFICO	0.0089 kg/cm ³
MODULO DE ELASTICIDAD FINAL	11950 kg/mm ²
COEF. DILATACION LINEAL	16.92×10 ⁻⁶ /°C
CARGA DE RUPTURA	5157 kg
CLARO PROMEDIO	VER HOJAS ANEXAS

B) HIPOTESIS DE CALCULO

CONDICIONES INICIALES

TEMPERATURA	16 °C
TENSION DE TENDIDO	10% CARGA DE RUPTURA
PRESION DE VIENTO	CERO
CLARO PROMEDIO	VER HOJAS ANEXAS
MODULO DE ELASTICIDAD	FINAL
CARGA DE HIELO	CERO

CONDICIONES FINALES

TEMPERATURA	-5 °C (ZONA IV)
TENSION	VALOR POR DETERMINAR
PRESION DE VIENTO	23.6 kg/m ² (70 km/h) (ZONA IV)
MODULO DE ELASTICIDAD	FINAL
CLARO PROMEDIO	VER HOJAS ANEXAS
CARGA DE HIELO	CERO

CLARO PROMEDIO: 75 m

$$m = 1$$

$$W_h' = W = 1.1501 \text{ kg / m}$$

$$C_v' = 23.6 \times 0.01458 = 0.3441 \text{ kg / m}$$

$$m' = \sqrt{\frac{(1.1501)^2 + (0.3441)^2}{(1.1501)^2}} = 1.0438$$

DEL CALCULO ANTERIOR:

$$K = 0.0394$$

$$K' = 0.2022$$

$$S = 4.0722$$

$$S'^2 \left[S' + \frac{0.0394 \times 1^2 \times 75^2}{4.0722^2} + 0.2022(-5 - 16) - 4.0722 \right] = 0.0394 \times 1.0438^2 \times 75^2$$

$$S'^2 [S' + 13.3647 - 4.2462 - 4.0722] = 241.46$$

$$S'^2 [S' + 5.0463] = 241.46$$

$$S'^3 + 5.0463S'^2 - 241.46 = 0$$

$$S' = 4.922 \text{ kg / mm}^2$$

$$T_f = 4.922 \times 126.64 = 623.32 \text{ kg}$$

CLARO PROMEDIO: 50 m

$$S'^2 \left[S' + \frac{0.0394 \times 1^2 \times 50^2}{4.0722^2} + 0.2022(-5 - 16) - 4.0722 \right] = 0.0394 \times 1.0438^2 \times 50^2$$

$$S'^2 [S' + 5.9399 - 4.2462 - 4.0722] = 107.32$$

$$S'^2 [S' - 2.3785] = 107.32$$

$$S'^3 - 2.3785S'^2 - 107.32 = 0$$

$$S' = 5.6915 \text{ kg / mm}^2$$

$$T_f = 5.6915 \times 126.64 = 720.77 \text{ kg}$$

CLARO PROMEDIO: 100 m

$$S'^2 \left[S' + \frac{0.0394 \times 1^2 \times 100^2}{4.0722^2} + 0.2022(-5-16) - 4.0722 \right] = 0.0394 \times 1.0438^2 \times 100^2$$

$$S'^2 [S' + 23.7595 - 4.2462 - 4.0722] = 429.27$$

$$S'^2 [S' + 15.4411] = 429.27$$

$$S'^3 + 15.4411S'^2 - 429.27 = 0$$

$$S' = 4.6252 \text{ kg / mm}^2$$

$$T_f = 4.6252 \times 126.64 = 585.73 \text{ kg}$$

** P R O B L E M A N O . - 3 : **

D A T O S :

CALIBRE Y TIPO DEL CONDUCTOR = 250 KCM cobre
 SECCION DEL CONDUCTOR (mm²) = 126.64
 DIAMETRO DEL CONDUCTOR (mm) = 14.58
 PESO POR UNIDAD DE LONGITUD DEL CONDUCTOR (kg/m) = 1.1501
 PESO ESPECIFICO DEL CONDUCTOR (kg/cm³) = .0089
 MODULO DE ELASTICIDAD FINAL DEL CONDUCTOR (kg/mm²) = 11950
 COEFICIENTE DE DILATACION LINEAL (1/ grados C) = 1.692E-05
 CLARO ENTRE SOPORTES (m) = 100
 TENSION DE TENDIDO = 10 % TENSION RUPTURA
 TENSION DE RUPTURA (kg) = 5157

CONDICIONES INICIALES :

TEMPERATURA INICIAL = 16 grados C
 TENSION DE TENDIDO = 515.7 kg
 TENSION DE RUPTURA = 5157 kg
 PRESION DE VIENTO INICIAL = 0 kg/m²
 CLARO ENTRE SOPORTES = 100 m
 CARGA DE HIELO INICIAL = 0 mm

CONDICIONES FINALES :

TEMPERATURA FINAL = 50 grados C
 PRESION DE VIENTO FINAL = 0 kg/m²
 CARGA DE HIELO FINAL = 0 mm

*** R E S U L T A D O S ***

TENSION FINAL = 437.6512 kg

** P R O B L E M A N O . - 6 : **

D A T O S :

CALIBRE Y TIPO DEL CONDUCTOR = 250 kCM cobre
 SECCION DEL CONDUCTOR (mm²) = 126.64
 DIAMETRO DEL CONDUCTOR (mm) = 14.58
 PESO POR UNIDAD DE LONGITUD DEL CONDUCTOR (kg/m) = 1.1501
 PESO ESPECIFICO DEL CONDUCTOR (kg/cm³) = .0089
 MODULO DE ELASTICIDAD FINAL DEL CONDUCTOR (kg/mm²) = 11950
 COEFICIENTE DE DILATACION LINEAL (1/ grados C) = 1.692E-05
 CLARO ENTRE SOPORTES (m) = 100
 TENSION DE TENDIDO = 10 % TENSION RUPTURA
 TENSION DE RUPTURA (kg) = 5157

CONDICIONES INICIALES :

TEMPERATURA INICIAL = 16 grados C
 TENSION DE TENDIDO = 515.7 kg
 TENSION DE RUPTURA = 5157 kg
 PRESION DE VIENTO INICIAL = 0 kg/m²
 CLARO ENTRE SOPORTES = 100 m
 CARGA DE HIELO INICIAL = 0 mm

CONDICIONES FINALES :

TEMPERATURA FINAL = -5 grados C
 PRESION DE VIENTO FINAL = 23.6 kg/m²
 CARGA DE HIELO FINAL = 0 mm

*** R E S U L T A D O S ***

TENSION FINAL = 585.6791 kg

Plantilla para dibujo de perfiles.

La localización de estructuras en el perfil del terreno y el dibujo de los conductores sobre dicho perfil, puede hacerse por medio de una plantilla.

Esta plantilla contiene los perfiles del conductor para diferentes condiciones ambientales.

Las escalas horizontal y vertical que se emplean en el dibujo de la plantilla, deben corresponder a las escalas empleadas en el dibujo del perfil del terreno.

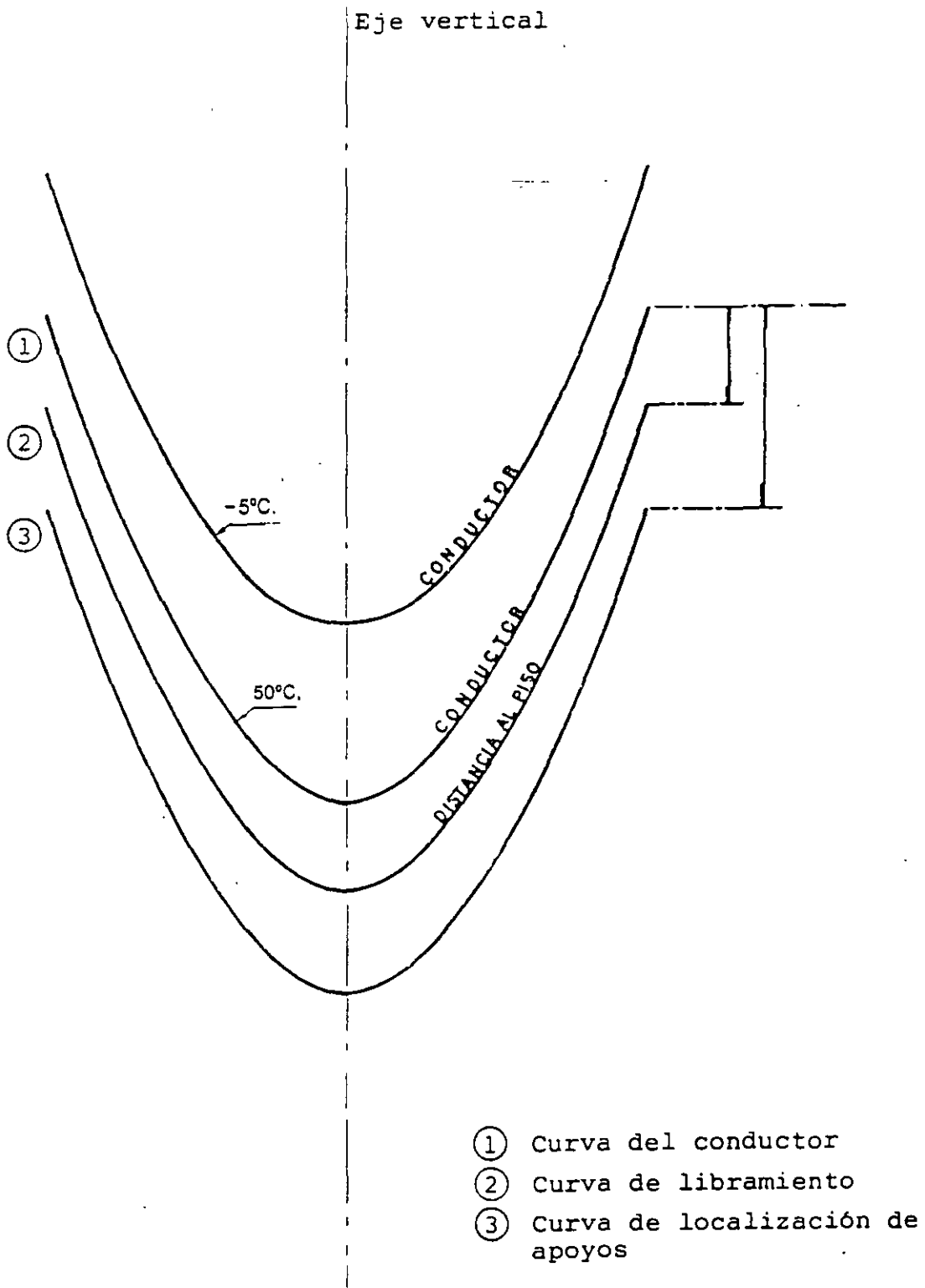
El perfil del conductor se traza de acuerdo con la ecuación de la parábola:

$$y = \frac{W}{2T} x^2$$

Donde:

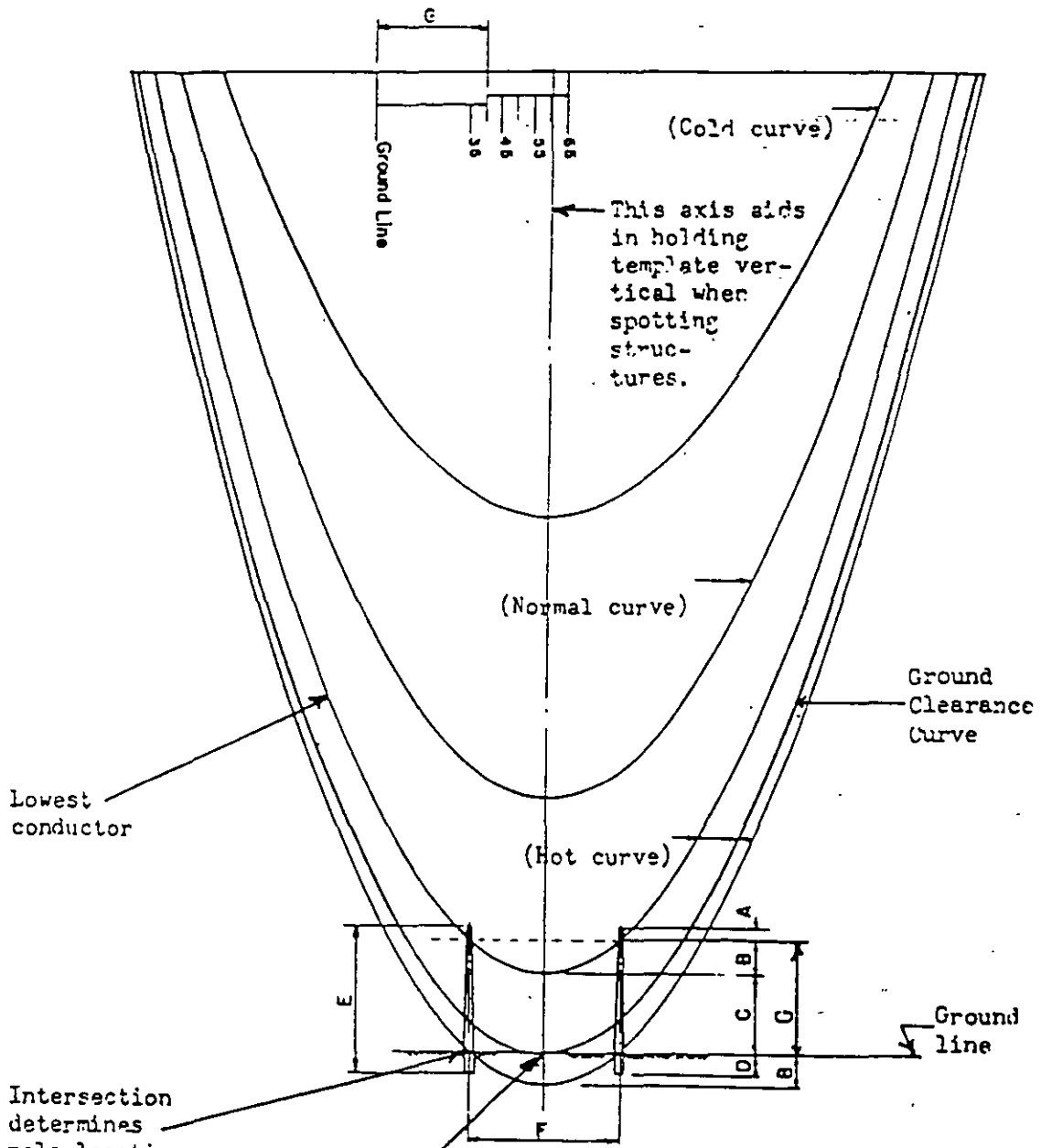
W = Peso del conductor por unidad de longitud

T = Tensión del conductor para las condiciones ambientales establecidas.



- A- Dimension from top of pole to point of attachment of lowest conductor.
- B- Sag in level ground span.
- C- Ground Clearance.
- D- Setting depth of pole.

- E- Length of pole.
- F- Level ground span.
- G- Dimension from ground to point of attachment of lowest conductor.



Intersection determines pole location. (Basic height)

Tangent to ground profile.

SPECIMEN SAG TEMPLATE		
Scale:		Date:
H- 1"=400'		TM-7
V- 1"=40'		

REFERENCIAS.

ELECTRIC POWER TRANSMISSION SYSTEM ENGINEERING
Analysis and Design
Turan Gönen
John Wiley & Sons 1988

ELECTRICAL DISTRIBUTION ENGINEERING
Anthony J. Pansini
Mc Graw Hill Book Co. 1986

ELEMENTS OF POWER SYSTEM ANALYSIS
William D. Stevenson, Jr
Mc Graw Hill Book Co. 1982

TRANSMISSION AND DISTRIBUTION
Reference Book
Westinghouse Electric Corporation 1964

NORMAS OFICIALES MEXICANAS
NOM-001-SEMP-1994
Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal

NATIONAL ELECTRICAL SAFETY CODE
ANSI C2-1993

NATIONAL ELECTRICAL SAFETY CODE HANDBOOK
Third Edition
IEEE Standards Press

NORMAS DE DISTRIBUCION-CONSTRUCCION-LINEAS AEREAS
Comisión Federal de Electricidad 1988

METODO PARA EL CALCULO DE LIMITACIONES MECANICAS Y ELECTRICAS
DE ESTRUCTURAS TIPO EN DISTRIBUCION
Comisión Federal de Electricidad 1975



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

MODULO III: DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE LINEAS DE TRANSMISION

TEMA

DISEÑO MECANICO DE LINEAS DE TRANSMISION

**PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE 2001.**

DISEÑO MECÁNICO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

INTRODUCCIÓN

LA NECESIDAD DE CONSTRUIR UNA NUEVA LÍNEA DE TRANSMISIÓN SURGE POR CUALQUIERA DE LAS SIGUIENTES RAZONES:

- ° LA CONSTRUCCION DE UNA PLANTA GENERADORA O LA AMPLIACION DE UNA EXISTENTE.
- ° INTERCONEXION ENTRE SISTEMAS.
- ° REHABILITACION O REPOTENCIACIÓN DE UNA LINEA EXISTENTE.

PARA LA PLANEACION DE LA CONSTRUCCION DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN DEBEN CONSIDERARSE CONSIDERARSE TANTO LOS ASPECTOS ELECTRICOS COMO LOS MECANICOS. ASI COMO TAMBIEN LOS ECONOMICOS. SIN OLVIDAR QUE LA CONSTRUCCION DE LA LINEA DEBE SER DE TAL MANERA QUE SE AFECTE, LO MENOS POSIBLE, AL MEDIO AMBIENTE.

UNA VEZ DETERMINADA LA POTENCIA QUE SE VA A TRANSMITIR POR LA LÍNEA, SE ANALIZARA EL PROBLEMA ELECTRICO PARA DETERMINAR EL VOLTAJE MÁS ADECUADO PARA LAS TRANSMISIÓN. EL SIGUIENTE PROBLEMA POR RESOLVER SERA EL DEL DERECHO DE VIA. PARA LO CUAL SE ANALIZARÁN LAS DIFERENTES RUTAS POSIBLES ENTRE LA PLANTA Y EL DESTINO FINAL DE LA LINEA. LA

SELECCION RECADERA SOBRE LA MAS ADECUADA Y LA MAS ECONOMICA PARA LA LINEA.

DETERMINADO EL DERECHO DE VIA SE PROCEDERA A ESTUDIAR LA TOPOGRAFIA DE LA RUTA, LA ALTURA DE LA MISMA SOBRE EL NIVEL DEL MAR Y LAS CARACTERISTICAS FISICAS DEL TERRENO. CON LA INFORMACION QUE SE OBTENGA DE ESTOS ESTUDIOS SE INICIARA, PROPIAMENTE EL DISEÑO DE LA LINEA.

EN ESTOS APUNTES SE DAN, COMO INTRODUCCION, ALGUNOS ASPECTOS GENERALES QUE DEBEN TOMARSE EN CUENTA PARA EL DISEÑO MECANICO DE LAS LINEAS DE TRANSMISION.

CONDUCTORES

LOS CONDUCTORES PARA UNA LINEA DE TRANSMISION SE SELECCIONAN DE ACUERDO CON LA CORRIENTE, LA TENSION, LA LONGITUD DE LA LINEA Y LAS NORMAS CORRESPONDIENTES.

PARA LAS TENSIONES DE TRANSMISION DEL SISTEMA ELECTRICO NACIONAL: 85, 230 Y 400 KV, LOS CONDUCTORES NORMALIZADOS SON:

PARA 85 KV, CABLE DE 795 MCM, ACSR, CONDOR, AMPACIDAD DE 900 A.

PARA 230 Y 400 KV: CABLE DE 1113 MCM, ACSR, BLUEJAY, AMPACIDAD DE 1110 A.

LAS LINEAS PUEDEN SER: DE UN CIRCUITO TRIFASICO O DE DOS CIRCUITOS EN PARALELO CON UNO O DOS CONDUCTORES POR FASE Y DOS CABLES DE GUARDA. AUN CUANDO EN EL SISTEMA NACIONAL YA HAY LINEAS DE CUATRO CIRCUITOS EN PARALELO Y LINEAS CON TRES CONDUCTORES POR FASE.

PARA LINEAS CON DOS CONDUCTORES POR FASE, LAS SEPARACIONES ENTRE CONDUCTORES DE CADA FASE SON:

LINEAS DE 85 Y 230 KV: 33 cm.

LINEAS DE 400 KV: 45 cm.

EN LA TABLA SIGUIENTE SE DAN LAS CARACTERISTICAS MECANICAS DE LOS CONDUCTORES MENCIONADOS.

CONDUCTORES		
CARACTERISTICAS	795 MCM	1113 MCM
NUMERO DE HILOS	54.7	45.7
DIAMETRO (mm)	28	32
AREA (mm ²)	456	603
PESO (kg/m)	1.524	1.870
CARGA DE RUPTURA (kg)	12.940	14.030
MODULO DE ELASTICIDAD INICIAL (kg/mm ²)	5.202	5.483
MODULO DE ELASTICIDAD FINAL (kg/mm ²)	6.678	6.587
COEF. DE DILATACION LINEAL INICIAL (1/°C)	12.28×10^{-6}	20.53×10^{-6}
COEF. DE DILATACION LINEAL FINAL (1/°C)	19.26×10^{-6}	20.80×10^{-6}

TABLA 1. CARACTERISTICAS DE CONDUCTORES DE 795 Y 1113 MCM ACSR.

LOS CONDUCTORES DE LAS LINEAS DE TRANSMISION ESTÁN SUJETOS A DIVERSOS ESFUERZOS. LOS CUALES DEBEN SER TOMADOS EN CUENTA PARA EL DISEÑO DE LAS MISMAS. ESTOS ESFUERZOS SON CAUSADOS POR:

- ° LA TENSION MECANICA EN EL MOMENTO DE TENDER LA LINEA.
- ° EL PROPIO PESO DE LOS CONDUCTORES.
- ° EL AGUA, LAS SUSTANCIAS SOLIDAS SUSPENDIDAS EN LA ATMOSFERA Y EL HIELO QUE SE ACUMULA EN LA SUPERFICIE DEL CONDUCTOR.
- ° EL VIENTO.
- ° LAS VIBRACIONES.

AL TENDER LOS CONDUCTORES DE UNA LINEA, ESTOS NO PUEDEN QUEDAR HORIZONTALES, YA QUE LA TENSION MECÁNICA REQUERIDA PARA TAL EFECTO SOBREPASARIA O ESTARIA MUY CERCA DEL LÍMITE DE ELASTICIDAD DE LOS CONDUCTORES OCACIONANDO DEFORMACIONES PERMANENTES O LA RUPTURA DE LOS MISMOS. AL NO QUEDAR HORIZONTALES LOS CONDUCTORES, ESTOS FORMAN UNA CURVA LLAMADA CATENARIA CUYAS CARACTERISTICAS ESTAN DETERMINADAS POR: LA TENSION MECANICA, EL PESO DE LOS CONDUCTORES Y EL TAMAÑO DEL CLARO, ES DECIR, LA LONGITUD DE LA SEPARACION ENTRE LAS ESTRUCTURAS DE SOPORTE DE LA LINEA (TORRES, POSTES O MARCOS).

EL TAMAÑO DE LOS CLAROS EN UNA LINEA DEPENDE DE LA TOPOGRAFIA DEL DERECHO DE VIA, ÉSTO ES, DEL CAMINO POR DONDE SE CONSTRUIRÁ LA LINEA. LO IDEAL ES QUE TODOS SEAN DEL MISMO TAMAÑO: LO CUAL IMPLICA QUE TODA LA RUTA DE LA LINEA FUERA SOBRE UN TERRENO PLANO Y SIN ACCIDENTES; DADO QUE, EN GENERAL, NO SE CUENTA CON ESTAS CONDICIONES ES NECESARIO ADAPTARSE A LAS PARTICULARIDADES DE LA RUTA SELECCIONADA, EN LA QUE SE

VAN A ENCONTRAR: TERRENOS PLANOS, BARRANCAS, MONTAÑAS, RIOS, CRUCES CON CARRETERAS, VIAS FERREAS, OTRAS LINEAS, ETC.

LA TENSION MECANICA A LA QUE SE SOMETEN LOS CONDUCTORES DEBE SER, AL MOMENTO DEL TENDIDO, A 0 °C, 33 1/3 % DE LA CARGA DE RUPTURA (TENSION INICIAL) Y 25 % LA TENSION FINAL, SIN CARGA DE VIENTO.

LA TENSION INICIAL O SIN CARGA SE REFIERE AL ESTADO DEL CONDUCTOR DESPUES DE INSTALADO, SIN HIELO EN LA SUPERFICIE Y SIN VIENTO. DESPUES DE QUE EL CONDUCTOR HA ESTADO SUJETO A LA CARGA DEL VIENTO Y DEL HIELO EN SU SUPERFICIE, SUFRE UN ESFUERZO PERMANENTE INELASTICO; LA TENSION QUE RESIENTE EL CONDUCTOR, AL QUEDAR SIN ESTAS CARGAS, SE LE LLAMA TENSION FINAL.

LA CARGA VERTICAL EN UN CONDUCTOR ES: EL PROPIO PESO DEL CONDUCTOR EN EL CLARO MAS EL PESO DEL HIELO. EN CASO DE QUE HAYA LA CARGA HORIZONTAL ES LA DEL VIENTO: LA CARGA TOTAL ES LA SUMA VECTORIAL DE ESTAS DOS CARGAS.

CABLES DE GUARDA

LOS CABLES DE GUARDA PARA LAS LINEAS DE 85, 230 Y 400 KV SON DE 7 HILOS DE ACERO EXTRAGALVANIZADO, CON DIÁMETRO DE 9.53 mm. LAS CARACTERISTICAS MECANICAS DE ESTOS CABLES SE DAN EN LA SIGUIENTE TABLA.

CABLES DE GUARDA	
NUMERO DE HILOS	7
DIÁMETRO (mm)	9.5
AREA (mm ²)	51.2
PESO (kg / m)	0.406
CARGA DE RUPTURA (kg)	4,900
MODULO DE ELASTICIDAD INICIAL (kg / mm ²)	15,747
MODULO DE ELASTICIDAD FINAL (kg / mm ²)	18,137
COEF. DE DILATACION LINEAL (1 / °C)	11.52 x 10 ⁻⁶

TABLA 2. CARACTERISTICAS DE LOS CABLES DE GUARDA.

LOS CABLES DE GUARDA TAMBIEN SE VERÁN SOMETIDOS A LOS MISMOS ESFUERZOS DE LOS CONDUCTORES DE LA LINEA Y, TAMBIÉN, DEBEN SER CONSIDERADOS PARA LA SELECCION Y EL TENDIDO CORRESPONDIENTE.

EN LA TABLA SIGUIENTE SE DAN LAS TENSIONES MECANICAS MAXIMAS NORMALIZADAS A -5°C Y CON PRESION DE VIENTO DE 24 kg / mm^2

COND.	VOLT.	1 CON. / FA.	2 CON. / FA.	1 CON. / FA.	C. DE GUARDA
		TORRE	TORRE	POSTE	
705MCM	85	2,500	--	1,000	750 Y 300
1113MCM	230	3,900	2,200	2,000	1,000 Y 600
1113MCM	400	--	3,700	--	1,000

TABLA 5 TENSIONES MAXIMAS EN CONDUCTORES

VIBRACIONES EN LOS CONDUCTORES

ADEMAS DE LAS CARGAS ANTES MENCIONADAS, EL DISEÑO DE LAS LINEAS DE TRANSMISION DEBE TOMAR EN CUENTA LA VIBRACION EN LOS CONDUCTORES.

LOS CONDUCTORES DE LAS LINEAS DE TRANSMISION AEREAS ESTAN SUJETOS A DOS TIPOS DE VIBRACIONES: LA VIBRACION EOLICA Y EL GALOPEO.

VIBRACIÓN EÓLICA

LA VIBRACIÓN EÓLICA ES UNA VIBRACIÓN DE ALTA FRECUENCIA, CON OSCILACIONES DE PEQUEÑA AMPLITUD, GENERADA POR UN VIENTO PERMANENTE DE BAJA VELOCIDAD, ENTRE 13 Y 24 km/h, A TRAVES DE LOS CONDUCTORES. ESTE VIENTO PERMANENTE CREA PEQUEÑOS REMOLINOS EN LA SUPERFICIE DEL CONDUCTOR, LOS CUALES SE ROMPEN A INTERVALOS REGULARES, EJERCIENDO SOBRE EL CONDUCTOR FUERZAS QUE ALTERNATIVAMENTE VAN HACIA ARRIBA Y HACIA ABAJO. PROVOCANDO LA OSCILACIÓN DEL CONDUCTOR.

LOS CONDUCTORES EN CLAROS MUY LARGOS Y MUY TENSOS ESTÁN PARTICULARMENTE PROPENSOS A ESTE TIPO DE VIBRACIONES.

LOS TERRENOS PLANOS Y ABIERTOS FACILITAN LAS CONDICIONES PARA QUE EL VIENTO PRODUZCA LA VIBRACIÓN EÓLICA. ESTA VIBRACIÓN ES CAUSA DE LA FRACTURA DE LOS CONDUCTORES EN LOS PUNTOS DE SUJECIÓN, ES DECIR, QUE EL CONDUCTOR FALLA POR FATIGA EN ESOS PUNTOS.

PARA MINIMIZAR LOS EFECTOS DE LA VIBRACION EÓLICA ES RECOMENDABLE UTILIZAR CLEMAS DE SUSPENSION ADECUADAS, ASÍ COMO TAMBIEN CON EL USO DE AMORTIGUADORES EN LOS CONDUCTORES, LOS CUALES ABSORBEN LA ENERGÍA DE LA VIBRACION Y LA AMORTIGUAN.

PARA DETECTAR LA VIBRACION EÓLICA SE UTILIZA UN VIBRÓMETRO; ESTE DISPOSITIVO REGISTRA LA VIBRACION, EN CASO DE HABERLA; SI LA AMPLITUD DE

LAS OSCILACIONES ES IGUAL O MAYOR A 10 MILESIMAS DE PULGADA, SERA NECESARIO INSTALAR LOS AMORTIGUADORES.

GALOPEO

EL GALOPEO, O DANZA DE LOS CONDUCTORES, ES UNA CONDICION EN LA CUAL LOS CONDUCTORES DE LAS LINEAS DE TRANSMISION VIBRAN CON OSCILACIONES DE GRAN AMPLITUD Y MUY BAJA FRECUENCIA. EL GALOPEO PUEDE CAUSAR FALLAS DEBIDO AL CONTACTO ENTRE FASE O POR LA FRACTURA DE LOS CONDUCTORES EN LOS PUNTOS DE APOYO. EL GALOPEO PRODUCE ESFUERZOS TAN GRANDES QUE, INCLUSIVE, PUEDE CAUSAR FALLAS EN LAS ESTRUCTURAS Y FLECHAS MAYORES A LAS DE DISEÑO; YA QUE ESTOS ESFUERZOS PUEDEN REBASAR EL LIMITE DE ELASTICIDAD DE LOS CONDUCTORES.

EL GALOPEO USUALMENTE LO CAUSA UN VIENTO PERMANENTE DE BAJA VELOCIDAD, ENTRE 3 Y 12 km/h. A TRAVES DE LOS CONDUCTORES, ESPECIALMENTE SI ESTOS ESTAN CUBIERTOS DE HIELO, CON LO CUAL SE INCREMENTA EL DIAMETRO Y EL PESO DE LOS CONDUCTORES, ASI COMO LA TENSION EN LOS MISMOS

DURANTE EL GALOPEO, LOS CONDUCTORES OSCILAN ELIPTICAMENTE A FRECUENCIAS MENORES A 1 HZ Y AMPLITUDES DE VARIOS PIES.

EN LA LITERATURA CORRESPONDIENTE AL TEMA, SE REFIERE EL CASO DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN LA COSTA ESTE DE LOS ESTADOS UNIDOS, SOBRE LA CUAL ESTUVO SOPLANDO UN VIENTO MODERADO PERMANENTE POR CUATRO DÍAS CAUSANDO EL GALOPEO DE LOS CONDUCTORES, EL ESFUERZO PRODUCIDO POR ESTE FUE DE TAL MAGNITUD QUE VARIAS TORRES DE LA LÍNEA SUFRIERON FRACTURAS EN SUS ESTRUCTURAS.

EL GALOPEO NO PUEDE PREVENIRSE, SIN EMBARGO UNA CUIDADOSA SELECCIÓN DEL CLARO Y DE LA TENSION DE LOS CONDUCTORES PUEDEN MINIMIZARLO. LÍNEAS CON CLAROS MAYORES DE 220 m RARAMENTE SUFREN ESTE TIPO DE VIBRACIONES, LO MISMO QUE LINEAS CON CONDUCTORES AGRUPADOS POR FASE (BUNDLED) CON SEPARADORES ENTRE ELLOS.

EN SITIOS DONDE EXISTE LA PROBABILIDAD DE QUE OCURRA EL GALOPEO , POR EJEMPLO ENTRE MONTAÑAS, DONDE ES ENCAÑONADO EL VIENTO, SERÁ NECESARIO INSTALAR AMORTIGUADORES AERODINÁMICOS.

BIBLIOGRAFIA

MANUAL DE DISEÑO Y NORMALIZACION DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN. COMPAÑIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S. A. 1980.

ELECTRICAL POWER DISTRIBUTION AND TRANSMISSION. LUCES M. FAULKENBERRY AND WALTER COFFER. PRENTICE HALL. 1996.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

MODULO III: DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE LINEAS DE TRANSMISION

TEMA

**DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA ESPECIFICA DE FUGA DE
CADENA DE AISLADORES EN FUNCION DE LOS TIPOS Y
NIVELES DE CONTAMINACION**

**PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE 2001.**

5. DETERMINACION DE LA DISTANCIA ESPECIFICA DE FUGA DE CADENA DE AISLADORES EN FUNCION DE LOS TIPOS Y NIVELES DE CONTAMINACION

La contaminación del aislamiento consiste en el depósito paulatino de partículas contaminantes sobre su superficie. Cuando la contaminación en el aislador se ve sujeta a procesos de humectación por niebla, rocío o una llovizna muy ligera, dependiendo del tipo de partículas, se llegan a reducir las distancias dieléctricas del aislamiento provocando el flameo.

5.1 Fenómeno de Flameo en Aisladores debido a Contaminación

El flameo por contaminación es un fenómeno dinámico que se presenta en varias etapas. En las **figuras 5.1a y b**, se muestran en forma esquemática estas etapas.

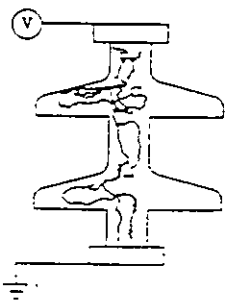
5.2 Relación entre los Niveles de Contaminación y las Distancias Específicas de Fuga Mínimas Nominales

De acuerdo a la norma IEC-815, se definen cualitativamente 4 niveles de contaminación. Estos niveles de contaminación se han correlacionado, a través de pruebas en laboratorio, con algunos valores de **Densidad Equivalente de Sal Depositada (DESD)**.

El alcance de la norma IEC-815, para la aplicación del criterio de la distancia específica de fuga, considera a aisladores tipo "long-rod", aisladores de calavera y bola, aisladores tipo poste, aisladores para subestación y boquillas. No se incluye todo tipo de aislamiento con vidrio semiconductor o recubierto. En la **tabla 5.1**, se muestra la relación que existen entre algunos ambientes típicos y los niveles de contaminación establecidos en la publicación IEC-815.

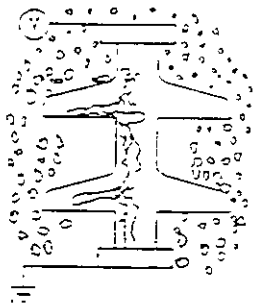
De la **tabla 5.1** es conveniente destacar tres aspectos:

- a) Solamente se da una descripción general de los ambientes típicos.
- b) No se incluyen otras condiciones ambientales extremas como hielo y nieve en ambientes con contaminación alta, zonas áridas o zonas con altos niveles de precipitación pluvial.
- c) Los ambientes típicos pueden estar más identificados con localidades de Europa y Norteamérica.

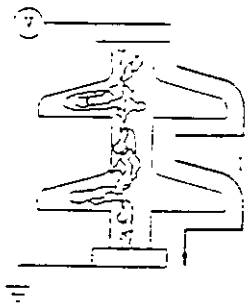


Formación de capa o película contaminante sobre la superficie del aislamiento. La formación de la capa depende de:

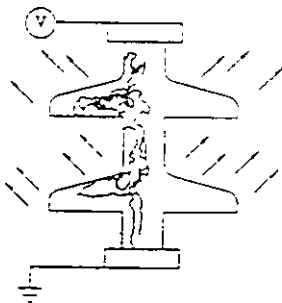
- Tamaño y composición de las partículas
- Fuerzas sobre las partículas
- Acabado superficial del aislamiento
- Propiedades aerodinámicas del aislamiento.



Humectación de la película contaminante por procesos naturales como la niebla, rocío o una llovizna ligera



Circulación de corriente de varios microamperes a través de superficies contaminadas húmedas las cuales actúan como medios electrolíticos.



Disipación de energía por efecto Joule (i^2R) por circulación de corriente, se manifiesta con la evaporación de zonas húmedas. Donde la circulación de corriente es mayor la evaporación es mayor.

Figura 5.1a.- Procesos de formación de flameo por contaminación de un aislador.

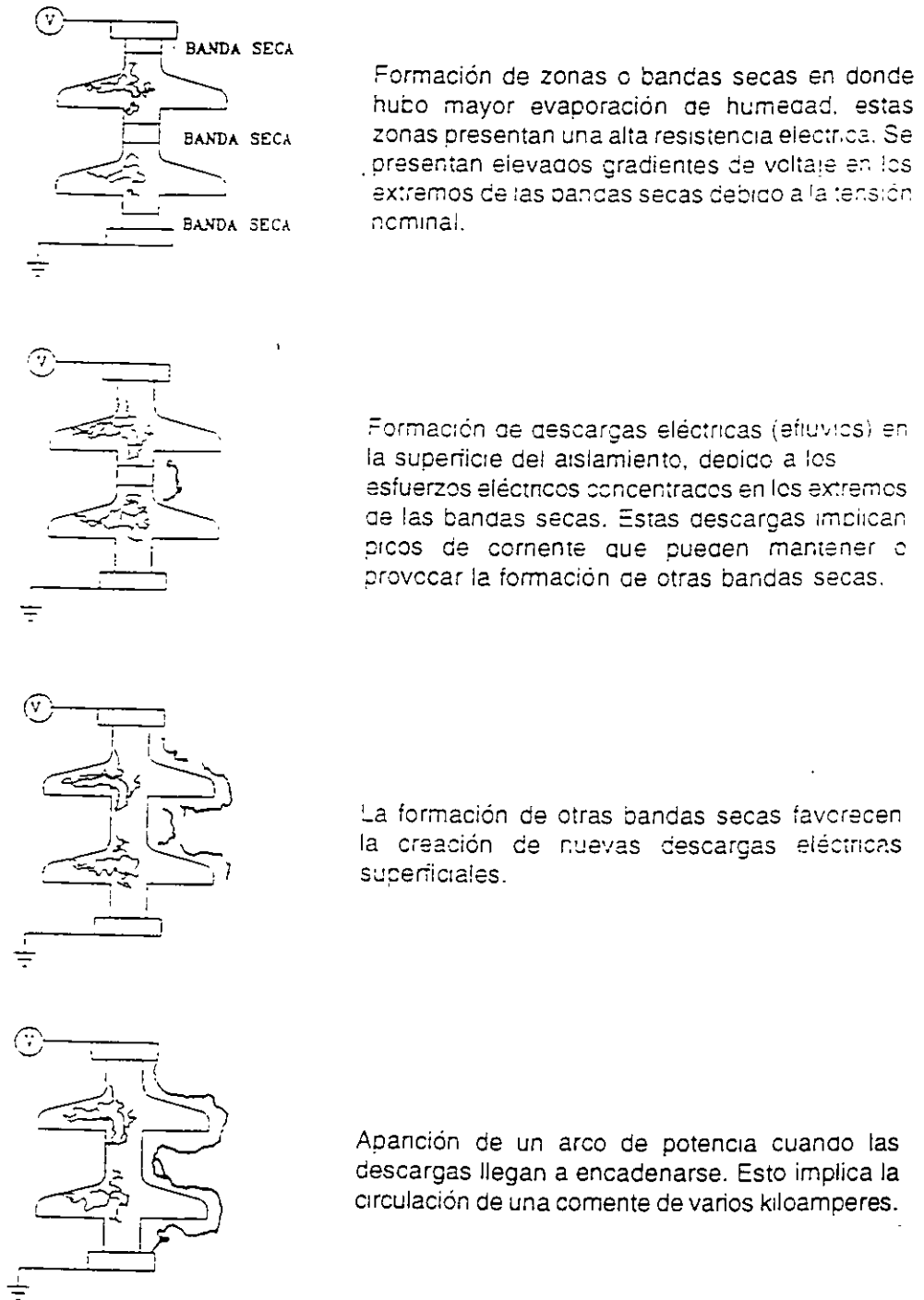


Figura 5.1b.- Procesos de formación de flameo por contaminación de un aislador.

Tabla 5.1. Relación de ambientes típicos y niveles de contaminación

NIVEL DE CONTAMINACION	EJEMPLOS DE AMBIENTES TIPICOS
I LIGERA	<ul style="list-style-type: none"> - Areas sin industrias y con baja densidad de casas equipadas con calefacción - Areas con baja densidad de industrias o casas pero sujetas a frecuentes vientos y/o lluvias - Areas agricolas - Areas montañosas <p>Todas estas áreas deben estar situadas por lo menos a 10 o 20 km del mar y no deben estar expuestas a vientos directos del mar²</p>
II MEDIA	<ul style="list-style-type: none"> - Areas con industrias que no producen humo particularmente contaminante y/o con una densidad promedio de casas equipadas con calefacción - Areas con alta densidad de casas y/o industrias pero sujetas a frecuentes vientos y/o lluvias. - Areas expuestas a vientos del mar pero no demasiado cerca de la costa (por lo menos varios kilómetros de distancia)².
III ALTA	<ul style="list-style-type: none"> - Areas con alta densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con alta densidad de equipos de calefacción que producen contaminación. - Areas cercanas al mar o expuestas a fuertes vientos del mar²
IV MUY ALTA	<ul style="list-style-type: none"> - Areas de extensión moderada sujetas a polvos conductores y a humos industriales que producen gruesos depósitos de polvos conductores. - Areas de extensión moderada muy cercanas a la costa y expuestas a la brisa del mar o a vientos contaminantes y muy fuertes provenientes del mar - Areas desérticas caracterizadas por grandes períodos sin lluvia, expuestas a vientos muy fuertes que llevan arena y sal y sujetas a condensación regular.

1 El uso de fertilizantes por aspersión o la quema de residuos de cosechas puede llevar a estas áreas a niveles de contaminación altos, debido a la dispersión por vientos

2 La distancia al mar depende de la topografía del área costera y de las condiciones extremas de viento.

5.3 Distancia Específica de Fuga Mínima Nominal en Función del Nivel de Contaminación

La distancia de fuga de un aislador es la distancia más corta, o la suma de las distancias más cortas, a lo largo del contorno de las superficies externas del material aislante (porcelana, vidrio templado, etc.)¹.

La distancia específica de fuga de fase a fase o de fase a tierra, se define como la relación entre la distancia de fuga total del aislamiento y el voltaje máximo fase a fase del sistema o de fase a tierra, respectivamente.

Para la selección primaria y adecuada del número de aisladores de porcelana o vidrio templado, que se utilizarán en cadenas expuestas a ambientes contaminados, en la publicación IEC-815 se considera que la distancia específica de fuga de la cadena debe ser igual o mayor a la distancia específica de fuga mínima nominal para cada nivel de contaminación. En la tabla 5.2 se muestran los valores de la distancia específica de fuga mínima nominal, así como los valores de DESD asociados para cada nivel de contaminación, de acuerdo con la publicación IEC-815.

Tabla 5.2.- Relación de las distancias de fuga mínima nominal y valores de DESD para cada nivel de contaminación.

NIVEL DE CONTAMINACION	DESD (mg/cm ²) ASOCIADA DE ACUERDO A IEC- 815 ²	DISTANCIA ESPECIFICA DE FUGA MINIMA NOMINAL ³ (mm/kV)	
		FASE - FASE	FASE - TIERRA
I LIGERA	0.03 - 0.06	16	28
II MEDIA	0.10 - 0.20	20	35
III ALTA	0.30 - 0.60	25	43
IV MUY ALTA ⁴	> 0.80 ⁵	31	54

En la especificación CFE 5220-02 de 1995, se menciona que en el caso de aisladores de suspensión de porcelana o vidrio templado, la distancia mecánica sobre la superficie del cemento no debe considerarse como parte de la distancia de fuga.

- 2 La relación entre el nivel de contaminación y la Densidad Equivalente de Sal Depositada (DESD) en pruebas de contaminación artificial realizadas de acuerdo al método de la capa sólida (niebla limpia) de la norma internacional IEC-507 es válida solamente para aisladores de calavera y bola y para aisladores tipo "long rod".
- 3 Las experiencias han mostrado que el criterio de la "distancia específica de fuga mínima nominal", el cual implica, ante la contaminación, un compromiso lineal entre el voltaje de aguante y la distancia de fuga, se puede aplicar a casi todos los aisladores usados o existentes en los sistemas eléctricos (IEC 815).
- 4 En caso de que la contaminación sea sumamente severa, la distancia específica de fuga mínima nominal de 31 mm/kV puede no ser adecuada. Dependiendo de las experiencias en campo y/o de los resultados de las pruebas de laboratorio, se pueden usar valores superiores a 31 mm/kV, aunque en algunos casos es adecuado considerar la práctica de algún programa de mantenimiento como el lavado o el uso de recubrimientos (IEC 815).
- 5 Este valor no aparece en la publicación IEC-815 de 1986, sin embargo, está considerado dentro de los documentos de soporte técnico para la revisión de esta publicación. Cfr. R. G. Houlgate "Polluted Insulator Application Guide" CIGRE Task Force 33.04.01, March 1995.

5.4 Determinación del Número de Aisladores de una Cadena en Función de la Distancia Específica de Fuga

El cálculo del número de aisladores, tomando en cuenta el efecto de la contaminación, puede realizarse con los valores de la distancia específica de fuga mínima nominal de cada uno de los niveles de contaminación esperados y utilizando las siguientes expresiones:

$$D_{tc} = D_{tmin} V_m^k$$

donde:

- D_{tc} = Distancia de fuga total de la cadena en mm
- D_{tmin} = Distancia de fuga mínima nominal en mm/kV, tomada de la tabla 5.2
- V_m = Voltaje máximo del sistema en kV
- k = Factor de corrección por diámetro que toma el valor de 1 para el caso de aisladores de suspensión.

y

$$NA = \frac{D_{tc}}{D_{cat}}$$

donde:

- NA = Número de aisladores de la cadena
- D_{cat} = Distancia de fuga del aislador seleccionado, tomado de los datos de catálogo del fabricante, en mm.

Es conveniente aclarar que:

- a) Aunque se ha observado que, en la mayoría de los casos, hay una mejora operacional del aislamiento cuando se instala en posición inclinada u horizontal, no debe emplearse ningún factor de corrección por posición.
- b) En caso de aislamiento de equipo, debe usarse el Voltaje Máximo de Diseño del equipo (V_d) en lugar de V_m .
- c) Cuando se trata de aisladores tipo poste el factor de corrección k puede adoptar los siguientes valores:

$$\begin{aligned} k &= 1 && \text{para } D_m < 300 \\ k &= 1.10 && \text{para } 300 \leq D_m \leq 500 \\ k &= 1.2 && \text{para } D_m > 500 \end{aligned}$$

en donde D_m es el diámetro promedio del aislamiento.

Aunado a lo anterior, la selección adecuada del número de aisladores, en función de la distancia específica de fuga, debe considerar que:

- a) Pueden existir limitaciones en las distancias dieléctricas de fase a tierra de las torres.
- b) Puede resultar poco atractivo, desde el punto de vista económico, instalar el número de aisladores calculados.

En estos casos, resulta conveniente valorar alguna de las opciones que se mencionarán en la sección 5.6.

5.5 Distancias Específicas de Fuga con Diferentes Opciones de Aislamiento

De la tabla 5.3 a la tabla 5.5 se muestran los valores de las distancias específicas de fuga por kV para cada nivel de tensión y diferentes niveles de contaminación, definidos conforme a la publicación IEC-815. Estos valores se dan considerando desde el mínimo hasta el máximo número de aisladores en las cadenas de 115, 230 y 400 kV, que emplea la CFE en sus líneas de transmisión de potencia. Se incluyen únicamente tres tipos de aisladores, los cuales pueden resultar más adecuados para su instalación, en base a sus características dimensionales. En el caso de las cadenas con aisladores tipo niebla (29SV111C y 32SPC111, dados con la nominación en centímetros), el número de aisladores considerado en la cadena incluye un aislador tipo estándar, conforme a la práctica de CFE para facilitar las labores de mantenimiento de las líneas.

5.6 Alternativas para Evitar el Flameo en Aisladores debido a Contaminación

En el fenómeno de flameo de aisladores contaminados intervienen tres agentes: alta tensión, depósitos contaminantes y humedad. Cuando se inhibe o se minimiza la acción de uno de los tres agentes anteriormente citados, en algunos casos, no existe probabilidad de que se presente el flameo por contaminación.

Las alternativas para evitar el flameo de los aisladores se puede dividir en tres grupos:

- a) Minimización de la acumulación del contaminante.
 - Lavado periódico
 - Perfiles aerodinámicos
- b) Reducción de los esfuerzos eléctricos.
 - Mayor número de aisladores en las cadenas
 - Aisladores con grandes distancias de fuga (aisladores tipo niebla)
 - Extensores de la distancia de fuga
- c) Prevención de la humectación de la capa contaminante

Esto se puede lograr con:

- Aisladores con propiedades semiconductoras
- Aisladores de tipo sintético
- Aisladores recubiertos con grasas de petróleo o silicón
- Aisladores con recubrimiento elastomérico de silicón

Antes de la aplicación de una alternativa, para evitar el flameo de los aisladores, se hace necesario un análisis técnico-económico de diversas opciones.

Para hacer una selección primaria del aislamiento para zonas con contaminación, internacionalmente se ha adoptado el criterio de la **distancia específica de fuga** en función de un nivel de contaminación. Este criterio, que se encuentra contenido en la publicación 215 de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), está basado en el valor del esfuerzo eléctrico superficial adecuado para un nivel dado de contaminación.

Tabla 5.3.- Distancias específicas de fuga para aislamiento en 115 kV.

TENSION NOMINAL DEL SISTEMA	TENSION MAXIMA DEL SISTEMA	NIVEL DE CONTAMINACION	mm/kV MINIMOS REQUERIDOS	AISLADORES		mm/kV OBTENIDOS DE FASE A TIERRA
				No.	TIPO*	
115 kV	123 kV	LIGERA	29	7	27SVC111	29
					28SC111C	42
					32SPC111	56
		MEDIA	35	8	27SVC111	33
					28SC111C	48
					32SPC111	64
		ALTA	43	9	27SVC111	37
					28SC111C	54
					32SPC111	73
MUY ALTA	54					

(*) Tipo de aislador abreviado con: las dos primeras cifras indicando el diámetro del aislador en centímetros, S - tipo suspensión, P - porcelana, V - vidrio, N - niebla, C - calavera y bola y los últimos tres dígitos indican la resistencia electromecánica en kilonewtons.

Tabla 5.4.- Distancias especificas de fuga para aislamiento en 230 kV.

TENSION NOMINAL DEL SISTEMA	TENSION MAXIMA DEL SISTEMA	NIVEL DE CONTAMINACION	mm/kV MINIMOS REQUERIDOS	AISLADORES		mm/kV OBTENIDOS DE FASE A TIERRA
				No.	TIPO	
230	245	LIGERA	28	14	27SVC111	29
					28SC111C	43
					32SPC111	58
		MEDIA	35	15	27SVC111	31
					28SC111C	45
					32SPC111	63
		ALTA	43	16	27SVC111	33
					28SC111C	49
					32SPC111	67
		MUY ALTA	54	16	27SVC111	33
					28SC111C	49
					32SPC111	67

Tabla 5.5.- Distancias específicas de fuga para aislamiento en 400 kV.

TENSION NOMINAL DEL SISTEMA	TENSION MAXIMA DEL SISTEMA	NIVEL DE CONTAMINACION	mm/kV MINIMOS REQUERIDOS	AISLADORES		mm/kV OBTENIDOS DE FASE A TIERRA
				No.	TIPO	
400	420	LIGERA	28	22	27SVC111	25
					28SV111C	40
					32SPC111	54
		MEDIA	35	23	27SVC111	28
					29SV111C	41
					32SPC111	57
		ALTA	43	24	27SVC111	29
					29SV111C	43
					32SPC111	59
		MUY ALTA	54	25	27SVC111	30
					28SV111C	46
					32SPC111	62
		MUY ALTA	25	27SVC111	31	
				28SV111C	47	
				32SPC111	64	

7. CASOS ESPECIALES EN LA OBTENCION DE LAS DISTANCIAS EN AIRE MINIMAS PERMISIBLES

La rigidez dieléctrica es una característica de los aislamientos de equipos eléctricos, ésta se representa con un valor de voltaje que al aplicarlo no produce el rompimiento del dieléctrico o descarga disruptiva. La rigidez dieléctrica se determina con pruebas con la aplicación de voltajes de impulso, como ejemplo tomemos el voltaje V_{50} el cual corresponde a aquel voltaje que el equipo soportará con un 50% de probabilidad de producir rompimiento del dieléctrico.

La coordinación de aislamiento es el balance entre los esfuerzos eléctricos sobre el aislamiento y el soporte del dieléctrico del aislamiento. El procedimiento de coordinación de aislamiento comprende la selección de voltajes de soporte de equipo eléctrico considerando los voltajes que puedan aparecer como transitorios en el sistema eléctrico. Para obtener una coordinación de aislamiento adecuada se deben de tomar en cuenta las características de los dispositivos que se usarán como protección.

La distancia dieléctrica en aire es uno de los parámetros prácticos de importancia en el diseño de la coordinación de aislamientos, esta distancia se determina a partir de pruebas del rompimiento en aire de diferentes tipos de electrodos bajo impulso por rayo.

Los aislamientos de fase a tierra y de fase a fase se definen de acuerdo a las distancias dieléctricas en aire como son las distancias entre fase y elemento conectado a tierra y entre fases, respectivamente.

El nivel básico de aislamiento al impulso por rayo, NBAI, se define como el voltaje al que se espera un 10% de probabilidad de flameo. El valor del NBAI se obtiene considerando una desviación estandar de 3% (σ) obtenida de la curva de probabilidad de flameo y a la tensión crítica de flameo al impulso, TCF o V_{50} . Este se obtiene con la siguiente relación:

$$NBAI = TCF(1.0 - 1.3\sigma)$$

con lo que resultaría como $NBAI = 0.961 TCF$, este valor es inferior que el TCF.

7.1 Distancias Mínimas en Aire

Las distancias críticas a tierra se calculan en base a la operación con impulso por descargas atmosféricas hasta los niveles de 230 kV, en niveles arriba de 230 kV se considera la operación por impulso de maniobras la predominante para el cálculo de las distancias críticas. En la sección 4.0 se describieron las formulaciones para la obtención de las distancias a tierra para diferentes tipos de entrehierros en aire.

La altura mínima de un conductor de una línea de transmisión con respecto al nivel de tierra se obtiene con la siguiente relación:

$$h=5.0-1.4d$$

donde d es la distancia de fase a tierra (metros). La longitud de la cadena de aisladores se determina considerando el tipo de configuración, el ángulo de oscilación de la cadena y la flecha (la cual depende del claro y esfuerzo mecánico como peso y fuerza del viento). La distancia mínima entre apoyos o entre aisladores, se puede obtener con la siguiente expresión:

$$D \geq n_v \sqrt{fL} - 0.012 V$$

donde:

n = factor que depende del material del conductor ($n = 0.6$ para conductor de aluminio y 0.5 para conductor de cobre o ACSR)

f = flecha del conductor (metros)

L = longitud de la cadena de aisladores (metros), $L = 0.0$ para aisladores tipo affiler.

V = tensión máxima de operación entre fases (kV)

Para líneas de transmisión que usan cadenas de aisladores en "V", la distancia D es la distancia entre centros de conductores y L es la distancia de fase a tierra. En los casos en que se tengan condiciones especiales en donde la suma de la flecha y la longitud de la cadena de aisladores en estructuras de suspensión sea mayor de 40 metros, la distancia D se obtiene como:

Para conductores de aluminio: $D \geq 3.80 - 0.012 V$

Para conductores de cobre o ACSR: $D \geq 3.2 - 0.012 V$

En la operación de líneas de transmisión se consideran diferentes casos especiales para cruzamientos y paralelismo entre líneas de transmisión. En los casos de cruzamiento con líneas de transmisión, calles públicas o carreteras, vías de ferrocarril, ríos navegables y otras líneas de energía o de comunicaciones, se deben de tomar medidas de seguridad en lo que respecta a las distancias mínimas en aire en donde la línea debe operar. También se deben de considerar estas medidas de seguridad para los casos de paralelismo entre líneas de alta tensión, con vías de ferrocarril, calles o carreteras, ríos navegables u otras líneas eléctricas, telegráficas o telefónicas. Estos casos especiales de cruzamiento y paralelismo se resumen a continuación:

- Línea de potencia
- Zona habitacional
- Río navegable
- Calles o carreteras
- Vías de ferrocarril
- Otras líneas eléctricas o de comunicaciones
- Ductos subterráneos

7.2 Cruzamiento de una Línea de Transmisión con una Vía de Ferrocarril no Electrificada

En el caso de líneas que cruzan vías de ferrocarril se debe guardar una distancia horizontal mínima a la vía y una altura de la línea con respecto a la vía, como se muestra en la **figura 7.1**. La altura mínima del conductor se obtiene como:

$$h=8.0-0.015 V$$

donde V es la tensión nominal de la línea entre fases en kV. Dependiendo de la orografía del terreno se pueden tener distancias horizontales de 3 m como mínimo.

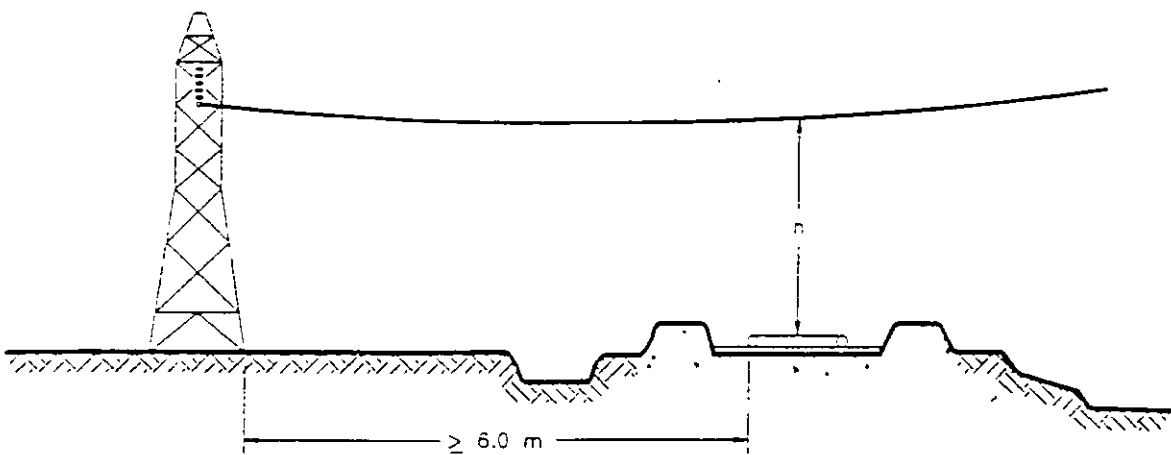


Figura 7.1.- Cruzamiento de una línea de transmisión con una vía de ferrocarril no electrificada

7.3 Cruzamiento de una Línea de Transmisión con una Vía de Ferrocarril Electrificada o Tranvía

En la **figura 7.2** se muestra el tipo de cruzamiento y la distancia horizontal mínima requerida. La distancia horizontal se estima como en el inciso anterior (≥ 6 m), la altura mínima del conductor de fase se obtiene de la siguiente fórmula:

$$d=1.5-0.015 V$$

para condiciones especiales se puede sustituir la constante de 1.5 por 1.0, y la distancia d se obtendría como:

$$d=1.0+0.015 V$$

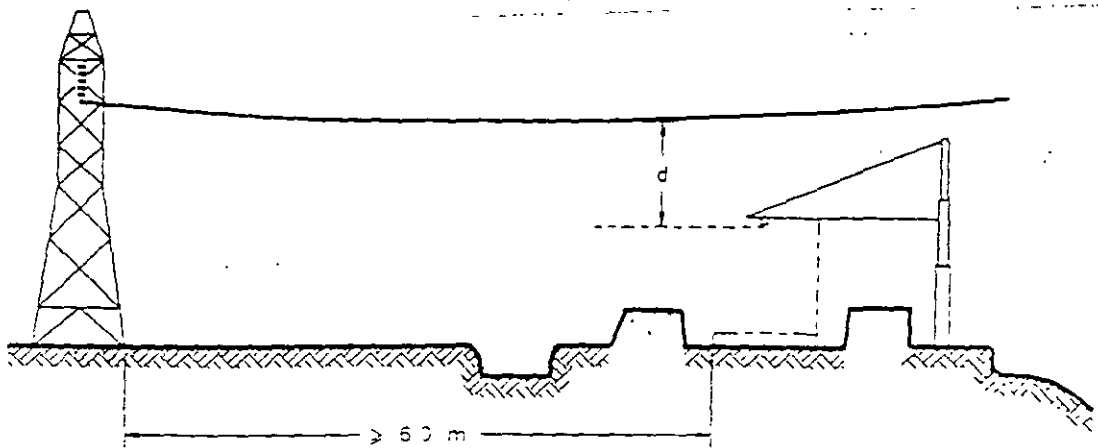


Figura 7.2.- Cruzamiento elevado de una línea de transmisión con una vía de ferrocarril electrificada o tranvía

7.4 Cruzamiento de una Línea de Transmisión por una Autopista, Carretera o Calle

En estos casos las distancias horizontales se rigen por las disposiciones civiles que se encuentren vigentes en las zonas y por reglamentos de obras públicas e instalaciones eléctricas. En la **figura 7.3** se muestran las distancias de fase a tierra y de estructura a inicio de autopista, carretera o calle. La altura mínima se puede calcular de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$h=7.0-0.005 \nabla$$

Para la distancia A se recomiendan los siguientes valores:

Para autopistas y carreteras: A=15.0 m

Para avenidas o calles principales en ciudades: A = 15.0 m

Para calles en poblados: A= 7.0 m

Para calles de poca importancia en poblados como condición excepcional: A = 3.0 m

En redes de distribución, en derivaciones en esquinas: A=0.2 m

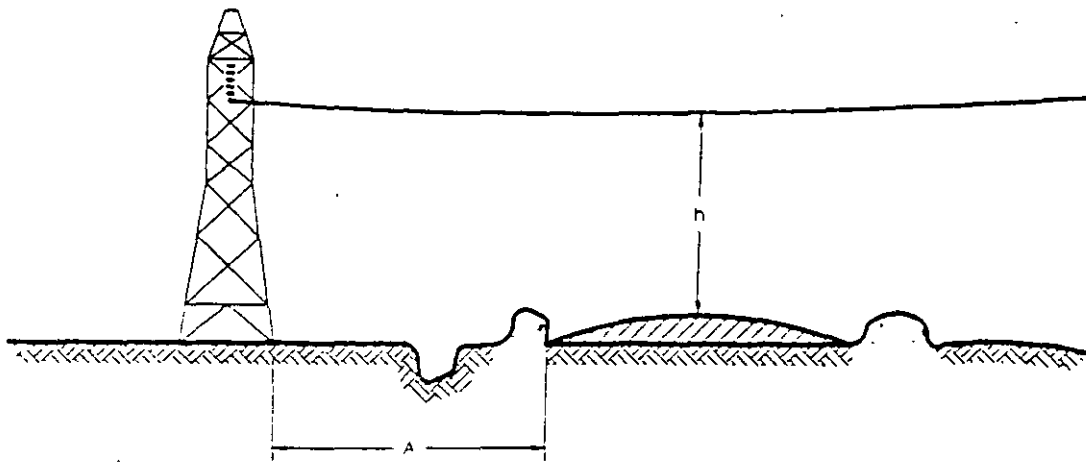


Figura 7.3.- Cruzamiento de una línea de transmisión por una autopista, carretera o calle

7.5 Cruzamiento de una línea de transmisión con un río navegable

En la figura 7.4 se muestra la disposición de las distancias mínimas horizontales de estructura a inicio de río y verticales o de alturas del nivel más alto del río a la fase mas baja. La distancia horizontal mostrada en la figura 7.4 se considera para el caso de ríos navegables por pequeñas embarcaciones (como lanchas o lanchones), en donde la altura h está dada por:

$$h = 7.0 + 0.015 V$$

Para el caso de ríos navegables por buques de gran calado se debe de tomar la distancia mínima, d, desde la parte más alta del buque (mástil) hasta la fase del conductor mas bajo dada por:

$$d = 3.0 - 0.01 V$$

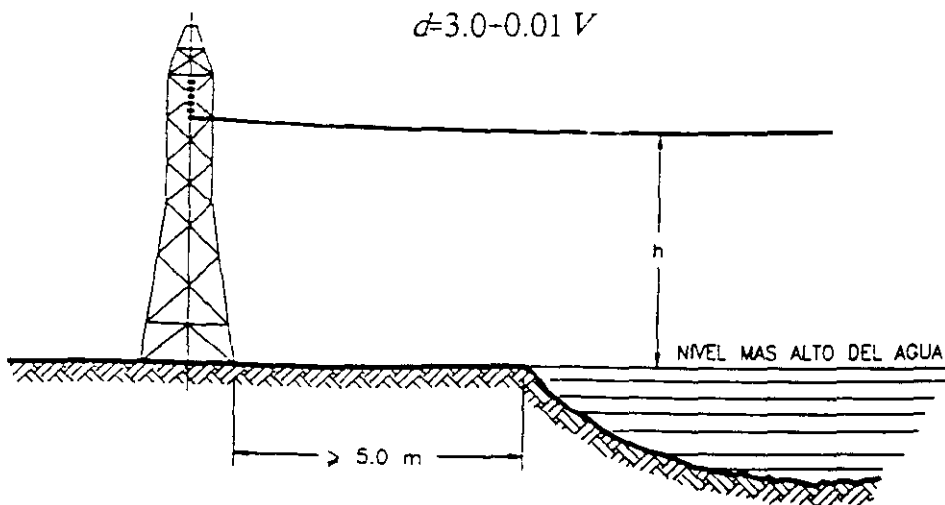


Figura 7.4.- Cruzamiento de una línea de transmisión con un río navegable

7.6 Cruzamiento entre Líneas de Transmisión

Se pueden presentar diferentes condiciones para el cruzamiento entre líneas, en general se recomienda que el ángulo de cruce entre líneas no sea menor de 45° entre ellas. En la **figura 7.5** se muestran las distancias entre el conductor más cercano y la estructura, indicada con la letra A y la distancia entre conductores que se cruzan indicada con la letra B.

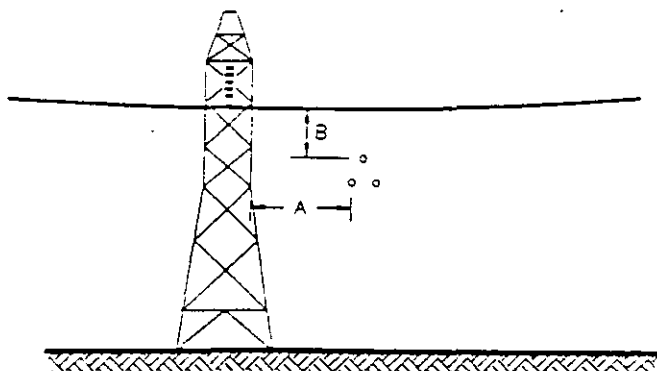


Figura 7.5.- Cruzamiento entre líneas de transmisión

Para líneas de tensión de hasta 161 kV fase a fase (línea que cruza), la distancia A se puede obtener como:

$$A \geq 3.0 + 0.015 V$$

Y para cualquier ángulo de cruzamiento, la distancia entre conductores, B, no debe ser menor a:

$$B \geq 1.5 - 0.02 V$$

donde V es la tensión en kV de fase a fase en la línea de tensión superior. Para líneas de transmisión de 230 kV y de 400 kV se emplean las siguientes expresiones:

$$A \geq 5.0 - \frac{V}{150}$$

y

$$B \geq 3.3 - \frac{V}{100}$$

donde V es la tensión máxima de diseño entre fases de la línea de transmisión de mayor tensión expresada en kV.

7.7 Líneas de Transmisión de Energía Paralelas

Para los casos en que dos líneas de transmisión sigan la misma dirección en secciones de derechos de vías compartidos o próximos se tiene un paralelismo entre líneas. Con excepción de las zonas de acceso a subestaciones eléctricas y plantas generadoras, las distancias mínimas entre líneas construídas en paralelo deben de guardar una distancia mínima entre conductores más próximos de 1.5 veces la altura del conductor más alto. En la **figura 7.6** se muestran las distancias entre conductores más próximos, d , y la altura del conductor, h .

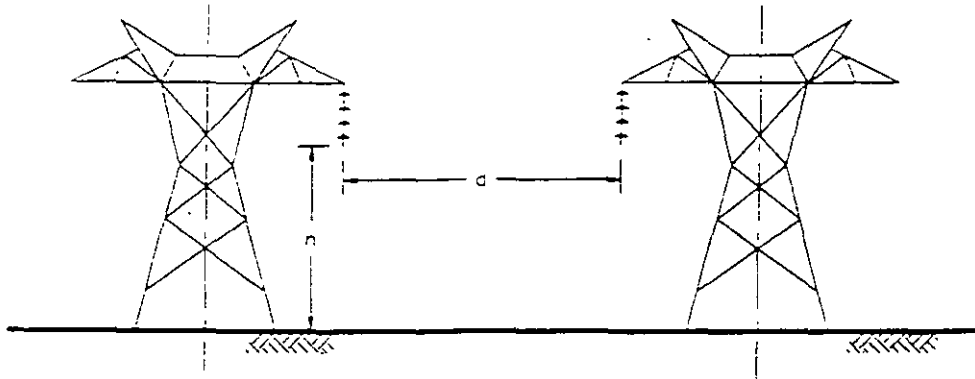


Figura 7.6.- Líneas de transmisión de energía paralelas

Para el caso en que se tengan dos sistemas compartiendo las mismas estructuras, como se muestra en la **figura 7.7**, el tendido de estas líneas sobre apoyos comunes se recomienda solo para sistemas de un mismo tipo de corriente (continua o alterna y a la misma frecuencia), la distancia mínima vertical entre conductores de ambas líneas en los puntos de apoyo y en las condiciones más desfavorables se deben obtener con las expresiones siguientes:

Para sistemas de hasta 69 kV: $d \geq 1.5 + V/100$ (metros)

Para sistemas superiores a 69 kV: $d \geq 3.3 + V/100$ (metros)

donde V es el voltaje de fase a fase (kV) de la línea de mayor tensión.

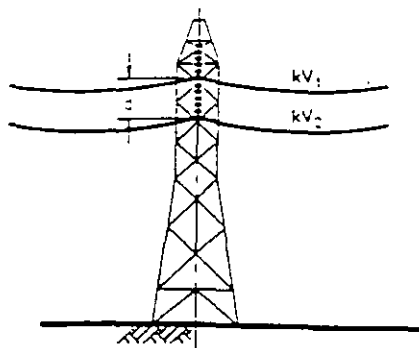


Figura 7.7.- Dos sistemas compartiendo la misma estructura

7.8 Líneas de Transmisión Paralelas a Líneas de Telecomunicación

El paralelismo entre líneas de transmisión de energía y líneas de telecomunicación (telefónicas y telegráficas) debe de evitarse en lo posible. Una de las razones primordiales para esta recomendación es la interferencia electromagnética sobre el sistema de telecomunicaciones producida por el sistema de alto voltaje (categorías B y C). En los casos en que se construyan con estas características se debe de mantener una distancia mínima, entre los trazos de los conductores más próximos de una y otra línea, igual a 1.5 veces la altura del conductor más alto de cualquiera de las líneas, **figura 7.8**. Además de que se tendrá que revisar el diseño y las distancias entre líneas de manera que se tengan los mínimos niveles de interferencia electromagnética permisibles en el sistema de telecomunicaciones. En la **figura 7.8** se muestran las alturas de los conductores de ambos sistemas, h_1 y h_2 , y la distancia entre conductores más próximos de ambos sistemas, d . En donde la distancia d (en metros) está dada por:

$$d \geq 1.5h_1$$

y

$$h_1 > h_2$$

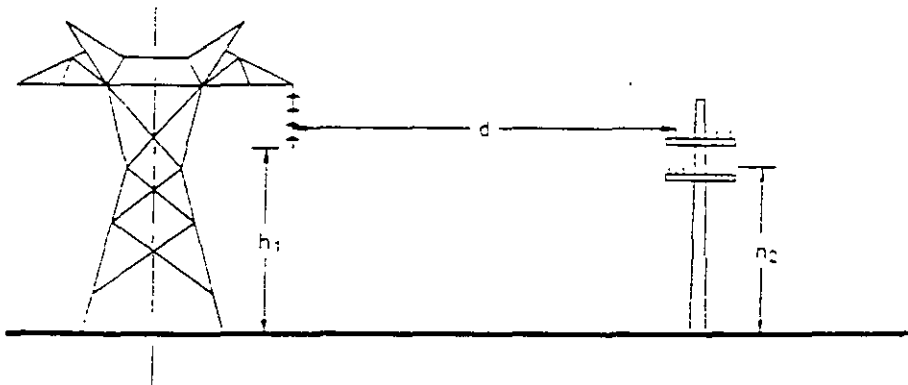


Figura 7.8.- Líneas de transmisión paralelas a líneas de telecomunicación

7.9 Paralelismo entre Líneas de Transmisión y Vías de Comunicación

Para el caso de líneas de transmisión que corran paralelas a vías de comunicación, calles, carreteras, autopistas y avenidas importantes en centros urbanos, deberán cumplir con las distancias entre extremos de estructuras y extremo de la calle o avenida. En la **figura 7.9** se muestra la distancia entre extremo de línea y extremo de calle, estas distancias deberán ser mayores a las que se enlistan a continuación :

Para carreteras y autopistas: $d \geq 25.0$ m

Para carreteras vecinales, avenidas
y calles principales en zonas urbanas: $d \geq 15.0$ m

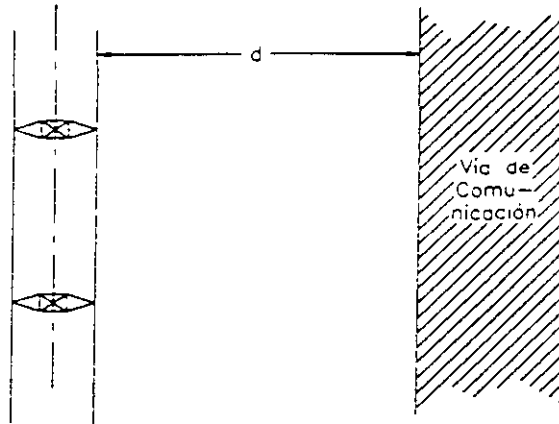


Figura 7.9.- Paralelismo entre líneas de transmisión y vías de comunicación

7.10 Líneas Paralelas a Vías de Ferrocarril o Cursos de Agua Navegables

Para estos casos se recomienda una distancia entre conductor extremo y extremo más cercano de la vía, conductor o cauce, superior a 25 metros. Esta distancia se podrá reducir sólo en circunstancias topográficas excepcionales y previa justificación técnica.

7.11 Cruce de Líneas de Transmisión por Zonas de Bosques, Árboles y Masas de Arbolado

En la figura 7.10 se muestra la distancia entre la línea de transmisión y la zona arbolada. la distancia toma en cuenta la posición del conductor con el máximo ángulo de oscilación en la línea de transmisión. Esta distancia se obtiene con la siguiente expresión:

$$d \geq 1.5 + \frac{V}{150}$$

donde V es la tensión nominal de fase a fase en kV. Adicionalmente se recomienda cortar todo árbol que constituya un peligro para la seguridad de la línea, esto puede ser debido a su posición inclinada. Se está considerando el crecimiento de los árboles en un periodo de 5 años.

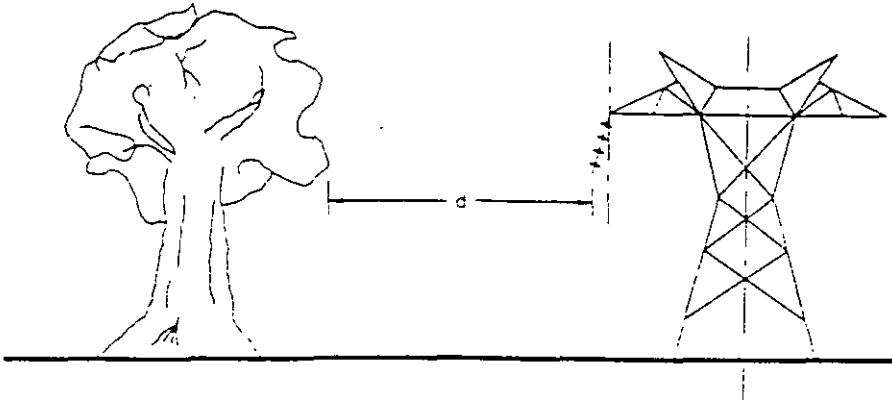


Figura 7.10.- Cruce de líneas de transmisión por zonas de bosques, árboles y masas de arbolado

7.12 Cruce de Líneas de Transmisión por Edificios, Construcciones y Zonas Urbanas

En los casos en que una línea de transmisión atraviese zonas urbanas o construcciones con edificios, se deben conservar distancias entre el conductor más cercano a la construcción y la esquina del edificio más cercana a la línea, como se observa en la **figura 7.11** y se describen con las expresiones siguientes, para puntos accesibles a personas se tiene:

$$d \geq 3.3 + \frac{V}{100}$$

esta distancia debe ser mayor de 2.0 metros para la categoría A (de 4.4 kV a 52 kV); 5.0 m para la categoría B (de 69 kV a 230 kV) y 7.0 m para la categoría C (de 400 kV a 765 kV) Para puntos no accesibles a personas tenemos la expresión:

$$d \geq 3.3 + \frac{V}{150}$$

esta distancia debe ser mayor de 2.0 m para la categoría A; 4.0 m para la categoría B y de 6.0 m para la categoría C.

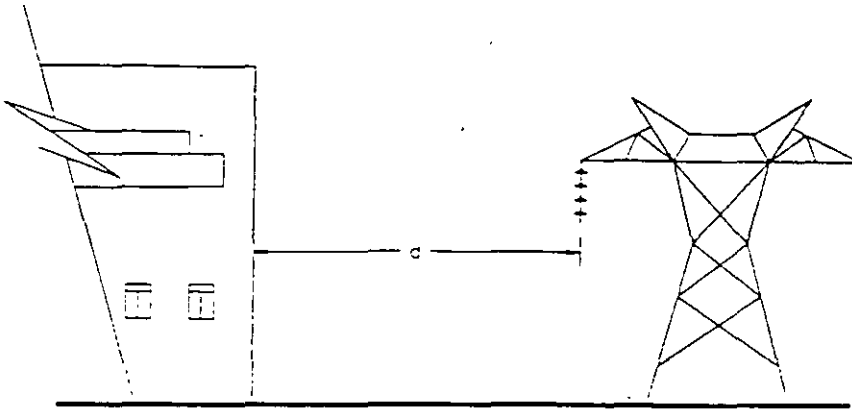


Figura 7.11.- Cruce de líneas de transmisión por edificios, construcciones y zonas urbanas

7.13 Derechos de Vía Compartidos con Ductos Subterráneos

Las líneas de transmisión comparten derechos de vía con ductos subterráneos (gasoductos u otro tipo de ducto metálico) en zonas en donde no se puede evitar la separación de derechos de vía. En este ambiente se generan campos electromagnéticos por las corrientes y voltajes de las líneas de transmisión de energía. Cuando el ducto corre paralelo a la línea de transmisión por cierta distancia, se pueden inducir voltajes en el ducto metálico debido al campo electromagnético producido por la o las líneas de transmisión.

Otro de los modos de acoplamiento en derechos de vía compartidos, se puede presentar por conducción a través del terreno. Existe la posibilidad de que corrientes de falla a tierra ocurran en torres cercanas a tuberías enterradas, con la consecuencia de generar potenciales cerca de la superficie del tubo. Estos potenciales son capaces de romper el dieléctrico de la cubierta aislante del tubo. Se puede tomar un valor típico de entre 2.0 a 3.0 kV de rompimiento del dieléctrico de la cubierta del tubo, con fines de evaluación de daño por este tipo de corrientes.

Desde el punto de vista de seguridad de personal se considera un voltaje máximo permisible de 15 V en la tubería. El método más eficiente de reducción del voltaje inducido es aumentar la distancia de separación entre la línea de transmisión y el ducto, cuando esta separación no es práctica, se usan técnicas de aterrizamiento de la tubería.

Para evitar los efectos de altos potenciales debido a condiciones de corriente de falla a tierra, se recomienda una separación de 10 m entre el sistema de tierras de la línea de transmisión (contraantenas y varillas de tierra) y la tubería. Aumentando el aislamiento de la línea no minimiza el efecto de la corriente de falla en la tubería, pero disminuye la probabilidad de que la falla ocurra en estos puntos.

Normalmente los ductos metálicos subterráneos se tienen protegidos contra corrosión con sistemas de protección catódica. Estos sistemas usan ánodos de sacrificio (magnesio o zinc) conectados en intervalos a lo largo de cierta longitud del ducto o concentrados. Si los ánodos son concentrados cerca de la línea de transmisión, esta protección puede producir corrosión de las bases de las torres de transmisión, sistemas de tierra y guías de anclas de torre

APENDICE C

CALCULO DE LONGITUDES DE AISLAMIENTO PARA CONDICIONES DE SOBRETENSIONES POR DESCARGAS ATMOSFERICAS, CORRECCIONES AMBIENTALES Y NIVELES DE CONTAMINACION. EJEMPLOS DE APLICACION

En esta sección se da un ejemplo de aplicación sobre la determinación de las distancias mínimas entre conductores de fase y partes aterrizadas, considerando las sobretensiones de origen atmosférico en líneas de transmisión de 115 kV, 230 kV y 400 kV así como la corrección de las distancias por factores ambientales. Posteriormente se realiza el ejemplo para condiciones de contaminación.

C.1. Cálculo de la Longitud de Cadena de Aisladores para Condiciones Ambientales Normalizadas

Se consideran las condiciones atmosféricas normalizadas con presión atmosférica de 1013 mbar, humedad absoluta de 11 gr/m³ y temperatura de 20°C

PARA UNA LINEA DE 115 kV:

1. El nivel básico de aislamiento al impulso por rayo, **NBAI**, se obtiene por medio de la **tabla 4.2** (página 48), en donde encontramos que para una línea de 115 kV tenemos un nivel básico de aislamiento al impulso tipo rayo (NBAI), en un intervalo de aire, de 550 kV.

2. Por otro lado, el nivel básico de aislamiento al impulso debido a sobretensiones de origen atmosférico, (NBAI o $V_{10\%}$) está dada por la expresión:

$$V_{10\%} = V_{50\%} (1 - 1.3\sigma)$$

donde σ es igual a 3%, por lo que el NBAI es igual a $0.961 \times V_{50\%}$, donde $V_{50\%}$ es el **voltaje crítico de flameo, obtenido como el 50% de probabilidad de flameo del aislamiento eléctrico para condiciones atmosféricas normalizadas**. Por lo que el voltaje crítico de flameo al impulso por rayo se obtiene como:

$$V_{50\%} = V_{10\%} / (1 - 1.3\sigma) = 550 / 0.961 = 572.32 \text{ kV}$$

3. Para el cálculo de la longitud de aislamiento podemos usar la siguiente expresión, (descrita en la sección 4.2, página 46):

$$V_{50\%} = k_r d \quad (\text{kV})$$

donde "k_r" es un factor geométrico de entrehierros que se obtiene de la **tabla 4.1** (página 47) y que depende del tipo de torre empleada; "d" es la distancia mínima entre conductores de fase y partes aterrizadas, expresada en metros. Para nuestro ejemplo tenemos que k_r = 550. Por lo que la distancia se obtiene como:

$$d = V_{50\%} / k_r = 572.32/550 = 1.04 \text{ m}$$

Por lo que la distancia mínima requerida de fase a tierra para la línea de 115 kV será de 1.04 m

PARA UNA LINEA DE 230 kV:

1. Por medio de la **tabla 4.2** encontramos que para una línea de 230 kV tenemos un nivel básico de aislamiento a impulso por rayo (NBAI) de 1050 kV.

2. El nivel básico de aislamiento al impulso debido a sobretensiones de origen atmosférico. (NBAI o V_{10%}) está dada por la expresión:

$$V_{10\%} = V_{50\%}(1 - 1.3\sigma)$$

donde σ es igual a 3%, por lo que el NBAI es igual a 0.961xV_{50%}. Por lo que el voltaje crítico de flameo al impulso por rayo se obtiene como:

$$V_{50\%} = V_{10\%} / (1 - 1.3\sigma) = 1050/0.961 = 1092.61 \text{ kV}$$

3. Para el cálculo de la longitud de aislamiento podemos usar la siguiente expresión, (descrita en la sección 4.2, página 46):

$$V_{50\%} = k_r d \quad (\text{kV})$$

donde "k_r" es un factor geométrico de entrehierros que se obtiene de la **tabla 4.1** (página 47) y que depende del tipo de torre empleada; "d" es la distancia mínima entre conductores de fase y partes aterrizadas, expresada en metros. Para nuestro ejemplo tenemos que k_r = 550. Por lo que la distancia se obtiene como:

$$d = V_{50\%} / k_r = 1092.61/550 = 1.986 \text{ m}$$

Por lo que la distancia mínima requerida de fase a tierra para la línea de 230 kV será de 1.986 m.

PARA UNA LINEA DE 400 kV:

1. Por medio de la **tabla 4.2** encontramos que para una línea de 400 kV tenemos un nivel básico de aislamiento al impulso (NBAI) de 1425 kV.
2. El nivel básico de aislamiento al impulso debido a sobretensiones de origen atmosférico, (NBAI o $V_{10\%}$) está dada por la expresión:

$$V_{10\%} = V_{50\%}(1 - 1.3\sigma)$$

donde σ es igual a 3%, por lo que el NBAI es igual a $0.961 \times V_{50\%}$. El voltaje crítico de flamao al impulso por rayo se obtiene como:

$$V_{50\%} = V_{10\%} / (1 - 1.3\sigma) = 1425 / 0.961 = 1482.83 \text{ kV}$$

3. Para el cálculo de la longitud de aislamiento podemos usar la siguiente expresión, (descrita en la sección 4.2, página 46):

$$V_{50\%} = k_r d \quad (\text{kV})$$

donde "k_r" es un factor geométrico de entrehierros que se obtiene de la **tabla 4.1** (página 47) y que depende del tipo de torre empleada; "d" es la distancia mínima entre conductores de fase y partes aterrizadas, expresada en metros. Para nuestro ejemplo tenemos que $k_r = 550$. Por lo que la distancia se obtiene como:

$$d = V_{50\%} / k_r = 1482.83 / 550 = 2.696 \text{ m}$$

Por lo que la distancia mínima requerida de fase a tierra para la línea de 400 kV será de 2.696 m.

C.2. Corrección de la Longitud de Aislamiento por Condiciones Atmosféricas no Normalizadas

El siguiente paso es corregir los valores del nivel básico de aislamiento a impulso (NBAI), para los distintos niveles de operación, debido a los efectos ambientales en los que operaran las líneas de transmisión. Esto se realiza con base en lo expresado en la sección 6.1. Se consideran dos factores de corrección por condiciones atmosféricas, el primer factor es por la densidad del aire ó por presión atmosférica y el segundo factor es por la humedad del ambiente.

1. El **factor de corrección por la densidad del aire (K_{da})** se obtiene por medio de la ecuación descrita en la sección 6.1 (página 63) como:

$$K_{da} = [b/b_0]^m * [(273 + T_0)/(273 + T)]^n$$

donde:

T = temperatura ambiente en grados centígrados

b = presión atmosférica en mbar

T₀ = temperatura ambiente a condiciones estándar (20° C)

b₀ = presión atmosférica a condiciones estándar (1013 mbar)

m, n = factores dependientes de la polaridad, tipo de tensión de prueba, forma de los electrodos y distancia disruptiva (igual a 1 para impulso por rayo).

Los factores de "m" y "n" tienen un valor de uno para impulso por rayo. Supongamos que la temperatura ambiente en la cual operará la línea es de 18.5°C y la presión atmosférica de 845 mbar, correspondiente a una altitud de 1500 msnm.

Entonces, el factor de corrección por la densidad del aire queda de la siguiente manera.

$$K_{da} = [845/1013]^1 \cdot [(273+20)/(273+18.5)]^1 \quad K_{da} = 0.8384$$

Con el valor de la altitud y/o de la presión atmosférica se puede obtener el valor del factor de corrección por presión atmosférica, K_{da}, tomando directamente el valor de la **tabla 6.1**, página 64. El cual nos da un valor de K_{da} = 0.834, aproximadamente igual al calculado.

2. El factor de corrección por humedad (K_h) se obtiene por medio de la ecuación:

$$K_h = K^w$$

donde "w" es un factor que depende de la geometría de entrehierros, el cual se obtiene de la **tabla 6.2**, página 65, para una configuración de electrodos punta-punta w = 1.0.

"K" es un factor que depende de la humedad absoluta, cuyo valor se obtiene de las gráficas mostradas en las **figuras 6.1 y 6.2**, página 66. Para leer el factor de "K" se debe conocer la humedad absoluta del sitio en gr/m³ que se obtiene de la gráfica en la **figura 6.2**, cuyos parámetros son la temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo del lugar en grados centígrados y la humedad relativa del aire del lugar donde se encontrará la línea de transmisión. Para nuestro ejemplo tomamos los datos correspondientes a una altitud aproximada de 1500 msnm (metros sobre el nivel del mar), obteniendo los siguientes datos:

- * humedad relativa del aire es del 65%
- * temperatura de bulbo seco de 18.5°C
- * temperatura de bulbo húmedo 15°C

Con los valores anteriores y con la **figura 6.2**, obtenemos la humedad absoluta del lugar con un valor de 11 gr/m³.

Teniendo el valor de la humedad absoluta del lugar y por medio de la figura 6.1. obtenemos el valor de "K":

$$K = 0.995$$

por lo que el factor de corrección por humedad queda de la siguiente manera.

$$K_a = K^* = (0.995)^{-2} \quad ; \quad K_h = 0.995$$

3. Obtenidos los factores de corrección por condiciones atmosféricas, podemos corregir los valores de las distancias en aire con la expresión descrita en la pagina 67 como:

$$d_{ca} = V_{50\%} / K \cdot K_{ca} \quad \text{conde } K_{ca} = K_{ca} / K_h = 0.8426$$

sustituyendo los valores, tenemos

PARA LA LINEA DE 115 kV

$$d_{ca} = 572.32 / (550 \times 0.8426) \quad d_{ca} = 1.235 \text{ m} \quad (\text{que sustituye a } 1.04)$$

PARA LA LINEA DE 230 kV

$$d_{ca} = 1092.61 / (550 \times 0.8426) \quad d_{ca} = 2.357 \text{ m} \quad (\text{que sustituye a } 1.986)$$

PARA LA LINEA DE 400 kV

$$d_{ca} = 1482.83 / (550 \times 0.8426) \quad d_{ca} = 3.199 \text{ m} \quad (\text{que sustituye a } 2.696)$$

El número de aisladores tipo 27SVC111, 28SV111C ó 32SPC111 necesarios para cumplir con la distancia mínima establecida, tomando en cuenta las correcciones por efectos ambientales, será:

$$NA = d_{ca} / d_{ais}$$

donde " d_{ais} " es la distancia longitudinal del aislador, que para estos tipos de aisladores es de 0.146 m. Por lo tanto

$$\text{PARA LA LINEA DE 115 kV} \quad NA = 1.235 / 0.146 \quad \approx 9 \text{ unidades}$$

$$\text{PARA LA LINEA DE 230 kV} \quad NA = 2.357 / 0.146 \quad \approx 16 \text{ unidades}$$

$$\text{PARA LA LINEA DE 400 kV} \quad NA = 3.199 / 0.146 \quad \approx 22 \text{ unidades}$$

Nota: En estos ejemplos no se consideró el factor de seguridad de 1.05 (por geometría variable)

C.3. Determinación del Número Mínimo de Aisladores de una Cadena tomando en Cuenta la Contaminación Ambiental de la Zona donde se Encontrará la Línea

PARA UNA LINEA DE 115 KV

1. **Nivel de contaminación ligero.**- De la tabla 5.3 (4ª columna), página 58, obtenemos que para un nivel de contaminación ligero la distancia de fuga mínima nominal, D_{imn} , debe ser de 28 mm/kV, mientras que el voltaje máximo del sistema fase a tierra es de $123/\sqrt{3}$. Por lo que, de acuerdo a lo expresado en la sección 5.4, página 56, la distancia de fuga total de la cadena (D_{it}), debe ser:

$$D_{it} = D_{imn} \cdot V_m \cdot k = (28) (123/\sqrt{3}) (1) = 1988.4 \text{ mm.}$$

Mientras que el número de unidades en la cadena dependerá del tipo de aislador a utilizar, tenemos que la distancia de fuga de las unidades (D_{cat}) se obtendrán por catálogos. Para el ejemplo utilizaremos los siguientes tipos.

TIPO	D_{cat} (mm)
27SVC111	292
28SV111C	445
32SPC111	612

Por lo que el número de unidades necesarias para la cadena de aisladores para una línea de 115 kV y un nivel de contaminación ligero, será calculado con la ecuación descrita en la sección 5.4, página 56, como

$$NA = D_{it} / D_{cat}$$

Para el caso de los aisladores tipo 27SVC111 se considera la distancia de fuga del aislador tipo normalizado, por lo que,

$$NA = D_{it} / D_{cat} = 1988.4 / 292 \approx 7 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

2. **Nivel de contaminación medio.**- De manera similar que el punto anterior, tenemos que para este nivel la D_{imn} debe ser de 35 mm/kV (tabla 5.3), por lo que:

$$D_{it} = D_{imn} \cdot V_m \cdot k = 35 \times 123/\sqrt{3} \times 1 = 2485.5 \text{ mm}$$

Entonces, el número de unidades en la cadena de aisladores para una línea de 115 kV y en un nivel de contaminación medio, será:

$$NA = D_{it} / D_{cat} = 2485.5 / 292 \approx 9 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

3. Nivel de contaminación alto.- Para este nivel, tenemos que la D_{min} (tabla 5.3), debe ser de 43 mm/kV, por lo que:

$$D_{icc} = D_{min} \cdot V_m \cdot k = 45 \times 123/\sqrt{3} \times 1 = 3053.6 \text{ mm}$$

Entonces, el número de unidades en la cadena de aisladores para una línea de 115 kV y en un nivel de contaminación alto, será:

$$NA = D_{icc}/D_{cat} = 3053.6/292 \approx 11 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

Por limitaciones en las distancias en aire, se usan aisladores con mayor distancia de fuga y conservando un aislador estándar (27SVC111) al final de la cadena (práctica común en C.F.E.), como se muestra a continuación:

$$NA = D_{icc}/D_{cat} = (3053.6 - 292)/445 \approx 7 \text{ aisladores tipo 28SV111C y un aislador tipo 27SVC111}$$

4. Nivel de contaminación muy alto.- Para este nivel, tenemos que la D_{min} (tabla 5.3), debe ser de 54mm/kV, por lo que:

$$D_{icc} = D_{min} \cdot V_m \cdot k = 54 \times 123/\sqrt{3} \times 1 = 3834.7 \text{ mm}$$

Entonces, el número de unidades en la cadena de aisladores para una línea de 115 kV y en un nivel de contaminación muy alto, será:

$$NA = D_{icc}/D_{cat} = 3834.7/292 \approx 14 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

Como alternativa por limitaciones en las distancias en aire y usando la práctica de un aislador estándar al final de la cadena de aisladores, tenemos:

$$NA = D_{icc}/D_{cat} = (3834.7 - 292)/445 \approx 8 \text{ aisladores tipo 28SV111C y un aislador tipo 27SVC111}$$

$$NA = D_{icc}/D_{cat} = (3834.7 - 292)/612 \approx 6 \text{ aisladores tipo 32SPC111 y un aislador tipo 27SVC111}$$

PARA UNA LINEA DE 230 kV

1. Nivel de contaminación ligero.- De la tabla 5.4 (4ª columna), página 59, obtenemos que para un nivel de contaminación ligero la distancia de fuga mínima nominal, D_{min} , debe ser de 28 mm/kV, mientras que el voltaje máximo del sistema fase a tierra es de $245/\sqrt{3}$. Por lo que, de acuerdo a lo expresado en la sección 5.4, página 56, la distancia de fuga total de la cadena (D_{icc}), debe ser:

$$D_{fic} = D_{lmn} V_m k = (28) (245/\sqrt{3}) (1) = 3960.62 \text{ mm}$$

Mientras que el número de unidades en la cadena dependerá del tipo de aislador a utilizar, tenemos que la distancia de fuga de las unidades (D_{cat}) se obtendrán por catálogos. Para el ejemplo utilizaremos los tipos enlistados a continuación

TIPO	D_{cat} (mm)
27SVC111	292
28SV111C	445
32SPC111	612

Por lo que el número de unidades necesarias para la cadena de aisladores para una línea de 230 kV y un nivel de contaminación ligero, será calculado con la ecuación descrita en la sección 5.4, página 56, como:

$$NA = D_{fic} / D_{cat}$$

Para el caso de los aisladores tipo 27SVC111 se considera la distancia de fuga del aislador tipo normalizado, por lo que:

$$NA = D_{fic} / D_{cat} = 3960.62 / 292 = 15 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

2. Nivel de contaminación medio.- De manera similar que el punto anterior, tenemos que para este nivel la D_{lmn} debe ser de 35 mm/kV (tabla 5.4), por lo que:

$$D_{fic} = D_{lmn} V_m k = 35 \times 245/\sqrt{3} \times 1 = 4950.78 \text{ mm}$$

Entonces, el número de unidades en la cadena de aisladores para una línea de 230 kV y en un nivel de contaminación medio, será:

$$NA = D_{fic} / D_{cat} = 4950.78 / 292 = 17 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

Por limitaciones en las distancias en aire, se usan aisladores con mayor distancia de fuga y conservando un aislador estándar (27SVC111) al final de la cadena (práctica común en C.F.E.), como se muestra a continuación:

$$NA = D_{fic} / D_{cat} = (4950.78 - (12 \times 292)) / 445$$

$$= 4 \text{ aisladores tipo 28SV111C y 12 aisladores tipo 27SVC111}$$

3. Nivel de contaminación alto.- Para este nivel, tenemos que la D_{lmn} (tabla 5.4), debe ser de 43 mm/kV, por lo que:

$$D_{fic} = D_{lmn} V_m k = 43 \times 245/\sqrt{3} \times 1 = 6365.3 \text{ mm}$$

Entonces, el número de unidades en la cadena de aisladores para una línea de 230 kV y en un nivel de contaminación alto, será:

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = 6365.3 / 292 = 22 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

Por limitaciones en las distancias en aire, se usan aisladores con mayor distancia de fuga y conservando un aislador estándar (27SVC111) al final de la cadena (práctica común en C.F.E.), como se muestra a continuación:

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = (6365.3 - 292) / 445 = 13 \text{ aisladores tipo 28SV111C y un aislador tipo 27SVC111}$$

4. Nivel de contaminación muy alto.- Para este nivel, tenemos que la D_{imn} (tabla 5.4), debe ser de 54mm/kV, por lo que:

$$D_{itc} = D_{imn} V_m k = 54 \times 245 / 3 \times 1 = 7638.34 \text{ mm}$$

Entonces, el número de unidades en la cadena de aisladores para una línea de 230 kV y en un nivel de contaminación muy alto, será:

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = 7638.34 / 292 = 26 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

Como alternativa por limitaciones en las distancias en aire y usando la práctica de un aislador estándar al final de la cadena de aisladores, tenemos:

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = (7638.34 - 292) / 445 = 17 \text{ aisladores tipo 28SV111C y un aislador tipo 27SVC111}$$

$$NA = D_{itc} / D_{cat} = (7638.34 - (5 \times 292)) / 612$$

$$= 10 \text{ aisladores tipo 32SPC111 y 5 aisladores tipo 27SVC111}$$

PARA UNA LINEA DE 400 kV

1. Nivel de contaminación ligero.- De la tabla 5.5 (4ª columna), página 60, obtenemos que para un nivel de contaminación ligero la distancia de fuga mínima nominal, D_{imn} , debe ser de 28 mm/kV, mientras que el voltaje máximo del sistema fase a tierra es de $420 / \sqrt{3}$. Por lo que, de acuerdo a lo expresado en la sección 5.4, página 56, la distancia de fuga total de la cadena (D_{itc}), debe ser:

$$D_{itc} = D_{imn} V_m k = (28) (400 / \sqrt{3}) (1) = 6789.64 \text{ mm}$$

Mientras que el número de unidades en la cadena dependerá del tipo de aislador a utilizar, tenemos que la distancia de fuga de las unidades (D_{cat}) se obtendrán por catálogos. Para el ejemplo utilizaremos los siguientes tipos:

TIPO	D_{cat} (mm)
27SVC111	292
28SV111C	445
32SPC111	612

Por lo que el número de unidades necesarias para la cadena de aisladores para una línea de 400 kV y un nivel de contaminación ligero, será calculado con la ecuación descrita en la sección 5.5, página 60, como:

$$NA = D_{lic} / D_{cat}$$

Para el caso de los aisladores tipo 27SVC111 se considera la distancia de fuga del aislador tipo normalizado, por lo que:

$$NA = D_{lic} / D_{cat} = 6789.64 / 292 \quad \approx 23 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

2. Nivel de contaminación medio.- De manera similar que el punto anterior, tenemos que para este nivel la D_{lim} debe ser de 35 mm/kV (tabla 5.5), por lo que:

$$D_{lic} = D_{lim} V_m k = 35 \times 123 / 3 \times 1 = 8487.05 \text{ mm}$$

Entonces, el número de unidades en la cadena de aisladores para una línea de 400 kV y en un nivel de contaminación medio, será:

$$NA = D_{lic} / D_{cat} = 8487.05 / 292 \quad \approx 29 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

Por limitaciones en las distancias en aire, se usan aisladores con mayor distancia de fuga y conservando un aislador estándar (27SVC111) al final de la cadena (práctica común en C.F.E.), como se muestra a continuación:

$$NA = D_{lic} / D_{cat} = (8487.05 - (10 \times 292)) / 445$$

$$\approx 13 \text{ aisladores tipo 28SV111C y 10 aisladores tipo 27SVC111}$$

3. Nivel de contaminación alto.- Para este nivel, tenemos que la D_{lim} (tabla 5.5), debe ser de 43 mm/kV, por lo que:

$$D_{lic} = D_{lim} V_m k = 43 \times 420 / 3 \times 1 = 10911.92 \text{ mm}$$

Entonces, el número de unidades en la cadena de aisladores para una línea de 400 kV y en un nivel de contaminación alto, será:

$$NA = D_{req} / D_{cat} = 10911.92 / 292 \quad \approx 37 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

Por limitaciones en las distancias en aire, se usan aisladores con mayor distancia de fuga y conservando un aislador estándar (27SVC111) al final de la cadena (práctica común en C.F.E.), como se muestra a continuación:

$$NA = D_{req} / D_{cat} = (10911.92 - 292) / 445$$

$$\approx 23 \text{ aisladores tipo 28SV111C y un aislador tipo 27SVC111}$$

4. Nivel de contaminación muy alto.- Para este nivel, tenemos que la D_{min} (tabla 5.3), debe ser de 54 mm/kV, por lo que:

$$D_{req} = D_{min} \cdot V_T \cdot k = 54 \times 420 / 0.3 \times 1 = 13094.3 \text{ mm}$$

Entonces, el número de unidades en la cadena de aisladores para una línea de 400 kV y en un nivel de contaminación muy alto, será:

$$NA = D_{req} / D_{cat} = 13094.3 / 292 \quad \approx 45 \text{ aisladores tipo 27SVC111}$$

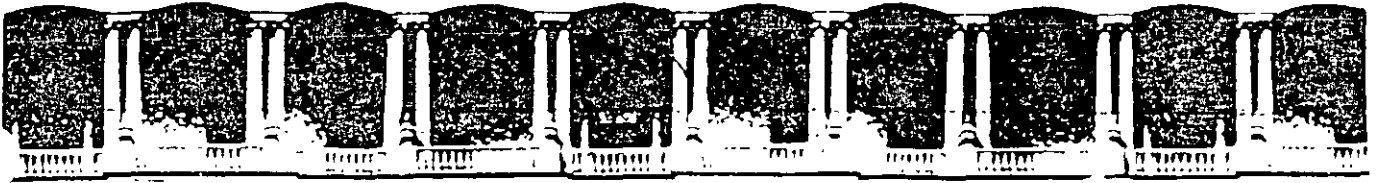
Como alternativa por limitaciones en las distancias en aire y usando la práctica de un aislador estándar al final de la cadena de aisladores, tenemos

$$NA = D_{req} / D_{cat} = (13094.3 - 292) / 445$$

$$\approx 28 \text{ aisladores tipo 28SV111C y un aislador tipo 27SVC111}$$

$$NA = D_{req} / D_{cat} = (13094.3 - (2 \times 292)) / 612$$

$$\approx 20 \text{ aisladores tipo 32SPC111 y 2 aisladores tipo 27SVC111}$$



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

MODULO III: DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE LINEAS DE TRANSMISION

TEMA

PROTECCIÓN ANTICORROSIVA PARA CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS DE LINEAS DE TRANSMISION

**PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE 2001.**

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD



PROTECCION ANTICORROSIVA PARA CIMENTACION DE ESTRUCTURAS DE LINEAS DE TRANSMISION

ESPECIFICACION
CFE D8CME-07

ENERO 1990
REVIS A LA EDICION DE
NOVIEMBRE DE 1986

MEXICO

P R E F A C I O

Esta especificación ha sido elaborada de acuerdo con las Bases Generales para la Normalización en CFE, habiendo preparado la propuesta de revisión la **Gerencia de Laboratorio**.

Participaron en la revisión y aprobación de la presente especificación las áreas que se indican a continuación:

GERENCIA DE DISTRIBUCION

GERENCIA DE LABORATORIO

GERENCIA DE PROYECTOS TERMoeLECTRICOS

GERENCIA DE PROYECTOS DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION

El presente documento normalizado entra en vigor a partir de la fecha abajo indicada y será actualizado y revisado tomando como base las observaciones que se deriven de la aplicación del mismo. Dichas observaciones deben enviarse a la Gerencia de Laboratorio, quien a través del Departamento de Normalización - - coordinará la revisión.

Esta especificación revisa y substituye a la edición de noviembre de 1986 y a todos los documentos normalizados de CFE relacionados con protección anticorrosiva para cimentación de estructuras de líneas de - - transmisión que se haya publicado, dentro del campo de aplicación del presente.

AUTORIZO:



ING. GUILLERMO GUERRERO VILLALOBOS
DIRECTOR GENERAL

C O N T E N I D O

1	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION	1
2	NORMAS QUE SE APLICAN	1
3	DEFINICIONES	1
3.1	Aluminotermia	1
3.2	Anodo	1
3.3	Cátodo	1
3.4	Efecto Pantalla	1
3.5	Electrodo de Referencia	1
3.6	Electrodo de Referencia Patrón de Cu/Cu SO4 (cobre/sulfato de cobre)	2
3.7	Electrólito	2
3.8	Galvánico	2
3.9	Ion	2
4	MEDICION DE RESISTIVIDAD DEL SUELO	2
4.1	Generalidades	2
4.2	Material y Equipo	2
4.3	Método	3
4.4	Errores	4
4.5	Criterios de Selección para protección Anticorrosiva de la Estructura	5
5	RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS	5
5.1	Generalidades	5
5.2	Aplicación	5
6	PROTECCION CATODICA	6
6.1	Generalidades	7
6.2	Material y Equipo de Pruebas (ver figura 5)	7
6.3	Medición del Potencial Natural-Suelo	7
6.4	Prueba de Requerimiento de Corriente para Protección Catódica	7
7	DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCION CATODICA	9
7.1	Criterio de Protección	9
7.2	Cálculo del Sistema de Protección Catódica	9
8	CARACTERISTICAS	13
8.1	Anodos de Magnesio	13
8.2	Anodos de Zinc	15
8.3	Soldadura y Moldes	16
8.4	Alambre Conductor	16
8.5	Conectores	16
8.6	Resistencias	16
8.7	Aislamientos Eléctricos	16
9	INSTALACION DE LA PROTECCION CATODICA	17
9.1	Excavación de Cepas para Anodos	17

**PROTECCION ANTICORROSIVA PARA CIMENTACION
DE ESTRUCTURAS DE LINEAS DE TRANSMISION**

**ESPECIFICACION
CFE D8CME-07**

9.2	Ranuras para el Alambrado	17
9.3	Cepas en la parte de la Estructura	17
9.4	Colocación de Anodos	17
9.5	Soldaduras	17
9.6	Conexión Provisional	26
10	VERIFICACION Y AJUSTE DEL SISTEMA DE PROTECCION CATODICA	26
10.1	Material y Equipo	27
10.2	Drenaje de Corriente Unitaria	27
10.3	Tiempo de Vida Esperado	27
10.4	Cálculo de Resistencia	27
10.5	Instalaciones de Resistencias	28
10.6	Empalme de Alambre Conductor	28
10.7	Potencial de Protección	29
10.8	Clasificación de los Sistemas de Protección Catódica	29
11	CONTROL DE LA OPERACION DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA	30
11.1	Objetivo	30
11.2	Prerequisitos	30
11.3	Material y Equipo	30
11.4	Procedimiento de Operación	30
12	MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA	31
12.1	Objetivo	31
12.2	Prerequisitos	31
12.3	Generalidades	31
12.4	Procedimientos	31
TABLA 1	Selección del tipo de protección para la estructura	6
TABLA 2	Factor de corrección (F) asociado con el peso de ánodo	11
TABLA 3	Valores de EP en función del número y material de los ánodos y para la distribución anódica en estructuras autosoportadas de líneas de transmisión	12
TABLA 4	Valores de la aleación de ánodos de magnesio	13
TABLA 5	Dimensiones nominales de ánodos de magnesio	14
TABLA 6	Valores de la aleación de ánodos de Zinc	15
TABLA 7	Fallas en electrodos de referencia de trabajo de cobre /sulfato de cobre (Cu/Cu SO4) saturado	32
FIGURA 1	Medición de la resistividad (vista de planta)	3
FIGURA 2	Medición de resistividad por el método " Wenner "	4
FIGURA 3	Verificación del ajuste del medidor de resistividad	5
FIGURA 4	Diagrama para medición de potencial	8

PROTECCION ANTICORROSIVA PARA CIMENTACION
DE ESTRUCTURAS DE LINEAS DE TRANSMISION

ESPECIFICACION
CFE D8CME-07-

FIGURA 5	Conexión del equipo para la prueba de requerimiento de corriente para la protección catódica	8
FIGURA 6	Ejemplo del trazo de una curva de polarización catódica para la evaluación de corriente de protección (I _p)	10
FIGURA 7	Sección transversal del ángulo de magnesio.	14
FIGURA 8	Instalación tipo II	18.
FIGURA 9	Instalación tipo III.	19
FIGURA 10	Instalación tipo IV.	20
FIGURA 11	Instalación tipo V	21
FIGURA 12	Instalación tipo VI.	22
FIGURA 13	Instalación tipo VII	23
FIGURA 14	Instalación tipo VIII	24
FIGURA 15	Instalación tipo IX.	25

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Esta especificación tiene por objeto establecer, la protección anticorrosiva de las partes enterradas de las estructuras metálicas de líneas de transmisión de la Comisión, sobre la base de los valores de la resistividad del suelo, tomada en el sitio donde se localiza la estructura.

2 NORMAS QUE SE APLICAN

CFE D8500-01-1986	Guía para la Selección y Aplicación de Recubrimientos Anticorrosivos.
CFE D8500-02-1986	Recubrimientos Anticorrosivos.
NOM-K-109-1977	Anodos de Magnesio empleados en Protección Catódica.
NOM-B-231-1968	Requisitos de las cribas para clasificación de materiales.
MIL A-18001H-1968	Anodos, Corrosion Preventive, Zinc. Slab disc and rod shaped.

NOTA: En caso de que los documentos anteriores sean revisados o modificados debe tomarse en cuenta la edición en vigor o la última edición en el momento del pedido, salvo que la Comisión indique otra cosa.

3 DEFINICIONES

3.1 Aluminotermia

Proceso por el cual se libera una gran cantidad de calor para fundir una soldadura mediante una mezcla de pólvora y aluminio en polvo.

3.2 Anodo

Electrodo o área que sufre oxidación (pierde electrones). Los más usados son los de zinc y magnesio.

3.3 Cátodo

Electrodo o área que sufre reducción (gana electrones). Normalmente se le denomina así a la estructura por proteger catódicamente.

3.4 Efecto Pantalla

Efecto que produce una disminución de drenaje de corriente por ánodo, al conectarse en paralelo 2 ó más ánodos.

3.5 Electrodo de Referencia

También se le denomina media celda y es un metal puro en presencia de sus mismos iones.

3.6 Electrodo de Referencia Patrón de Cu/CuSO₄ (cobre/sulfato de cobre)

Es un electrodo de referencia de Cu/CuSO₄, cuyo electrodo de cobre debe estar libre de cualquier producto de corrosión.

3.7 Electrólito

Es una solución conductora de la energía eléctrica a través de iones.

3.8 Galvánico

Se le denomina así al acoplamiento de dos metales de diferente potencial en un electrólito.

3.9 Ion

Elemento o molécula cargado eléctricamente.

3.10 Polarización

Fenómeno por el cual se cambia el potencial de equilibrio en las superficies de las estructuras metálicas.

3.11 Potencial Natural

Es el voltaje que da un metal o aleación en su estado original, al estar en contacto con un electrólito, respecto a un electrodo de referencia.

3.12 Resistividad

Es la resistencia específica de un material en Ohm-cm que se determina sobre una muestra del mismo, que tenga un cm de longitud y un cm² de sección transversal.

4 MEDICION DE RESISTIVIDAD DEL SUELO

4.1 Generalidades

La resistividad del suelo es una forma indirecta, rápida y práctica de valorar las condiciones del suelo, ya que está en función del tipo, compactación, contenido de humedad y sales solubles en los estratos. Es el inverso de la conductividad eléctrica y se usa para el diseño de la protección anticorrosiva.

Debido a que la humedad del suelo y la temperatura no son constantes, el valor de la resistividad sólo es verdadero para el momento de la medición.

4.2 Material y Equipo

- a) Medidor de resistencia de balance nulo, de impulso de corriente alterna, con escalas de 1, 10, 100, 1000 y 10000 ohms.
- b) Varillas de acero con revestimiento de cobre soldado de 60 cm de largo por 13 mm de diámetro mínimo, con punta en un extremo.

- c) Cables de cobre aislado para conexión calibre del No. 14 al No. 10 AWG, con caimanes en un extremo y en el otro, la terminal adecuada al medidor de resistencia que se utilice.

4.3 Método

Se debe medir la resistividad cuando se tengan cuando menos la cimentación y base de la estructura instalados, colocando el instrumento de medición en el centro (mojonera), y las varillas se deben colocar paralelas al cable conductor, con una separación de 1.6 y 3.2 m (ver figura 1).

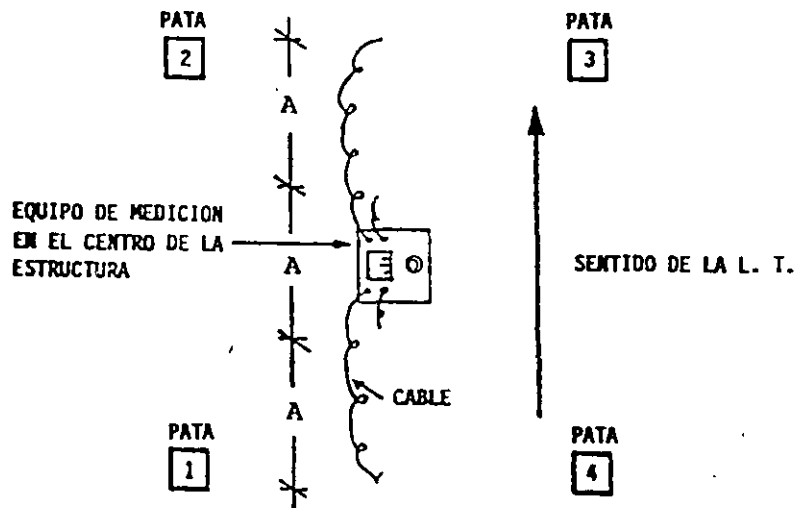


Figura 1 - Medición de la resistividad (vista de planta)

Para medir la resistividad del suelo, se debe utilizar el método "Wenner" o de los cuatro electrodos, el cual consiste en lo siguiente:

- Clavar cuatro varillas en el suelo, hasta lograr un buen contacto eléctrico, dispuestas en línea recta con una separación uniforme entre ellas. Se debe procurar que las varillas queden en un plano horizontal, que no existan huecos alrededor de ellas y que estén clavadas a la misma profundidad.
- La terminales de corriente del instrumento C1 y C2 se conectan a las varillas de los extremos y las de potencial P1 y P2 a las varillas intermedias como se indica en la figura 2.
- Para terrenos secos, se puede humedecer el terreno alrededor de las varillas o utilizar un equipo con terminal de guarda (G), que debe conectarse a un quinto electrodo, instalado a la mitad de la distancia entre las varillas de potencial (P1 y P2).

- d) Energizar el instrumento (de acuerdo a su instructivo) y tomar el valor de la resistencia en ohms.
- e) Calcular la resistividad del suelo mediante la fórmula:

$$\rho = 2\pi AR$$

Donde:

R = Resistencia medida en Ohm
A = Separación entre electrodos en cm
 ρ = Resistividad del suelo en ohms-cm

Para: A = 160 cm $\rho = 1000 R$

Para: A = 320 cm $\rho = 2000 R$

- f) Los valores encontrados se deben asentar en el formato A.

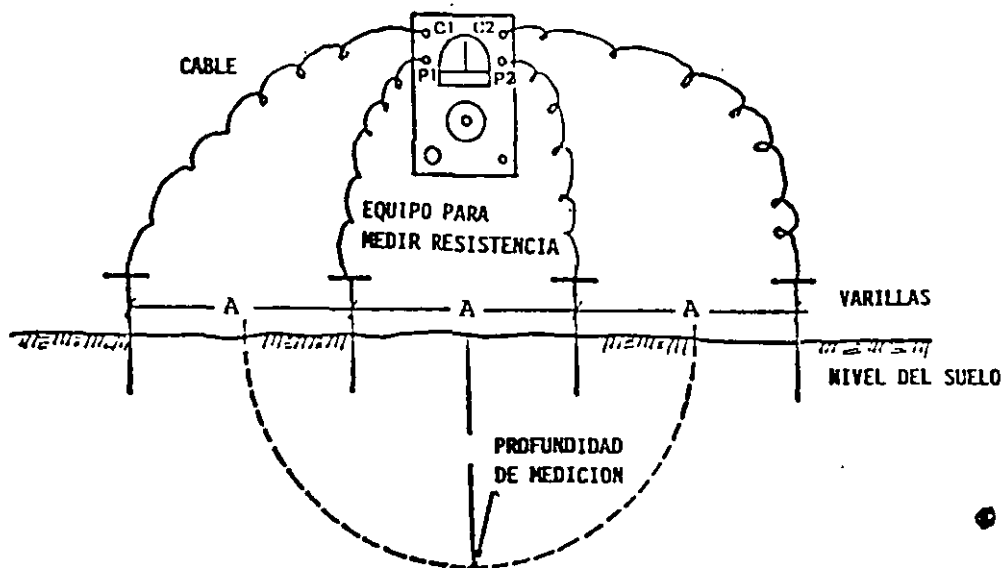


Figura 2 - Medición de resistividad por el método "Wenner"

4.4 Errores

Durante la medición se pueden tener errores debido principalmente a:

- a) Falta de calibración del instrumento de medición. Comprobar su ajuste con tres resistencias de 10, 100 y 1000 ohms con una tolerancia de $\pm 5\%$

Se acepta una diferencia máxima del 10% entre el valor de la resistencia y el indicado por el instrumento. La conexión se hace como se indica en la figura 3.

- b) Falso contacto entre el caimán de conexión y la varilla. Limpiar el caimán y la varilla hasta eliminar la capa de óxido en las superficies de contacto.
- c) Baterías del instrumento bajas. Reemplazarlas por baterías nuevas.
- d) No se ajustó el cero mecánico del instrumento. Antes de realizar cualquier medición, se debe colocar la aguja en el centro de la carátula del equipo, por medio del tornillo de ajuste.
- e) Tomar un valor equivocado del multiplicador de la escala de resistencia. Considerar siempre el valor del multiplicador que éste indique.

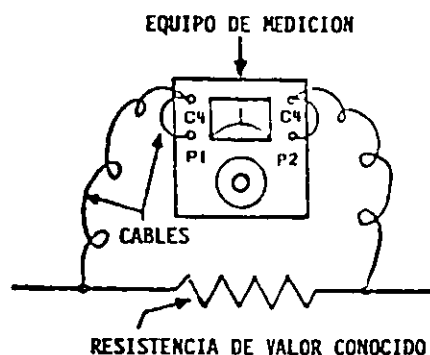


Figura 3 - Verificación del ajuste del medidor de resistividad

4.5 Criterios de Selección para Protección Anticorrosiva de la Estructura

Una vez determinados los valores de la resistividad del terreno en ohms-cma 1.6 m y 3.2 m, seleccionar la protección anticorrosiva como se indica en la tabla 1.

5 RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS

5.1 Generalidades

Los recubrimientos anticorrosivos establecen una barrera física, entre la estructura y el medio corrosivo (suelo).

5.2 Aplicación

En superficies metálicas galvanizadas, si se detectan tierra y lodo adheridos, eliminarlos y posteriormente aplicar el mordentador para galvanizado CFE-P17, de acuerdo a la especificación CFE D8500-02.

En superficies metálicas corroidas, si se detectan tierra y lodo adheridos, eliminar-

los y posteriormente utilizar el método de preparación química CFE-PQ, de acuerdo a la especificación CFE D8500-01.

Aplicar alquitrán de hulla epóxico CFE-P7, de acuerdo a la especificación CFE D8500-02. Con brocha CFE-AB, según lo indique en la especificación CFE D8500-01, en dos capas con un espesor seco de 150 a 200 micrómetros (6-8 mils) cada una.

Para la preparación del recubrimiento se debe seguir lo establecido en la especificación CFE D8500-02, o lo indicado por el Proveedor.

TABLA 1 - Selección del tipo de protección para la estructura

Valor de Resistividad en ohms-cm		Selección de Protección Anticorrosiva
A = 1.6 m	A = 3.2 m	
menor a 2500	menor a 2500	Aplicar recubrimientos anticorrosivos totalmente en la cimentación y hasta 80 cm por encima del nivel del suelo y adicionarle protección catódica. No requiere puesta a tierra a menos que tenga cimentación de concreto.
mayor a 2500	menor a 2500	
menor a 2500	mayor a 2500	
2500-5000	2500-5000	Aplicar recubrimientos anticorrosivos 80 cm hacia abajo y por encima del nivel del suelo y adicionarle protección catódica. No requiere puesta a tierra a menos que tenga cimentación de concreto.
2500-5000	mayor a 5000	
mayor a 5000	2500-5000	
5000-10000	5000-10000	Aplicar recubrimientos anticorrosivos 80 cm hacia abajo y por encima del nivel del suelo. No requiere protección catódica y en caso de que tenga cimentación de concreto, debe conectarse a tierra.
5000-10000	mayor a 10000	
mayor a 10000	5000-10000	
mayor a 10000	mayor a 10000	No requiere recubrimientos anticorrosivos ni protección catódica. Debe conectarse a tierra.

6 PROTECCION CATODICA

Es un sistema que consiste en aplicar una corriente eléctrica directa hacia la estructura por proteger, con el fin de controlar la corrosión.

El sistema de protección catódica debe ser a base de ánodos de sacrificio (galváni-

cos), y los materiales usados para estos ánodos deben ser magnesio o zinc.

6.1 Generalidades

La protección catódica se debe aplicar cuando cualquiera de los valores de resistividad del suelo, sea menor de 5000 Ohm-cm. Se debe usar conjuntamente con recubrimientos (ver tabla 1).

Cuando la resistividad sea menor de 500 Ohm-cm, se deben usar ánodos de zinc; para los demás valores, se deben usar ánodos de magnesio.

Generalmente, no se debe usar protección catódica en conjunto con sistemas de tierra.

6.2 Material y Equipo de Pruebas (ver figura 5)

- a) Voltmetro de corriente directa analógico de alta impedancia o resistencia interna (de 1 megaOhm/Volt o de más alta sensibilidad), con rangos mínimos de escalas de 0-0.2, 0-1, 0-2 y 0-10 V.
- b) Ampermetro de corriente directa analógico o digital, con escalas mínimas de 0-20 mA, 0-0.1, 0-0.2, 0-1 y 0-2 A.
- c) Electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO₄)
- d) Cables de cobre aislados para conexión, calibre del No. 18 al No. 12 AWG, con conectores terminales apropiados según se requieran.
- e) Doce baterías de 6 Volts conectadas en serie, como fuente de suministro de corriente directa.
- f) Varillas de acero con revestimiento de cobre soldado de 13 mm de diámetro mínimo, 60 cm de longitud mínima con punta en un extremo, para ser usadas como ánodos provisionales.
- g) Reostato (resistencia variable) de 100 Watt - 500 ohms para controlar el suministro de corriente.
- h) Interruptor de 2 A, 200 W mínimo.

6.3 Medición del Potencial Natural Estructura-Suelo

La forma de medir el potencial es mediante un voltmetro de alta impedancia, conectado el polo positivo al electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado y el polo negativo a la estructura. El electrodo se coloca sobre el suelo, alejado aproximadamente 10 cm de la pata de la estructura. Las lecturas de potencial natural se hacen en el interior de la pata 1 de cada estructura por proteger, (ver figura 4) y los valores se asientan en el formato A.

6.4 Prueba de Requerimiento de Corriente para Protección Catódica

La conexión del equipo se hace como se muestra en la figura 5.

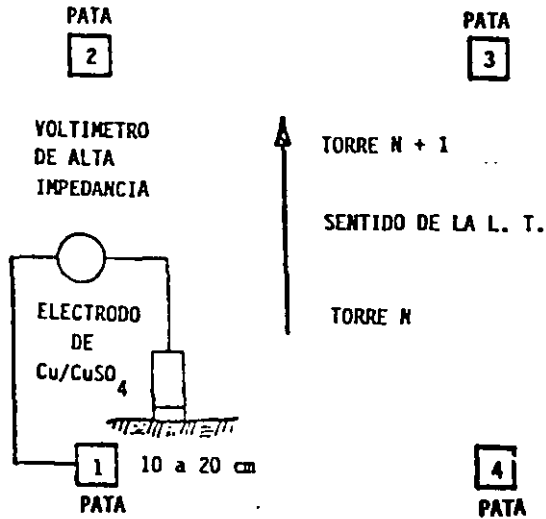


FIGURA 4 - Diagrama para medición de potencial

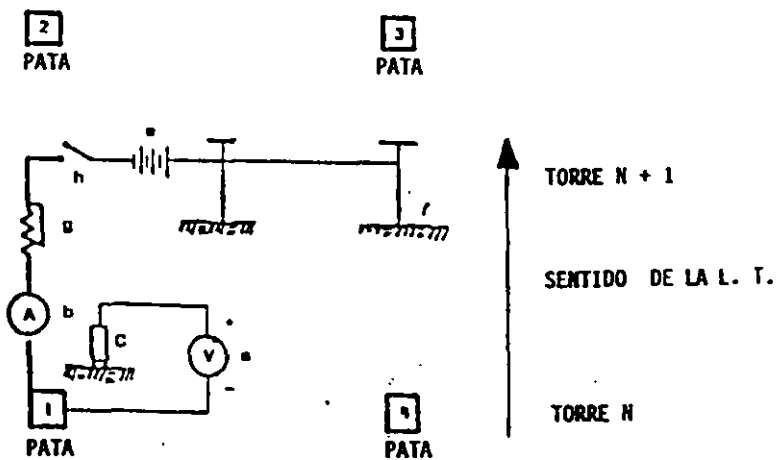


FIGURA 5 - Conexión del equipo para la prueba de requerimiento de corriente para la protección catódica

Para el desarrollo de la prueba de requerimiento de corriente, se debe seguir el método de polarización e interrupción (método de las corrientes mínimas), que básicamente consiste en suministrar corriente a la estructura durante un tiempo determinado, y se lee el potencial alcanzado en la estructura (Von), posteriormente se interrumpe la corriente y se lee inmediatamente el potencial de polarización de la misma (E).

Los incrementos de corriente (I) se hacen de 50 mA y el tiempo de polarización entre cada lectura debe ser de 2 minutos.

La prueba de requerimiento de corriente se basa en encontrar el comportamiento de la función entre el potencial de polarización obtenido (E) y el logaritmo de la corriente aplicada de protección (I). Se considera el final de la prueba, cuando a dos incrementos sucesivos de corriente, la polarización alcanzada desconectando el circuito es mínima o no medible. Generalmente, la prueba de requerimiento de corriente se da por terminada al llegar a 500 mA. Los datos obtenidos en las pruebas de requerimiento de corriente, se deben registrar en el formato A.

7 DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCION CATODICA

7.1 Criterio de Protección

El criterio utilizado para determinar la cantidad de corriente necesaria para el sistema de protección catódica, es el llamado de curvas de Tafel, que consiste en graficar los valores de E-log I, obtenidos en las pruebas de requerimiento de corriente y registrados en el formato A.

Al trazo resultante, se le adjudican dos líneas rectas tangentes a la curva. El punto de intersección de las extrapolaciones de las rectas representa el valor de corriente que se debe suministrar para proteger catódicamente la estructura.

La figura 6 muestra un ejemplo de la curva de Tafel y la determinación de la cantidad de corriente necesaria para protección catódica.

Por lo general, el criterio de Tafel cumple simultáneamente con otros criterios tradicionales de protección catódica:

- a) El de lograr un potencial en la estructura de -850 mV como mínimo (medido respecto al electrodo de cobre/sulfato de cobre saturado).
- b) El de provocar una polarización de por lo menos 100 mV en el sentido negativo en el potencial natural de la estructura.
- c) Cambiar por lo menos 300 mV en el sentido negativo el potencial, al aplicar corriente.

7.2 Cálculo del Sistema de Protección Catódica

El cálculo del sistema de protección catódica se basa en las mediciones de resistividad, potencial natural y pruebas de requerimiento de corriente.

La secuencia de cálculo es la siguiente:

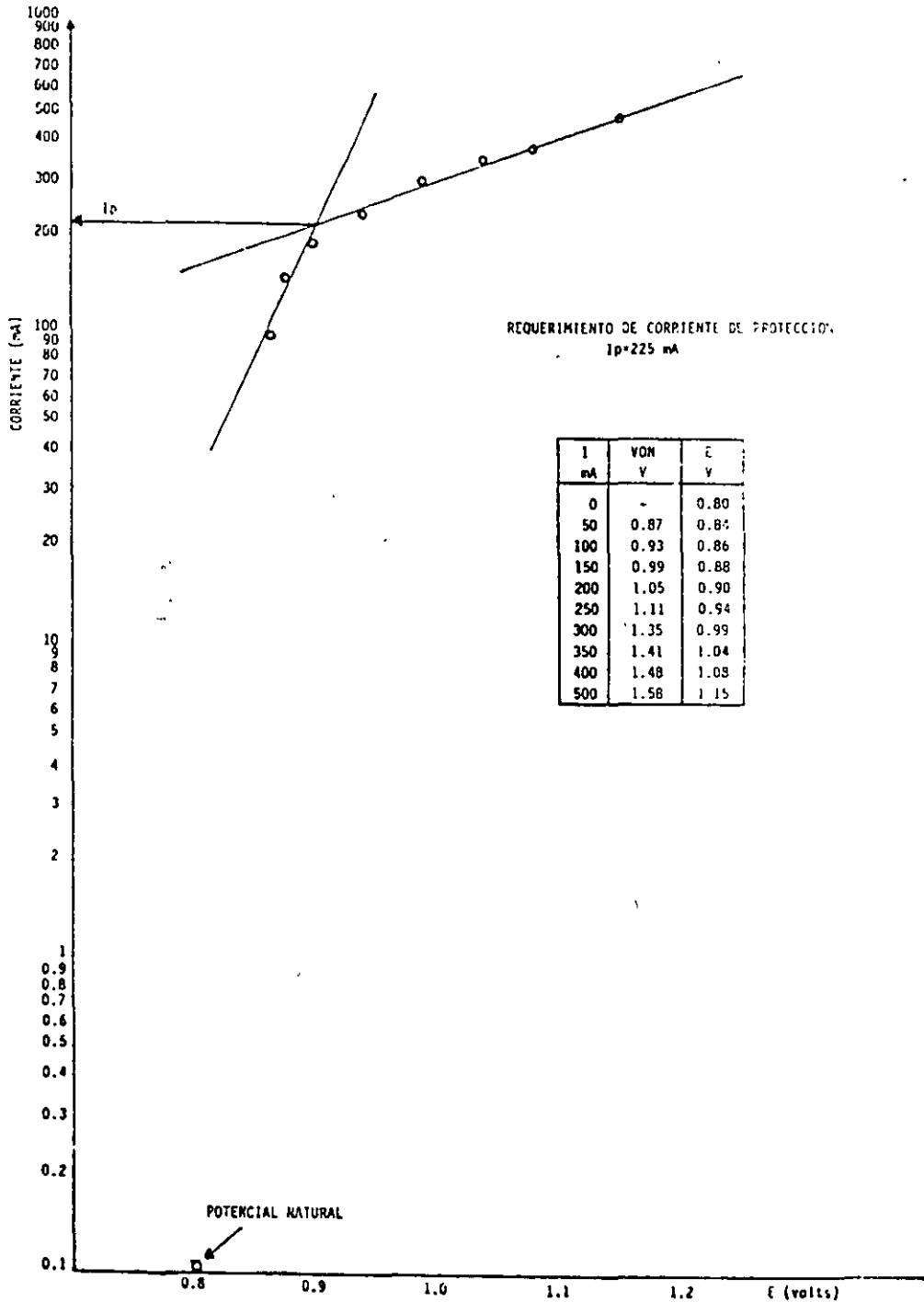


FIGURA 6 - Ejemplo del trazo de una curva de polarización catódica para la evaluación de corriente de protección (I_p)

a) Selección del valor de la resistividad (ρ).

Se debe tomar el valor de la resistividad obtenido a 1.6 m, siempre y cuando sea menor de 5000 Ohm-cm. Si es mayor, emplear el valor de la resistividad obtenido a 3.2 m.

b) Corriente de diseño (I_d).

La corriente de diseño debe ser 15% mayor que la corriente de protección (I_p) en mA, como factor de seguridad.

$$I_d = 1.15 I_p \quad \dots (1)$$

c) Corriente drenada por ánodo (I_a).

Se calcula a partir de la ecuación empírica de: S.A. Tefankjian.

$$I_a = 120\,000 F Y / \rho \quad \dots (2) \text{ para magnesio}$$

$$I_a = 40\,000 F Y / \rho \quad \dots (3) \text{ para zinc}$$

donde:

F = factor asociado con el peso del ánodo.

Y = factor asociado con el potencial natural.

ρ = resistividad del terreno en Ohm-cm.

En la tabla 2 se dan los valores de F.

TABLA 2 - Factor de corrección (F) asociado con el peso del ánodo

Peso del ánodo		F
Kg	lb	
4.0	9	0.71
7.7	17	1.00
14.5	32	1.06
21.8	48	1.09

Determinación del valor de Y:

$$Y = 2.19 - (1.4 \times P_o) \quad \dots (4) \text{ para magnesio}$$

$$Y = 4.4 - (4 \times P_o) \quad \dots (5) \text{ para zinc}$$

donde:

P_o = potencial natural en V

d) Número de ánodos (N_o).

Es el resultado de dividir la corriente de diseño (I_d) entre la co-

corriente drenada por ánodo (I_a).

$$N_o = I_d / I_a \quad \dots (6)$$

Con el "No" calculado, se compara en la tabla 3, en la columna EP correspondiente al material del ánodo y se elige el valor de EP igual o inmediato superior. A este valor elegido, le corresponde el número de ánodos dado en la primera columna, valor final de No.

e) Corriente total drenada (I_t).

En teoría, la corriente total drenada es igual a la corriente drenada por ánodo (I_a), por el valor final del número de ánodos (N_o), pero existe un fenómeno llamado efecto pantalla que impide que cada ánodo instalado drene la corriente unitaria calculada, por lo que la I_t es igual a:

$$I_t = I_a \times EP \quad \dots (7)$$

donde:

EP = efecto pantalla.

TABLA 3 - Valores de EP en función del número y material de los ánodos y para la distribución anódica en estructuras autosoportadas de líneas de transmisión

No. de ánodos	EP para zinc	EP para magnesio	Distribución anódica
2	1.639	1.856	Figura 8
3	2.278	2.635	Figura 9
4	2.917	3.386	Figura 10
5	-	4.207	Figura 11
6	-	5.132	Figura 12
7	-	5.455	Figura 13
8	-	6.451	Figura 14
9	-	7.219	Figura 15

f) Tiempo de vida esperado (TVE).

El tiempo de vida esperado de los ánodos se calcula a partir de la siguiente ecuación, basada en las leyes de Faraday:

$$TVE = 106.8 W / I_t \quad \dots (8) \text{ para magnesio}$$

$$TVE = 71.6 W / I_t \quad \dots (9) \text{ para zinc}$$

donde:

W = peso total de los 'ánodos' en

Se escogerá el sistema de protección catódica que tenga un tiempo de vida útil de 15 años como mínimo y cumpla con la corriente de diseño (Id).

Para facilidad de la secuencia de cálculo se puede usar el formato B para ánodos de magnesio o el formato C para ánodos de zinc y los valores encontrados se deben asentar en el formato D.

8 CARACTERISTICAS

8.1 Anodos de Magnesio

8.1.1 Peso

Los ánodos de magnesio usados para la protección catódica de líneas de transmisión, deben ser cuando menos de 4, 7.7, 14.5 ó 21.8 kg.

8.1.2 Composición química

La aleación del magnesio debe cumplir con los valores de la tabla 4 y se debe determinar de acuerdo a la norma NOM-K-109.

TABLA 4 - Valores de la aleación de ánodos de magnesio

Elemento	Porcentaje
aluminio	0.01 máx.
maganeso	0.5-1.3
zinc	0
silice	0
cobre	0.02 máx.
níquel	0.001 máx.
hierro	0.03 máx.
otros	0.03 máx.
magnesio	balance

8.1.3 Dimensiones y formas

Las dimensiones nominales de los ánodos de magnesio cuya sección transversal se muestra en la figura 7, deben estar de acuerdo a la tabla 5.

En la tabla 5, A y B son las dimensiones mostradas en la figura 7 y C es la longitud del ánodo.

Se pueden usar ánodos de forma cilíndrica, siempre y cuando la longitud y el peso sean iguales a los valores de la tabla 5.

TABLA 5 - Dimensiones nominales de ánodos de magnesio

Peso (kg)	Dimensiones (cm)		
	A	B	C
4	8.9	9.9	34.3
7.7	8.9	8.9	64.8
14.5	14.0	14.0	54.0
21.8	14.0	14.0	82.6

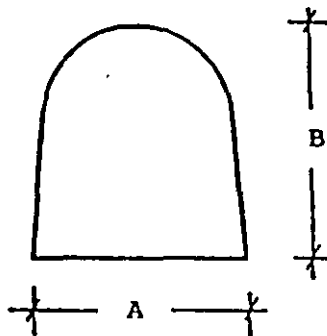


FIGURA 7 Sección transversal del ánodo de magnesio

8.1.4 Propiedades electroquímicas

Se determinan de acuerdo con la norma NOM-K-109.

- a) Potencial respecto al electrodo de cobre/sulfato de cobre -1.74 V.
- b) Eficiencia mínima (en por ciento) 50.
- c) Drenaje de corriente teórico, mínimo 2202 A h/kg.
- d) Drenaje de corriente práctico, mínimo 1101 A h/kg.
- e) Consumo práctico de ánodo, mínimo 7.95 kg año/A.

8.1.5 Presentación

Los ánodos deben presentarse dentro de un relleno compuesto de: 75% de sulfato de -

calcio (yeso), 20% de bentonita y 5% de sulfato de sodio anhídrido (blanco de españa).

La cantidad de relleno por ánodo, debe ser cuando menos de 7, 12, 18 y 22 kg, para los ánodos de 4, 7.7, 14.5 y 21.8 kg respectivamente, y debe tener la siguiente granulometría: 100% pasa a través de malla 6.5 M (NOM B-231) y 50% máximo se retenga en malla 40 M (NOM B-231). El relleno debe quedar firmemente compactado alrededor del ánodo y debe contenerse dentro de una bolsa de tela de algodón.

En uno de los extremos del ánodo, debe salir una terminal de alambre unipolar de cobre, tipo TW calibre 12 AWG, de 3 m de longitud y la unión entre el ánodo y el cable debe soldarse con plata y sellarse con alquitrán de hulla epóxico CFE-P7, de acuerdo a la especificación CFE D8500-02.

8.2 Anodos de Zinc

8.2.1 Peso, composición química y dimensiones

Los ánodos de zinc deben ser de 22.7 kg mínimo. La aleación de zinc debe cumplir con los valores de la tabla 6 y se debe determinar de acuerdo con la norma MIL A-18001H. Sus dimensiones nominales son de 5 x 5 x 122 cm.

TABLA 6 - Valores de la aleación de ánodos de zinc

Elemento	Porcentaje
plomo	0.006 máx.
hierro	0.005 máx.
cadmio	0.025-0.15
cobre	0.005 máx.
aluminio	0.10-0.50
silice	0.125 máx.
zinc	balance

8.2.2 Propiedades electroquímicas

Las propiedades electroquímicas se determinan de acuerdo a la norma NOM-K-109.

- a) Potencial respecto al electrodo de cobre/sulfato de cobre -1-i V.
- b) Eficiencia, mínima (por ciento) 90.
- c) Drenaje de corriente teórico, mínimo 824 A h/kg.
- d) Drenaje de corriente práctico, mínimo 780 A h/kg.
- e) Consumo práctico de ánodos, mínimo 11.26 kg año/A.

8.2.3 Presentación

Los ánodos deben presentarse dentro de un relleno compuesto de: 75% de sulfato de -

calcio (yeso), 20% de bentonita y 5% de sulfato de sodio anhidro, aunque también se acepta un relleno de 50% de bentonita de sulfato de calcio (yeso).

La cantidad de relleno por ánodo, debe ser de cuando menos de 30 kg y debe tener la siguiente granulometría: 100% pasa a través de malla 6.5 M (NOM B-231) y 50% máximo se retenga en malla 40 M (NOM B-231). El relleno debe quedar firmemente compactado alrededor del ánodo y debe contenerse en una bolsa de tela de algodón.

En uno de los extremos del ánodo debe salir una terminal de alambre unipolar de cobre tipo TW, calibre No. 12 AWG, de 3 m de longitud y la unión entre el ánodo y el cable debe ser con soldadura de plata y sellarse con alquitrán de hulla epóxico CFE-P7, de acuerdo a la especificación CFE D8500-02.

8.3 Soldadura y Moldes

La soldadura debe ser de bronce aplicada por el proceso de aluminotermia.

Los moldes deben ser de grafito para soldar conductores calibre No. 12 AWG, con una superficie plana vertical. Se recomienda usar el cartucho de soldadura indicado en el molde o cualquiera de los cartuchos de 30 ó 45 gramos.

8.4 Alambre Conductor

Se debe usar alambre unipolar de cobre tipo TW, calibre No. 12 AWG.

8.5 Conectores

Se deben usar conectores de resorte de acero galvanizado para alambre calibre No. 12 AWG.

8.6 Resistencias

Cuando sea necesario usar resistencias, deben ser de nicronel (niquel-cromo), calibre No. 20 ó No. 22 AWG o cromel calibre No. 22 AWG.

8.7 Aislamientos Eléctricos

8.7.1 Cinta de aislar

Se debe usar cinta de aislar adhesiva de polietileno de 13 mm de ancho.

8.7.2 Masilla de aislamiento eléctrico

Masilla moldeable para aislamiento eléctrico.

8.7.3 Tubos aislantes (espagueti)

Pueden ser de teflón, polietileno o polipropileno para alambre de resistencia calibre No. 20 ó 22 AWG.

9 INSTALACION DE LA PROTECCION CATODICA

9.1 Excavación de Cepas para Anodos

La localización de los puntos de excavación de cepas se debe realizar de acuerdo a los diagramas de instalación de ánodos que se muestran en las figuras de la 8 a la 15.

Las cepas para la colocación de ánodos deben ser:

- a) A 1.6 m de profundidades cuando la resistividad del terreno tomada para el diseño es de 1.6 m.
- b) A 2.2 m de profundidad cuando la resistividad del terreno tomada para el diseño es de 3.2 m.

El ancho de las cepas debe ser el suficiente para alojar el ánodo empacado y poder trabajar en ellas.

9.2 Ranuras para el Alambrado

La ranuración para instalación subterránea del alambre conductor del ánodo a la estructura, se realiza a una profundidad mínima de 60 cm.

9.3 Cepas en las Patas de la Estructura

Las cepas deben ser de 50 cm de profundidad como mínimo y de diámetro suficiente para que el personal que realice el trabajo pueda maniobrar, en la parte exterior de la(s) pata(s) en donde se debe soldar el alambre conductor.

9.4 Colocación de Anodos

Los ánodos con relleno de baja resistencia de contacto (ver inciso 8.1.5 y 8.2.3), se colocan en posición vertical en su cepa respectiva a la profundidad especificada (1.6 m ó 2.2 m) y se humedecen con 20 litros de agua aproximadamente, procediendo a rellenar las cepas para favorecer la estabilización de condiciones entre el ánodo y su nuevo medio circundante.

No debe usarse el conductor terminal de los ánodos para su manejo, ya que esto puede provocar su desprendimiento.

9.5 Soldaduras

9.5.1 Preparación de la superficie

A una profundidad de 30 a 50 cm del nivel del piso, en la pata de la estructura donde se aplicará la soldadura, se debe eliminar la tierra, lodo y óxido adheridos, remover el recubrimiento anticorrosivo y el galvanizado con lima, cincel y martillo y efectuar una limpieza manual con cepillo de cerdas de acero.

9.5.2 Aplicación de la soldadura

- a) Verificar que la superficie donde se aplicará la soldadura esté

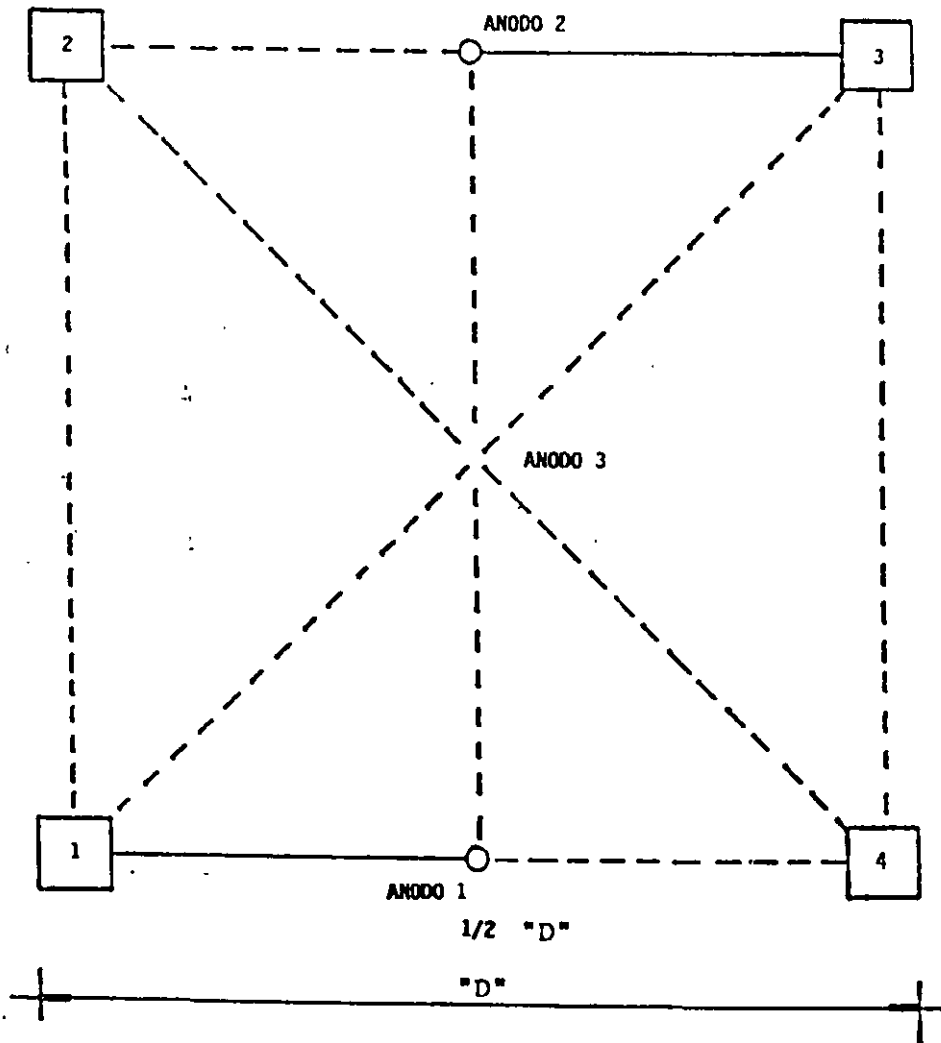


FIGURA 8 - Instalación tipo II

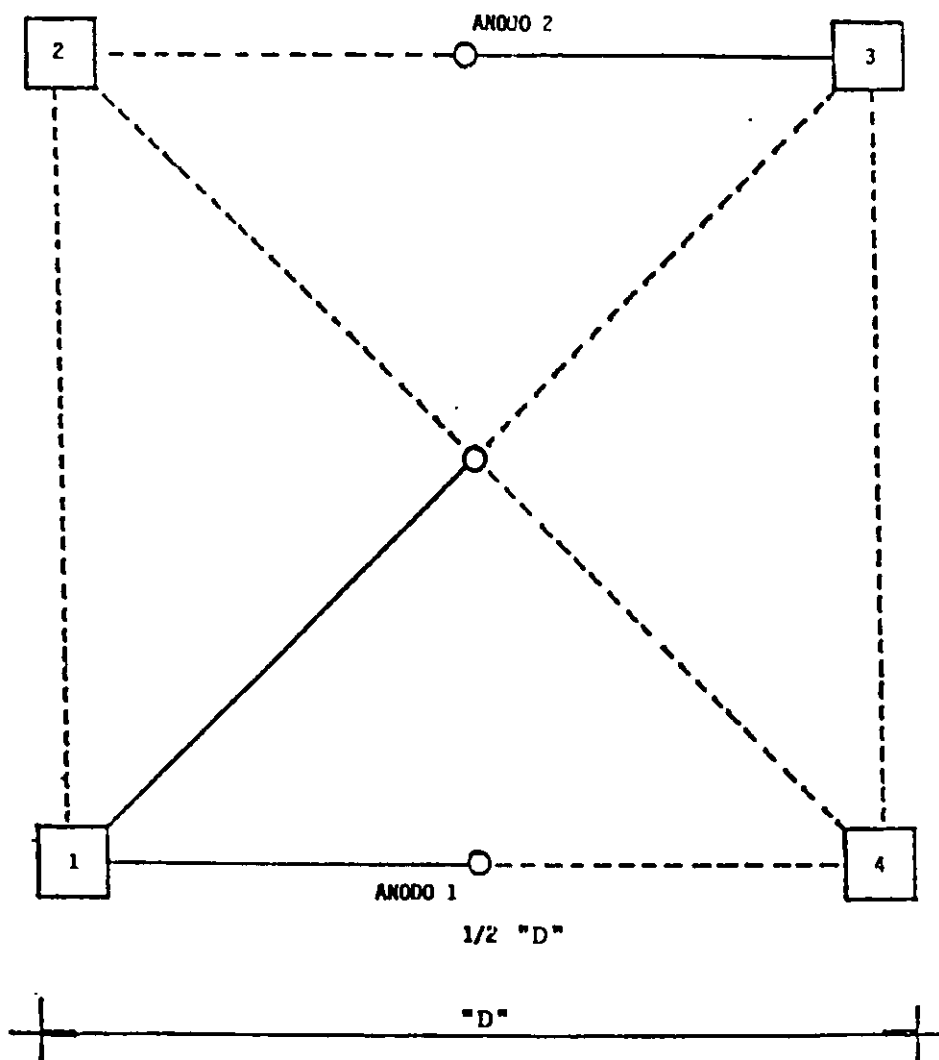


FIGURA 9 - Instalación tipo III

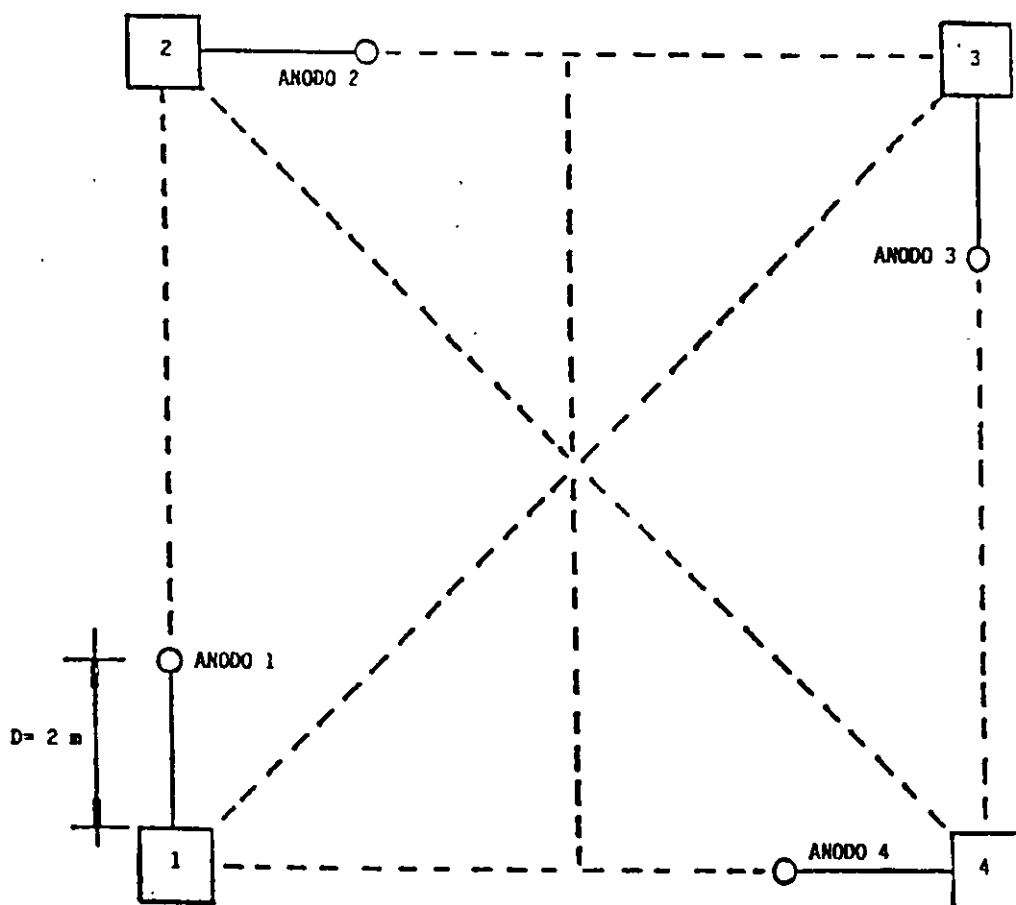


FIGURA 10 - Instalación tipo IV

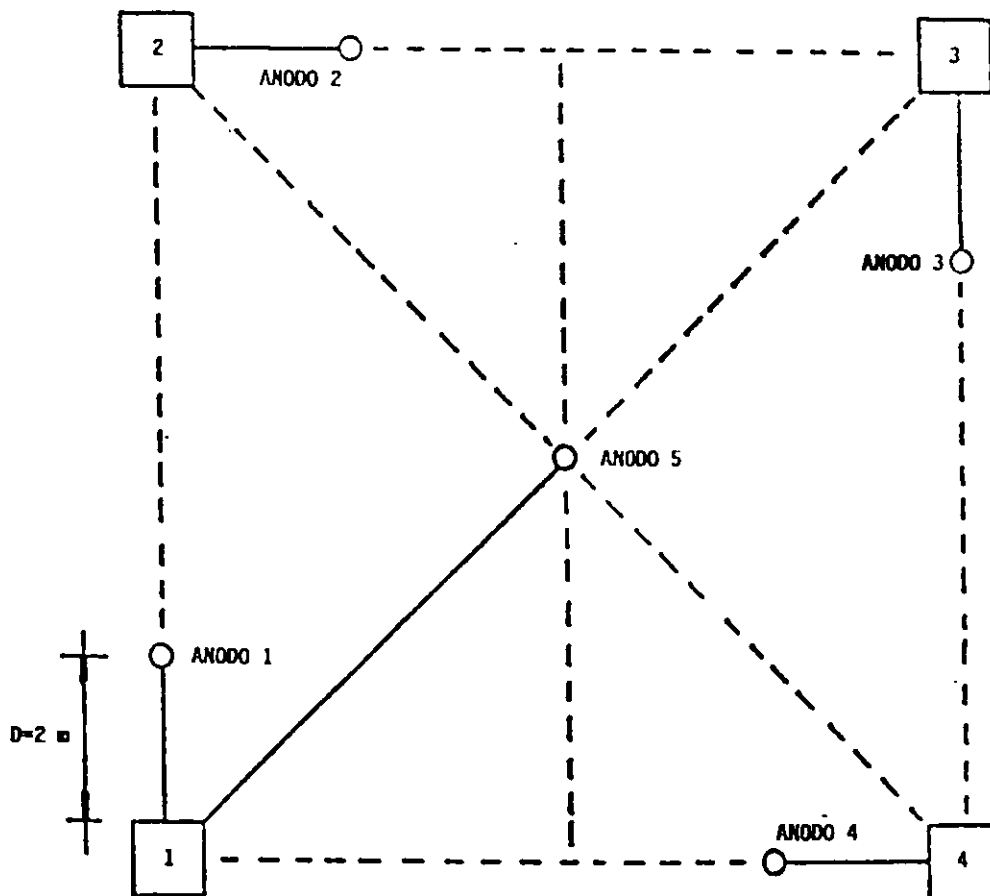


FIGURA 11 - Instalación tipo V

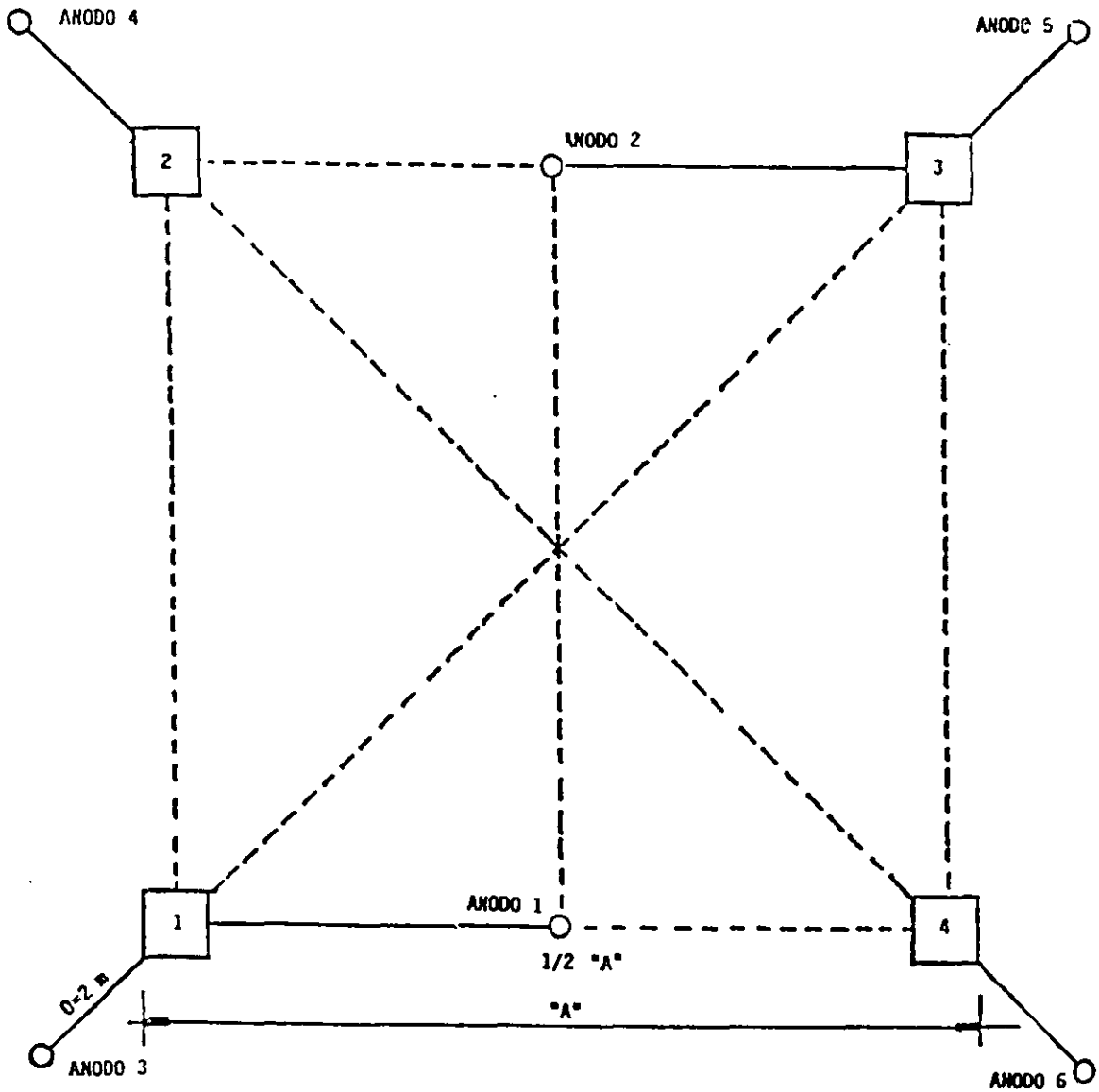


FIGURA 12 - Instalación tipo VI

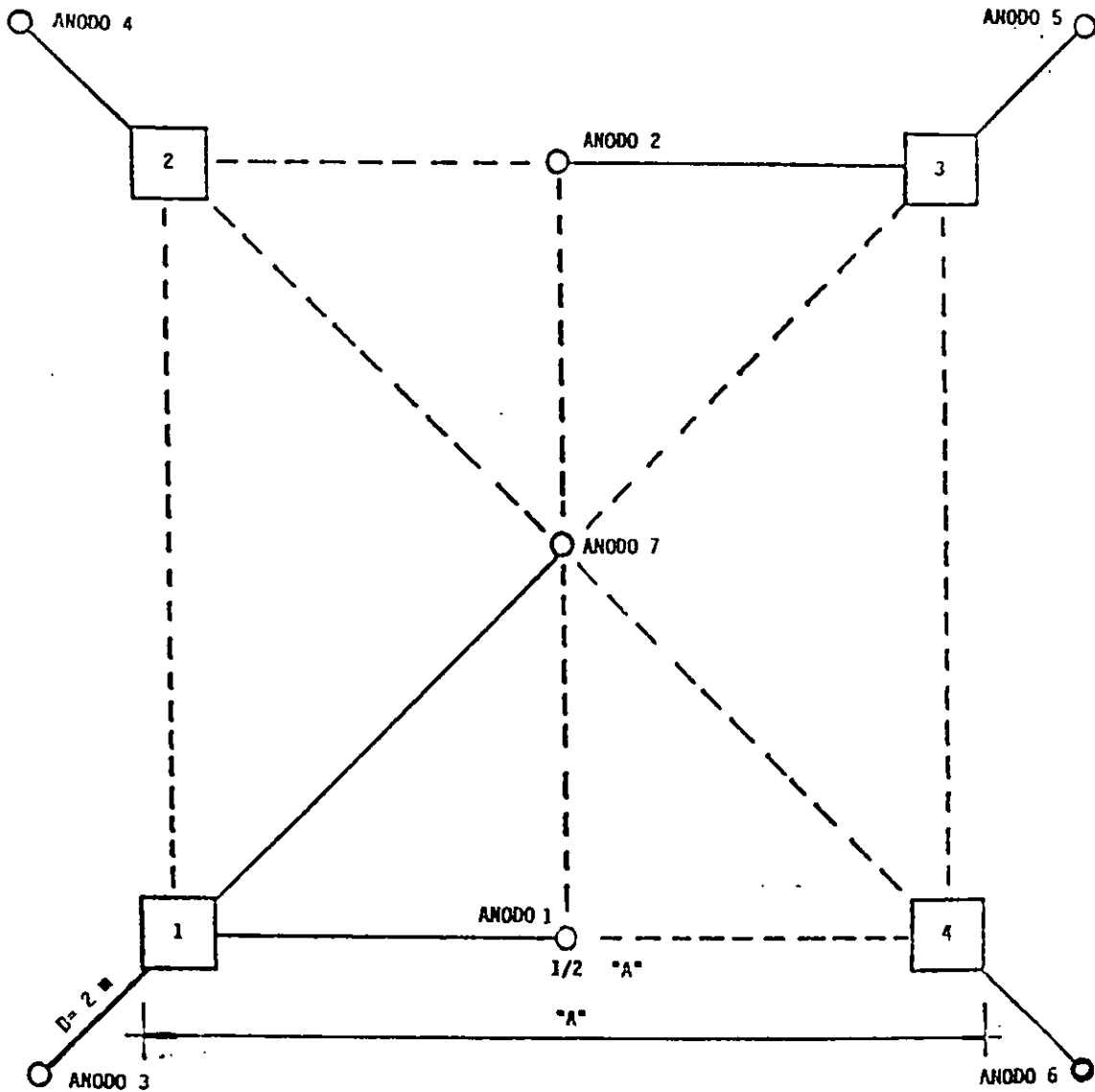


FIGURA 13 - Instalación tipo VII

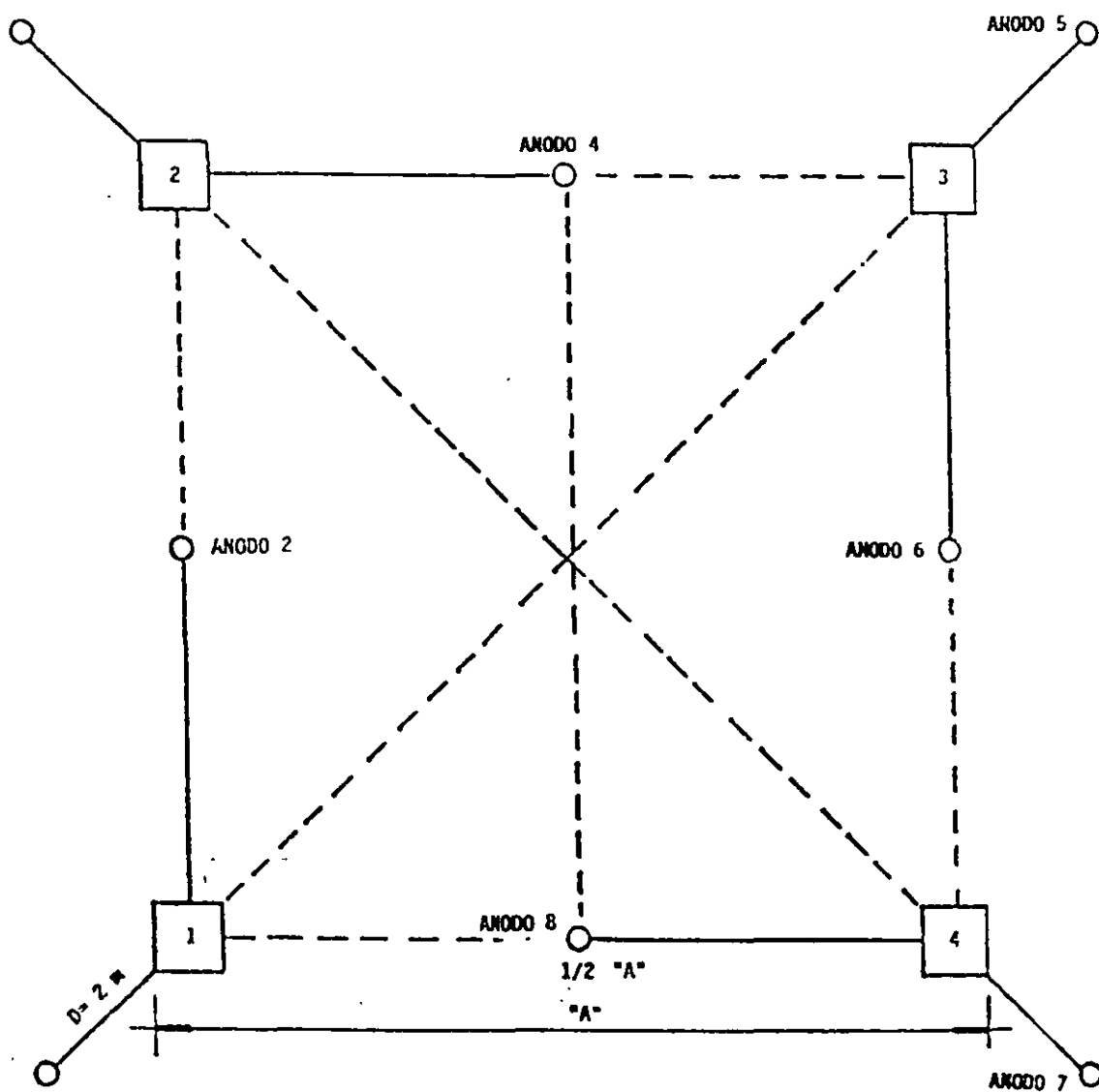


FIGURA 14 - Instalación tipo VIII

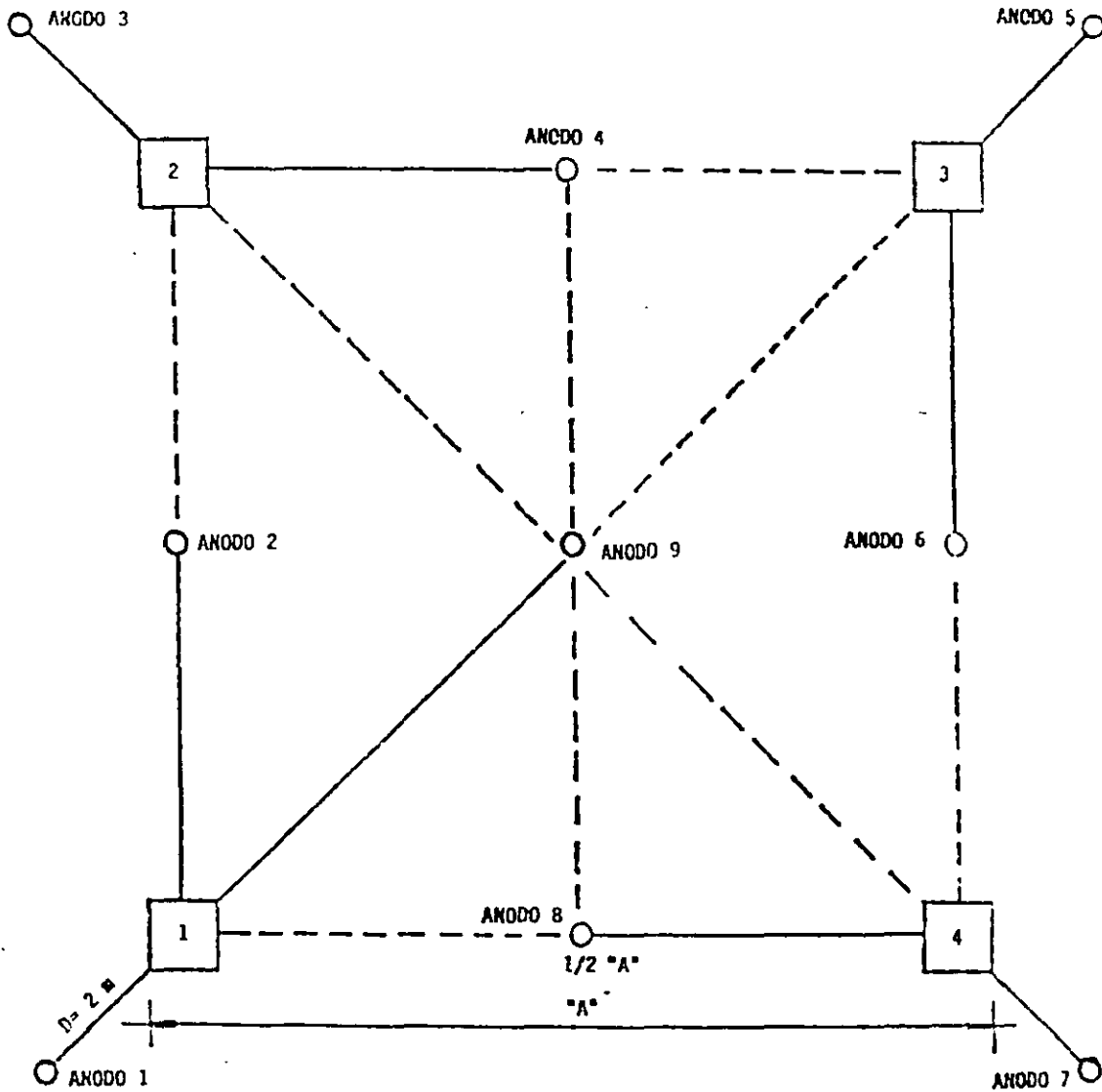


FIGURA 15 - Instalación tipo IX

limpia, rugosa, seca y libre de zinc.

- b) Quitar el forro del o de los alambres de cobre calibre No. 12 AWG de la parte que se va a soldar en cada pata de la estructura.
- c) Cuando sean varios los alambres que se conectarán a una misma pata, entorcharlos entre sí y colocarlos en la ranura para el alambre que se localiza en la parte interior del molde de grafito.
- d) Cerrar el molde y por la parte superior, colocar la charola para tapar el conducto donde correrá la soldadura dentro del molde.
- e) Colocar la soldadura dentro del molde de grafito y la pólvora, que se queda adherida al cartucho de plástico, desprenderla y colocarla sobre la soldadura y una pequeña cantidad ponerla en la parte superior del molde.
- f) Tapar el molde, verificando que tenga pólvora en el orificio que tiene la tapa del molde.
- g) Colocar el molde sobre la pata de la estructura donde se efectuará la soldadura, presionándolo fuertemente hacia la pata.
- h) Sin soltar el molde, prender la soldadura por el orificio de la tapa utilizando un chispero o cerillos.
- i) Esperar aproximadamente medio minuto y posteriormente abrir el molde y retirarlo de la pata de la estructura.
- j) Verificar que la soldadura ha quedado firmemente adherida dando unos pequeños golpes con un martillo, la cual no se debe desprender. Con el mismo martillo quitar la escoria.
- k) Aplicar masilla para aislamiento eléctrico hasta cubrir la soldadura, aplicar cinta de aislar adhesiva ahulada y finalmente rellenar la cepa que se realizó para la aplicación de la soldadura.

9.6 Conexión Provisional

Unir en forma provisional el alambre terminal de cada ánodo con el alambre terminal correspondiente que conecta con la estructura.

10 VERIFICACION Y AJUSTE DEL SISTEMA DE PROTECCION CATODICA

Una vez instalado el sistema de protección catódica, se debe:

- a) Verificar el drenaje de corriente unitario de los ánodos.
- b) Calcular el tiempo de vida esperado real.
- c) Medir el potencial de protección, y

- d) Ajustar el drenaje de corriente unitario de los ánodos en caso necesario.

Todos los valores encontrados se deben registrar en el formato E.

10.1 Material y Equipo

- a) Voltmetro de corriente directa analógico o digital, de alta impedancia o resistencia interna (de 1 MegaOhm/Volt o de más alta sensibilidad), con rangos mínimos de escala de 0-0.2, 0-1, 0-2 y 0-10 V.
- b) Ampérmetro de corriente directa analógico o digital, con escalas mínimas de 0-20 mA, 0-0.2, 0-1 y 0-2 A.
- c) Electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado cobre/sulfato de cobre (Cu/CuSO₄).
- d) Alambre de resistencia de micromel calibre No. 20 ó 22 AWG o cromel calibre No. 22 AWG.
- e) Tubos aislantes de teflón, polietileno o polipropileno (espagueti), para alambre de resistencia calibre 20 ó 22 AWG.
- f) Conectores de resorte de acero galvanizado para alambre calibre No. 12 AWG.
- g) Cables de cobre aislados para conexión, calibre del No. 18 al No. 12 AWG, con conectores terminales apropiados según se requieran.

10.2 Drenaje de Corriente Unitaria

Verificar que todos los ánodos se encuentren conectados a la estructura. El ánodo al que se medirá el drenaje de corriente unitario, se desconecta de la estructura donde se hizo la unión provisional y se conecta a uno de los bornes terminales del ampérmetro. En el otro borne, se conecta el alambre conductor que está soldado a la estructura, registrándose el valor obtenido en el formato E.

Repetir este procedimiento para cada ánodo.

10.3 Tiempo de Vida Esperado

Con los valores de drenaje de corriente unitario por ánodo, se hace la sumatoria obteniéndose así la corriente total drenada. Para calcular el tiempo de vida esperado, se aplica la ecuación (8) para ánodos de magnesio o la ecuación (9) para los de zinc. Los valores encontrados se deben registrar en el formato E.

Si el tiempo esperado (TVE) fuera menor a 15 años, se deben intercalar resistencias para disminuir la corriente total drenada y aumentar el tiempo de vida esperado a 15 años como mínimo.

10.4 Cálculo de Resistencias

Para calcular el valor de la resistencia a intercalar se aplican las ecuaciones (10)

y (11) para ánodos de magnesio, y las ecuaciones (12) y (13) para ánodos de zinc y finalmente se calcula la resistencia total por medio de la ecuación 14.

$$R1 = 1.7 - Po/It \quad \dots (10)$$

$$R2 = 1.7 - Po/Ir \quad \dots (11)$$

$$R1 = 1.1 - Po/It \quad \dots (12)$$

$$R2 = 1.1 - Po/Ir \quad \dots (13)$$

$$R = R2 - R1 \quad \dots (14)$$

donde:

R1 = resistencia del sistema.

R2 = resistencia que se requiere tenga el sistema.

R = resistencia necesaria a intercalar en Ohm.

Po = potencial natural de la estructura en V, respecto al electrodo de cobre/sulfato de cobre (Cu/CuSO4) saturado.

It = corriente total que drenan los ánodos en A.

Ir = corriente que deben drenar los ánodos en A para que el tiempo de vida útil sea mayor a 15 años.

Con el valor obtenido de R en Ohm, se requiere conocer la resistencia del alambre micromel por unidad de longitud, para hacer la relación directa entre la resistencia necesaria con la longitud de la misma.

Se corta la resistencia a la longitud requerida para dar la resistencia necesaria y se distribuye la longitud total entre el número de ánodos y se interconectan.

Para fines prácticos, la resistencia se puede calcular en campo, conectando una punta terminal de la resistencia al cable del ánodo y se intercala un ampermetro entre el cable que viene de la estructura y el cable del ánodo. Por medio de un caimán, se va recorriendo la resistencia y se corta ésta hasta obtener el valor de la corriente necesario por cada ánodo para dar el tiempo de vida útil mayor a 15 años. Se repite este procedimiento para cada ánodo.

10.5 Instalación de Resistencias

Se debe cortar la longitud de resistencia calculada para cada ánodo y colocarlo dentro de un tubo aislante (espaguete). Los extremos de la resistencia se deben unir a las terminales de cobre, por medio de conectores de resorte de acero galvanizado.

Se debe enrollar la resistencia para que ocupe el menor espacio posible. Posteriormente, cubrir la resistencia y conexiones de la misma con una capa de masilla moldeable y finalmente aplicar cinta aislante adhesiva ahulada.

Todas las resistencias instaladas se deben situar en el fondo de la ranuración para el alambrado a menos de un metro de la unión soldada.

10.6 Empalme de Alambre Conductor

Los empalmes de alambre conductor que viene del ánodo y de la soldadura, se realiza

por medio de conectores de resorte de acero galvanizado aislados tipo compresión para alambre calibre No. 12 AWG. Las uniones se cubren con una capa de masilla eléctrica moldeable y después cinta aislante adhesiva ahulada.

10.7 Potencial de Protección

Si el tiempo de vida esperado fuera mayor de 15 años, se realizan los empalmes definitivos entre la estructura y el ánodo y después se mide el potencial de protección en cada pata, utilizando un voltmetro de alta impedancia, conectando el polo negativo a la estructura y el polo positivo al electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado, el cual se debe colocar sobre el suelo y alejado aproximadamente 10 cm por la parte interior de la pata de la estructura. Los resultados obtenidos se deben registrar en el formato E.

10.8 Clasificación de los Sistemas de Protección Catódica

La clasificación de los sistemas galvánicos está relacionada directamente con el ajuste del sistema en campo y es función del drenaje de corriente total y de la resistividad del suelo.

La variación de la resistividad afecta sensiblemente las variables de funcionamiento involucradas en todo sistema de protección catódica.

10.8.1 Sistema de protección catódica a drenaje máximo (DM)

Es aquel en que al momento de cerrar el circuito, y después de haber permitido la estabilización del ánodo con el medio circundante, el valor de corriente real medida en campo, no es suficiente para cubrir la corriente de diseño. Presenta como características fundamentales el obtener valores de potencial inferiores a los de prueba y ampliar el tiempo de vida útil.

10.8.2 Sistema de protección catódica a drenaje abierto (DA)

Es aquel en el que el valor de corriente total es igual o superior a la corriente de diseño, e inferior a la corriente crítica de vida (I_v).

$$I_v = 3.23 W \quad \dots (15) \text{ para ánodos de magnesio}$$

$$I_v = 2.17 W \quad \dots (16) \text{ para ánodos de zinc}$$

donde:

$$W = \text{peso total de los ánodos en kg.}$$

Se caracterizan por ajustarse al tiempo de vida útil y por provocar cambios de potencial iguales o superiores a los potenciales de prueba.

10.8.3 Sistema de protección catódica a drenaje limitado (DL)

Es aquel en el que el valor de corriente total es superior a la corriente de diseño y a la corriente crítica de vida (I_v). Si se les permite operar a drenaje libre, su tiempo de vida se reduce a menos de 15 años. Esta condición exige que al momento de cerrar el sistema, se intercalen en el circuito resistencias de valor conocido como

se indica en el inciso 10.4 comportándose entonces como un sistema que se ajusta con fidelidad a la línea de tiempo de vida y a los potenciales de protección alcanzados en prueba.

11 CONTROL DE LA OPERACION DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA

11.1 Objetivo

Establecer el procedimiento para la segura operación y registro de datos de los sistemas de protección catódica trabajando (formatos A, B ó C, D y E).

11.2 Prerrequisitos

Es necesario que se haya instalado el sistema de protección catódica y se tenga el informe del estudio y trabajo realizado.

11.3 Material y Equipo

- a) Combinación de voltmetro y ampérmetro de corriente directa. Voltmetro de alta impedancia (de 1 MegaOhm/Volt de resistencia interna o de más alta sensibilidad), con rangos de escala de 0-0.2, 0-1, 0-10 y 0-20 V. Ampérmetro con rangos de escala de 0-2, 0-10 y 0-20 mA y 0-0.1, 0-0.2, 0-1, 0-2 y 0-10A.
- b) Electrodo de referencia de Cu/CuSO₄ saturado.
- c) Cables de cobre aislados, calibre desde No. 18 a 12 AWG, con conectores terminales apropiados según se requieran.

11.4 Procedimiento de Operación

11.4.1 Generalidades

Los sistemas de protección catódica están diseñados para operar continuamente durante 15 años como mínimo.

La corriente debe ser la suficiente para proporcionar el potencial de protección respecto al electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre (Cu/CuSO₄) saturado, indicado en el informe de diseño e instalación del sistema de protección catódica.

11.4.2 Criterios de protección

El potencial de protección de cualquiera de las patas enterradas debe ser similar al potencial indicado en el informe de diseño e instalación, respecto al electrodo de referencia de Cu/CuSO₄ saturado, o bien, que ese potencial sea cuando menos de -0.80V o más negativo.

En caso de que algún valor de potencial no cumpla con los criterios de protección ver los capítulos 12 y 13 de esta especificación.

11.4.3 Procedimiento

Para verificar la operación adecuada del sistema de protección catódica de las es-

estructuras, se debe medir cuando menos cada año el potencial. La forma de medirlo es intercalando el voltmetro de alta impedancia, conectando el polo negativo a la estructura, preferentemente la pata 1 y el polo positivo al electrodo de referencia de Cu/CuSO₄ saturado (ver figura 4).

El tapón poroso del electrodo de referencia de Cu/CuSO₄ saturado se coloca sobre el suelo a una distancia aproximada de 10 cm por la parte interior de la pata 1. Se puede humedecer el suelo donde se va a colocar el electrodo, con el fin de bajar la resistencia de contacto.

Los valores de potencial obtenidos se registran como Volts negativos en el formato F.

12 MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA

12.1 Objetivo

Conservar en condiciones de operación los sistemas de protección catódica, para que cumplan con los criterios de protección definidos en 11.4.2.

12.2 Prerrequisitos

Contar con los registros de datos tomados durante la operación de los sistemas de protección catódica, contenidos en el formato F.

12.3 Generalidades

Los sistemas de protección catódica están diseñados para operación continua y la falla de ellos, no es motivo para sacar de operación la línea de transmisión. Tampoco se requiere desenergizar la línea de transmisión para darles mantenimiento correctivo.

12.4 Procedimiento

Se debe seguir el siguiente procedimiento, cuyo diagrama de flujo se muestra en la figura 16, cada vez que se detecte que el potencial de protección de alguna estructura, no cumple con los criterios de protección definidos en 11.4.2.

- a) Medir nuevamente el potencial de protección en cada una de las patas de la estructura, siguiendo el procedimiento del punto 11.4.3.
- b) Si el potencial medido en cada una de las patas de la estructura no cumple con los criterios de protección definidos en 11.4.2, seguir el inciso c). En caso contrario, no es necesario el mantenimiento.
- c) Medir la resistividad en el centro de la estructura utilizando el método Wenner o de los cuatro electrodos, (ver capítulo 4).
- d) Si alguno de los valores es menor a 5000 Ohm-cm, siga al inciso e). En caso contrario, no es necesario el mantenimiento.
- e) Localizar en el terreno la posición de los ánodos por medio de los diagramas de instalación (ver figuras de la 8 a la 15) y hacer una cepa arriba de cada uno de ellos, que tenga una capacidad aproximada

de 20 litros. En cada cepa se deben agregar 20 litros de salmuera preparándola agregando 2 kg de sal a 20 litros de agua.

- f) Después de 72 horas de haber aplicado la salmuera, medir nuevamente el potencial de protección en cada una de las patas de la estructura, siguiendo el procedimiento del punto 11.4.3.
- g) Si el potencial de todas las patas es menos negativo que -0.80 V respecto al electrodo de referencia de Cu/CuSO4 saturado, continuar con el inciso h). En caso contrario, no es necesario el mantenimiento en esa estructura.
- h) Descubrir cada cable de conexión entre ánodo y estructura e intercalar en cada cable un ampérmetro, tomando la lectura de drenaje de corriente por ánodo. Si algún ánodo no drena corriente, revisar la continuidad eléctrica entre los puntos de conexión.

En caso de encontrar discontinuidad eléctrica en el cable de conexión repararlo o cambiarlo. Si existe continuidad eléctrica y no hay drenaje de corriente, revisar el ánodo y reparar la conexión cable-ánodo. Cambiar el ánodo si éste se ha consumido.

Si no se detectó ninguna anomalía, regresar al inciso e) y continuar con el procedimiento. En caso contrario, seguir con el inciso i).

- i) Tomar valores de drenaje de corriente por ánodo, anotando la lectura en mA.
- j) Calcular el tiempo de vida remanente, utilizando la ecuación (17) para ánodos de magnesio y la ecuación (18) para ánodos de zinc.

$$TVR_m = \frac{48.5 \times W_i - W_f}{I_t} \quad 17$$

$$TVR_z = \frac{48.5 \times W_i - W_f}{I_t} \quad 18$$

Donde:

TVR_m = tiempo de vida remanente en años (del magnesio)

TVR_z = tiempo de vida remanente en años (del zinc)

W_i = peso inicial de ánodos en kg

W_f = peso final de ánodos en kg

I_t = corriente total drenada por los ánodos en mA.

Si el tiempo de vida remanente es menor de 2 años, se debe diseñar e instalar un nuevo sistema de protección catódica.

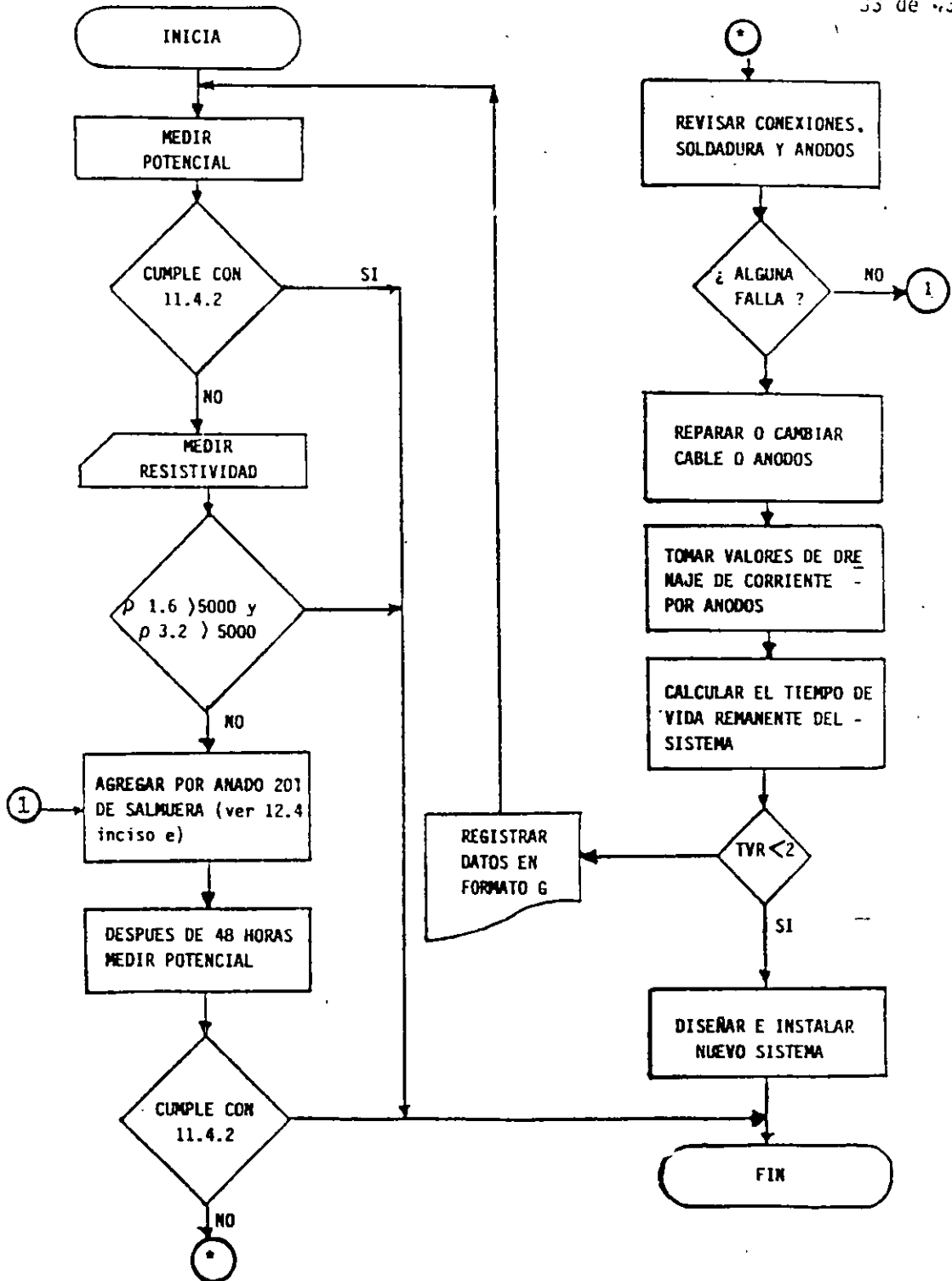


FIGURA 16 - Diagrama de flujo para mantenimiento de sistemas de protección catódica para estructuras de líneas de transmisión

- k) Registrar los datos obtenidos en el formato G.
- l) Medir el potencial en cada una de las patas de la estructura y proceder a tapar las cepas.

13 CAUSAS Y CORRECCIONES DE FALLAS EN LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA

Las causas y correcciones de fallas en los sistemas de protección catódica se dan en las tablas 7 y 8.

TABLA 7 - Fallas en ánodos

Falla	Causa	Corrección
Menor drenaje de corriente con respecto a los demás ánodos	Alta resistencia en conexiones de cables	Revisar y cambiar cables, conectores o soldaduras en mal estado.
	Superficie de los ánodos corroída o consumida.	Reemplazar ánodos.
No drenan corriente	Cable de conexión mal conectado o roto.	Revisar y cambiar cables - rotos, hacer bien las conexiones.
	Anodo corroído o consumido.	Reemplazarlo.
	Conectores o soldaduras desprendidas.	Cambiar conectores o soldaduras.

TABLA 8 - Fallas en electrodos de referencia de trabajo
de Cobre/sulfato de cobre (Cu/CuSO4) saturado

Falla	Causa	Corrección
Valores diferentes de potencial cuando se compara con el electrodo patrón.	Cobre del electrodo con corrosión y/o solución sulfato de cobre contaminada.	Limpiar el electrodo de cobre y/o cambiar la solución sulfato de cobre (1).
	Electrodo con diferente temperatura.	Verificar que la temperatura de la solución del electrodo esté entre 20 y 25°C.
	No se usó el mismo voltmetro.	Usar el mismo voltmetro.
	Voltmetro de baja impedancia.	Usar voltmetro con impedancia de 1 MegaOhm/Volt mínimo.
	Voltmetro descalibrado.	Calibrar voltmetro.
	Voltmetro descompuesto.	Reparar voltmetro.
	Alta resistencia de contacto entre electrodo y suelo.	Humedecer el suelo donde se coloca el electrodo.
	Alta resistencia de contacto entre el cable de conexión y la estructura.	Limpiar terminales y áreas de contacto.
No da lectura de potencial.	Conexiones mal realizadas.	Polo positivo al electrodo y polo negativo a la estructura.
	Voltmetro defectuoso.	Repararlo.
	Electrodo en mal estado.	Si no hay forma de repararlo hay que reemplazarlo.
	Electrodo sin solución saturada de CuSO4.	Agregar solución saturada de CuSO4.
	Cables de conexión mal conectados o rotos.	Limpiar conexiones y hacerlas bien o cambiar cables rotos.

NOTA: Como óxido, y la limpieza de cobre se puede realizar con una solución de ácido clorhídrico al 5%, o bien, mediante una lija de agua de carburo de silicio de No. 400 ó 300 y agua. La solución de sulfato de cobre debe estar cristalina y de un color azul verdoso. Si ésta se encuentra turbia y de un color azul claro, se debe tirar y agregar nuevos cristales de cobre/sulfato de cobre (Cu/CuSO4).5H2O grado reactivo y agua desmineralizadora o destilada, de tal manera que siempre queden cristales sin disolver (solución saturada). El tapón poroso también debe estar libre de impurezas, tales como: tierra o lodo. El cable de conexión del electrodo debe estar libre de fallas, tanto en el forro como en el alambre.

FORMATO A

DATOS REGISTRADOS DURANTE LAS PRUEBAS DE REQUERIMIENTO DE CORRIENTE PARA
EL DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA EN
LINEAS DE TRANSMISION

No. de torre _____

L.T. _____ A _____ kV

No. de líneas _____ verificado por _____ fecha _____

Resistividad a 1.6 m = _____

Resistividad a 3.2 m = _____

Prueba de Corriente

I (mA)	Von (volt)	E (volt)
0		
50		
100		
150		
200		
250		
300		
350		
400		
500		
600		

Potencial natural

I = corriente suministrada.

Von = potencial de protección (con suministro de corriente).

E = potencial de polarización (al cortar el suministro de corriente).

FORMATO B

MEMORIA DE CALCULO PARA PROTECCION CATODICA DE LINEAS DE TRANSMISION CON ANODOS DE MAGNESIO (Mg) PARA VALORES DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO ENTRE 501 y 5000 ohm-cm

L.T. _____ Estructura No. _____

Resistividad = _____ ohm-cm. Tomada a _____ m Fecha _____

Potencia natural = _____ V

Corriente de protección (ip) = _____ mA (curva de tafel)

Corriente de diseño (Id) + Ip x 1.15 = _____ mA

Corriente drenada por ánodo (Ia) = 120 000F y/resistividad

Y = 2.19-(1.4 x potencia natural) =

No. de ánodo	E.P.
2	1.856
3	2.635
4	3.386
5	4.207
6	5.132
7	5.455
8	6.451
9	7.219

a) 4 kg

Ia= 85200 x _____ = _____ mA $\frac{Id}{Ia}$ = _____ No. de ánodos = _____

b) 7.7 kg

Ia=120000 x _____ = _____ mA $\frac{Id}{Ia}$ = _____ No. de ánodos = _____

c) 14.5 kg

Ia=127200 x _____ = _____ mA $\frac{Id}{Ia}$ = _____ No. de ánodos = _____

d) 21.8 kg

Ia=130800 x _____ = _____ mA $\frac{Id}{Ia}$ = _____ No. de ánodos = _____

$$\text{Corriente total drenada (It)} = I_a \times EP \text{ tiempo de vida esperado (TVE)} = \frac{106.8 W}{It}$$

(W = peso total de ánodos en kg)

a) 4kg

$$It = \quad \times \quad = \quad \text{mA} \quad TVE = \frac{106.8}{\quad} \times \quad = \quad \text{años}$$

b) 7.7 kg

$$It = \quad \times \quad = \quad \text{mA} \quad TVE = \frac{106.8}{\quad} \times \quad = \quad \text{años}$$

c) 14.5 kg

$$It = \quad \times \quad = \quad \text{mA} \quad TVE = \frac{106.8}{\quad} \times \quad = \quad \text{años}$$

d) 21.8 kg

$$It = \quad \times \quad = \quad \text{mA} \quad TVE = \frac{106.8}{\quad} \times \quad = \quad \text{años}$$

Distribución: _____ Anodos de _____ kg

Profundidad de instalación (ver inciso 8.2) _____ m

FORMATO C

MEMORIA DE CALCULO PARA PROTECCION CATODICA DE LINEAS DE TRANSMISION CON
ANODOS DE ZINC (Zn) PARA VALORES DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO
MENORES DE 501 ohm-cm

L.T. _____ Estructura No. _____

Resistividad: _____ ohm-cm, tomada a: _____ m Fecha _____

Potencial natural = _____ V

Corriente de protección (Ip) = _____ mA (curva de Tafel)

Corriente de diseño (Id) = Ip x 1.15 = _____ mA

Corriente drenada por ánodo (Ia) = 40000 F Y/resistividad

Y = 4.4-(4 x potencia natural) = _____ F=1.09

Ia = 43,600 x _____ = _____ mA

$\frac{I_d}{I_a} = \text{_____}$, No. de ánodos = _____

Corriente total drenada (It) = Ia x EP

It = _____ x _____ = _____ mA

Tiempo de vida esperada (TVE) =

No. de ánodos	E.P.
2	1.639
3	2.278
4	2.917

Tiempo de vida esperada (It) = $\frac{71.6 \times W}{I_t}$ (W = peso total de ánodos en kg)

TVE = 71.6 x _____ = _____ años

Distribución: _____ ánodos de zinc de 22.7 kg

Profundidad de instalación (ver inciso 8.2): _____ m

FORMATO D

DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCION CATODICA

No. de estructura	Resistividad de diseño ohm-cm	Potencial natural (V)	Corriente de protección(mA)	Corriente de diseño (mA)	Drenaje la unitario de corriente (mA)	Corriente It total drenada (mA)	Cantidad peso y material de ánodos	Tiempo de vida esperado (años)	Profundidad instalacion (m) de ánodos

L.T.

FECHA:

TABLA No.

PROTECCION ANTICORROSIVA PARA CIMENTACION DE ESTRUCTURAS DE LINEAS DE TRANSMISION

ESPECIFICACION CFE D8CME-07

FORMATO F

DATOS REGISTRADOS DURANTE LA OPERACION DEL SISTEMA DE PROTECCION CATODICA

L.T. _____ A _____ kV .

No. de línea _____ verificado por _____ fecha _____

No. de estructura	Potencial pata 1 (V)	No. de estructura	Potencial pata 1 (V)	No. de estructura	Potencial pata 1 (V)

Comentarios: _____

- NOTAS: (1) Este formato se debe llenar cuando menos cada año.
(2) El valor de potencial es de signo negativo y se mide respecto al electrodo de referencia de Cu/CuSO₄, saturado.
(3) El valor de potencial debe ser aproximadamente igual al valor dado en el estudio y diseño de protección catódica o bien, más negativo de -8.80 V.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

MODULO III: DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE LINEAS DE TRANSMISION

TEMA

FALLAS EN LINEAS DE TRANSMISIÓN, ESTADÍSTICA Y EVENTOS RELEVANTES

**EXPOSITOR: ING. ANTONIO PANIAGUA SILVA
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DE 2001**

FALLAS EN LINEAS DE TRANSMISION ESTADISTICA Y EVENTOS RELEVANTES

2000

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION

NUESTRA PORTADA:

Muestra los trabajos de tendido de conductor en la torre de remate antes de llegar al marco de la Subestación Norte, las líneas son: Kanasin-93110/20-Norte y Mérida III-93130/40-Norte, las cuales forman parte del doble Anillo de la Ciudad de Mérida. La fecha de puesta en servicio de esta línea fue el día 31 de Agosto del 2000.

FALLAS EN LINEAS DE TRANSMISIÓN, ESTADISTICA Y EVENTOS RELEVANTES

2000

DIRECTORIO

***ING. ALFREDO ELIAS AYUB
DIRECTOR GENERAL***

***ING. ARTURO HERNANDEZ ALVAREZ
DIRECTOR DE OPERACIÓN***

***ING. NESTOR F. MORENO DIAZ
SUBDIRECTOR DE TRANSMISION, TRANSFORMACION Y CONTROL***

***ING. ENRIQUE ROSALES GIL
COORDINADOR DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION***

***ING. JUAN BAUTISTA FLORES
GERENTE DE SUBESTACIONES Y LINEAS***

MEXICO D.F., ENERO DEL AÑO 2001.

**FALLAS EN LINEAS DE TRANSMISION,
ESTADISTICA Y EVENTOS RELEVANTES
2000**

**REVISTA ANUAL PUBLICADA POR LA GERENCIA DE
SUBESTACIONES Y LINEAS DE LA COORDINADORA DE
TRANSMISION Y TRANSFORMACION DE COMISION
FEDERAL DE ELECTRICIDAD.**

**RESPONSABLE:
ING. FRANCISCO J. SANTANDER VELAZQUEZ
SUBGERENTE DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN**

MEXICO D.F., ENERO DEL AÑO 2001.

FALLAS EN LINEAS DE TRANSMISION, ESTADISTICA Y EVENTOS RELEVANTES

2000

ESTA REVISTA SE HA REALIZADO CON LA ESTRECHA COLABORACION DE LAS AREAS DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION QUE TIENEN BAJO SU RESPONSABILIDAD EL PROCESO DE TRANSMISION, LAS CUALES SON:

AREA	TITULAR
BAJA CALIFORNIA	ING. FRANCISCO BELTRAN ROMERO
NOROESTE	ING. LEONARDO BERUMEN GARCIA
NORTE	ING. PEDRO RIVERA RODRIGUEZ
NORESTE	ING. LEONARDO OCAÑA RAMIREZ
OCCIDENTE	ING. LIZARDO CORONA GUERRERO
CENTRAL	ING. JESUS ESPINO CAZARES
ORIENTE	ING. JOSE MARIO ESQUIVEL HERNANDEZ
SURESTE	ING. MIGUEL ANGEL SOL TRUJILLO
PENINSULAR	ING. ANTONIO ROMERO AGUILAR

MEXICO D.F., ENERO DEL AÑO 2001.

FALLAS EN LINEAS DE TRANSMISION, ESTADISTICA Y EVENTOS RELEVANTES 2000

CONTENIDO

I.- RESUMEN	5
II.- ANALISIS DE RESULTADOS	9
III.- FALLAS EXTRAORDINARIAS	11
IV.- ACTIVIDADES RELEVANTES	14
V.- ESTRATEGIAS PARA EL AÑO 2001	21
VI.- CRECIMIENTO DE LA RED	26
VII.- LINEAS DE TRANSMISION EN CONSTRUCCION	29
VIII.- CONCLUSIONES	31
IX.- TABLAS, GRAFICAS Y PLANOS	33

I.- RESUMEN

Con el año 2000, concluyó el siglo XX y con ello el proceso de Transmisión ha adquirido un cúmulo de experiencias que le permite enfrentar las condiciones adversas que provocan fallas permanentes o transitorias en el proceso de Transmisión de Energía Eléctrica.

Durante el año 2000, se pronosticaron fenómenos naturales que afectarían las instalaciones de C.F.E., por lo que el personal de mantenimiento a nivel nacional dio un seguimiento especial a cada una de las fallas que se presentaron en Líneas de Transmisión para su atención oportuna.

Los índices de salidas por falla de líneas de transmisión en los diferentes voltajes atendidos por transmisión para el año 2000 fueron satisfactorios de acuerdo a lo siguiente:

En 400 KV con un índice de 1.15 y 12,399 km en 1999 paso a 0.99 con 13,165 km en el 2000.

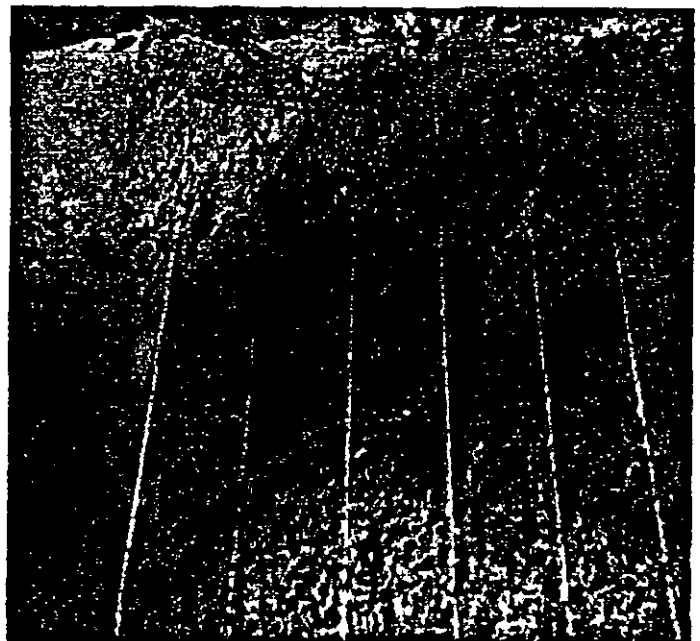
En 230 KV con un índice de 1.17 y 21,224 km, subió a 1.40 con 21,598 km, por las fallas presentadas en el Area de Transmisión y Transformación Occidente, en dos líneas que no permiten el acceso.

En voltajes menores de un índice de 3.29 con 4,548 km, subió a 3.41 con 4,548 km.

El índice nacional global paso de 1.41 con 38,058 km a 1.49 con 39,312 km de líneas de transmisión.

En las 9 Areas de Transmisión y Transformación se llevaron a cabo cursos de capacitación para izaje de estructuras utilizando los helicópteros.

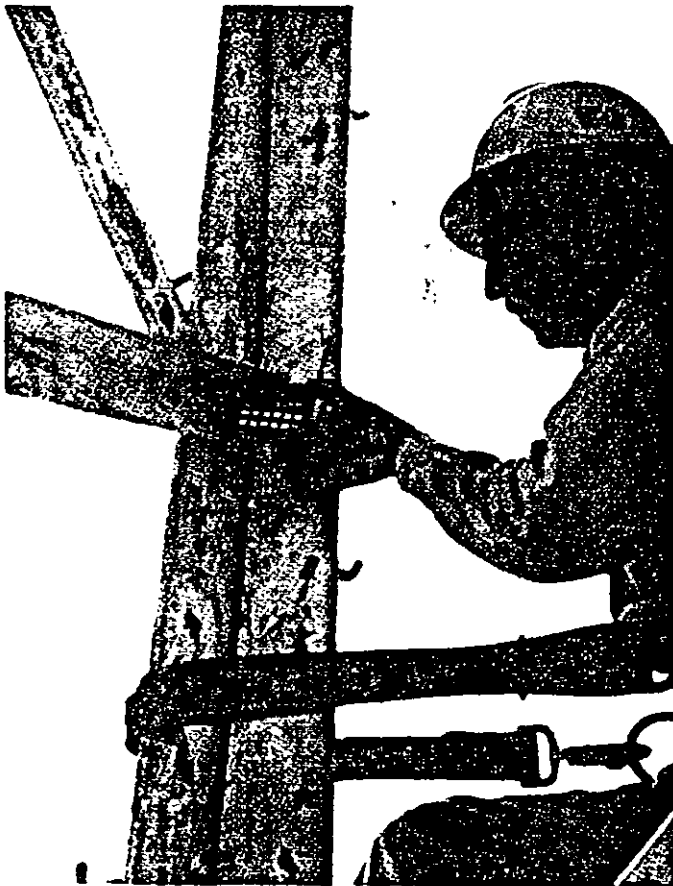
Así mismo, en coordinación con la SEDENA en la base Aérea de Santa Lucia con helicópteros MI-17 se llevaron a cabo prácticas de maniobras de izaje y traslado de estructuras de emergencia, con la finalidad de que en los eventos extraordinarios o fallas que se presenten los pilotos de la Fuerza Aérea Mexicana de manera más eficiente y con mayor seguridad apoyen con las maniobras necesarias en el restablecimiento de líneas de transmisión.



Líneas de transmisión de doble circuito de 400 kV
Chicoasen-A3410/90-Juile

Con la instalación en su primera etapa del Proyecto Sistema de Información del Mantenimiento a Líneas de Transmisión (SIMALT), se observaron resultados satisfactorios, ya que proporciona al personal de campo un apoyo para el control del mantenimiento.

Las Areas de Transmisión y Transformación, donde se inició el proyecto son: Oriente y Baja California, así también en el primer semestre de 2001 se desarrollará la segunda etapa en las Areas Noreste, Occidente, Central y Sureste y en el segundo semestre en las 3 Areas restantes Noroeste, Norte y Peninsular.



El liniero toca el dispositivo de memoria, para iniciar la revisión de la torre en la aplicación del Sistema de Información del Mantenimiento de Líneas de Transmisión "SIMALT".

Otro factor que puso en alerta al pueblo de México y al Proceso de Transmisión y Transformación fue la gran actividad que presentó el volcán Popocatepetl, el cual aumentó de intensidad expulsando material incandescente, vapor de agua y una gran cantidad de cenizas, por lo que se depositaron grandes cantidades en el aislamiento de las líneas de transmisión y subestaciones cercanas al volcán y con la atención oportuna del personal de transmisión en la limpieza de los mismos no se presentó ninguna falla por esta causa.

En el Area de Transmisión y Transformación Occidente se presenta una problemática crítica, ya que en los ejidos de Barranca de Marmolejo y otros en Lázaro Cárdenas Michoacán, no han permitido dar el mantenimiento adecuado a las brechas bajo las líneas de transmisión y al tocar los árboles con los conductores se registraron 50 fallas en dos líneas de 230 KV por esta causa. Con apoyo de la Coordinación de Asuntos Jurídicos se está atendiendo este problema.

La Coordinación de Transmisión y Transformación y las propias Areas, celebraron convenios con diferentes entidades públicas y privadas como son: Con la SCT para modificar o dar mayor libramiento a líneas de transmisión donde cruzan sus nuevas supercarreteras y autopistas, así también con particulares como transportadoras de gas que solicitan la construcción de gasoductos

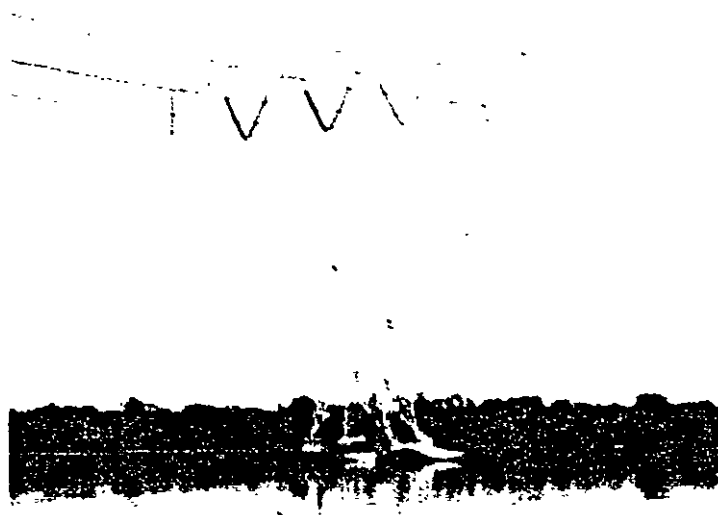
paralelos a los derechos de vía de líneas de transmisión.

En materia de fallas extraordinarias este año no fue la excepción ya que se presentaron tres eventos uno en el Area de Transmisión y Transformación Noreste, otro en el Area Occidente y uno mas en el Area Norte, donde se aplicó el plan de reparación establecido en Transmisión, utilizando estructuras modulares de emergencia, helicópteros, equipos de maniobra y personal capacitado en el restablecimiento de líneas de transmisión.

Una vez más se comprobó la efectividad del plan de restablecimiento, aumentando su alcance contando con la participación de la Unidad de Transportes Aéreos, lo cual ha representado un apoyo fundamental para el proceso durante las emergencias.

Esta revista cumple ya 23 años de publicarse, con el objeto de ser una fuente de información sobre el comportamiento de la Red de Transmisión del Sistema Eléctrico Nacional, y que año con año con la participación de las nueve Areas se ha fortalecido, aumentando sus alcances divulgando experiencias de suma importancia para los diferentes procesos tanto de Programación, Proyectos, Construcción, Distribución, LAPEM, UIE, como también a otras entidades técnicas nacionales e internacionales.

Esta publicación resume todos los esfuerzos, acciones y experiencias de las nueve Áreas de Transmisión y Transformación, para alcanzar la misión de **“Administrar la operación y el mantenimiento de los medios de Transmisión y Transformación de energía eléctrica con continuidad, seguridad, calidad, economía y en armonía con la ecología”**.



Línea de Transmisión de 400 KV Tuxpan-A3380- Texcoco de tres conductores por fase, en estructuras de doble circuito. Atravesan el lago en Veracruz, Veracruz.

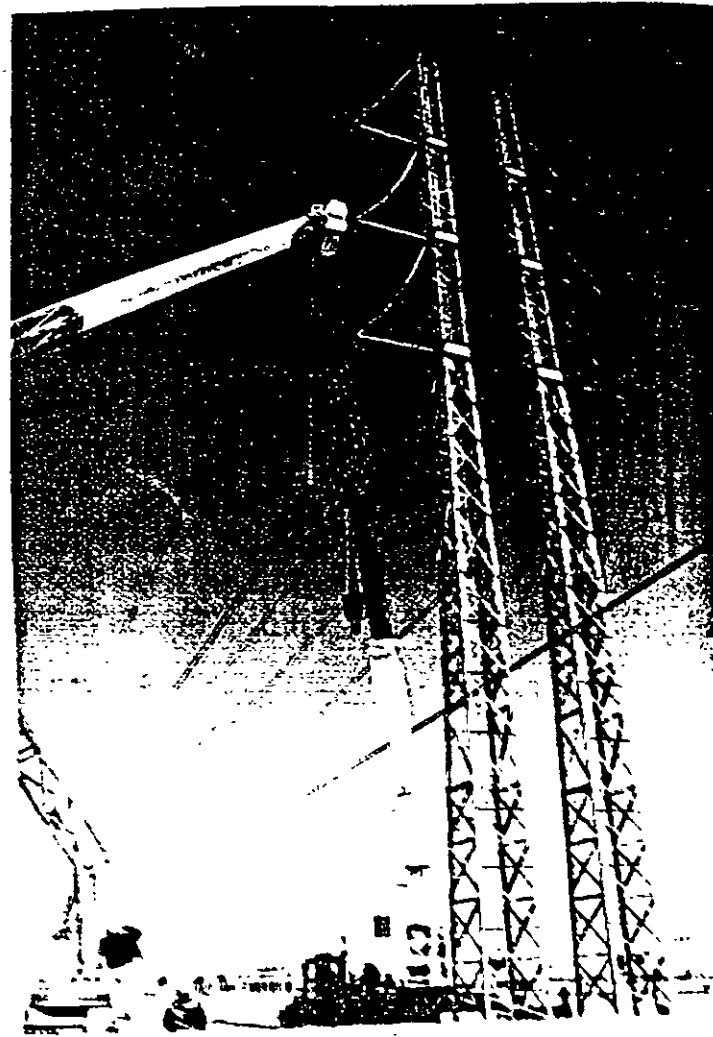
A pesar de que se tuvieron restricciones presupuestales se realizaron acciones durante el año 2000 para aumentar la confiabilidad de nuestra red eléctrica como la modificación de ángulos de blindaje, cambio de aislamiento normal por de mayor distancia de fuga, limpieza de aislamiento, corrección de brecha, reubicación de estructuras, reemplazo de aisladores por problemas de corrosión,

mejoramiento del sistema de tierras, sustitución de hilo de guarda corroído, instalación de protecciones contra defecación de aves, sustitución de elementos estructurales corroídos y otras mas.

La colaboración y apoyo brindado por el LAPEM, ha contribuido para la identificación de la causa raíz de algunas de las fallas, además de establecer la normatividad para el proceso de transmisión en aisladores cerámicos y no cerámicos, herrajes, conductores, recubrimientos anticorrosivos y sistemas de tierras.

Conscientes de la importancia del desarrollo tecnológico en las líneas de transmisión, se continuarán proyectos con el Instituto de Investigaciones Eléctricas, dirigidos a controlar el número de fallas, en líneas de transmisión.

La Red de Transmisión día a día cobra mayor importancia, el reto continuo de satisfacer la demanda de energía crece considerablemente y nuestra misión es afrontarlo y dar respuesta como hasta ahora se ha realizado.



Instalación de postes Independencia para corregir distancias de conductor a piso críticas, en las líneas de 230 kV Valle de Juarez-93270-Samalayuca y Valle de Juarez-93140-Reforma.



Vista panorámica de una línea de transmisión de 230 kV

II.- ANALISIS DE RESULTADOS

De la estadística del año 2000 dentro de la clasificación por falla propia podemos identificar a las salidas de líneas por descargas atmosféricas, brecha y contaminación como las de mayor incidencia. Estas representaron el 25% del total de las causas provocando aproximadamente el 81% de salidas. La frecuencia de salidas por descargas atmosféricas fue la mayor, en comparación con el año pasado, en segundo lugar por brecha y en tercer lugar por contaminación, donde se logró abatir considerablemente el valor del año anterior, esto nos indica que las estrategias establecidas fueron adecuadas.

La tabla siguiente muestra los índices de salidas por falla de líneas de transmisión en los voltajes de 400-115 kV.

INDICE NACIONAL OBTENIDO		
TENSION	1999	2000
400 KV	1.15	0.99
230 kV	1.17	1.40
161 kV	4.17	4.73
115 kV	3.19	3.24
TOTAL	1.41	1.49

Para cada nivel de tensión el comportamiento y análisis es el siguiente:

400 kV. Para el período Enero-Diciembre del 2000, se obtuvo un índice favorable el cual fue de 0.99 *siendo el mejor índice obtenido desde que se inició la estadística de salidas de líneas de transmisión en 1977.*

Las líneas que presentaron mayor número de salidas fueron:

Tula-A3370-Poza Rica II con 11 salidas por descargas atmosféricas; Tapeixtles-A3J20-Mazamitla con 10 salidas por descargas atmosféricas; Acatlán-A3230-Manzanillo con 7 salidas, 5 por descargas atmosféricas, 1 por vientos fuertes y 1 por causa desconocida.

230 kV. Para el período Enero-Diciembre del 2000 se obtuvo un índice mayor, el cual fue de 1.40 en comparación con el mismo período de 1999 que fue de 1.17 este resultado se debe al incremento de salidas por brecha en las líneas de transmisión Pitirera-93250-Villita con 29 salidas y Lázaro Cárdenas Potencia-93270-Pitirera con 21 salidas del Área de Transmisión y Transformación Occidente, esto es debido a que no se permite el acceso al personal encargado del mantenimiento por conflictos con los ejidatarios en la regularización de los derechos de vía, situación que se está incrementando debido a que aun falta de regularizar el 90% de la superficie ocupada por las líneas pertenecientes al proceso de transmisión. Si estas salidas no se consideraran, el índice sería similar al del año anterior que es de 1.17, el cual fue el mejor índice logrado desde 1977.

Las líneas que presentaron mayor número de salidas fueron: Pitirera-93250-Villita con 30 salidas, 29 por brecha y 1 por quema de vegetación; Lázaro Cárdenas Potencia-93270-Pitirera con 23 salidas, 21 por brecha.

1 por contaminación y 1 por quema de vegetación; Juile-93950-Juchitán II con 7 salidas, 3 por descargas atmosféricas, 2 por contaminación, 1 por vientos fuertes y 1 por quema de vegetación; Kilómetro 20 - 93810 - Escarcega con 7 salidas, 6 por descargas atmosféricas y 1 por causa desconocida.

Para las fallas presentadas en las dos primeras líneas Pitirera-93250-Villita y Lázaro Cárdenas Potencia-93270-Pitirera; se están intensificando actividades con el Area de Transmisión y Transformación Occidente y el Depto. Jurídico donde se establezcan los convenios de la servidumbre legal de paso.

161-115 kV. Para el período Enero-Diciembre del 2000, - se obtuvo un índice ligeramente mayor que fue de 3.41 en comparación con el mismo período de 1999 que fue de 3.29

Las líneas que presentaron mayor número de salidas fuerón:

Carapan-83230-Cupatitzio con 11 salidas, 6 por descargas atmosféricas, 3 por brecha y 2 por hilo de guarda; Carapan-83220-Uruapan III, con 10 salidas, 9 por descargas atmosféricas y 1 por hilo de guarda; Polyuc-73230-Xul-Ha con 10 salidas por descargas atmosféricas; Lerma-73010-Mérida II con 9 salidas por descargas atmosféricas; Sur-73060-Ticul II con 8 salidas, 7 por descargas atmosféricas y 1 por conductor; Valladolid-73480-Nizuc con 8 salidas por descargas atmosféricas.

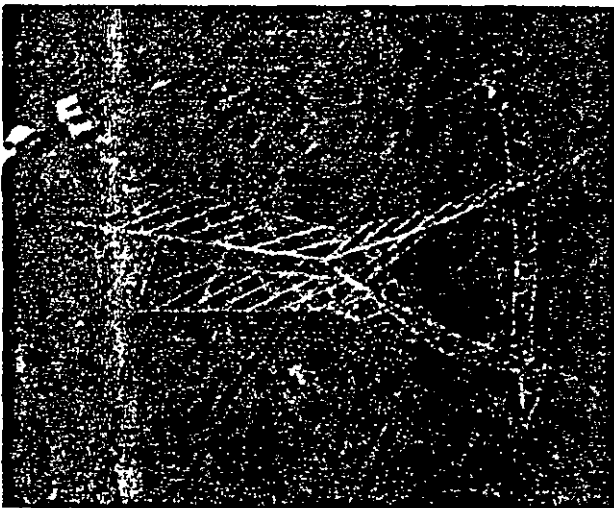


Momentos previos al izaje en el que el liniero engancha a la estructura modular, en el restablecimiento provisional de la línea de transmisión de 230 kV Colima II-93540-Cd Guzmán, por colapso de las estructuras No.79 y 80.

III.- FALLAS EXTRAORDINARIAS

En el proceso de Transmisión, la Gerencia de Subestaciones y Líneas participó como apoyo de las Areas de Transmisión y Transformación en las siguientes fallas relevantes:

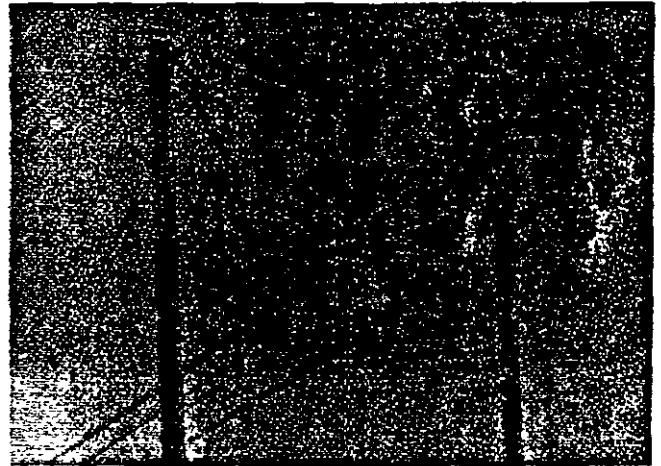
El día 13 de mayo del 2000 a las 08:31 horas, en el Area de Transmisión y Transformación Noreste se presenta falla permanente en la L.T. de 230 KV Huinala-93880-Aeropuerto (aislada en 400 KV) debido al colapso de la estructura No. 189, **provocado por vientos fuertes y corrosión** en la cimentación de la estructura, las estructuras adyacentes No. 188 y 190 sufrieron daños en las crucetas de hilo de guarda.



Vista aérea de la estructura No. 189 colapsada

Para el restablecimiento provisional, el personal de transmisión utilizó una estructura modular de emergencia tipo chainette de 2 columnas con apoyo de un helicóptero tipo Bell-212, concluyendo los trabajos el día 15 de mayo del 2000.

El día 27 de mayo del 2000, a las 16:57 horas personal del Area de Transmisión y Transformación Noreste reemplaza la estructura modular de emergencia instalando una estructura de acero autosoportada.

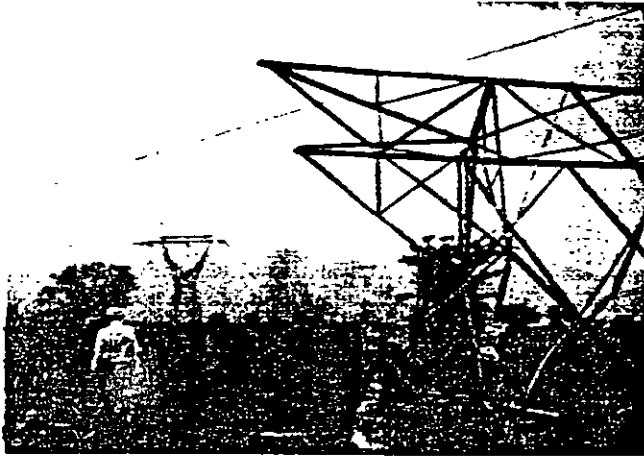


Maniobras para levantar uno de los conductores por fase en el arreglo tipo Chainette.

El día 01 de junio, en el Area de Transmisión y Transformación Occidente a las 16:33 horas, se presenta falla permanente en la L.T. de 230 KV Colima II-93540-Cd. Guzmán y a las 16:44 horas del mismo día se presenta falla permanente en la L.T. de 400 KV Manzanillo-93230-Acatlán. La falla de la línea de 230 KV fue por la caída de las estructuras No. 79 y 80, y en la línea de 400 KV fue por colapso de la estructura No. 162, estas dos fallas fueron provocadas **por una fuerte tromba** cercana al poblado de Queseria, Colima.

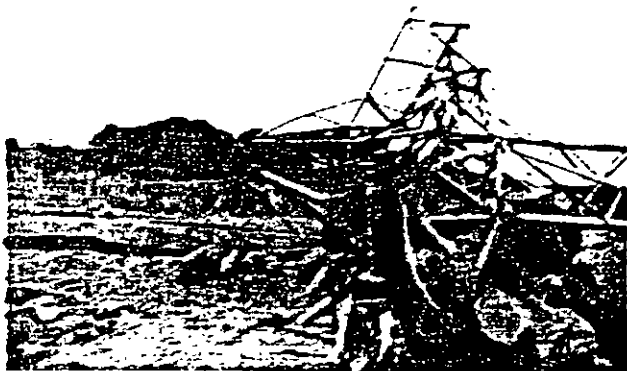
Para el restablecimiento de la L.T. de 230 KV Colima II-93540-Cd. Guzmán, personal de transmisión instaló 2 estructuras modulares de emergencia

tipo chainette, en forma provisional con el apoyo del helicóptero tipo Bell-412. La reparación provisional de esta línea se concluyó el día 06 de junio del 2000.



Vista de la estructura No. 162 colapsada de la línea de 400 kV Manzanillo-A3230-Acatlán.

Para el restablecimiento de la L.T. de 400 KV Manzanillo-A3230-Acatlán, se instaló una estructura modular de emergencia tipo chainette en forma provisional, utilizando también el apoyo de un helicóptero tipo Bell-212. La reparación provisional de esta Línea se concluyó el día 04 de junio del 2000, energizándose a las 16:31 horas tomando una carga de 400 MW.



Vista de la estructura No. 80 de la línea de 230 kV Colima Dos- Ciudad Guzmán.

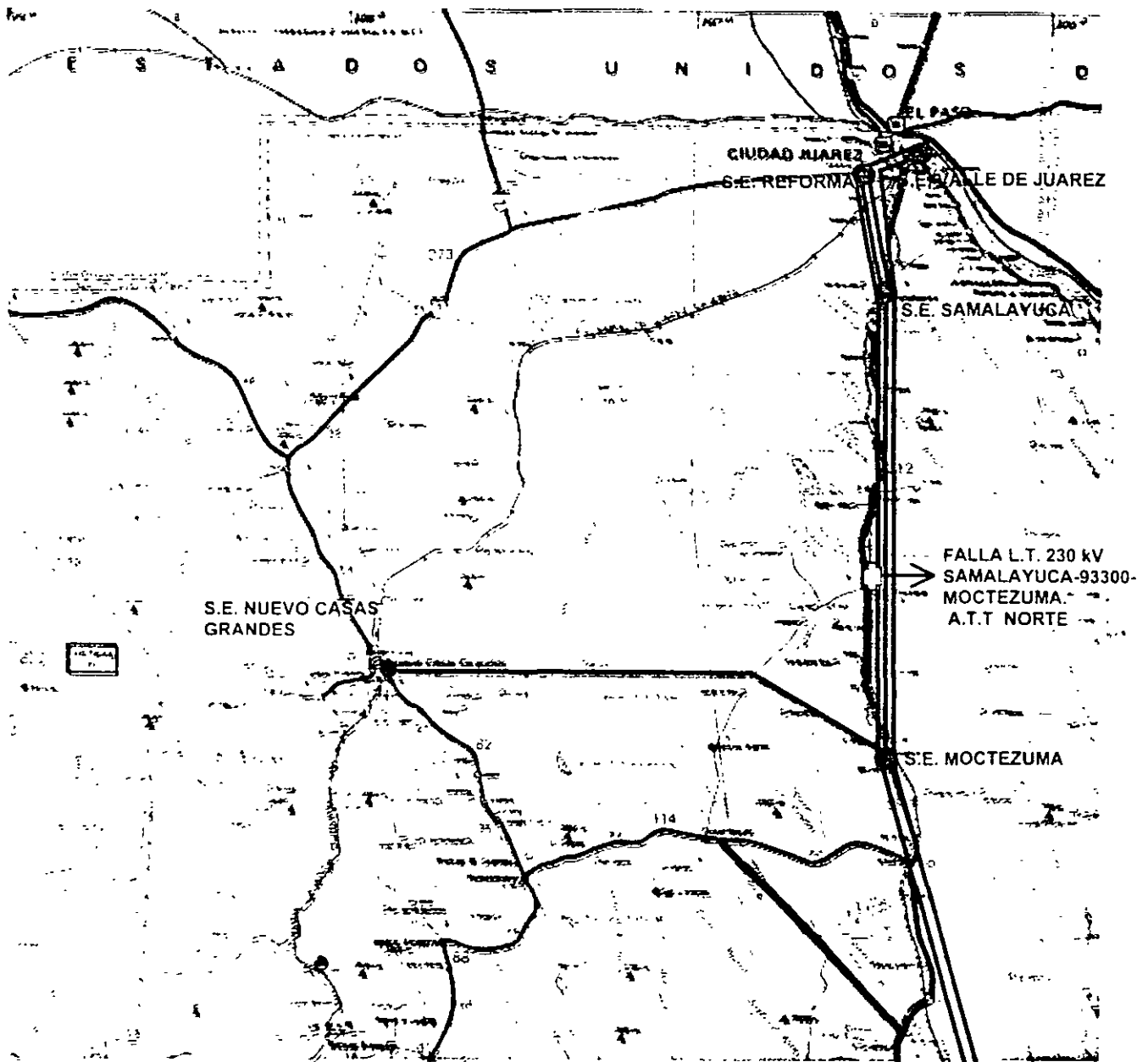
El Area de Transmisión y Transformación Occidente reemplazó las estructuras modulares de emergencia en la línea de transmisión de 230 kV Colima II-93540-Cd. Guzmán por 2 estructuras de acero autoportadas, quedando concluido el día 07 de noviembre del 2000. Para la línea de 400 kV Manzanillo-A3230-Acatlán se reemplazó la estructura de emergencia por una estructura autoportada de 400 KV, tipo remate el día 03 de diciembre del 2000.

El día 26 de junio en el Area de Transmisión y Transformación Norte, se colapsa el sistema de energía eléctrica en la subárea Juárez con una pérdida aproximada de carga de 500 MW correspondiente a Cd. Juárez, Chihuahua, el evento se originó por la falla permanente en la L.T. de 230 KV Samalayuca-93300-Moctezuma debido a la caída de las estructuras No. 205, 206 y 207 tipo arrestradas, causado por **vientos fuertes**, lluvia en la zona y falla en los elementos de amarre de los cables de retenida.

Para el restablecimiento de la línea, personal de transmisión del Area Norte instaló 4 estructuras modulares de emergencia tipo delta de una columna, con una altura de 29 m. en forma provisional. con el apoyo de un helicóptero tipo Bell-212. La reparación provisional de esta línea se concluyó el día 30 de junio del 2000.

En esta falla apoyaron las Areas de Transmisión y Transformación Noreste y Oriente, con estructuras modulares de emergencia.

La reparación definitiva se realizó del 19 al 23 de marzo del 2001 con la instalación de tres estructuras de acero autoportadas con el apoyo de la Coordinación de Proyectos de Transmisión y Transformación.



Mapa indicativo del lugar donde se colapsaron las estructuras 205, 206 y 207 en la Línea Samalayuca - Moctezuma, provocando una pérdida de 500 MW en Cd. Juárez, Chi

IV.- ACTIVIDADES RELEVANTES

Durante el año 2000, además del mantenimiento programado por las Areas de Transmisión, se realizaron otras actividades importantes para abatir el número de salidas de línea, las cuales se listan a continuación:

A.T.T. BAJA CALIFORNIA.

Supervisión para la puesta en servicio de las LT's de 230 KV Bledales - Santiago - Cabo Real -Cabo San Lucas II.

Trabajos para la puesta en operación de 6.0 km de la L.T. de 161 KV Cerro Prieto IV-Cerro Prieto I.

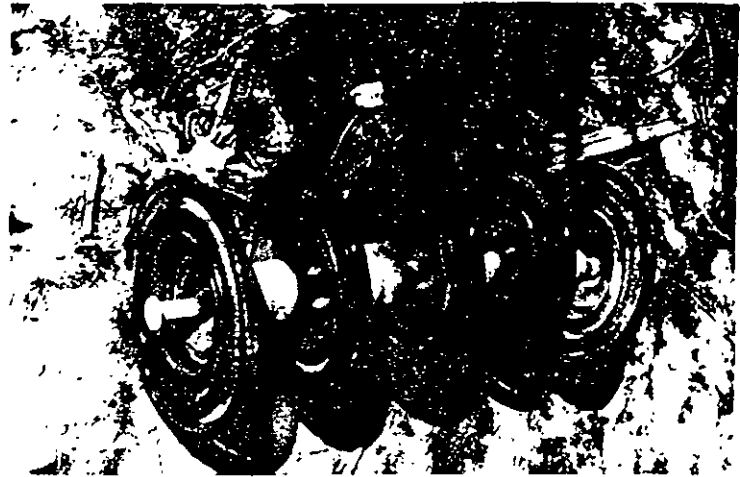
Reparación de 16 estructuras con problemas de corrosión en la L.T. de 230 KV Cipres-93140-Presidente Juárez.

A.T.T. NOROESTE

Corrección del ángulo de blindaje en 75 estructuras de las L.T.'s de 230 KV Hermosillo III-93210-Nacozari, Mazatlán II-93810-Culiacán Potencia, Mazatlán II-93820-Durango II.

Sustitución de 300 piezas de aislador de vidrio por aislador sintético en las L.T.'s de 230 KV Pueblo Nuevo-93630 / 93610-Mochis II, Obregón III-93450-Obregón IV, Seis de Abril-93010-Industrial Caborca.

Sustitución de aislador normal por aislador tipo niebla en 50 estructuras de la L.T. de 230 KV Huites-93520-Pueblo Nuevo, para aumentar la distancia de fuga y evitar salidas.



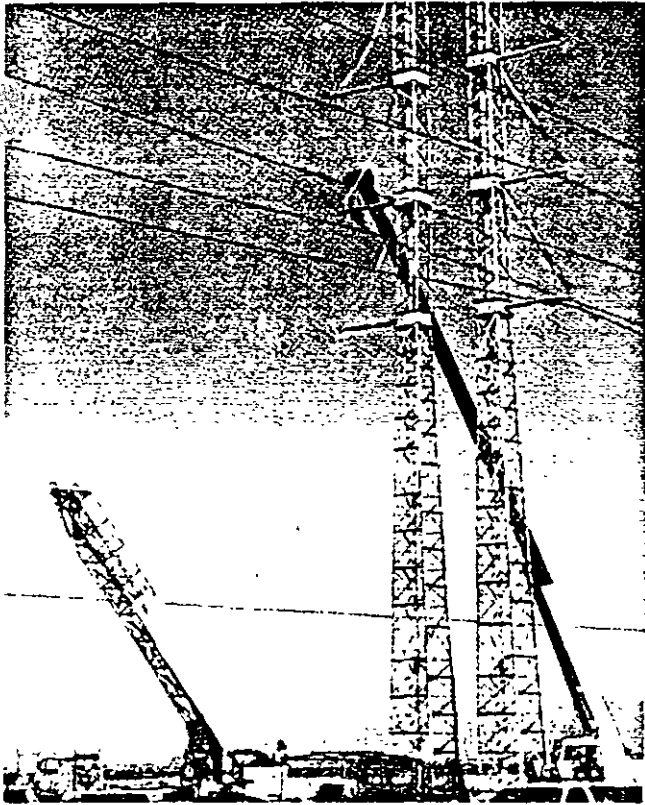
Aislador de vidrio sustituido por aislador sintético, por contaminación severa, en la línea de transmisión de 230 kV Seis de Abril-93010-Industrial Caborca.

A.T.T. NORTE

Se instalaron 8 postes independencia en las líneas de 230 kV Valle de Juarez-93140-Reforma y Samalayuca-93270-Valle de Juárez entre las estructuras 29-30, 30-31, 31-32 y 32-33 para corregir libramiento crítico en la zona urbana de Cd. Juárez Chihuahua, pasando el conductor de 7.31, 7.53, 8.18 y 9.49 metros a una altura promedio de 16 metros.

Apertura de las líneas de 230 KV Avalos-93960-Cuahtémoc II y Avalos-93130-Chihuahua Norte para entroncar la Subestación El Encino.

Puesta en servicio de la L.T. de 400 KV Hércules Potencia-A3A10-El Encino con una longitud de 219 km y 516 estructuras de acero autosoportadas.



Vista del poste independencia No. 31 Bis, instalado en la línea de 230 kV Samalayuca-93270/140-Valle de Juárez

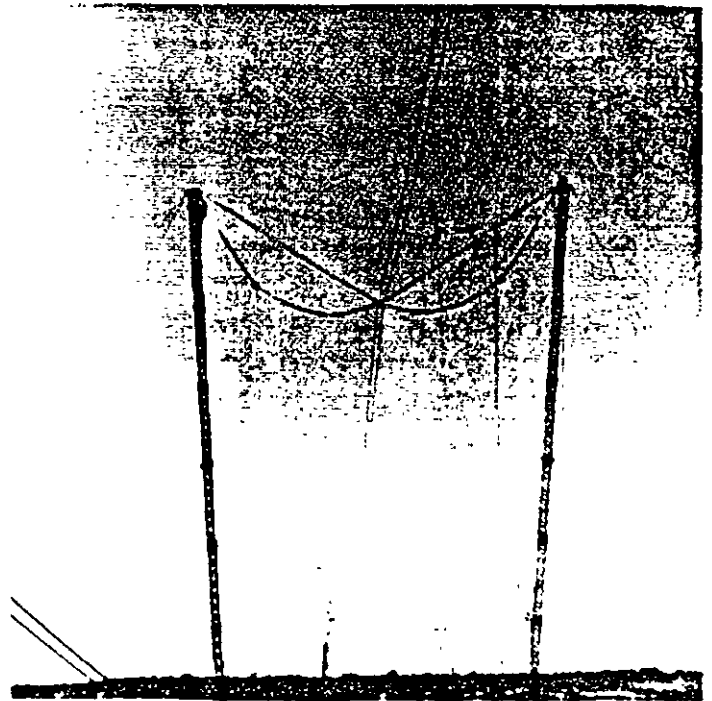
Atención a la emergencia presentada el día 26 de junio del 2000 en la L.T. de 230 KV Samalayuca-93300-Moctezuma, por la caída de las estructuras No. 205, 206 y 207 tipo arrestradas, causada por fuertes vientos, lluvia en la zona y falla de los dispositivos de amarre en los cables de retenida.

A.T.T. NORESTE

Derivado de la problemática por contaminación a fines de 1999 en las LT's de 400 y 230 KV y para aumentar la confiabilidad, se cambiaron aisladores estándar por aislamiento tipo niebla en las siguientes líneas:

L.T. de 400 KV Villa de García-A3700-Torreón Sur, 5280 piezas en 60 estructuras; LT's de 230 KV Villa de García-93100-Apasco, 2584 piezas en 38 estructuras; Villa de García-93040-Saltillo, 3400 piezas en 50 estructuras; Apasco-93110-Cedros, 952 piezas en 14 estructuras.

Atención a la emergencia presentada el día 13 de mayo del 2000 en la L.T. de 230 KV Huinalá-93880-Aeropuerto (aislada en 400 KV) debido al colapso de la estructura No. 189 y daños en las crucetas de hilo de guarda de las estructuras No. 188 y 190 por fuertes vientos en la zona, para el restablecimiento se utilizó una estructura modular de emergencia de 2 columnas tipo chainette en forma provisional.



Arreglo Chainette con la fase central instalada, sustituyendo en forma provisional a la estructura No. 189 en la falla de la L.T. Huinalá-Aeropuerto

Conversión de voltaje de 230 a 400 KV en la L.T. Río Escondido-A3000-Hércules Potencia, con 354 Km.

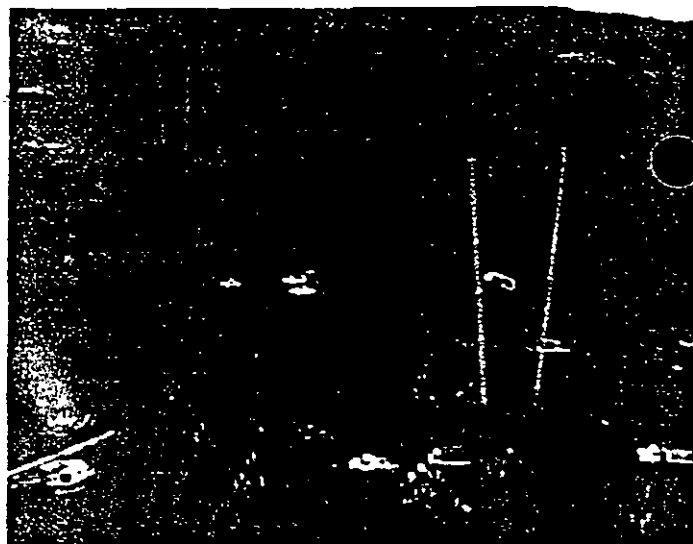
En las subáreas Matamoros, Reynosa, Monterrey y Victoria monitoreo de la corriente de fuga en las L.T's de 400 KV Villa de García-A3460-Frontera, Villa de García-A3700-Torreón Sur, Villa de García-A3760-Plaza, Altamira-A3120 - Guémez y en las L.T's de 230 KV Río Bravo-93840-Lauro Villar, Río Bravo-93830-Aeropuerto, además en las estaciones meteorológicas instaladas en las subestaciones Villa de García, Loma del Toro y Arco Vial.

Entronque de la S.E. Matamoros Potencia, con la apertura de la L.T. de 230 KV Río Bravo-93840-Lauro Villar.

A.T.T. OCCIDENTE

Reubicación de una estructura intermedia de acero autosoportada de remate entre las torres 2 y 3 de 230 KV por distancia crítica conductor-piso del BY-PASS de la L.T. LCP-93210/93220-SCD con LT's LCP-93230/93240-NKS por construcción de la autopista Morelia-Uruapan-Lázaro Cárdenas.

Instalación de un poste troncocónico en la L.T. Puente grande-63390/63410-Alamos, con la finalidad de dejar fuera de servicio el tramo entre la S.E - Alamo y la estructura 29 que cruza por la zona urbana de Guadalajara.



Estructuras tipo Chainette para sustituir las estructuras No. 79 y 80 colapsadas de la línea de 230 kV Colima II-93540-Cd. Guzman.

Entronque de la S.E. Tapeixtles Potencia, seccionando la L.T. Manzanillo II-A3190-Mazamitla con 190 km.

Atención a la emergencia presentada el día 01 de junio del 2000, en la L.T. de 230 KV Colima II-93540-Cd. Guzmán por el colapso de las estructuras No. 79 y 80 debido a deslaves sobre las estructuras y falla en la L.T. de 400 KV Manzanillo-A3230-Acatlán por colapso de la estructura No. 162 debido a fuertes vientos y lluvia en la zona.

Puesta en servicio de las L.T.'s de 230 KV Carapan-93940-Morelia Potencia con 87 km de longitud y 200 estructuras y Tepic II-93840-Vallarta Potencia con 108 km de longitud y 252 estructuras.

Puesta en servicio de la L.T. Uruapan III-83280-Apatzingan con 46 km de longitud y 107 estructuras (aislada en 230 KV, operando en su primera etapa en 161 KV).

A.T.T. CENTRAL

Izaje de 3 columnas de emergencia tipo remate entre las estructuras 357 y 358, así mismo, reposición de crucetas dañadas y faltantes, para proteger el derecho de vía en 9 estructuras de la línea antigua Alamo-83110-Cuajimalpa.

Trabajos de recepción de las LT's de 230 KV para la puesta en servicio de la línea Olivar-Odón de Buen y Olivar-Aguilas (entronque Olivar con anillo de 230 KV).

Supervisión de trabajos de la L.T. Odón de Buen-Taxqueña de 230 KV con 21 estructuras y 8 km de longitud. Corrección de brecha en doce líneas de transmisión de 400 y 230 kV corrigiendo un total de 146.73 hectáreas.

Trabajos para intercalar 2 estructuras entre las torres No. 58 y 59 para levantar conductor derivado del proyecto de construcción de la banda transportadora debajo de la L.T. Daño-93350-Cemex por parte de la planta Cementos Mexicanos.

Prácticas de izaje de estructuras modulares de emergencia en almacén Tenayuca con personal de construcción por plan de emergencia del Area Metropolitana.

Capacitación y adiestramiento con personal de C.F.E. de las tripulaciones de vuelo de aeronaves de Ala Rotativa de la Fuerza Aérea Mexicana (helicópteros tipo MI-17) en el manejo e izaje de estructuras modulares de emergencia, impartido



Capacitación con personal de C.F.E. a pilotos de la Fuerza Aérea Mexicana en el manejo e izaje de Estructuras Modulares de Emergencia.

en la Base Aérea de Santa Lucía, Estado de México.

Puesta en servicio de la L.T. de 230 KV Lázaro Cárdenas Potencia-93070-Ixtapa Potencia con 72 km de longitud y 191 estructuras.

A.T.T. ORIENTE

Supervisión de la reparación definitiva de las Líneas de Transmisión afectadas por la **Depresión Tropical No.11 ocurrida en octubre de 1999**, con los siguientes resultados:

En la L.T. de 400 KV Tuxpan Vapor-A3380-Texcoco, se reemplazó el 000228 las torres No. 207 y 208 por problemas en su cimentación con el apoyo de la CPTT; Instalándose 2 estructuras de acero autosoportadas

con cimentación basado en pilas profundas.

En la L.T. de 230 KV Poza Rica II-93030-Mazatepec se realizó reparación permanente el día 000305, que consistió en la instalación de 3 estructuras de acero autosoportadas (dos de suspensión y una de tensión) reemplazando las 3 estructuras modulares tipo chainette (No.62, 63 y 64). La torre No. 63 fue con cimentación especial a base de pilas profundas.

Las Líneas de Transmisión de 230 KV. Mazatepec-93470-Jalacingo y Mazatepec-93420-Zocac torre No. 20 (caída), en coordinación con la CPTT, se realizó la reparación definitiva el 000404, que consistió en sustituir las torres No. 20 y 21 relocalizando la trayectoria de la línea por desplazamiento del terreno, instalando cuatro estructuras de acero autosoportadas (19 bis, 20, 21 y 21bis).

La L.T. de 230 KV Poza Rica II-93050-Jalacingo, con cable OPGW (fibra óptica) torre No.83 (caída) en coordinación con la CPTT se realizó la reparación definitiva el 000331, instalando una torre de tensión de acero autosoportada con cimentación especial a base de pilas profundas, dejando en operación la fibra óptica.

La L.T. de 400 KV Poza Rica II-A3390-Laguna Verde. Reparación permanente de la torre 115 a la 117 ubicado en Mizantla Veracruz; consistió en instalar 4 torres de acero autosoportadas de tensión, la torre 116 y 117 fueron con cimentación

especial a base de pilas profundas, la torre 118 también se reemplazó por encontrarse dañada. Para el segundo tramo de la torre No.252 a la torre No.260, el día 19 de abril se concluyeron los cambios de estructuras modulares por definitivas instalándose 14 estructuras de las cuales 4 son de tensión y 10 son de suspensión, las torres No. 254, 255, 256 y 257 fueron con cimentación especial a base de pilas profundas para fines del mes de mayo se concluyó con el montaje de estructuras definitivas.

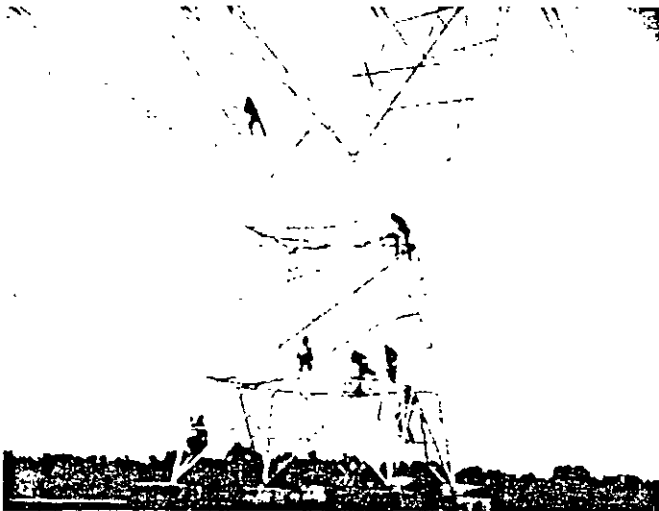
SEGUNDA ETAPA.

Con fecha 23 de abril al 10 de julio del año 2000, se repararon las cimentaciones de las siguientes líneas de transmisión : Tuxpan Vapor-A3380-Texcoco (7 estructuras), Laguna Verde-A3390-Poza Rica II (6 estructuras), Mazatepec – 93470 / 93420 -Jalacingo/Zocac (4 estructuras), Mazatepec-93030-Poza Rica II (2 estructuras). Los trabajos de reparación consistieron en el amarre de las cuatro patas con ligas de trabe y mejoramiento del terreno con suelo cemento.

TERCERA ETAPA.

Mazatepec – 93470 / 93020 - Jalacingo/Zocac, se determinó eliminar la estructura 31 y reubicar las estructuras 30 y 32, estos trabajos se iniciaron a partir del 16 de octubre del 2000 y se concluyó el 22 de diciembre del mismo año.

Relocalización de estructuras en las siguientes líneas de transmisión: Tuxpan Vapor-A3780-Texcoco estructuras 160, 163, y 180; Poza Rica II-93030-Mazatepec en la

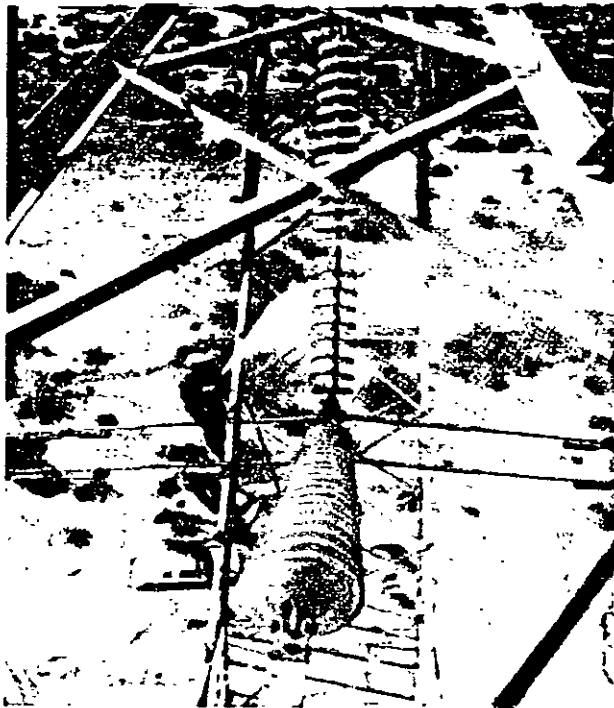


Aplicación de recubrimientos anticorrosivos, en una línea de transmisión de 400 KV

estructura 68 se le hizo un drenaje pluvial, Laguna Verde-A3390-Poza Rica II se relocalizó la estructura 236 y se adicionó la estructura 236 bis; Poza Rica II-A3490-Tamos se relocalizó la estructura 163 y se adicionó la estructura 163 bis, estos trabajos se iniciaron el 16 de octubre del 2000 y se concluyeron el 29 de diciembre del mismo año; en la L.T. Poza Rica I-93160-Minera Autlán se relocalizó la estructura 77 y se concluyó el día 15 de enero del 2001.

En coordinación con la Gerencia Nacional de Subestaciones y Líneas, el Area Oriente recuperó a través de la Unidad de Administración de Riesgos, los gastos ocasionados por este fenómeno natural en todas las líneas afectadas, tanto para la reparación provisional, definitiva y

las mejoras en cimentaciones afectadas. Con estas obras y acciones quedan concluidos todos los trabajos derivados por la Depresión Tropical No. 11.



Limpieza de aislamiento contaminado en una Línea de Transmisión de 400 kv

A.T.T. SURESTE

Limpieza de aislamiento contaminado en 230 torres de las L.T.'s. Juile-93950-Juchitan II y Juchitán II-73740-Conejos, 57 torres de la L.T. Malpaso-A3060-Minatitlán II y sustitución de hilo de guarda en el tramo de la torre 200 a la 203, 22 torres de la L.T. Kilómetro 20-93900-Macuspana II, sustitución de 116 cadenas en la L.T. Malpaso-A3060/A3160-Minatitlán II.

Mantenimiento de herrajes de conductores en 23 torres de la L.T. Malpaso-A3060-Minatitlán II.

Obtención de registros del sistema de monitoreo de corriente de fuga en la torre # 1 de la L.T. Coatzacoalcos-A3350-Minatitlán II.

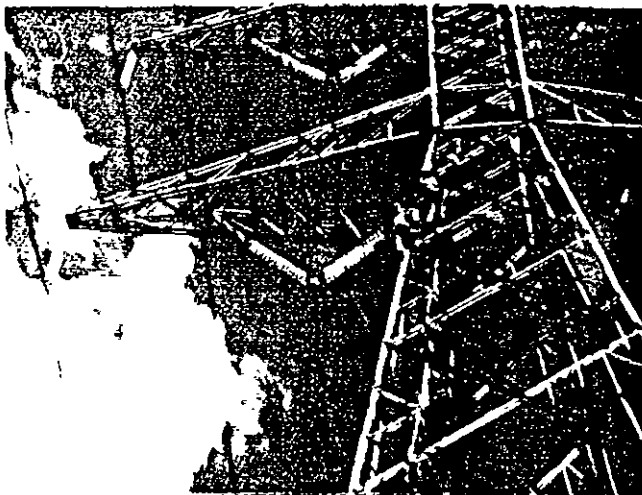
Instalación de protección antiaves en 10 estructuras en la L.T. Juile-93950-Juchitán II.

Cambio de Hilo de Guarda de la L.T. Malpaso-A3060-Minatitlán II torre 197 a la 200.

Puesta en servicio de la L.T. de 400 KV Angostura-A3T30-Tapachula Potencia con 193 km y 421 estructuras.

A.T.T. PENINSULAR

Supervisión para su puesta en servicio de las LT's del anillo de 230 KV de la Cd. de Mérida: Mérida III-Kanasin Pot, Kanasin Pot- Mérida Nte. y Mérida Nte.-Mérida III.



Medición de distancias dieléctricas en estructura multicircuito #3 del doble anillo de Mérida.

Inspecciones para la recepción y puesta en servicio de las siguientes líneas: Nizuc-93170/73780 – Playa del Carmen con 62 Km, S.E Balam

entronque con L.T. 230 KV Valladolid-Nizuc con 22 Km y la L.T. de 230 KV Ticul-93100-Valladolid (aislada en 400 KV) con 151 km.

Reemplazo de 5 Km de cable de guarda corroído por cable de guarda 7 No. 8 en la LT Sur-73050-Maxcanu e instalación de bajantes directos al sistema de tierras a 22 estructuras de esta línea y en la línea Ticul-73100-Maxcanu.

Reemplazo de 367 cadenas de aislamiento dañado en las líneas de transmisión de 230 y 115 KV.

Reemplazo de herrajes corroídos de 140 estructuras de la línea Polyuc-73230-Xul-Ha, Kambul-73220-Polyuc y en 6 estructuras de remate y 1 de transposición de la L.T. Valladolid-93050-Balam.

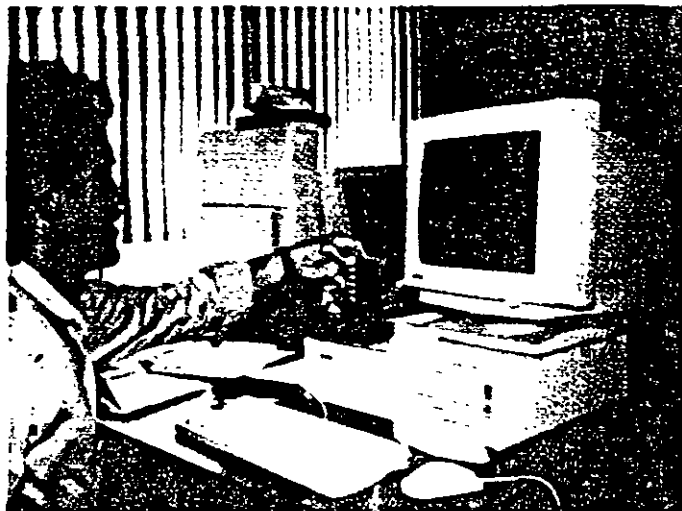
Se realizaron maniobras para el montaje de estructuras modulares de emergencia con helicóptero tipo Bell-212 en las subáreas Campeche, Escarcega y Chetumal.

V - ESTRATEGIAS PARA EL AÑO 2001

La planeación trata con el futuro de las decisiones actuales, la planeación es un proceso, por lo tanto la dirección de un proceso esta dictada por la definición de estrategias en el presente. Las estrategias darán el marco de referencia para definir las acciones a realizar.

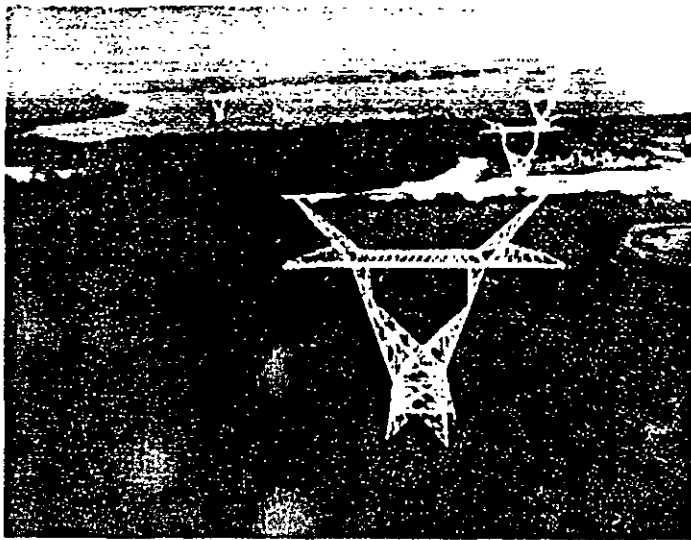
Las estrategias deben de ser revisadas continuamente, para ser ajustadas o redefinidas, tomando en cuenta la visión a mediano y largo plazo. Las estrategias que continuarán aplicándose en el año 2001 son las siguientes:

- Intensificar la supervisión para la recepción y puesta en servicio de las obras realizadas por la Coordinación de Proyectos de Transmisión y Transformación. Esta actividad continuará siendo de alta prioridad ya que permitirá anticipar e identificar, problemáticas que pueden ser corregidas antes de que la línea entre en operación y que puedan representar fallas posteriores afectando la confiabilidad de la línea.
- Aplicación de tecnologías de información, a través de la implantación del Sistema de Mantenimiento de Líneas de Transmisión en 400 y 230 KV, en el ámbito nacional, rompiendo el paradigma en el personal de líneas de transmisión de que no es posible aplicar estos sistemas.



Personal de campo utilizando el Sistema de Información del Mantenimiento de Líneas de Transmisión "SIMALT"

- Mejorar y continuar la supervisión aérea de líneas de transmisión con helicóptero a través de revisiones a las bases de operación en conjunto con la Unidad de Transportes Aéreos; así como la administración y control de este recurso con las Areas de Transmisión y Transformación, ya que el helicóptero es un equipo de gran versatilidad y de mucho valor para mantener la confiabilidad en el proceso de transmisión.
- Continuar y fomentar la participación de los especialistas de líneas de transmisión en las Reuniones del Comité de Líneas de Transmisión, con la exposición de estudios e intercambio de experiencias de campo.
- Divulgar en las Areas de Transmisión y Transformación las causas de fallas relevantes en líneas de transmisión y emitir recomendaciones y en su caso acciones a tomar para evitar fallas



Supervisión Aérea de las líneas de transmisión de 400 kV Tuxpan-A3380-Texcoco.

por la misma causa en el ámbito nacional.

- Continuar el desarrollo de proyectos con el Instituto de Investigaciones Eléctricas y otras entidades técnicas, para actualizar y modernizar el proceso de transmisión.

- Promover la divulgación de causas raíz de fallas en líneas de transmisión, apoyándose con el LAPEM para su determinación.

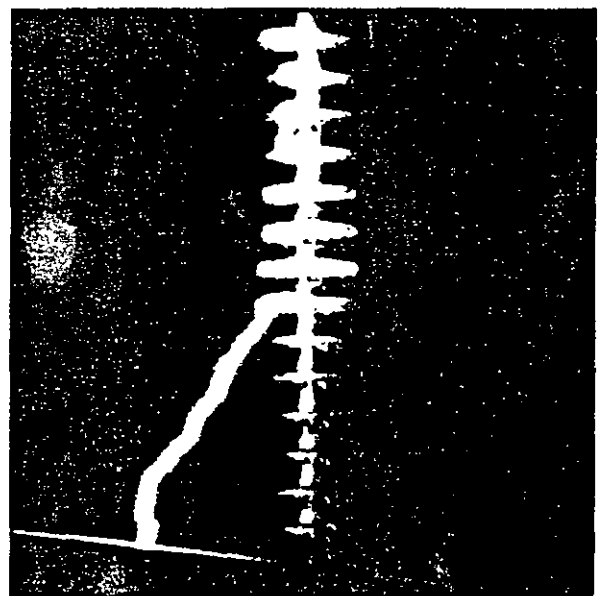
- Gestionar la organización de cursos de mantenimiento en línea energizada de tres conductores por fase, de restablecimiento de líneas con estructuras modulares, de diseño de estructuras autosoportadas; además de fomentar la participación del personal de líneas de transmisión en los cursos programados en los diferentes Centros de Capacitación de Celaya, Noreste y Occidente.

- Continuar con la Coordinación de asuntos jurídicos la regularización de derechos de vía y de servidumbre de paso, así como fomentar la aplicación del procedimiento para atender de manera uniforme esta problemática.

Dentro de las estrategias que se han aplicado para disminuir las salidas de líneas de transmisión por causa propia que han dado resultados satisfactorios y que se deberán continuar para el año 2001, son las siguientes:

Reducción de salidas por descargas atmosféricas.

- Instalación de apartarrayos tipo Gap en las torres que presentan mayor incidencia de descargas.
- Medición y corrección de sistemas de tierras.
- Modificación del ángulo de blindaje.
- Medición de distribución dieléctrica y centrado de conductor.

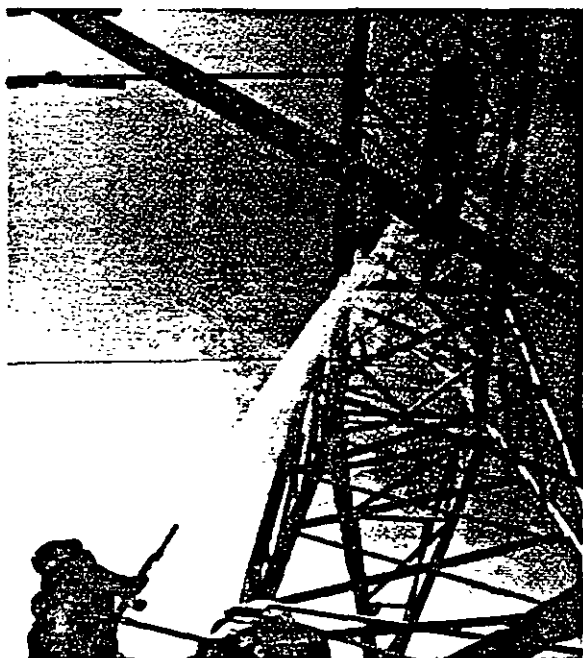


Pruebas de potencial aplicado en aisladores sintéticos de 230 kV en el LAPEM.

- Reposición de aislamiento roto y conexiones en hilos de guarda y herrajes afectados por corrosión.
- Revisión de la coordinación de aislamiento considerando las trayectorias de las líneas y estadísticas de la densidad de rayos a tierra en la República Mexicana.

Reducción de salidas por contaminación.

- Aplicación bajo programa del lavado de aislamiento expuesto a



Limpeza de aislamiento por contaminación salina en una línea de transmisión.

contaminación salina, industrial y por aves, con línea energizada o desenergizada.

- Aumento de las distancias de fuga en el aislamiento, mediante la utilización de aisladores superniebla y/o sintéticos.
- Sustitución de aislamientos y herrajes con deterioro provocado por la contaminación.
- Cambio de aislamiento normal por aislamiento superniebla.

Reducción de salidas por quema de caña y vegetación.

- Negociar convenios con ingenios azucareros para controlar y efectuar el pago por el corte de caña en verde, en los cultivos ubicados en los derechos de vía de las líneas de transmisión.
- Prever oportunamente la contratación de brechas y retiro de maleza en el derecho de vía.
- Instalación de estructuras intermedias en zonas cañeras y en claros con distancias críticas conductor-piso.
- Negociar convenios con ejidatarios y particulares para indemnizar derechos de vía con asentamientos irregulares y zonas agrícolas.
- Efectuar oportunamente los programas de inspección aérea y terrestre.

Reducción de salidas por vientos fuertes.

- Corrección de contraperfiles y libramientos críticos conductor-piso.

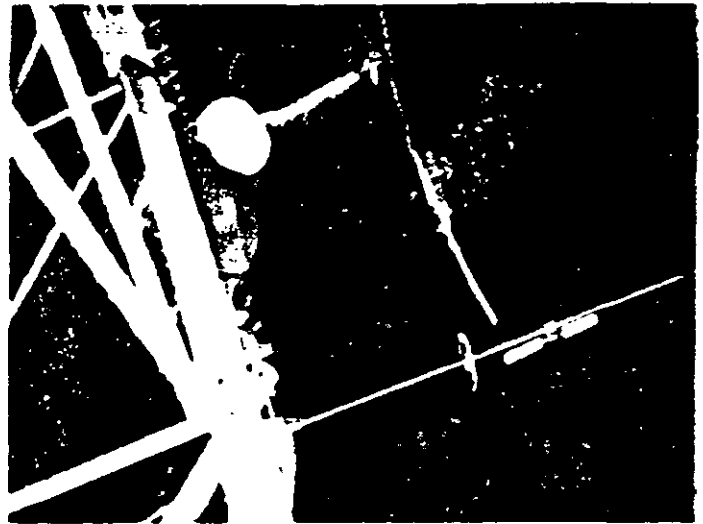
- Reemplazo... de... estructuras y/o adición de torres intermedias en los claros donde existen contraperfiles cercanos a la línea, en los lugares con incidencia de vientos fuertes.

Reducción de salidas por brecha.

- Efectuar bajo programa, limpieza de brecha en el ancho del derecho de vía, respetando las normas ecológicas vigentes.
- Regularizar problemas de invasión de derechos de vía, previendo partidas presupuestales para indemnizaciones.
- Coordinación estrecha con las residencias de construcción para que las compañías apliquen estrictamente lo establecido en el proyecto referente a este aspecto, así mismo retroalimentar a la Gerencia de Diseño las mejoras que debe atender conforme a la experiencia en el campo.

Reducción de salidas por causa desconocida.

- Fortalecer la inspección terrestre.
- Revisión de la Línea de Transmisión en forma inmediata después de haber ocurrido la falla *vía aérea o terrestre*.
- Análisis a detalle con las demás especialidades para analizar los parámetros eléctricos y definir el punto real de falla.



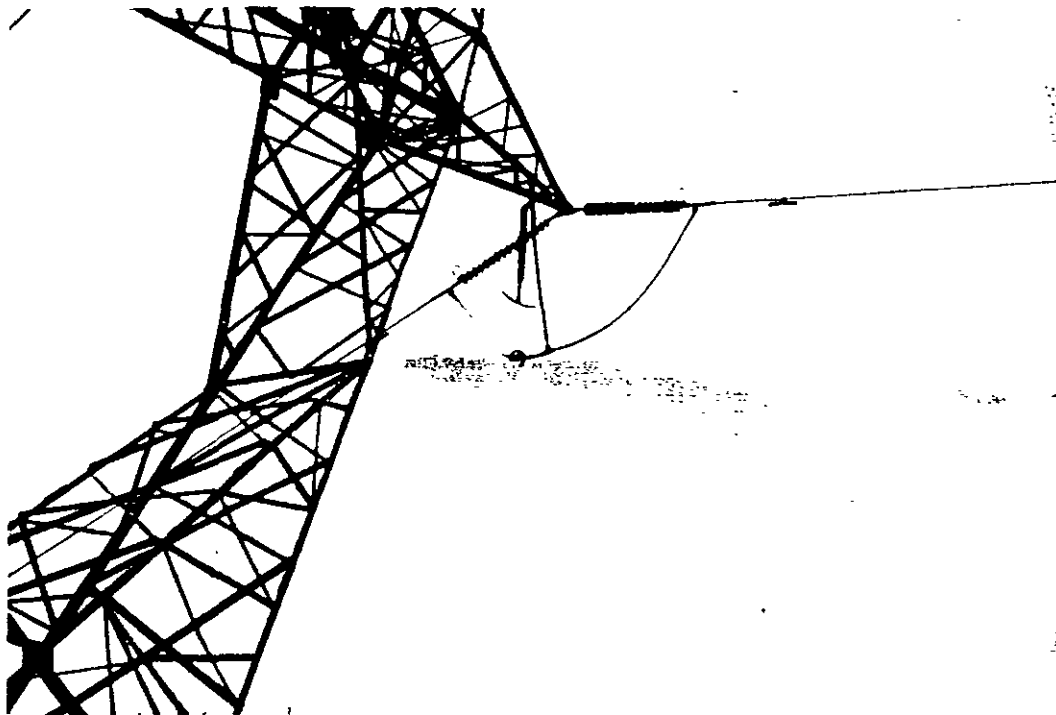
Confirmando medición del entrehierro en aire de 95 a 105 centímetros E-104 línea 93820 Mazatlán II- Durango II.

Reducción de salidas por aisladores.

- Instalación de aisladores tipo sintético en los puntos donde se presentan actos vandálicos.
- Determinar mediante estudios, el envejecimiento de los aisladores instalados en líneas de transmisión, para determinar su vida útil y programar su reemplazo oportuno.
- Efectuar campañas con la población para disminuir el vandalismo sobre los aisladores de las Líneas de Transmisión.

Proyectos con el IIE para el año 2001.

El objetivo de la Gerencia de Subestaciones y Líneas, es la de mantener y mejorar la confiabilidad de la Red de Transmisión enfocándose en la reducción del número de salidas de líneas de transmisión de 400 y 230 KV.

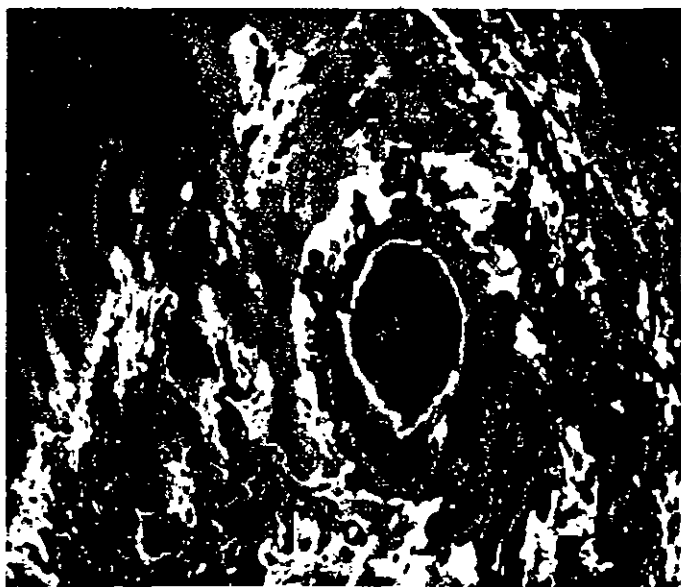


Apartarrayo instalado en la línea de transmisión de 230 kV Nacozari-93210-Hermosillo Tres, en la estructura No.187 de remate.

Por lo tanto se ha solicitado al Instituto de Investigaciones Eléctricas el desarrollo de proyectos para atacar las causas que provocan mayor número de salidas, dentro de estas están las siguientes:

- Monitoreo de la contaminación en aislamiento cerámico de líneas de transmisión y medidas preventivas.
- Seguimiento de aisladores no cerámicos utilizados en líneas de transmisión.
- Suministro e instalación de supresores de sobretensiones por descargas atmosféricas (SSDA) y monitorear mediante contadores la operación de los 55 supresores instalados en 1999.
- Manual de Mantenimiento de Líneas de Transmisión.

- Análisis de la frecuencia de tormentas eléctricas en México y su efecto en líneas de transmisión.



Fotografía satelital infrarroja. Seguimiento a fenómenos meteorológicos para estar en alerta contra posibles afectaciones a la red.

VI.- CRECIMIENTO DE LA RED

Para el período Enero – Diciembre del 2000 en las tensiones de 400 - 115 kV se tuvo un incremento de 1,254 km que representó el 3.3 %, al pasar de 38,058 km en Diciembre de 1999 a 39,312 km en Diciembre del año 2000, esto se debió a los siguientes movimientos:

EN 400 kV.- Para el período Enero – Diciembre se tuvo un incremento de **766 km** que representó un 6.2% al pasar de 12,399 km en diciembre de 1999 a 13,165 km en diciembre del 2000, esto se debió a los siguientes movimientos:

a).- Puestas en servicio.

LINEA	Km.	A.T.T.	FECHA PUESTA EN SERVICIO
Hércules Pot.- A3A10-EI Encino	219	NTE	00/02/12
Angostura-A3T30-Tapachula Pot.	193	STE	00/12/24
TOTAL	412		

b).- Conversión de voltaje.

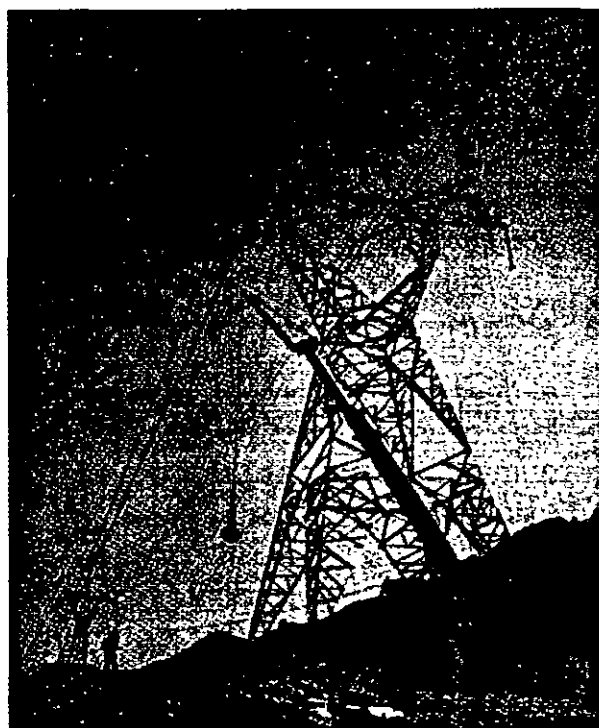
Incremento de **354 km** correspondientes a la Línea de Transmisión Río Escondido-A3000-Hércules Potencia de 230 KV a 400 KV.

c).- Entronque de Subestaciones :

Entronque de la Subestación Tapeixtles Potencia sin incremento ni decremento de kilómetros de línea,

con la Línea de Transmisión Manzanillo II-A3190-Mazamitla con 190 km y 408 estructuras dando origen a las siguientes líneas de transmisión:

LINEA	Km	A.T.T.	FECHA DE ENTRONQUE
Manzanillo II - A3190-Tapeixtles Potencia	10	OCC	00/05/01
Tapeixtles Pot.- A3J20-Mazamitla	180	OCC	00//05/01
SUBTOTAL	190		



Maniobras de enclenado de conductor de la línea de 400 kV en construcción Hércules Pot.- A3A10-EI Encino de 219 km de longitud.

EN 230 kV.- Para el período Enero - Diciembre se tuvo un incremento de **374 km** que representó 1.8 %, al pasar de 21,224 km en diciembre de 1999 a 21,598 km en diciembre del 2000, debido a los siguientes movimientos:

a).- Puestas en servicio.

LINEA	Km	A.T.T.	FECHA PUESTA EN SERVICIO
Mérida Potencia-93150-Kanasin Potencia	30	PEN	00/02/19
Ticul-93100-Valladolid	151	PEN	00/05/20
Carapan-93940-Morelia Potencia	87	OCC	00/06/07
Tepic II-93840-Vallarta Potencia	108	OCC	00/06/28
Láz. Cárđ Pot.-93070-Ixtapa Pot.	72	CEN	00/06/26
Kanasin-93110-Norte	28	PEN	00/08/31
Kanasin-93120-Norte	28	PEN	00/08/31
Mérida III-93130-Norte	28	PEN	00/08/31
Mérida III-93140-Norte	28	PEN	00/08/31
SUBTOTAL	560		

b).- Entronque de Subestaciones.

Incremento de **70 km** al entroncar la Subestación El Encino con las líneas de transmisión de 230 KV Avalos-93960-Cuauhtémoc II (109.5 km) y Avalos-93130-Chihuahua Norte (41.27 km), quedando los siguientes enlaces:

LINEA	Km	A.T.T.	FECHA DE ENTRONQUE
Avalos - 93130 - El Encino	22	NTE	00/01/29
El Encino - 93360 - Cuauhtémoc II	118.5	NTE	00/01/29
Avalos - 93960 - El Encino	26	NTE	00/01/29
El Encino - 93380 - Chihuahua Norte	54.27	NTE	00/01/29
SUBTOTAL	220.77		

Incremento de **44 km** correspondientes al entronque de la Subestación Balam con la Línea de Transmisión de 230 kV Valladolid-93050-Nizuc (155 km), quedando los siguientes enlaces :

LINEA	Km	A.T.T.	FECHA DE ENTRONQUE
Valladolid-93050-Balam	161	PEN	00/04/19
Balam-93060-Nizuc	38	PEN	00/04/19
SUBTOTAL	199		

Incremento de **1 km** al entroncar la Subestación Matamoros Potencia con la Línea de Transmisión de 230 kV Río Bravo-93480-Lauro Villar, quedando los siguientes enlaces :

LINEA	Km	A.T.T.	FECHA DE ENTRONQUE
Río Bravo-93840-Matamoros Pot.	45.30	NES	00/05/11
Matamoros Pot.-93860-Lauro Villar	24.30	NES	00/05/11
SUBTOTAL	69.60		

Incremento de **31 km** al entroncar como TAP la S.E. Villahermosa Norte con la Línea de Transmisión Macuspana II-93900-Kilómetro 20, esto se realizó en forma provisional (como 1ª etapa) para aumento de confiabilidad del Area. La conexión definitiva será con la apertura de la L.T. Macuspana II-93900-Kilómetro 20 próximamente:

LINEA	Km	A.T.T.	FECHA DE ENTRONQUE
Entronque como Tap S.E. Villahermosa Norte con L.T. Macuspana II-93900-Kilómetro 20	31	STE	00/07/14
SUBTOTAL	31		

Incremento de **22 km** al entroncar la S.E. Macuspana II con la L.T. Kilómetro 20-93850-Escarcega con 288.25 km, quedando los siguientes enlaces :

LINEA	Km	A.T.T.	FECHA DE ENTRONQUE
Kilómetro 20-93850-Macuspana II	35	STE	00/08/13
Macuspana II-93820-Escarcega	275.25	STE	00/08/13
SUBTOTAL	310.25		

c).- Conversión de voltaje de operación.
Disminución de **354 km** correspondientes a la LT de 230 KV Río Escondido-93000-Hércules Potencia por el cambio de voltaje de operación de 230 KV a 400 KV.

Para 161-115 kV.- En el período Enero - Diciembre se tuvo un incremento de 114 Km que representó un 2.57 % al pasar de 4,434 km en diciembre de 1999 a 4,548 Km en diciembre del año 2000, esto se debió al siguiente movimiento:

a).- Puestas en servicio:

LINEA	Km	A.T.T.	FECHA PUESTA EN SERVICIO
Cerro Prieto I - 83230-CerroPrieto IV	6.00	B.C.	00/03/11
* Uruapan III-83280-Apatzingan	46.00	OCC	00/09/10
**Nizuc-73910-Playa del Carmen	62.00	PEN	00/11/14
SUBTOTAL	114.00		

* Esta L.T. esta aislada en 230 KV , operando en su primera etapa en 161 KV.

** Esta L.T. esta aislada en 230 kV, operando en su primera etapa en 115 kV.



Montaje de estructuras de la línea de transmisión en construcción de 230 kV Mezcala - Los Amates de 140 km de longitud.

VII.- LINEAS DE TRANSMISION EN CONSTRUCCION

Para el año 2001, se espera que la Red de Transmisión incremente su longitud en un 4.7%, al pasar de 39,312 km en el año 2000 a 41,148 km en el año 2001 en los diferentes niveles de voltaje.

En el voltaje de **400 KV** se espera un crecimiento de líneas de 1.9% respecto al año 2000, con la puesta en servicio de 251 km, y contar en diciembre del 2001 con 13,416 km de longitud.

LINEAS DE TRANSMISION EN CONSTRUCCION DE 400 KV

A.T.T.	LINEA	KM
OCC	S.E. Cañada entronque con la L.T. Aguascalientes Potencia - Atequiza	90
CEN	S.E. Yautepec entronque con la L.T. Tecali - Topilejo	52
OTE	LT's Tres Estrellas - Poza Rica II, circuito 1 y 2	108
	Entronque Tamos con la L.T. Altamira - Poza Rica II	1
TOTAL		251

Para el voltaje de **230 KV** se espera un crecimiento de líneas de 5.6% con respecto al año 2000, con la puesta en servicio de 1,204 km de nuevas líneas, y contar en diciembre del 2001 con 22,802 km de longitud.

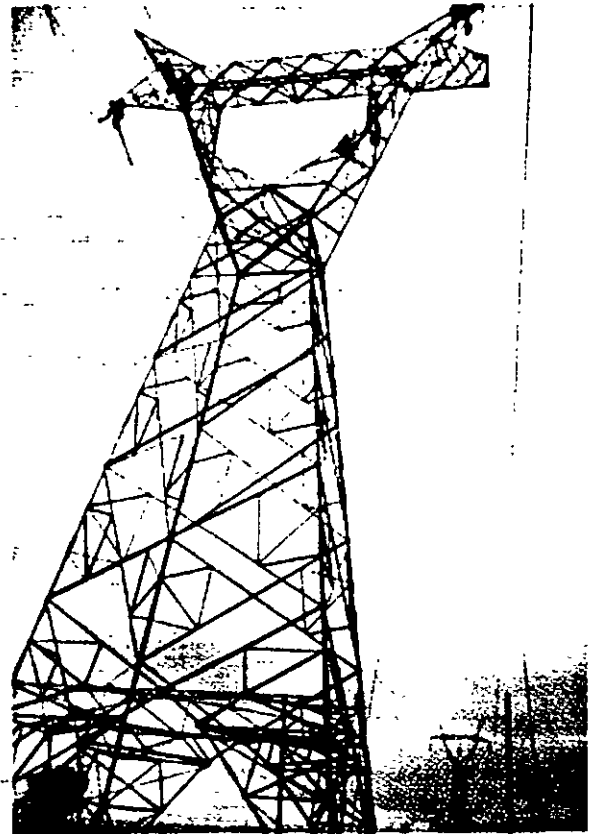
LINEAS DE TRANSMISION EN CONSTRUCCION DE 230 KV

A.T.T.	LINEA	KM
B.C.	L.T. Pdte. Juárez - Cipres	90
	L.T. Pdte. Juárez - Rubí	14
NTE	L.T. El Encino - Cuauhtemoc II	120
NES	S.E. Ucar entronque Hylsa-Escobedo	6
OCC	L.T. Carapan Potencia - Uruapan Potencia.	68
	S.E. Potrerillos entronque L.T. Leon I-93310-Leon III	30
	S.E. Niños Héroes entronque L.T. Zapopan-93560-Tesistán.	12
	S.E. Cañada entronque Aguascalientes - Calera.	10
	S.E. La Pila entronque San Luis II-93560-Villa de Reyes.	8
	S.E. Cañada entronque Aguascalientes Potencia - Cruz Azul.	2
CEN	LT Mezcala - Los Amates	140
OTE	L.T. Jalacingo - El Castillo	53
STE	L.T. Macuspana II-Escarcega entronque Villahermosa Norte.	253
	L.T. Malpaso II-Macuspana II.	155
	L.T. Juile - Juchitan II.	145
	L.T. Macuspana II-93900-Km 20 entronque Villahermosa Norte.	31
PEN	L.T. Ticul - Kanasin	67
TOTAL		1,204

Para los voltajes de 161-115 KV se espera un crecimiento del 8.4% con respecto al año 2000, con la puesta en servicio de 381 km, y contar en diciembre del 2001 con 4,930 km de longitud.

LINEAS DE TRANSMISION EN CONSTRUCCION DE 161-115 KV

A.T.T.	LINEA	KM
B.C.	161 KV L.T. Cerro Prieto IV-Cetis	30
	115 KV L.T. Bledales-Cabo San Lucas II	187
	L.T. Bledales - Santiago	85
	L.T. Santiago-Cabo Real	79
	TOTAL	381



Enclemado de conductores de la línea de 230 kV en construcción El Encino-Cauhtemoc II con 120 km de longitud.

VIII.- CONCLUSIONES

El proceso de Transmisión es extraordinariamente dinámico y conlleva a tomar decisiones de diferente índole para continuar con su funcionamiento óptimo, después de finalizar cada período es importante realizar reflexiones que nos den la pauta para la mejora continua. Del desempeño de la Red en el año 2000 podemos mencionar lo siguiente:

Las principales actividades realizadas, que permitieron mantener la confiabilidad fueron:

- Control y supervisión del mantenimiento.
- Puestas en servicio de líneas de transmisión en tiempo y forma.
- Actualización en izaje de estructuras modulares.
- Modernización de instalaciones y equipo.

Debido a las acciones tomadas para continuar mejorando la confiabilidad de la Red, en este año logramos reducir a menos de la unidad en 400 KV el índice de salidas de líneas de transmisión por cada 100 km, obteniendo el mejor índice desde que se inició la estadística de líneas de transmisión en 1977.

En 230 KV se logró un índice de 1.40¹, aunque este índice se debió a causas sociales mas que a técnicas, sin embargo esta problemática logró dar la pauta para realizar el procedimiento para la regularización

¹ Si no se considerada 50 salidas en dos líneas de 230 kV del Area Occidente por problemas de acceso obtendríamos 1.17, representando el mejor índice logrado desde 1977

de derechos de vía en líneas de transmisión de 400 y 230 KV, que abarca los aspectos tanto técnicos como jurídicos.

Para poder mantener y abatir los índices de salidas en líneas de transmisión es necesario continuar una política importante de inversiones, solo así se puede lograr la confiabilidad de la Red.

La preparación técnica, de materiales y equipos de los centros de reparación debe de mantenerse, ya que se continuaron presentando fallas relevantes en líneas de transmisión provocadas por fenómenos meteorológicos.

Se debe continuar la participación en la revisión de proyectos de líneas de transmisión, así como en su puesta en servicio, ya que se anticipan problemas futuros, tomando acciones correctivas en el presente.

Para poder continuar mejorando la confiabilidad de la Red es necesario atacar la causa que provoca mayor número de fallas, que es la de descargas atmosféricas. Una solución técnica satisfactoria es la de aplicar apartarrayos de línea en 230 KV, y en una etapa posterior en líneas de 400 KV.

El helicóptero es una herramienta importante dentro de las actividades de Transmisión, por lo que es indispensable seguir contando con este recurso para la supervisión y mantenimiento de líneas.

IX.- TABLAS, GRAFICAS Y PLANOS

LISTA DE TABLAS, GRAFICAS Y PLANOS

Tabla No.		Página
I	Datos estadísticos del SEN 2000	35
II	Salidas de Líneas de Transmisión por falla propia 2000	42
III	Tiempo Fuera de las salidas de Líneas de Transmisión por falla propia 2000	44
IV	Salidas de Líneas de Transmisión por causas ajenas y por maniobras 2000	46
V	Tiempo Fuera de las salidas de Líneas de Transmisión por causas ajenas y por maniobras 2000	48
VI	Créditos de Mantenimiento de Líneas Global de Transmisión (Líneas de Transmisión y Atendidas de Distribución) Resultados de 2000	50
VII	Relación de Salidas de Líneas de Transmisión por falla propia 400 kV Periodo Enero-Diciembre de 2000	51 - 52
VIII	Relación de Salidas de Líneas de Transmisión por falla propia 230 kV Periodo Enero-Diciembre de 2000	53-59
IX	Relación de Salidas de Líneas de Transmisión por falla propia 161 kV-115 Kv Periodo Enero-Diciembre de 2000	60-61
X	Resumen de kilómetros de Líneas de Transmisión por Entidad Federativa 2000	62
XI	Resumen de kilómetros de Líneas de Transmisión por Región, Entidad Federativa y Tensión 2000	63-64
XII	Líneas de Transmisión Objetivos para el año 2000.	65
XIII	Resumen Histórico de Fenómenos Meteorológicos más Relevantes que han afectado a las Líneas de Transmisión	68-76

Gráfica No.		Página
1	Crecimiento y comportamiento de Líneas de Transmisión 1977-2000	37-38-39
2	Metas y resultados del índice de salidas por falla propia 400-115 kV 2000	40-41
3	Representación en por ciento de las salidas de Líneas de Transmisión por falla propia 400-115 kV 2000	43
4	Representación en por ciento del tiempo fuera de Líneas de Transmisión por falla propia en 400-115 kV 2000	45
5	Representación en por ciento de las salidas de Líneas de Transmisión por causas ajenas y por maniobras 2000	47
6	Representación en por ciento del tiempo fuera de Líneas de Transmisión por causas ajenas y por maniobras 2000	49
7	Índice: Longitud de Líneas por trabajador 2000	66
8	Índice: Costo de Líneas 2000	67

Plano No.		Página
1	Representación Geográfica de las Areas de Transmisión y Transformación con sus respectivos kilometrajes	36
2	Red troncal de Transmisión 400-115 kV	77
3	Red troncal de Transmisión de 400 kV	79
4	Red troncal de Transmisión de 230 kV	81

DATOS ESTADISTICOS DEL SEN 2000

TABLA No 1

SISTEMA ELECTRICO NACIONAL

USUARIOS (MILLONES)	24.00
SUPERFICIE CUBIERTA (MILLONES DE KM²)	2.00
POBLACIONES ELECTRIFICADAS	N/D
CAPACIDAD EFECTIVA INSTALADA (MW)	36,212.70
DEMANDA MAXIMA SISTEMA INTERCONECTADO (MW)	25,562.00
DEMANDA MAXIMA NACIONAL * (MW)	29,818.00
ENERGIA BRUTA PRODUCIDA (GWh)	191,426.00
TASA DE CRECIMIENTO EN LA PRODUCCION (%)	5.80
IMPORTACION DE ENERGIA (GWh)	1,080.80
PRODUCTORES EXTERNOS A CFE (GWh)	2,070.40
EXPORTACION DE ENERGIA (GWh)	200.50

LINEAS DE TRANSMISION

KM DE LINEAS EN 400 KV	13,165.00
KM DE LINEAS EN 230 KV	21,598.00
KM DE LINEAS EN 161 KV	508.00
KM DE LINEAS EN 138 KV	1,029.19
KM DE LINEAS EN 115 KV	34,972.00
KM DE LINEAS DE L. y F.	1,510.10
TOTAL	72,782.29

(*) Demanda máxima del Sistema Interconectado mas la demanda máxima no coinciden (ATT NO, BCN Y BCS)

LA DEMANDA MAXIMA PARA EL SISTEMA INTERCONECTADO, EN MWH/h Y MW, OCURRIERON EL 000912 A LAS 21.00 Y 20 53 h RESPECTIVAMENTE

CONSUMO BRUTO DE ENERGIA (GWh)	194,376 80
TASA DE CRECIMIENTO EN CONSUMO BRUTO (%)	6 60

PLANTAS GENERADORAS

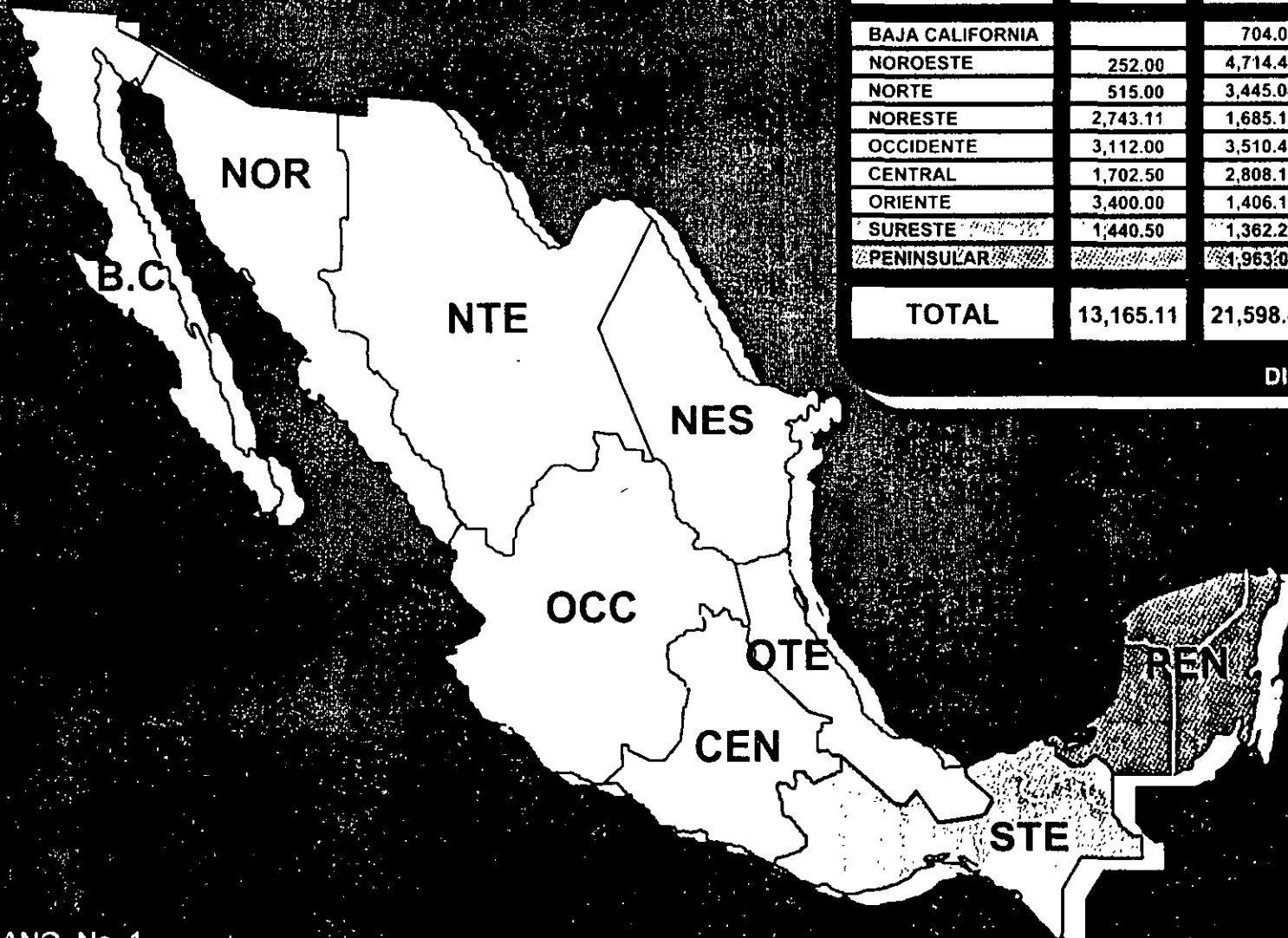
TIPO	PLANTAS	U's	MW	GWH
VAPOR	29	97	14,282 50	89,890 90
TURBOGAS	36	90	2,359 80	5,228 10
CICLO COMBINADO	7	35	2,913.60	16,417 10
COMBUSTION INT	8	81	104.70	420 10
HIDROELECTRICA	79	220	9,619.20	33,074 90
CARBOELECTRICA	2	8	2,600.00	18,696 00
DUAL	1	6	2,100 00	13,569 10
NUCLEOELECTRICA	1	2	1364 90	8,220 90
GEOTERMoeLECTRICA	5	32	854 90	5,901 30
EOLOELECTRICA	2	8	2 20	7.60
TOTAL	170	579	36,201.80	191,426.00





COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION



AREAS DE TRANSMISION	400 KV KMS.	230 KV KMS.	161-115 KV KMS.
BAJA CALIFORNIA		704.03	1,395.73
NOROESTE	252.00	4,714.43	
NORTE	515.00	3,445.04	
NORESTE	2,743.11	1,685.10	23.87
OCCIDENTE	3,112.00	3,510.40	322.00
CENTRAL	1,702.50	2,808.10	37.00
ORIENTE	3,400.00	1,406.10	
SURESTE	1,440.50	1,362.21	265.70
PENINSULAR		1,963.00	2,504.00
TOTAL	13,165.11	21,598.41	4,548.30

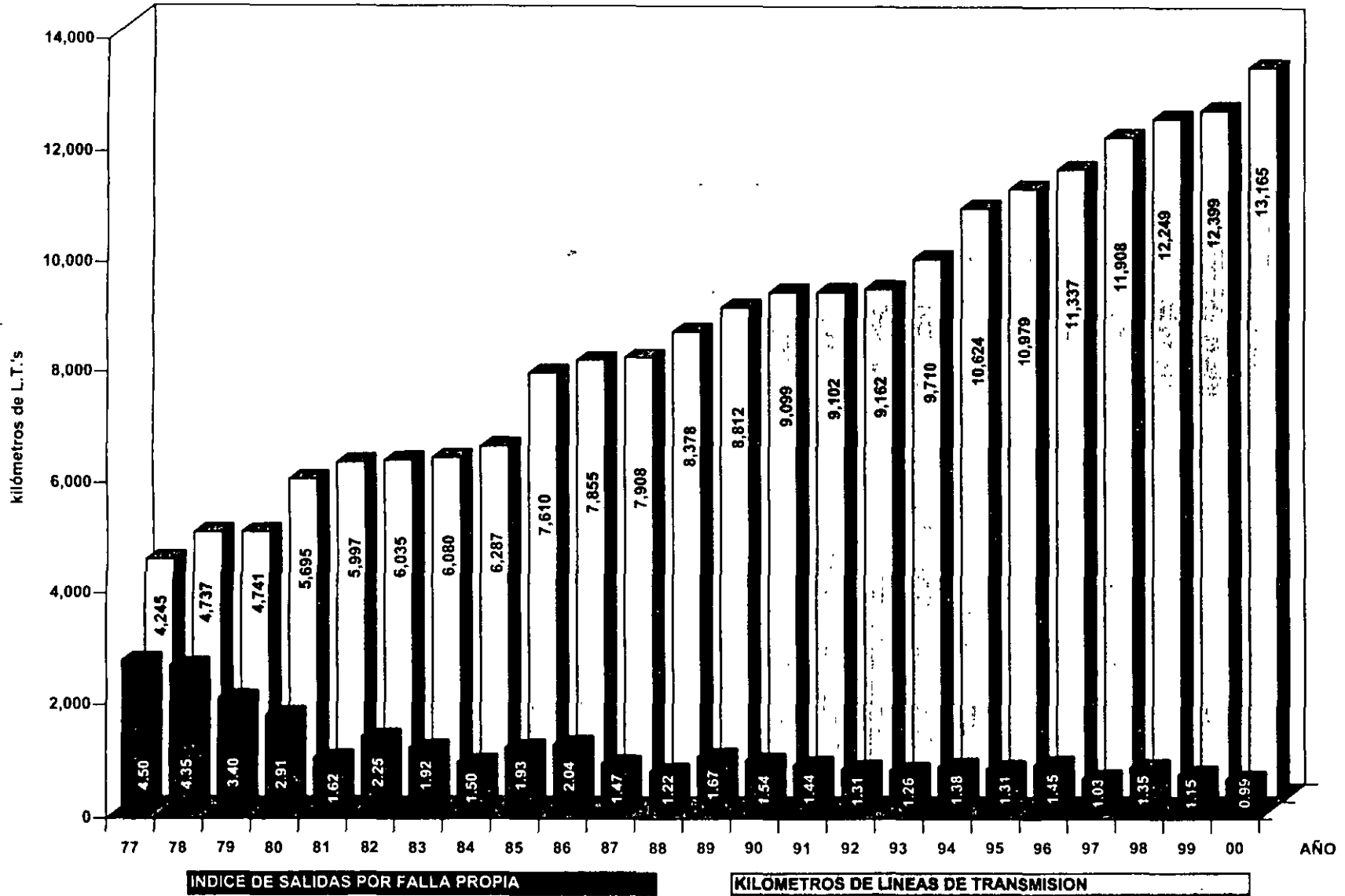
DICIEMBRE 2000

PLANO No. 1.

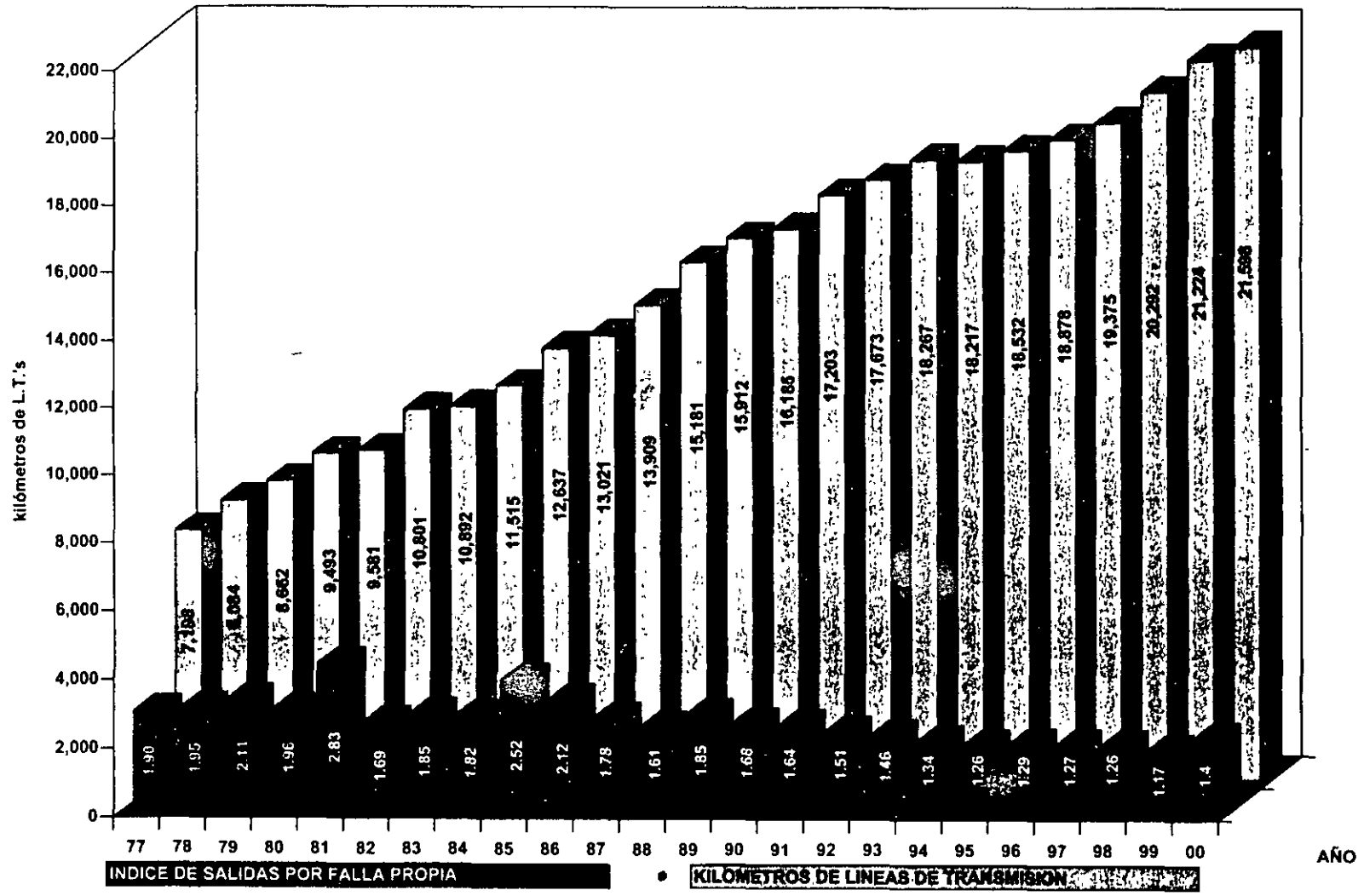
REPRESENTACION GEOGRAFICA DE LAS AREAS DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION CON SUS RESPECTIVOS KILOMETRAJES

CRECIMIENTO Y COMPORTAMIENTO DE LINEAS DE TRANSMISION

400 KV
1977 - 2000



CRECIMIENTO Y COMPORTAMIENTO DE LINEAS DE TRANSMISION 230 KV 1977 - 2000

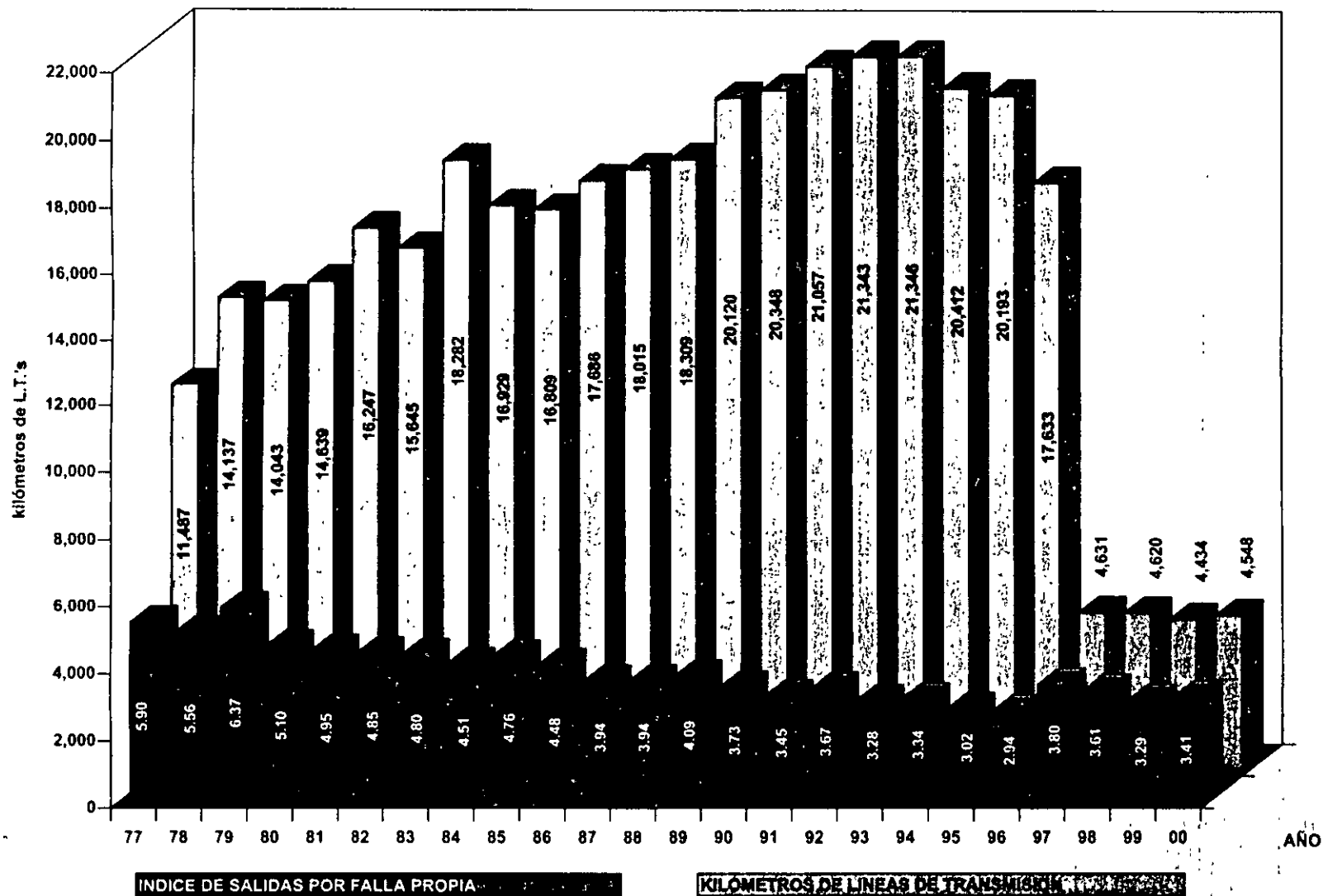


CRECIMIENTO Y COMPORTAMIENTO DE LINEAS DE TRANSMISION

GRAFICA No. 1

161 KV - 115 KV

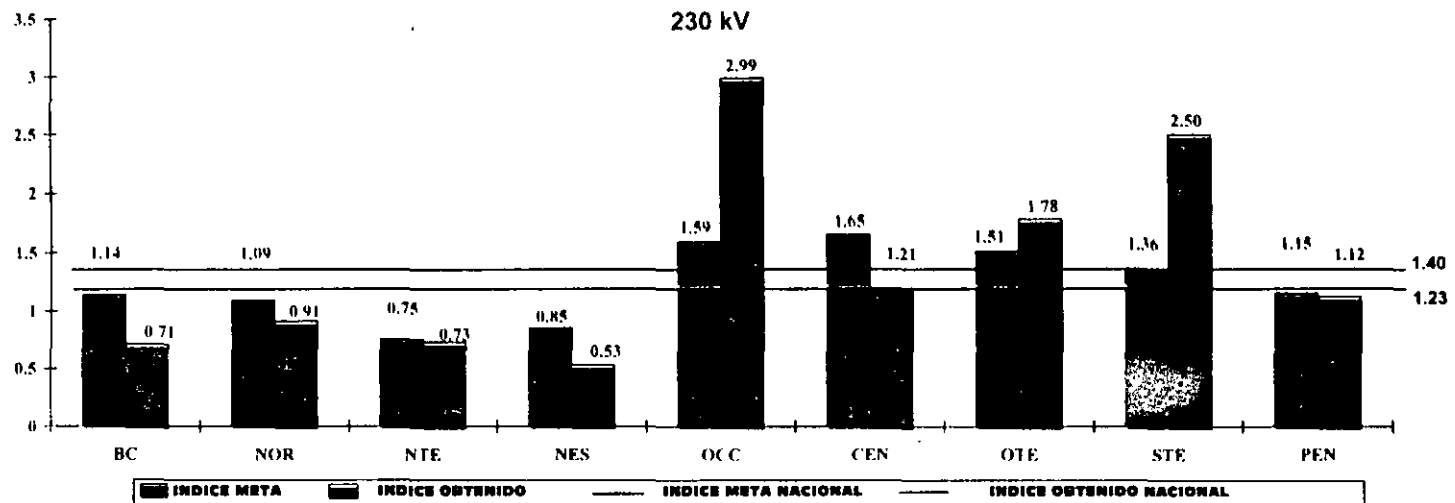
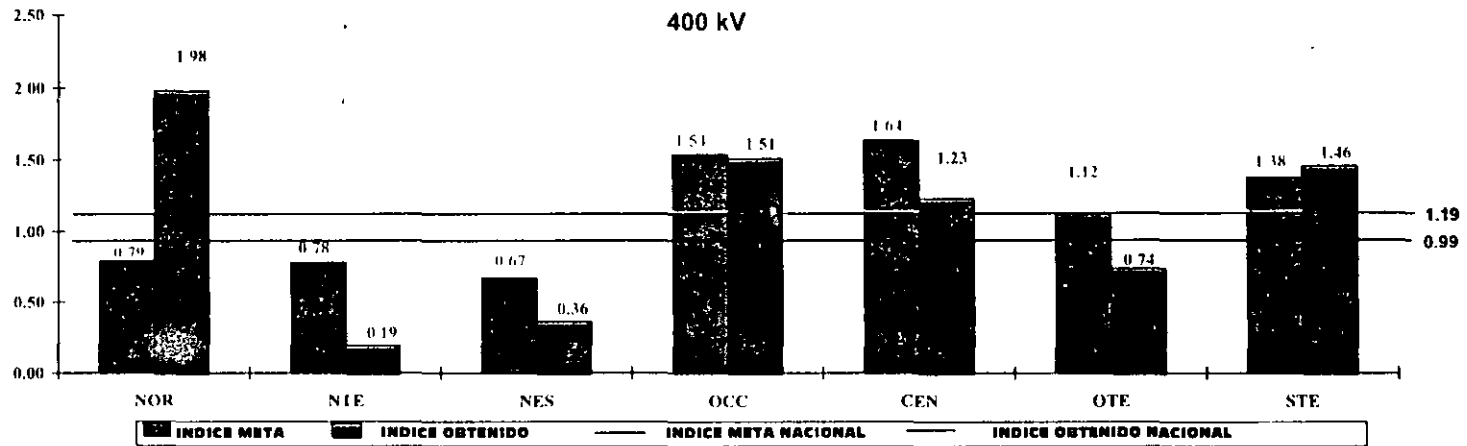
1977 - 2000



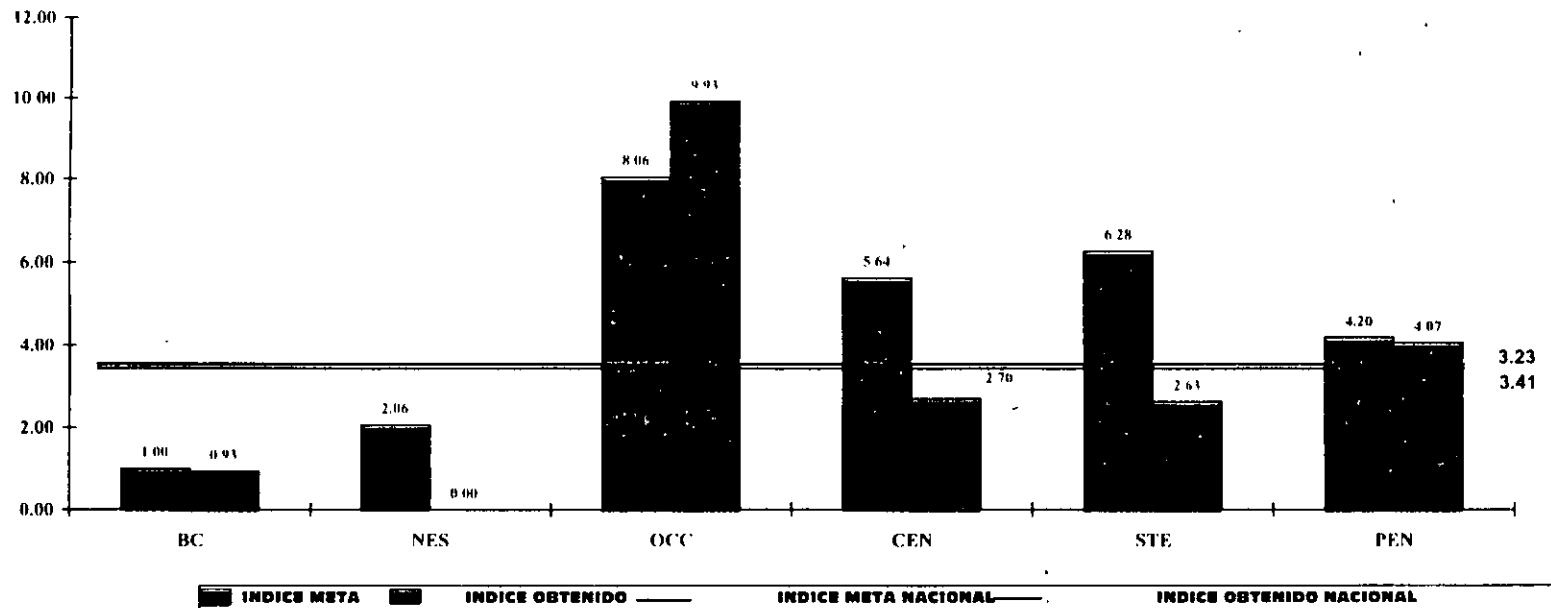
NOTA: EL INCREMENTO EN ESTE NIVEL DE VOLTAJE NO REFLEJA EL CRECIMIENTO REAL DE LA RED ELECTRICA NACIONAL, DEBIDO A LAS TRANSPERENCIAS DEL PROCESO DE TRANSMISION A DISTRIBUCION.

METAS Y RESULTADOS DEL INDICE DE SALIDAS POR FALLA PROPIA 400 kV - 230 kV 2 0 0 0

GRATICA No. 2



**METAS Y RESULTADOS DEL INDICE DE SALIDAS POR FALLA PROPIA
161 kV - 115 kV
2000**



SUBDIRECCION DE TRANSMISION, TRANSFORMACION Y CONTROL
 COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION
 GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS
SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR FALLA PROPIA
 2 0 0 0

TABLA No. II

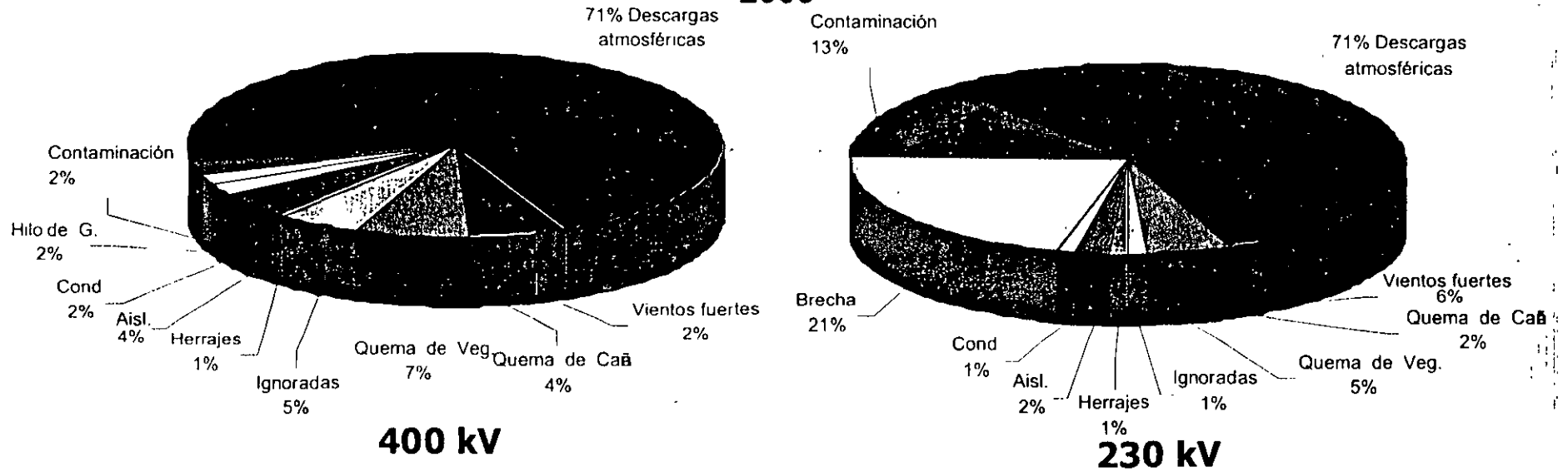
K V	AREA DE TRANSMISION	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B0	C0	C1	C2	D0	TOTAL	KM DE LINEA	INDICE DE SALIDAS POR FALLA
		ESTRUC TURAS	HERRA JES	AISLA DORES	CON DUC TOR	HILO GUAR DA	BRE CHA	CONTA MINA CION	DESC ATMOS FERICA	VIEN TOS FUERTES	QUEMA DE CAÑA	QUEMA DE VEGET	IGNO RA DAS			
	NOROESTE	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	252	1.98
	NORTE	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	515	0.39
	NORESTE	0	0	0	0	1	0	2	5	0	0	1	1	10	2,743	0.36
	OCCIDENTE	0	0	2	0	0	0	0	33	3	3	2	4	47	3,112	1.51
	CENTRAL	0	0	0	1	0	0	0	17	0	0	3	0	21	1,703	1.23
	ORIENTE	0	1	0	2	1	0	1	16	0	2	2	0	25	3,400	0.74
	SURESTE	0	1	3	0	1	0	0	15	0	0	1	1	22	1,441	1.53
	TOTAL	0	2	5	3	3	0	3	93	3	5	9	6	132	13,165	0.99
	B. CALIFORNIA	0	0	1	0	0	1	3	0	0	0	0	0	5	704	0.71
	NOROESTE	0	1	0	0	0	0	10	29	3	1	0	0	44	4,714	0.93
	NORTE	0	1	0	0	0	3	10	7	3	0	0	0	24	3,445	0.70
	NORESTE	0	0	1	0	0	0	5	2	1	0	0	0	9	1,685	0.53
	OCCIDENTE	1	0	2	1	0	55	4	27	8	2	4	1	105	3,510	2.99
	CENTRAL	0	0	0	1	0	1	1	21	1	0	7	2	34	2,808	1.21
	ORIENTE	0	0	2	2	1	2	4	7	2	4	1	0	25	1,406	1.78
	SURESTE	0	0	0	0	0	2	2	26	1	0	2	1	34	1,362	2.50
	PENINSULAR	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	2	0	21	1,963	1.07
	TOTAL	1	2	6	4	1	64	39	138	19	7	16	4	301	21,598	1.39
	B. CALIFORNIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	235	0.00
	OCCIDENTE	0	0	0	1	3	3	0	16	0	0	0	1	24	273	8.79
	TOTAL	0	0	0	1	3	3	0	16	0	0	0	1	24	508	4.73
	B. CALIFORNIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	116	1.12
	NORESTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0.00
	OCCIDENTE	0	0	0	0	1	0	0	6	0	0	0	0	8	49	18.33
	CENTRAL	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	37	2.70
	SURESTE	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	7	266	2.63
	PENINSULAR	0	0	0	0	0	3	1	88	0	0	0	2	102	2,991	4.07
	TOTAL	0	0	0	0	0	3	1	117	0	0	0	2	131	3,471	1.24
	TOTAL NACIONAL	1	4	11	10	10	70	46	358	23	13	29	13	588	39,312	1.50

REPRESENTACION EN PORCIENTO DE LAS SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR FALLA PROPIA

GRAFICA No. 3

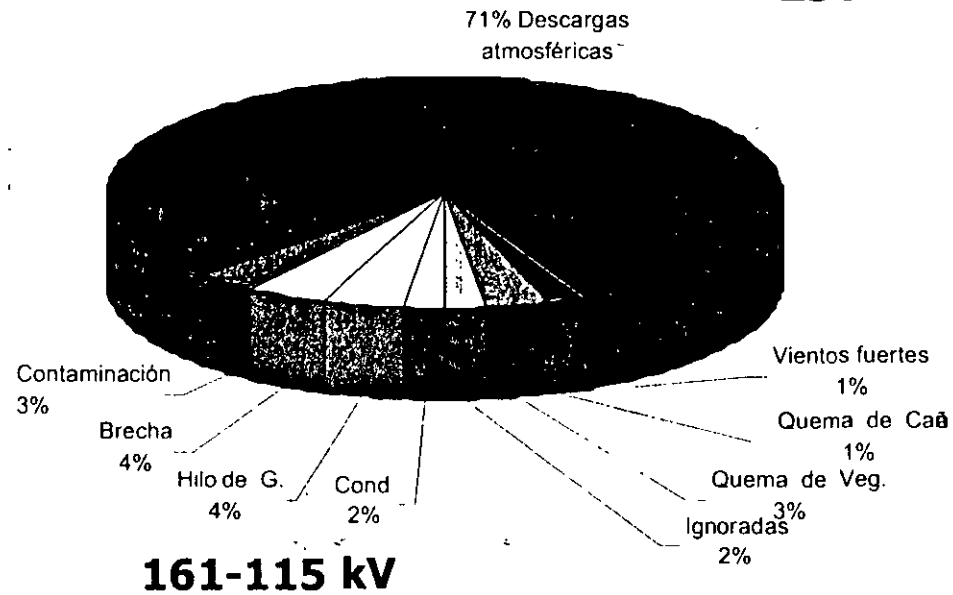
400 kV - 115 kV

2000



400 kV

230 kV



161-115 kV

SUBDIRECCION DE TRANSMISION, TRANSFORMACION Y CONTROL
COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION
GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS
TIEMPO FUERA DE LAS SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR FALLA PROPIA

TABLA No III

2 0 0 0

Indice=Total tiempo fallas propias x 100
km de lineas

K V	AREA DE TRANSMISION	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B0	C0	C1	C2	D0	TOTAL	DURA	INDICE
		ESTRUC TURAS	HERRA JES	AISLA DORES	CON DUC TOR	HILO GUAR DA	BRE CHA	CONTA MINA CION	DESC. ATMOS FERICA	VIEN TOS FUERTES	QUEMA DE CAÑA	QUEMA DE VEGET.	IGNO RA DAS	TIEMPO DE FALLAS	PROM. x FALLA	FALLAS x T. FUERA
400	NOROESTE	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:04	0:00	0:00	0:00	0:00	0:04	0:00	0:00
	NORTE	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	3:55	0:00	0:00	0:00	0:00	3:55	1:57	0:76
	NORESTE	0:00	0:00	0:02	0:00	8:04	0:00	0:00	0:06	55:37	0:00	0:12	0:01	64:02	6:40	2:33
	OCCIDENTE	0:00	0:00	8249:00	0:00	0:00	0:00	0:00	251:00	4312:00	158:00	3:00	23:00	12996:00	276:30	417:61
	CENTRAL	0:00	0:00	0:00	5:42	0:00	0:00	0:00	1:21	0:00	0:00	3:44	0:00	10:47	0:31	0:63
	ORIENTE	0:00	0:00	0:00	0:21	0:48	0:00	0:00	0:22	0:00	0:04	0:05	0:02	1:42	0:04	0:05
	SURESTE	0:00	682:00	8:38	0:00	0:00	0:00	0:00	0:27	0:00	0:47	0:00	0:02	691:54	32:56	48:01
	TOTAL	0:00	682:00	8257:40	6:03	8:52	0:00	0:00	257:15	4367:37	158:51	7:01	23:05	13768:24	24:37	104:58
230	B CALIFORNIA	0:00	0:00	0:01	0:00	0:00	1:19	20:04	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	21:24	4:16	3:03
	NOROESTE	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:09	0:22	14:51	0:00	0:00	0:00	15:22	0:00	0:00
	NORTE	0:00	0:03	0:00	0:00	0:00	5:45	0:10	86:25	106:07	0:00	0:00	0:00	198:30	8:16	5:76
	NORESTE	0:00	0:00	7:00	0:00	0:00	0:00	3:19	0:31	0:00	0:00	0:00	0:00	10:50	1:12	0:64
	OCCIDENTE	7546:00	0:00	1061:00	5:00	0:00	3302:00	194:00	679:00	97:00	1:00	419:00	2:00	13306:00	126:43	379:09
	CENTRAL	0:00	0:00	0:00	7:28	0:00	0:05	0:01	2:40	0:53	0:00	13:45	0:04	24:56	0:44	0:89
	ORIENTE	0:00	0:00	12:04	6:42	0:01	12:40	0:14	0:06	15:06	0:20	0:05	0:00	47:18	1:53	3:36
	SURESTE	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	10:44	1:51	0:46	0:00	0:06	0:01	13:28	0:23	0:59
	PENINSULAR	0:00	5:15	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	5:34	0:00	0:00	6:51	0:00	17:40	0:50	0:90
	TOTAL	7546:00	5:18	1080:05	19:10	0:01	3321:49	228:41	776:29	234:43	1:20	439:47	2:05	13655:28	45:22	63:22
B. CALIFORNIA	OCCIDENTE	0:00	0:00	0:00	1425:00	2182:00	83:00	0:00	255:00	0:00	0:00	0:00	0:00	3945:00	164:22	1445:05
	TOTAL	0:00	0:00	0:00	1425:00	2182:00	83:00	0:00	255:00	0:00	0:00	0:00	0:00	3945:00	164:22	32:35
	B. CALIFORNIA	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:07	0:35	0:01	0:00	0:00	0:00	0:43	0:03	0:08
B. CALIFORNIA	NORESTE	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
	OCCIDENTE	0:00	0:00	0:00	0:00	189:00	0:00	0:00	351:00	0:00	65:00	0:00	0:00	585:00	73:07	1193:88
	CENTRAL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:28	0:00	0:00	0:00	0:00	0:28	0:28	1:26
	SURESTE	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:05	0:00	0:00	0:00	0:00	0:05	0:00	0:03
	PENINSULAR	0:00	0:00	0:00	7:12	5:55	10:38	0:00	35:33	0:00	0:00	17:17	0:02	76:37	0:45	3:05
TOTAL	0:00	0:00	0:00	7:12	174:55	10:38	0:07	387:41	0:01	65:00	17:17	0:02	662:53	74:23	16:40	
TOTAL NACIONAL		7546:00	687:18	9337:45	1457:25	2365:48	3415:27	228:48	1676:25	4602:21	225:11	464:05	25:12	32031:45	54:28	81:48

SUBDIRECCION DE TRANSMISION, TRANSFORMACION Y CONTROL
COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION
GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS

TABLA No III

TIEMPO FUERA DE LAS SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR FALLA PROPIA

2 0 0 0

Indice=Total tiempo fallas propias x 100
km de lineas

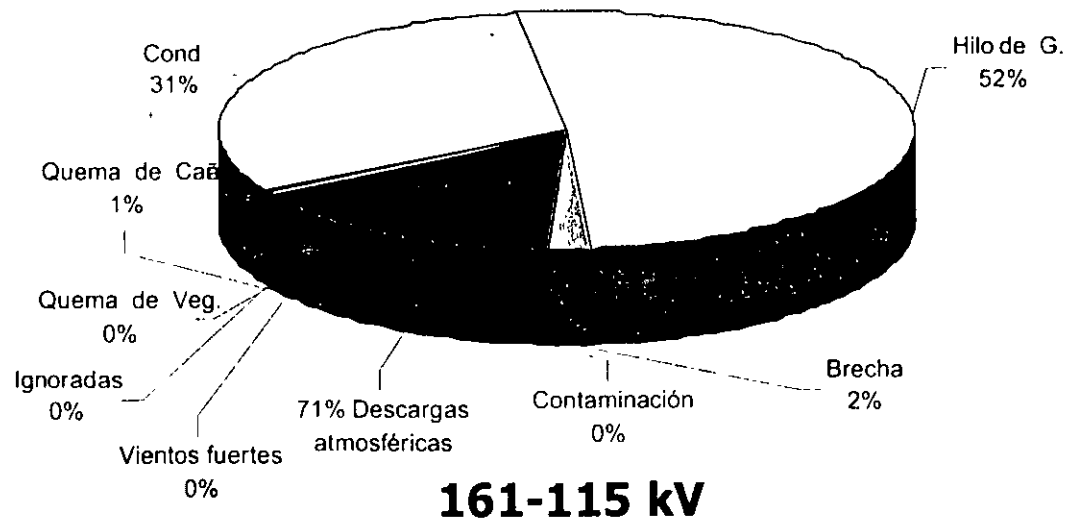
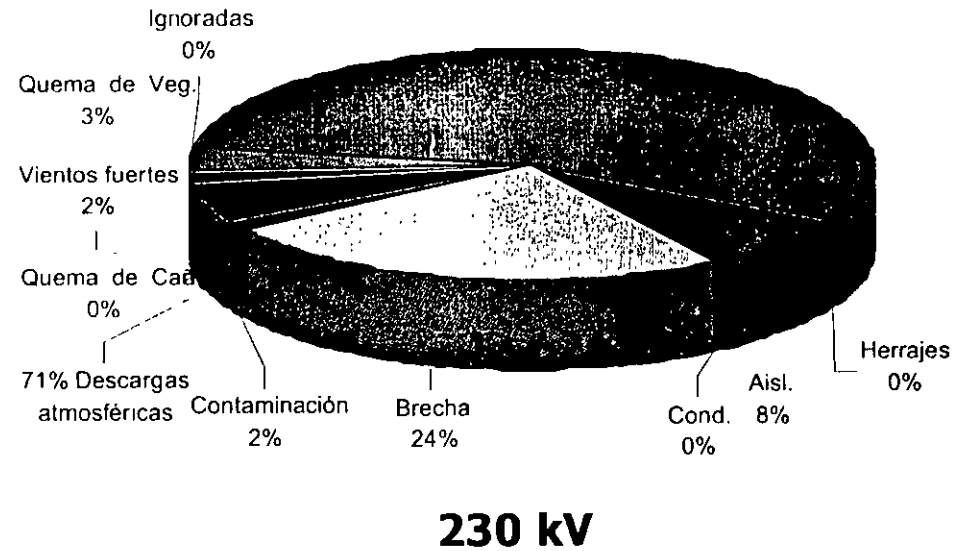
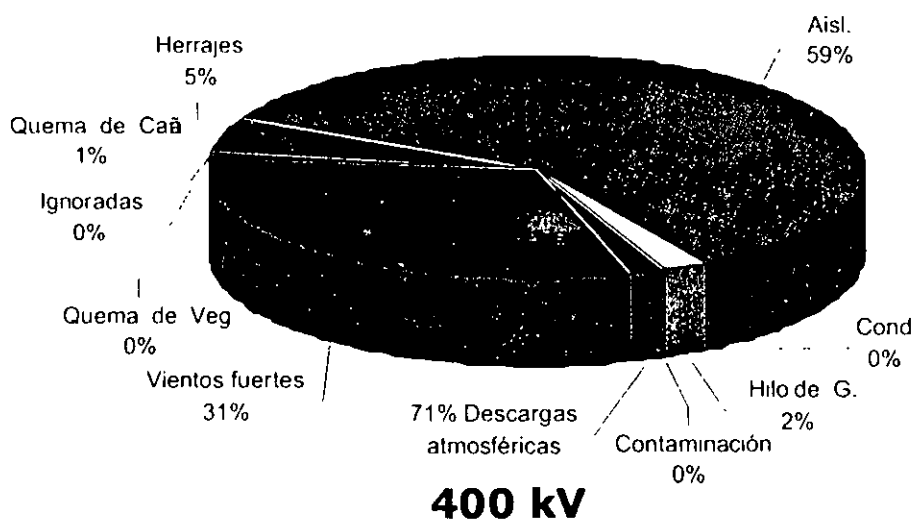
K V	AREA DE TRANSMISION	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B0	C0	C1	C2	D0	TOTAL TIEMPO DE FALLAS	DURA CION PROM. x FALLA	INDICE SALIDAS FALLAS x T. FUERA
		ESTRUC. TURAS	HERRA JES	AISLA DORES	CON DUC TOR	HILO GUAR DA	BRE CHA	CONTA MINA CION	DESC. ATMOS FERICA	VIEN TOS FUERTES	QUEMA DE CAÑA	QUEMA DE VEGET.	IGNO RA DAS			
400	NOROESTE	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:04	0:00	0:00	0:00	0:00	0:04	0:00	0:00
	NORTE	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	3:55	0:00	0:00	0:00	0:00	3:55	1:57	0:76
	NORESTE	0:00	0:00	0:02	0:00	8:04	0:00	0:00	0:06	55:37	0:00	0:12	0:01	64:02	6:40	2:33
	OCCIDENTE	0:00	0:00	8249:00	0:00	0:00	0:00	0:00	251:00	4312:00	158:00	3:00	23:00	12996:00	276:30	417.61
	CENTRAL	0:00	0:00	0:00	5:42	0:00	0:00	0:00	1:21	0:00	0:00	3:44	0:00	10:47	0:31	0.63
	ORIENTE	0:00	0:00	0:00	0:21	0:48	0:00	0:00	0:22	0:00	0:04	0:05	0:02	1:42	0:04	0.05
	SURESTE	0:00	682:00	8:38	0:00	0:00	0:00	0:00	0:27	0:00	0:47	0:00	0:02	691:54	32:56	48.01
	TOTAL	0:00	682:00	8257:40	6:03	8:52	0:00	0:00	257:15	4367:37	158:51	7:01	23:05	13768:24	24:37	104.58
230	B. CALIFORNIA	0:00	0:00	0:01	0:00	0:00	1:19	20:04	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	21:24	4:16	3.03
	NOROESTE	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:09	0:22	14:51	0:00	0:00	0:00	15:22	0:00	0.00
	NORTE	0:00	0:03	0:00	0:00	0:00	5:45	0:10	85:25	106:07	0:00	0:00	0:00	198:30	8:16	5.76
	NORESTE	0:00	0:00	7:00	0:00	0:00	0:00	3:19	0:31	0:00	0:00	0:00	0:00	10:50	1:12	0.64
	OCCIDENTE	7546:00	0:00	1061:00	5:00	0:00	3302:00	194:00	679:00	97:00	1:00	419:00	2:00	13306:00	126:43	379.09
	CENTRAL	0:00	0:00	0:00	7:28	0:00	0:05	0:01	2:40	0:53	0:00	13:45	0:04	24:56	0:44	0.89
	ORIENTE	0:00	0:00	12:04	6:42	0:01	12:40	0:14	0:06	15:06	0:20	0:05	0:00	47:18	1:53	3.36
	SURESTE	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	10:44	1:51	0:46	0:00	0:06	0:01	13:28	0:23	0.59
	PENINSULAR	0:00	5:15	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	5:34	0:00	0:00	6:51	0:00	17:40	0:50	0.90
	TOTAL	7546:00	5:18	1080:05	19:10	0:01	3321:49	228:41	776:29	234:43	1:20	439:47	2:05	13655:28	45:22	63.22
B. CALIFORNIA	B. CALIFORNIA	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	OCCIDENTE	0:00	0:00	0:00	1425:00	2182:00	83:00	0:00	255:00	0:00	0:00	0:00	0:00	3945:00	164:22	1445.05
	TOTAL	0:00	0:00	0:00	1425:00	2182:00	83:00	0:00	255:00	0:00	0:00	0:00	0:00	3945:00	164:22	32.35
B. CALIFORNIA	B. CALIFORNIA	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:07	0:35	0:01	0:00	0:00	0:00	0:43	0:03	0.08
	NORESTE	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	OCCIDENTE	0:00	0:00	0:00	0:00	169:00	0:00	0:00	351:00	0:00	65:00	0:00	0:00	585:00	73:07	1193.88
	CENTRAL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:28	0:00	0:00	0:00	0:00	0:28	0:28	1.26
	SURESTE	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:05	0:00	0:00	0:00	0:00	0:05	0:00	0.03
	PENINSULAR	0:00	0:00	0:00	7:12	5:55	10:38	0:00	35:33	0:00	0:00	17:17	0:02	76:37	0:45	3.05
TOTAL	0:00	0:00	0:00	7:12	174:55	10:38	0:07	387:41	0:01	65:00	17:17	0:02	662:53	74:23	16.40	
TOTAL NACIONAL		7546:00	687:18	9337:45	1457:25	2365:48	3415:27	228:48	1676:25	4602:21	225:11	464:05	25:12	32031:45	54:28	81.48

REPRESENTACION EN PORCIENTO DEL TIEMPO FUERA POR SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR FALLA PROPIA

GRAFICA No. 4

400 kV - 115 kV

2000



SUBDIRECCION DE TRANSMISION, TRANSFORMACION Y CONTROL
 COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION
 GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS
**SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR
 CAUSAS AJENAS Y POR MANIOBRAS
 2 0 0 0**

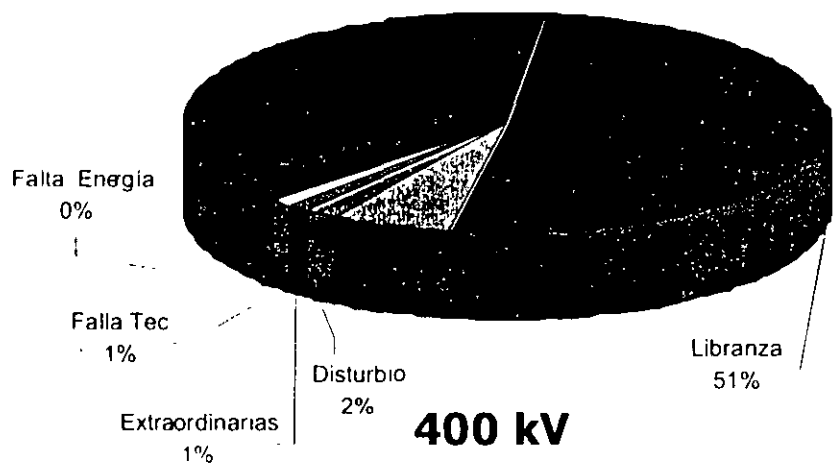
TABLA No. IV

K V	AREA DE TRANSMISION	E0	E1	E2	E3	E4	TOTAL	F0	F1	TOTAL	KM DE LINEA	INDICE	INDICE	SALIDAS TOTALES	INDICE TOTAL
		FALLA EQUIPO INSTAL	DISTUR BIO EN SISTEMA	EXTRA ORDINA RIAS	FALLA TEC NICA	FALTA ENER GIA	SALIDAS CAUSAS AJENAS	MANTTO Y PRUEBAS	LIBRANZA OPERA MANUAL	SALIDAS MANIO BRAS		SALIDAS CAUSAS AJENAS	SALIDAS MANIO BRAS		
400	NOROESTE	0	0	0	0	0	0	5	2	7	252	0.00	2.78	7	2.78
	NORTE	1	1	0	0	0	2	10	0	10	515	0.39	1.94	12	2.33
	NORESTE	3	0	0	0	0	3	29	47	76	2,743	0.11	2.77	79	2.88
	OCCIDENTE	7	2	2	6	0	17	17	71	88	3,112	0.55	2.83	105	3.37
	CENTRAL	5	0	1	0	0	6	54	19	73	1,703	0.35	4.29	79	4.64
	ORIENTE	2	0	2	1	0	5	20	126	146	3,400	0.15	4.29	151	4.44
	SURESTE	16	6	0	0	0	22	82	22	104	1,441	1.53	7.22	126	8.75
	TOTAL	34	9	5	7	0	55	217	287	504	13,165	0.42	3.83	559	4.25
230	B. CALIFORNIA	4	0	4	0	0	8	11	101	112	704	1.14	15.91	120	17.04
	NOROESTE	0	0	4	0	0	4	180	52	232	4,714	0.08	4.92	236	5.01
	NORTE	6	14	0	5	0	25	173	22	195	3,445	0.73	5.66	220	6.39
	NORESTE	2	1	0	0	0	3	1	51	52	1,685	0.18	3.09	55	3.26
	OCCIDENTE	24	0	8	1	0	33	7	246	253	3,510	0.94	7.21	286	8.15
	CENTRAL	2	0	1	1	0	4	39	26	65	2,808	0.14	2.31	69	2.46
	ORIENTE	3	0	2	1	0	6	3	212	215	1,406	0.43	15.29	221	15.72
	SURESTE	4	10	2	2	0	18	29	21	50	1,362	1.32	3.67	68	4.99
	PENINSULAR	3	9	1	2	0	15	20	28	48	1,963	0.76	2.45	63	3.21
TOTAL	48	34	22	12	0	116	463	759	1222	21,598	0.54	5.66	1,338	6.20	
B. CALIFORNIA	B. CALIFORNIA	3	0	2	0	0	5	1	71	72	235	2.13	30.68	77	32.81
	OCCIDENTE	1	0	2	0	0	3	5	36	41	273	1.10	15.02	44	16.12
	TOTAL	4	0	4	0	0	8	6	107	113	508	1.58	22.26	121	23.83
B. CALIFORNIA	B. CALIFORNIA	40	13	3	1	34	91	4	1	5	1,161	7.84	0.43	96	8.27
	NORESTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0.00	0.00	0	0.00
	OCCIDENTE	0	0	0	0	0	0	0	4	4	49	0.00	8.16	4	8.16
	CENTRAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0.00	0.00	0	0.00
	SURESTE	0	1	0	0	0	1	12	11	23	266	0.38	8.66	24	9.03
	PENINSULAR	8	7	6	3	1	25	39	50	89	2,504	1.00	3.55	114	4.55
	TOTAL	48	21	9	4	35	117	55	66	121	4,041	2.90	2.99	238	5.89
TOTAL NACIONAL		134	64	40	23	35	296	741	1219	1960	39,311	0.75	4.99	2,256	5.74

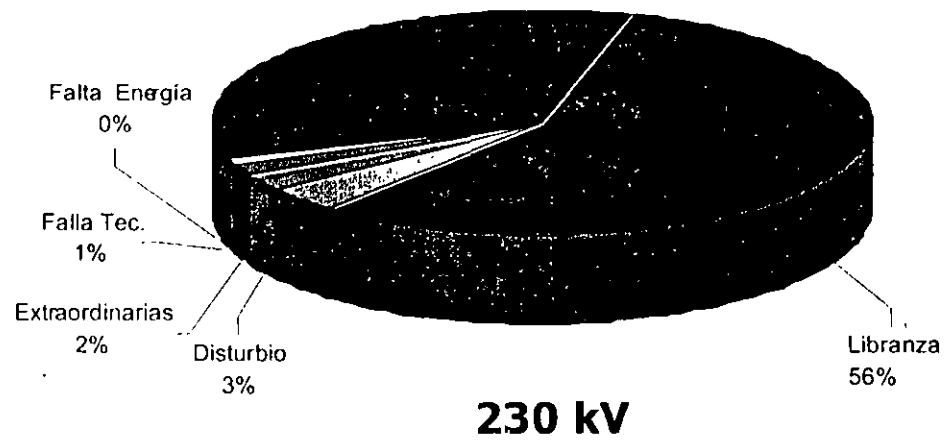
REPRESENTACION EN PORCIENTO DE LAS SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR CAUSAS AJENAS Y POR MANIOBRAS

GRAFICA No. 5

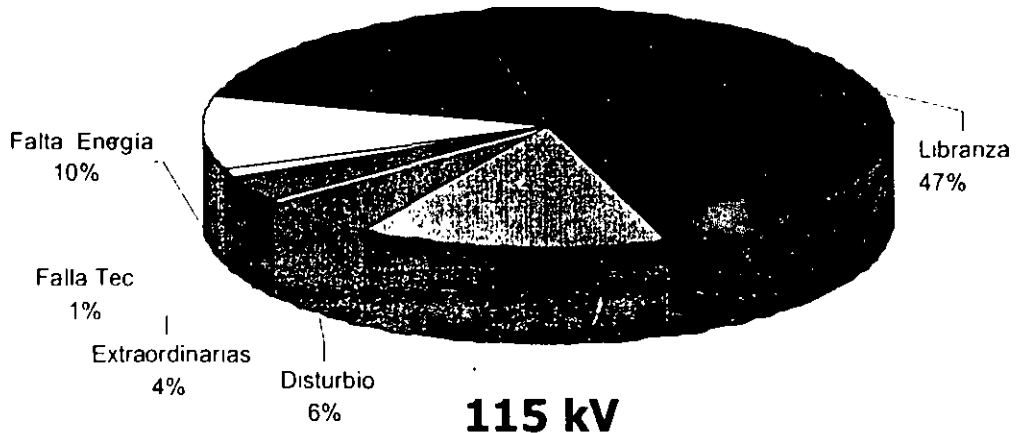
400 kV - 115 kV
2000



400 kV



230 kV



115 kV

SUBDIRECCION DE TRANSMISION, TRANSFORMACION Y CONTROL
COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION
GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS
SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION

TIEMPO FUERA DE LAS SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR CAUSAS AJENAS Y POR MANIOBRAS

2 0 0 0

Disp Promedio = 100 — $\frac{\text{Total tiempo fuera} \times 100}{8760 \times \text{No. de Lineas}}$

8760 x No. de Lineas

K V	AREA DE TRANSMISION	E0	E1	E2	E3	E4	TOTAL	F0	F1	TOTAL	INDICE	INDICE	TOTAL	No.	DISPO
		FALLA EQUIPO INSTAL	DISTUR BIO EN SISTEMA	EXTRA ORDINA RIAS	FALLA TEC NICA	FALTA ENER GIA	TIEMPO CAUSAS AJENAS	MANTTO Y PRUEBAS	LIBRANZA OPERA MANUAL	TIEMPO MANIO BRAS	TIEMPO CAUSAS EJENAS	TIEMPO MANIO BRAS	TIEMPO FUERA	DE LINEAS	NIBILI DAD PROM
400	NOROESTE	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	163.50	17.06	180:56	0.00	0.00	180:56	1	97.93
	NORTE	628:36	0:01	0:00	0:00	0:00	628:37	234.08	0:00	234:08	122.06	45.46	662:45	2	95.08
	NORESTE	07:05	00:00	00:00	00:00	00:00	07:05	128:55	412:38	541:33	0.26	20.00	548:38	23	99.73
	OCCIDENTE	604:00	106:00	35:00	720:00	0:00	1465:00	91619:00	40015:00	131634:00	47:07	4229:88	133099:00	23	33:94
	CENTRAL	2:30	0:00	0:56	0:00	0:00	3:26	32:49	138:01	170:50	0.20	10:03	174:16	19	99:89
	ORIENTE	0:00	0:00	1:22	0:00	0:00	1:22	91:26	1792:29	1883:55	153:18	55:40	1885:17	23	99:06
	SURESTE	83:15	6:34	0:00	0:00	0:00	89:49	735:45	107:62	843:47	6:23	51:05	933:36	11	99:03
TOTAL	1325:26	112:35	37:18	720:00	0:00	2195:19	93005:53	42483:16	135489:09	16:62	1024:22	137648:29	102	84:59	
230	B. CALIFORNIA	14:12	0:00	6:41	0:00	0:00	20:53	99:43	356:47	456:30	2.97	64.84	477:23	28	99.80
	NOROESTE	0:00	0:00	0:04	0:00	0:00	0:04	1975:38	297:14	2272:52	0.00	48.21	2272:56	50	99.48
	NORTE	22:07	146:17	0:00	0:05	0:00	168:29	3390:14	153:17	3543:31	4.89	102.85	3712:00	37	98.85
	NORESTE	0:47	0:00	0:00	0:12	0:00	0:59	0:15	489:35	489:50	0:04	29.06	490:49	29	99.81
	OCCIDENTE	4121:00	0:00	648:00	2:00	0:00	4771:00	1314:00	248016:00	249332:00	135.91	7102.66	254103:00	88	98.74
	CENTRAL	12:01	0:00	0:01	0:01	0:00	12:03	290:52	124:49	415:41	0.43	14.80	427:44	73	99.93
	ORIENTE	11:54	0:00	0:02	0:02	0:00	11:58	18:58	1600:53	1619:51	0.85	47.64	1631:49	27	99.31
	SURESTE	2:12	2:35	0:02	2:08	0:00	6:57	315:00	132:47	447:47	0.35	22.81	454:44	13	99.60
	PENINSULAR	64:04	64:48	0:00	0:07	0:00	128:59	214:55	207:44	422:39	6.57	21.53	551:38	16	99.71
TOTAL	4248:17	213:40	654:50	4:35	0:00	5121:22	7619:35	251381:06	9668:41	23.71	44.76	264122:30	341	99.66	
231	B. CALIFORNIA	1:02	0:00	4:28	0:00	0:00	5:30	92:57	634:11	727:08	2.34	309.81	732:38	11	99.24
	OCCIDENTE	321:00	0:00	74:00	0:00	0:00	395:00	43:00	8201:00	8244:00	144.68	3019.76	8639:00	7	95.71
	TOTAL	322:02	0:00	78:28	0:00	0:00	400:30	135:57	8835:11	8971:08	5.82	196:22	9371:38	18	94.05
232	B. CALIFORNIA	20:02	1:09	0:11	0:12	12:01	33:35	538:14	0:28	538:42	2.89	46.39	572:17	20	99.67
	NORESTE	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0.00	0:00	5	100
	OCCIDENTE	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	973:00	973:00	0.00	1985.70	973:00	3	99.52
	CENTRAL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0.00	00:00	1	100.00
	SURESTE	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	65:07	102:53	168:00	0.14	16.68	44:42	5	99.89
	PENINSULAR	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	2.87	21.77	602:03	43	99.84
TOTAL	20:02	1:09	0:11	0:12	12:01	33:35	603:21	1076:21	1679:42	2.86	14.64	1713:17	77	38.81	
TOTAL NACIONAL		5915.47	327.24	770.47	724.47	12.01	7750.46	101364.46	303775.54	405140.40	19.72	396.33	412891.26	493	90.43

REPRESENTACION EN PORCIENTO DEL TIEMPO FUERA DE SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR CAUSAS AJENAS Y POR MANIOBRAS

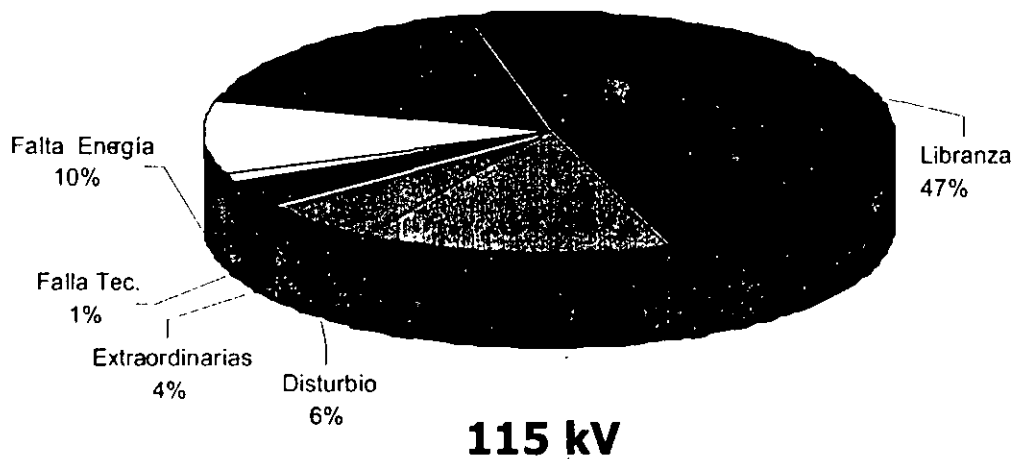
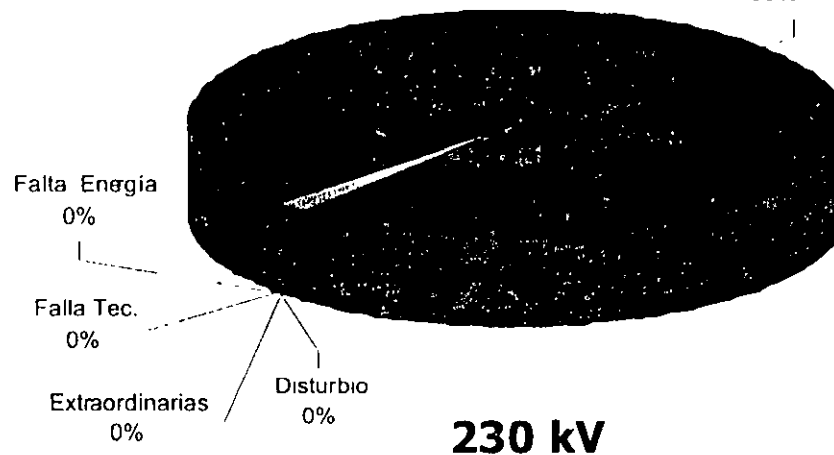
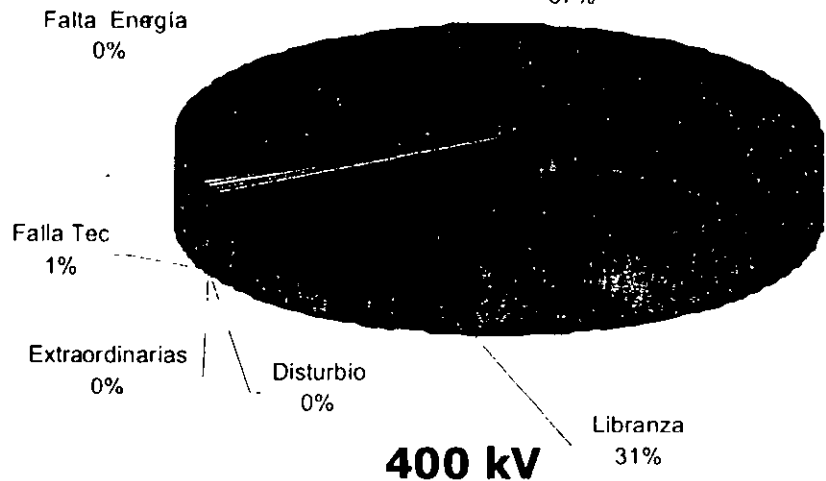
GRAFICA No. 6

400 kV - 115 kV

2000

Mantto Pruebas
67%

Libranza
95%



**COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION
GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS**

**CREDITOS DE MANTENIMIENTO DE LINEAS GLOBAL DE TRANSMISION
(LINEAS DE TRANSMISION Y ATENDIDAS DE DISTRIBUCION)**

RESULTADOS DE 2000

AREA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION	CREDITOS PROGRAMADOS	CREDITOS MANTTO. REALIZADOS	%	CREDITOS EXTRAORDINARIOS	CREDITOS TOTALES
B. CALIFORNIA	46,907.25	37,151.95	79.20	15,695.52	52,847.47
NOROESTE	66,689.93	59,956.26	89.90	39,281.70	99,237.96
NORTE	54,847.29	53,404.09	97.37	5,714.00	51,118.09
NORESTE	103,877.76	77,916.65	75.01	39,101.06	117,017.71
OCCIDENTE	255,774.00	157,966.05	61.76	88,880.18	246,846.23
CENTRAL	105,482.80	93,064.35	88.23	14,991.90	108,056.25
ORIENTE	182,907.51	162,167.28	88.66	29,118.44	191,285.72
SURESTE	181,549.00	157,835.00	86.94	20,598.55	178,433.55
PENINSULAR	64,991.00	59,311.60	91.26	51,545.90	110,857.50
TOTALES	1,063,026.54	858,773.23	80.79	304,927.25	1,163,700.48

SUBDIRECCION DE TRANSMISION , TRANSFORMACION Y CONTROL
COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION
GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS

TABLA No VII

RELACION DE SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR FALLA PROPIA
400 kV
PERIODO ENERO - DICIEMBRE DEL 2000

No	CLAVE	LINEA	ATT	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B0	C0	C1	C2	D0	TOTAL	KMS	IFLT	No. EST.
1	A3370	TULA-POZA RICA II	CE	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	11	203.00	5.42	419
2	A3J20	TAPEIXTLES-MAZAMITLA	OC	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10	180.00	5.56	373
3	A3230	ACATLAN-MANZANILLO	OC	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	1	7	178.00	3.93	329
4	A3460	TEMASCAL II-PUEBLA II	OR	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	2	0	5	225.00	2.22	683
5	A3210	PITIRERA-DONATO GUERRA	CE	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0	5	233.00	2.15	445
6	A3200	CARAPAN-LAZ CARDENAS POT	OC	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	237.00	2.11	559
7	A3140	MANUEL MORENO T.-JUILE	SE	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	243.00	2.06	567
8	A3600	MAZATLAN-TEPIC	NO	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	252.00	1.98	586
9	A3250	MALPASO-COATZACOALCOS II	SE	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	139.00	2.88	271
10	A3220	PITIRERA-DONATO GUERRA	OC	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	4	233.00	1.72	478
11	A3160	MALPASO-MINATITLAN II	SE	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	145.00	2.07	319
12	A3260	CHINAMECA II-TEMASCAL II	OR	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	3	191.00	1.57	423
13	A3110	PITIRERA-MAZAMITLA	OC	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	235.00	1.28	428
14	A3040	MANUEL MORENO T.-JUILE	SE	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3	243.00	1.23	567
15	A3780	TUXPAN VAPOR-TEXCOCO	OR	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	257.00	1.17	615
16	A3550	AGUAMILPA-TEPIC II	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	34.00	5.88	78
17	A3530	AGUAMILPA-TEPIC II	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	34.00	5.88	71
18	A3100	PITIRERA-LAZ. CARD. POT.	OC	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	46.00	4.35	109
19	A3050	MANUEL MORENO T.-MALPASO	SE	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	80.00	2.50	127
20	A3060	MALPASO-MINATITLAN II	SE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	144.00	1.39	323
21	A3640	TECALI-TOPILEJO	CE	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	148.00	1.35	309
22	A3590	TEPIC II-TESTAN	OC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	189.00	1.06	420
23	A3630	TESTAN-TEPIC II	OC	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	189.00	1.06	462
24	A3540	TEMASCAL II-TECALI	OR	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	190.00	1.05	372
25	A3250	ALTAMIRA-GUEMEZ	NE	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	193.00	1.04	178
26	A3430	F. CARBON-RIO ESCONDIDO	NE	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	198.00	1.01	494
27	A3240	MANZANILLO-ATEQUIZA	OC	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	207.00	0.97	443
28	A3320	SALAMANCA-ATEQUIZA	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	221.00	0.90	403
29	A3360	MINATITLAN II-TEMASCAL II	OR	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	225.00	0.89	666
30	A3680	TUXPAN VAPOR-TEXCOCO	OR	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	254.00	0.79	633
31	A3380	TUXPAN VAPOR-TEXCOCO	OR	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	257.00	0.78	600
32	A3010	L. CARD. POT.-DONATO GUERRA	OC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	275.00	0.73	545
33	A3T10	MINATITLAN II-CHINAMECA POT	OR	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	38.00	2.63	114
34	A3150	MANUEL MORENO T.-MALPASO	SE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	67.00	1.49	126
35	A3310	TULA-TEXCOCO	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	79.00	1.27	171
36	A3960	TEXCOCO-SAN LORENZO POT.	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	80.50	1.24	174
37	A3030	ANGOSTURA-MANUEL MORENO T.	SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	88.00	1.14	153
38	A3610	DONATO GUERRA-NOPALA	CE	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	95.00	1.05	196
39	A3500	ALTAMIRA-ANAHUAC POT.	OR	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	117.00	0.85	293
40	A3880	ESCOBEDO-LAMPAZOS	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	144.18	0.69	336
41	A3390	LAGUNA VERDE-POZA RICA II	OR	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	153.00	0.65	328
42	A3340	TEMASCAL II-JUILE	OR	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	155.00	0.65	378
43	A3450	VILLA DE GARCIA-FRONTERA	NE	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	178.00	0.56	447
44	A3460	VILLA DE GARCIA-FRONTERA	NE	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	182.00	0.55	421
45	A3250	ATEQUIZA-AGS. POTENCIA	OC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	186.00	0.54	417
46	A3670	AGUASC. POT.-TESTAN	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	191.00	0.52	477
47	A3440	F. CARBON-CARBON II	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	202.00	0.50	491
48	A3090	LAGUNA VERDE-PUEBLA II	OR	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	226.00	0.44	540

A0 ESTRUCTURAS

A1 HERRAJES

A2 AISLADORES

A3 CONDUCTOR

A4 HILO DE GUARDA

A5 BRECHA

A6 CONTAMINACION

B0 DESCARGAS ATMOSFERICAS

C0 VIENTOS FUERTES

C1 QUEMA DE CAÑA

C2 QUEMA DE VEGETACION

D0 DESCONOCIDA

SUBDIRECCION DE TRANSMISION : TRANSFORMACION Y CONTROL
 COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION
 GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS

TABLA No VII

RELACION DE SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR FALLA PROPIA
 400 KV
 PERIODO ENERO - DICIEMBRE DEL 2000

No	CLAVE	LINEA	ATT	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B0	C0	C1	C2	D0	TOTAL	KMS	IFLT	No EST.
49	A3790	ALTAMIRA-POZA RICA II	OR	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	227.00	0.44	547
50	A3270	HUINALA-GUEMEZ	NE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	235.00	0.43	438
51	A3700	TORREON SUR-VILLA DE GCIA.	NT	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	296.00	0.34	685
52	A3000	RIO ESCONDIDO-HERCULES POT.	NE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	354.00	0.28	936
53	A3A10	HERCULES POT.-EL ENCINO	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	219.00	0.00	180
54	A3190	LAGUNA VERDE-TECALI	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	212.00	0.00	14
55	A3490	POZA RICA II-TAMOS	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	198.00	0.00	421
56	A3T30	ANGOSTURA-TAPACHULA POT.	SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	193.00	0.00	511
57	A3120	ALTAMIRA-GUEMEZ	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	193.00	0.00	430
58	A3830	CARBON II - LAMPAZOS	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	159.14	0.00	378
59	A3840	CARBON II - LAMPAZOS	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	159.14	0.00	390
60	A3240	JUILE-TEMASCAL III	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	155.00	0.00	318
61	A3020	TULA-QUERETARO POT.	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150.00	0.00	171
62	A3890	LAMPAZOS-ESCOBEDO	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	144.18	0.00	59
63	A3290	TULA-QUERETARO POT.	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	144.00	0.00	302
64	A3140	GUEMEZ-LAJAS	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135.00	0.00	254
65	A3920	OJO DE AGUA POT -PUEBLA II	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125.00	0.00	157
66	A3310	CARAPAN-SALAMANCA	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124.00	0.00	154
67	A3470	MAZAMITLA-CARAPAN	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	107.00	0.00	116
68	A3560	TEMASCAL II-OJO DE AGUA POT.	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102.00	0.00	66
69	A3740	HUINALA-LAJAS	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100.00	0.00	35
70	A3620	DONATO GUERRA-NOPALA	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95.00	0.00	36
71	A3690	DONATO GUERRA-SAN BERNABE	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92.50	0.00	516
72	A3860	PUEBLA II-TEXCOCO	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92.00	0.00	178
73	A3130	ANGOSTURA-M. MORENO TORRES	SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91.50	0.00	381
74	A3480	MAZAMITLA-ACATLAN	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85.00	0.00	256
75	A3330	QUERETARO POT.- SALAMANCA	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84.00	0.00	337
76	A3120	TULA-TEXCOCO	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79.00	0.00	245
77	A3990	QUERETARO POT.- SALAMANCA	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78.00	0.00	195
78	A3580	POZA RICA II-TUXPAN VAPOR	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68.00	0.00	97
79	A3650	ACATLAN-TESTISTAN	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60.00	0.00	81
80	A3300	PITIRERA-LAZ.CARDENAS POT.	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46.00	0.00	129
81	A3750	HUINALA-PLAZA	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39.59	0.00	68
82	A3940	TECALI-PUEBLA II	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37.00	0.00	60
83	A3280	ATEQUIZA-ACATLAN	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35.00	0.00	50
84	A3730	ESCOBEDO-HUINALA	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32.20	0.00	60
85	A3760	VILLA DE GARCIA-PLAZA	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.00	0.00	12
86	A3720	VILLA DE GARCIA-ESCOBEDO	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26.82	0.00	387
87	A3590	ALTAMIRA-TAMOS	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.00	0.00	316
88	A3770	SAN NICOLAS-ESCOBEDO	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13.90	0.00	196
89	A3970	ESCOBEDO-SAN NICOLAS	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13.90	0.00	205
90	A3930	PUEBLA II-SAN LORENZO	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.50	0.00	202
91	A3170	MANZANILLO II-TAPEIXTLES	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.00	0.00	250
92	A3190	MANZANILLO II-TAPEIXTLES POT.	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.00	0.00	174
93	A3980	SAN NICOLAS-HYLSA	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.06	0.00	169
94	A3350	COATZACOALCOS II-MINATITLAN II	SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.00	0.00	79
95	A3870	CARBON II-RIO ESCONDIDO	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.00	0.00	29

TOTAL SALIDAS EN 400 KV			0	1	5	3	2	0	3	92	3	5	9	7	130	13,165.11	0.99
-------------------------	--	--	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---	---	---	-----	-----------	------

A0 ESTRUCTURAS	A1 HERRAJES	A2 AISLADORES	A3 CONDUCTOR
A4 HILO DE GUARDA	A5 BRECHA	A6 CONTAMINACION	B0 DESCARGAS ATMOSFERICAS
C0 VIENTOS FUERTES	C1 QUEMA DE CAÑA	C2 QUEMA DE VEGETACION	D0 DESCONOCIDA

SUBDIRECCION DE TRANSMISION , TRANSFORMACION Y CONTROL
COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION
GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS

TABLA No VIII

RELACION DE SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR FALLA PROPIA
230 kV
PERIODO ENERO - DICIEMBRE DEL 2000

No	CLAVE	LINEA	ATT	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B0	C0	C1	C2	D0	TOTAL	KMS	IFLT	No. EST.
1	93250	PITIRERA-VILLITA	OC	0	0	0	0	0	29	0	0	0	0	1	0	30	50.00	60.00	101
2	93270	LAZ CARDENAS POT.-PITIRERA	OC	0	0	0	0	0	21	1	0	0	0	1	0	23	59.00	38.98	124
3	93950	JUILE-JUCHITAN II	SE	0	0	0	0	0	0	2	3	1	0	1	0	7	145.30	4.82	365
4	93810	KILOMETRO 20-ESCARCEGA	SE	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	1	7	288.25	2.43	374
5	93160	POZA RICA I-MINERA AUTLAN	OR	0	0	0	0	0	0	2	3	1	0	0	0	6	207.00	2.90	471
6	93840	AGUASC. POT-AGUASC. OTE	OC	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	5	17.00	29.41	45
7	93860	VERACRUZ II-LAGUNA VERDE	OR	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	1	0	5	80.00	6.25	186
8	93910	PEÑITAS-KILOMETRO 20	SE	0	0	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	5	109.40	4.57	282
9	93070	VALLADOLID-NIZUC	PE	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	155.00	3.23	473
10	93270	MEZCALA-CARACOL	CE	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	53.55	7.47	95
11	93920	PEÑITAS-KILOMETRO 20	SE	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	85.00	4.71	205
12	93930	TÉPIC II-VALLARTA POTENCIA	OC	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	4	106.00	3.77	251
13	93520	PUEBLO NUEVO-HUITES	NO	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	4	108.50	3.69	277
14	93300	MOCTEZUMA-SAMALAYUCA	NT	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	4	131.00	3.05	389
15	93220	MEZCALA-QUEMADO	CE	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	134.00	2.99	301
16	93050	VALLADOLID-BALAM	PE	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	161.00	2.48	498
17	93820	MAZATLAN II-DURANGO II	NO	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	4	220.00	1.82	464
18	93820	MACUSPANA II-ESCARCEGA	SE	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	275.25	1.45	734
19	93215	LAZ. CARDENAS POT.-SICARTSA II	OC	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	3	16.00	18.75	62
20	93370	ACATLAN-TESISTAN	OC	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	3	44.00	6.82	114
21	93240	TESISTAN-ACATLAN	OC	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	44.00	6.82	114
22	93330	LEON III-AGUASCALIENTES POT.	OC	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	3	90.00	3.33	224
23	93640	MOCHIS II-GUAMUCHIL II	NO	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	3	93.80	3.20	260
24	93710	GUAMUCHIL II-CULIACAN III	NO	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	3	104.40	2.87	238
25	93260	FCO. VILLA-CHIHUAHUA NTE.	NT	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	3	105.50	2.84	299
26	93410	HERMOSILLO V-PTA GUAYMAS II	NO	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	127.26	2.36	327
27	93110	VALLE DE MEXICO-LA MANGA	CE	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	3	134.00	2.24	392
28	93350	HERMOSILLO IV-PTA. GUAYMAS	NO	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	3	135.00	2.22	337
29	93230	MEZCALA-LOS AMATES	CE	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	3	137.00	2.19	304
30	93710	TEMASCAL II-OAXACA POT	SE	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	164.20	1.83	375
31	93210	HERMOSILLO III-NACOZARI	NO	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	194.60	1.54	443
32	93810	EL HABAL-CULIACAN POTENCIA	NO	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	3	203.50	1.47	479
33	93010	ESCARCEGA-TICUL	PE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	3	268.00	1.12	714
34	93010	GOMEZ PALACIO-LERDO	NT	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	21.11	9.47	53
35	93190	ALTAMIRA-TAMPICO	OR	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	22.00	9.09	60
36	93150	MÉRIDA POT.-KANASIN POT.	PE	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	30.00	6.67	81
37	93160	KANASIN POT.-MÉRIDA III	PE	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	30.00	6.67	80
38	93770	GUADAL NTE.-GUADAL OTE.	OC	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	30.00	6.67	78
39	93550	TAPEIXTLES-COLIMA II	OC	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	65.00	3.08	135
40	93070	LAZ. CARD. POT.-IXTAPA POT.	CE	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	72.00	2.78	191
41	93970	PEÑITAS-CARDENAS II	SE	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	72.57	2.76	204
42	93540	CD GUZMAN-COLIMA II	OC	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	78.00	2.56	184
43	93960	VERACRUZ II-LAGUNA VERDE	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	80.00	2.50	186
44	93560	VERACRUZ II-AMATLAN II	OR	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	80.00	2.50	221
45	93121	QUERETARO-SAN LUIS DE LA PAZ	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	82.54	2.42	200
46	93210	CARAPAN-OCOTLAN	OC	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	97.00	2.06	242
47	93260	AGUASCALIENTES POT-LEON I	OC	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	97.00	2.06	242
48	93020	MONCLOVA-NUEVA ROSITA	NE	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	115.00	1.74	320
49	93240	EMILIANO ZAPATA-MEZCALA	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	115.00	1.74	235

A0 ESTRUCTURAS

A1 HERRAJES

A2 AISLADORES

A3 CONDUCTOR

A4 HILO DE GUARDA

A5 BRECHA

A6 CONTAMINACION

B0 DESCARGAS ATMOSFERICAS

C0 VIENTOS FUERTES

C1 QUEMA DE CAÑA

C2 QUEMA DE VEGETACION

D0 DESCONOCIDA

SUBDIRECCION DE TRANSMISION , TRANSFORMACION Y CONTROL
COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION
GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS

TABLA No. VIII

RELACION DE SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR FALLA PROPIA
230 KV
PERIODO ENERO - DICIEMBRE DEL 2000

No	CLAVE	LINEA	ATT	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B0	C0	C1	C2	D0	TOTAL	KMS	IFLT	No. EST.
50	93250	MEZCALA-EMILIANO ZAPATA	CE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	124.00	1.61	273
51	93280	TIJUANA I-ROSITA	BC	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	128.44	1.56	293
52	93430	AGUASCAL. OTE.-CALERA	OC	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	130.00	1.54	297
53	93080	VALLADOLID-KANASIN	PE	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	145.00	1.38	459
54	93320	QUERETARO-VILLA DE REYES	OC	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	146.00	1.37	351
55	93810	CUCHILLO-AEROPUERTO	NE	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	156.80	1.28	495
56	93250	MOCTEZUMA-NVO. CASAS GRANDES	NT	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	164.47	1.22	436
57	93050	PTO. LIBERTAD-SANTA ANA	NO	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	171.61	1.17	487
58	93880	MAZATLAN II-DURANGO SUR	NT	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	220.00	0.91	502
59	93090	TICUL II-XUL-HA	PE	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	270.00	0.74	610
60	93080	GOMEZ PALACIO-CAMARGO II	NT	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	288.94	0.69	726
61	93350	SN LUIS POTOSI I-MEXINOX	OC	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1.00	100.00	5
62	93040	POZA RICA II-POZA RICA I	OR	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2.60	38.46	5
63	93720	TEMASCAL I-TEMASCAL II	OR	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	4.40	22.73	17
64	93320	HERMOSILLO V-CEMNTS DEL YAQUI	NO	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	11.40	8.77	32
65	93280	VILLITA-LAZ CARD. POTENCIA	OC	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	12.00	8.33	36
66	93730	ATEQUIZA-GUADALAJARA II	OC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	13.00	7.69	36
67	93750	LERDO-PEÑALES	NT	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	13.43	7.45	35
68	93110	POTE. JUAREZ-PANAMERICANA P.	BC	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	13.98	7.15	32
69	93250	DOS BOCAS CICLO-VERACRUZ II	OR	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	14.00	7.14	36
70	93780	DOS BOCAS CICLO-JARDIN	OR	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	14.00	7.14	48
71	93220	NACAZARI-LA CARIDAD	NO	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	14.30	6.99	33
72	93225	LAZ. CARD. POT.-SICARTSA II	OC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	16.00	6.25	62
73	93860	MAZATLAN II-EL HABAL	NO	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	16.00	6.25	31
74	93610	QUERETARO-CONIN	CE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	17.50	5.71	41
75	93420	VILLITA-SICARTSA	OC	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	18.00	5.56	45
76	93350	DANU-CEMENTOS MEXICANOS	CE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	18.11	5.52	60
77	93310	HERMOSILLO III-HERMOSILLO V	NO	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	18.34	5.45	51
78	93180	SALAMANCA-IRAPUATO II	CE	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	20.00	5.00	54
79	93460	SALAMANCA-IRAPUATO II	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	20.35	4.91	47
80	93130	ESCOBEDO-VILLA DE GARCIA	NE	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	21.00	4.76	72
81	93620	DURANGO II-DURANGO SUR	NT	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	22.00	4.55	45
82	93600	TESISTAN-ZAPOCAN	OC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	24.00	4.17	87
83	93860	MATAMOROS POT.-LAURO VILLAR	NE	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	24.30	4.12	76
84	93960	AVALOS-EL ENCINO	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	26.00	3.85	72
85	93500	YAUTEPEC POT.-EMILIANO ZAP	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	26.00	3.85	57
86	93030	GOMEZ PALACIO-LERDO	NT	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	29.53	3.39	70
87	93670	TOPOLOBAMPO-LOS MOCHIS IND	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	29.70	3.37	75
88	93120	C.T. PDTE JUAREZ-TIJUANA I	BC	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	33.00	3.03	77
89	93940	MALPASO-PEÑITAS	SE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	35.34	2.83	85
90	93150	CELAYA III-SALAMANCA	CE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	35.84	2.79	88
91	93060	BALAM-NIZUC	PE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	38.00	2.63	118
92	93690	SN. LUIS POT. II-SN LUIS POT I	OC	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	38.00	2.63	100
93	93810	GUADALAJARA I-GUADALAJARA II	OC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	43.00	2.33	116
94	93480	QUERETARO POT.-CELAYA II	CE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	46.04	2.17	110
95	93470	QUERETARO POT.-CELAYA II	CE	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	48.44	2.06	100
96	93980	CARDENAS II-VILLAHERMOSA NTE	SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	49.00	2.04	138
97	93470	MAZATEPEC-JALACINGO	OR	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	49.00	2.04	110
98	93780	TESISTAN-GUADALAJARA OTE.	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	49.00	2.04	131

A0 ESTRUCTURAS

A1 HERRAJES

A2 AISLADORES

A3 CONDUCTOR

A4 HILO DE GUARDA

A5 BRECHA

A6 CONTAMINACION

B0 DESCARGAS ATMOSFERICAS

C0 VIENTOS FUERTES

C1 QUEMA DE CAÑA

C2 QUEMA DE VEGETACION

D0 DESCONOCIDA

SUBDIRECCION DE TRANSMISION , TRANSFORMACION Y CONTROL
 COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION
 GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS

RELACION DE SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR FALLA PROPIA
 230 kV
 PERIODO ENERO - DICIEMBRE DEL 2000

No	CLAVE	LINEA	ATT	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B0	C0	C1	C2	D0	TOTAL	KMS	IFLT	No. EST.
99	93580	AGUASCAL. POT.-CRUZ AZUL	OC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	51.00	1.96	132
100	93800	HUINALA-CUCHILLO	NE	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	51.00	1.96	46
101	93190	TOPILEJO-E. ZAPATA	CE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	52.00	1.92	142
102	93260	MEZCALA-CARACOL	CE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	56.00	1.79	95
103	93530	TAPEIXTLES-COLIMA II	OC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	63.00	1.59	123
104	93720	OCOTLAN-ATEQUIZA	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	65.00	1.54	160
105	93030	TICUL II-KANASIN	PE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	67.00	1.49	185
106	93630	NUEVA ROSITA-NAVA	NE	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	69.00	1.45	123
107	93160	SALAMANCA-LEON I	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	78.15	1.28	202
108	93460	VERACRUZ II-AMATLAN II	OR	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	80.00	1.25	221
109	93110	FCO. VILLA-AVALOS	NT	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	80.00	1.25	212
110	93910	CARAPAN-MORELIA POTENCIA	OC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	85.00	1.18	206
111	93060	ZIMAPAN-DAÑU	CE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	85.00	1.18	203
112	93940	CARAPAN-MORELIA POTENCIA	OC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	87.00	1.15	200
113	93620	MOCHIS II-GUAMUCHIL II	NO	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	94.00	1.06	235
114	93150	SE TIJUANA I-SE RUMOROSA	BC	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	103.00	0.97	268
115	93920	SN LUIS POTOSI II-CHARCAS	OC	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	104.00	0.96	295
116	93730	GUAMUCHIL II-CULIACAN III	NO	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	104.00	0.96	276
117	93360	TEMASCAL II-VERACRUZ II	OR	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	106.00	0.94	236
118	93140	CANANEA-SANTA ANA	NO	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	107.80	0.93	304
119	93120	CANANEA-SANTA ANA	NO	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	107.90	0.93	293
120	93950	TEPIC II-VALLARTA POTENCIA	OC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	108.00	0.93	252
121	93540	PUEBLO NVO.-HUITES	NO	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	108.50	0.92	277
122	93180	SANTA ANA-IND. CABORCA	NO	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	109.20	0.92	304
123	93260	TEMASCAL II-JARDIN	OR	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	110.00	0.91	260
124	93160	CAMARGO II-SANTIAGO II	NT	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	120.19	0.83	320
125	93440	PTA. GUAYMAS II-OBREGON III	NO	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	120.86	0.83	325
126	93630	PUEBLO NVO.-MOCHIS II	NO	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	132.50	0.75	351
127	93610	PUEBLO NVO.-MOCHIS II	NO	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	132.60	0.75	330
128	93340	SN LUIS POTOSI I-AGS. ORIENTE	OC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	148.00	0.68	358
129	93230	CHIHUAHUA NTE-MOCTEZUMA	NT	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	165.55	0.60	419
130	93070	PTO. LIBERTAD-SANTA ANA	NO	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	171.61	0.58	487
131	93220	FCO. VILLA-HERCULES	NT	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	174.40	0.57	411
132	93880	HUINALA-AEROPUERTO	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	196.00	0.51	492
133	93090	LERDO-DURANGO II	NT	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	201.17	0.50	473
134	93040	GOMEZ PALACIO-CAMARGO II	NT	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	295.32	0.34	641
135	93040	ESCARCEGA-TICUL	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	268.00	0.00	714
136	93020	ESCARCEGA-TICUL	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	268.00	0.00	714
137	93601	DURANGO SUR-CALERA	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	249.00	0.00	730
138	93050	ANDALUCIA-SALTILLO	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	235.89	0.00	592
139	93830	CULIACAN POT.-MAZATLAN II	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	220.00	0.00	496
140	93850	EL HABAL-CULIACAN POT	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	210.00	0.00	467
141	93330	PTO. LIBERTAD-HERMOSILLO IV	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200.00	0.00	582
142	93870	ENTQ EL HABAL-MAZAT II-CULIACAN	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200.00	0.00	486
143	93240	CHIHUAHUA NTE-MOCTEZUMA	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170.34	0.00	428
144	93530	ARROYO DEL COYOTE-RIO ESCOND.	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170.00	0.00	488
145	93520	CD INDUSTRIAL-RIO ESCONDIDO	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	161.00	0.00	425
146	93010	ESCOBEDO-MONCLOVA	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160.80	0.00	410
147	93110	SANTA ANA-HERMOSILLO III	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	156.00	0.00	390

A0 ESTRUCTURAS	A1 HERRAJES	A2 AISLADORES	A3 CONDUCTOR
A4 HILO DE GUARDA	A5 BRECHA	A6 CONTAMINACION	B0 DESCARGAS ATMOSFERICAS
C0 VIENTOS FUERTES	C1 QUEMA DE CAÑA	C2 QUEMA DE VEGETACION	D0 DESCONOCIDA

SUBDIRECCION DE TRANSMISION , TRANSFORMACION Y CONTROL
 COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION...
 GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS

RELACION DE SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR FALLA PROPIA
 230 kV
 PERIODO ENERO - DICIEMBRE DEL 2000

No	CLAVE	LINEA	ATT	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B0	C0	C1	C2	D0	TOTAL	KMS	IFLT	No EST
148	93100	TICUL-VALLADOLID AISL. EN 400 KV	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151.00	0.00	349
149	93140	AGUASCALIENTES POT-V. DE REYES	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143.00	0.00	385
150	93190	MOCTEZUMA-SAMALAYUCA	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129.14	0.00	327
151	93290	MOCTEZUMA-SAMALAYUCA	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129.00	0.00	328
152	93430	HERMOSILLO V-PTA. GUAYMAS II	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128.66	0.00	145
153	93630	VALLE DE MEXICO-ZOCAC	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128.00	0.00	287
154	93420	JALACINGO-ZOCAC	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	123.00	0.00	266
155	93020	MAZATEPEC-ZOCAC	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120.00	0.00	245
156	93420	PTA. GUAYMAS II - OBREGON III	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	119.40	0.00	304
157	93360	EL ENCINO-CUAUHTEMOC II	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	118.50	0.00	279
158	93220	CARAPAN-ABASOLO II	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110.00	0.00	273
159	93230	CANANEA-NACUZARI	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102.60	0.00	277
160	93080	SEIS DE ABRIL-PTO. LIBERTAD	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100.00	0.00	313
161	93090	SEIS DE ABRIL-PTO. LIBERTAD	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100.00	0.00	313
162	93090	TECALI-YACAPIXTLA	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100.00	0.00	248
163	93130	SN LUIS DE LA PAZ-VILLA REYES	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99.00	0.00	241
164	93520	ACATLAN-CD. GUZMAN	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98.00	0.00	264
165	93620	TEXCOCO-ZOCAC	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92.00	0.00	235
166	93050	JALACINGO-POZA RICA II	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90.00	0.00	90
167	93140	C.T. PDTE. JUAREZ-CIPRES	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90.00	0.00	200
168	93050	ZIMAPAN-DAÑU	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85.00	0.00	203
169	93210	FCO. VILLA-AVALOS	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80.50	0.00	211
170	93550	OBREGON III-PUEBLO NUEVO	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80.00	0.00	193
171	93190	SALAMANCA-ABASOLO II	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79.00	0.00	208
172	93880	ZACATECAS II-CRUZ AZUL	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75.00	0.00	190
173	93510	OBREGON IV-PUEBLO NUEVO	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68.35	0.00	183
174	93030	NUEVA ROSITA-NAVA	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68.30	0.00	180
175	93530	OBREGON IV-PUEBLO NUEVO	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68.00	0.00	183
176	93100	CAMARGO II-FCO. VILLA	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67.80	0.00	154
177	93200	CAMARGO II-FCO. VILLA	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67.18	0.00	180
178	93030	MAZATEPEC-POZA RICA II	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67.15	0.00	160
179	93040	VILLA DE GARCIA-SALTILLO	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62.90	0.00	221
180	93450	IRAPUATO II-LEON	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61.15	0.00	158
181	93410	LEON-IRAPUATO II	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58.89	0.00	145
182	93120	TEXCOCO-TIZAYUCA	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58.00	0.00	85
183	93040	DAÑU-SAUZ	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57.00	0.00	100
184	93660	VILLA REYES-SN LUIS POTOSI II	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55.00	0.00	148
185	93380	EL ENCINO-CHIHUAHUA NTE	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54.27	0.00	127
186	93140	VILLA DE GARCIA-CEDROS	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52.00	0.00	135
187	93240	CERRO PRIETO II-S.E. ROSITA	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50.79	0.00	175
188	93540	JALACINGO-EL CASTILLO	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50.00	0.00	137
189	93300	TOPILEJO-CEM. MOCTEZUMA	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50.00	0.00	135
190	93010	PUEBLA II-ZOCAC	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49.00	0.00	132
191	93010	IND. CABORCA-SEIS DE ABRIL	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48.70	0.00	128
192	93270	SAMALAYUCA-VALLE DE JUAREZ	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47.29	0.00	124
193	93840	RIO BRAVO-MATAMOROS POT	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45.30	0.00	145
194	93830	GUADALAJARA I-GUADALAJARA II	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43.00	0.00	116
195	93130	TECALI-PUEBLA II	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42.00	0.00	106
196	93340	HERMOSILLO IV-HERMOSILLO V	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41.00	0.00	88

A0 ESTRUCTURAS	A1 HERRAJES	A2 AISLADORES	A3 CONDUCTOR
A4 HILO DE GUARDA	A5 BRECHA	A6 CONTAMINACION	B0 DESCARGAS ATMOSFERICAS
C0 VIENTOS FUERTES	C1 QUEMA DE CAÑA	C2 QUEMA DE VEGETACION	D0 DESCONOCIDA

SUBDIRECCION DE TRANSMISION , TRANSFORMACION Y CONTROL
COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION
GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS

TABLA No VIII

RELACION DE SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR FALLA PROPIA
230 kV
PERIODO ENERO - DICIEMBRE DEL 2000

No	CLAVE	LINEA	ATT	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B0	C0	C1	C2	D0	TOTAL	KMS	IFLT	No EST.
197	93621	QUERETARO-SAUZ	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41.00	0.00	100
198	93120	AVALOS-CHIHUAHUA NTE	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39.31	0.00	99
199	93640	VILLA REYES-SN LUIS POTOSI I	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39.00	0.00	98
200	93260	CERRO PRIETO III-AEROPUERTO II	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38.20	0.00	167
201	93100	VILLA DE GARCIA-APASCO	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37.60	0.00	108
202	93170	SALAMANCA-CELAYA II	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37.60	0.00	102
203	93650	VILLA REYES-LA PILA	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37.00	0.00	93
204	93004	ESTADIO-SAN BERNABE	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37.00	0.00	87
205	93930	MALPASO-PENITAS	SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36.90	0.00	85
206	93570	AGS POTENCIA-AGUASC I	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36.00	0.00	100
207	93900	KILOMETRO 20-MACUSPANA II	SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35.00	0.00	95
208	93850	KILOMETRO 20-MACUSPANA II	SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35.00	0.00	97
209	93650	TEMASCAL II-FABR. DE PAPEL	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35.00	0.00	105
210	93560	ZACATECAS II-CALERA	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35.00	0.00	101
211	93790	ATEQUIZA-ALAMOS	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.00	0.00	122
212	93230	ACATLAN-GUADALAJARA I	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.00	0.00	90
213	93360	ACATLAN-GUADALAJARA I	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.00	0.00	90
214	93630	VILLA DE REYES-SN LUIS POT. I	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.00	0.00	86
215	93650	LOS MOCHIS-LOS MOCHIS IND.	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32.80	0.00	99
216	93660	LOS MOCHIS IND.-LOS MOCHIS	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32.80	0.00	99
217	93380	SN LUIS POTOSI-LA PILA	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32.00	0.00	71
218	93070	HUINALA TAP HYN-ESCOBEDO	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32.00	0.00	93
219	93670	HUINALA-ESCOBEDO	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32.00	0.00	93
220	93030	HEROES CARRANZA-DAÑU	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31.50	0.00	76
221	93870	ENT VHNT- MACUSPANA II-KM20	SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31.00	0.00	79
222	93450	OBREGON III-OBREGON IV	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31.00	0.00	73
223	93470	OBREGON III-OBREGON IV	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.51	0.00	73
224	93150	TAMPICO-MINERA AUTLAN	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.00	0.00	73
225	93310	REFORMA-SAMALAYUCA	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.00	0.00	95
226	93080	TECNOLOGICO-HUINALA	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.00	0.00	82
227	93680	TOPOLOBAMPO-LOS MOCHIS IND	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29.70	0.00	75
228	93740	TORREON SUR-LERDO	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29.56	0.00	72
229	93730	TORREON SUR-LERDO	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29.56	0.00	72
230	93150	SAMALAYUCA-REFORMA	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29.22	0.00	89
231	93280	SAMALAYUCA-REFORMA	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29.22	0.00	89
232	93110	KANASIN-NORTE	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28.00	0.00	75
233	93120	KANASIN-NORTE	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28.00	0.00	75
234	93130	MERIDA III-NORTE	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28.00	0.00	81
235	93140	MERIDA III-NORTE	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28.00	0.00	81
236	93160	SE RMOROSA-SE ROSITA	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26.70	0.00	64
237	93320	SCHIZ. TAHUADA-TECNOLOGICO	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.29	0.00	83
238	93020	GOMEZ PALACIO-ANDALUCIA	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.13	0.00	68
239	93510	APASCO-TIZAYUCA	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.00	0.00	43
240	93020	SAUZ-LA MANGA	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.00	0.00	50
241	93170	ROSITA-CENTRO	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.00	0.00	108
242	93290	TULA-HEROES CARRANZA	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.50	0.00	58
243	93590	TESISTAN-ZAPOPAN	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.00	0.00	87
244	93001	SAN BERNABE-ATENCO	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.00	0.00	60
245	93370	APASCO-TULA	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.00	0.00	58

A0 ESTRUCTURAS

A1 HERRAJES

A2 AISLADORES

A3 CONDUCTOR

A4 HILO DE GUARDA

A5 BRECHA

A6 CONTAMINACION

B0 DESCARGAS ATMOSFERICAS

C0 VIENTOS FUERTES

C1 QUEMA DE CAÑA

C2 QUEMA DE VEGETACION

D0 DESCONOCIDA

**SUBDIRECCION DE TRANSMISION , TRANSFORMACION Y CONTROL
COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION
GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS**

TABLA No VIII

**RELACION DE SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR FALLA PROPIA
230 kV
PERIODO ENERO - DICIEMBRE DEL 2000**

No	CLAVE	LINEA	ATT	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B0	C0	C1	C2	D0	TOTAL	KMS	IFLT	No. EST.
246	93740	ATEQUIZA-GUADALAJARA OTE.	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23.00	0.00	60
247	93120	ESCOBEDO-VILLA DE GARCIA	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23.00	0.00	74
248	93011	CONIN-SAUZ	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23.00	0.00	58
249	93080	PUEBLA II-HYLSA	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23.00	0.00	50
250	93670	QUERETARO POT.-QUERETARO	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22.73	0.00	59
251	93330	PANAMERICANA-TIJUANA I	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22.67	0.00	55
252	93130	PDTE. JUAREZ-METROPOLI POT.	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22.10	0.00	53
253	93180	ALTAMIRA-TAMPICO	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22.00	0.00	60
254	93130	AVALOS-EL ENCINO	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22.00	0.00	62
255	93820	AEROPUERTO-RIO BRAVO	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22.00	0.00	73
256	93830	AEROPUERTO-RIO BRAVO	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22.00	0.00	73
257	93340	NOCHISTONGO-APAXCO	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21.60	0.00	55
258	93436	VILLITA-FERTIMEX	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21.00	0.00	70
259	93140	VALLE DE JUAREZ-REFORMA	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20.67	0.00	62
260	93390	TULA-NOCHISTONGO	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20.50	0.00	75
261	93680	QUERETARO POT.-QUERETARO	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20.28	0.00	51
262	93850	SN LUIS POT. I-IND. MINERA	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20.00	0.00	52
263	93140	TEXCOCO-VALLE DE MEXICO	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20.00	0.00	58
264	93331	TEXCOCO-VALLE DE MEXICO	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20.00	0.00	57
265	93210	EL QUEMADO-LOS AMATES	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20.00	0.00	50
266	93391	ZOCAC-ATLAX	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20.00	0.00	50
267	93510	TESISTAN-GUADALAJARA NTE	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19.00	0.00	53
268	93110	CEDROS-APASCO	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19.00	0.00	45
269	93540	A. DEL COYOTE-CD. INDUSTRIAL	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19.00	0.00	38
270	93700	CELAYA II-CELAYA III	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18.41	0.00	49
271	93300	HERMOSILLO III-HERMOSILLO V	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18.34	0.00	51
272	93410	VILLITA-SICARTSA	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18.00	0.00	46
273	93820	AGUASC. POT.-AGUASC. OTE	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18.00	0.00	46
274	93511	YACAPIXTLA-YAUTEPEC POT	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18.00	0.00	47
275	93271	LEON I-LEON IV	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18.00	0.00	69
276	93280	LEON I-LEON IV	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18.00	0.00	69
277	93800	GUADALAJARA OTE-ALAMOS	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.00	0.00	81
278	93235	LAZARO CARD. POT.- NKS	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.00	0.00	62
279	93245	LAZARO CARD POT - NKS	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.00	0.00	62
280	93270	SIDERURGICA-MEXICALI II	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16.91	0.00	63
281	93190	CERRO PRIETO III-SIDERURGICA	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16.30	0.00	52
282	93461	JASSO-NOCHISTONGO	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16.25	0.00	42
283	93660	SN NICOLAS-ESCOBEDO	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16.10	0.00	42
284	93750	ATEQUIZA-GUADALAJARA II	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16.00	0.00	53
285	93710	ANDALUCIA-TORREON SUR	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.85	0.00	46
286	93720	ANDALUCIA-TORREON SUR	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.85	0.00	46
287	93180	SE ROSITA-SE WISTERIA	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.08	0.00	39
288	93320	F. CARBON-MONCLOVA	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.00	0.00	34
289	93330	F. CARBON-MONCLOVA	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.00	0.00	34
290	93330	TECALI-CEM. MEXICANOS	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.80	0.00	37
291	93240	NACOZARI-FUNDICION	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.79	0.00	39
292	93800	MAZATLAN II-EL HABAL	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.60	0.00	36
293	93560	NAVA-RIO ESCONDIDO	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.00	0.00	43
294	93570	NAVA-RIO ESCONDIDO	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.00	0.00	43

A0 ESTRUCTURAS	A1 HERRAJES	A2 AISLADORES	A3 CONDUCTOR
A4 HILO DE GUARDA	A5 BRECHA	A6 CONTAMINACION	B0 DESCARGAS ATMOSFERICAS
C0 VIENTOS FUERTES	C1 QUEMA DE CAÑA	C2 QUEMA DE VEGETACION	D0 DESCONOCIDA

SUBDIRECCION DE TRANSMISION , TRANSFORMACION Y CONTROL
COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION
GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS

TABLA No VIII

RELACION DE SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR FALLA PROPIA
230 KV
PERIODO ENERO - DICIEMBRE DEL 2000

No	CLAVE	LINEA	ATT	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B0	C0	C1	C2	D0	TOTAL	KMS	IFLT	No EST.
295	93290	TECNOLOGICO-CETYS	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13.53	0.00	44
296	93720	CULIACAN III-CULIACAN POT.	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13.00	0.00	31
297	93640	CEDROS-SALTILLO	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.60	0.00	30
298	93860	AGUASCALIENTES I-AGUASC OTE	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.00	0.00	54
299	93700	CULIACAN POT.-CULIACAN III	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.00	0.00	33
300	93310	LEON I-LEON III	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.00	0.00	31
301	93400	NOCHISTONGO-JASSO	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.75	0.00	75
302	93250	ORIZABA-MEXICALI II	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.05	0.00	30
303	93750	VERACRUZ II-ALUMINIO II	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.00	0.00	30
304	93002	ATENCO-TOLUCA	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.00	0.00	29
305	93411	CONIN-FFCC 7	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.70	0.00	29
306	93340	TIJUANA I-METROPOLI POT.	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.90	0.00	22
307	93480	COLOMO-TAPEIXTLES	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.00	0.00	19
308	93071	TAP ESC HUI-HYLSA NORTE	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.00	0.00	32
309	93003	TOLUCA-ESTADIO	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.00	0.00	22
310	93200	EMILIANO ZAP.-CEM MOCTEZUMA	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.00	0.00	21
311	93380	ORIZABA-CENTRO	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.55	0.00	21
312	93007	ODON DE BUEN-AGUILAS	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.00	0.00	29
313	93161	ODON DE BUEN-TOPILEJO	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.00	0.00	21
314	93005	CUAJIMALPA-AGUILAS	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.00	0.00	17
315	93006	CUAJIMALPA-CONTRERAS	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.00	0.00	17
316	23050	SE ROSITA-FRONTERA E U.A.	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.50	0.00	23
317	93210	MEXICALI II-SCHEZ TABOADA	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.24	0.00	21
318	93360	SE MEXICALI II-SE WISTERIA	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.22	0.00	16
319	93392	EL SAUZ-LA MANSION-FFCC 6	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.42	0.00	12
320	93230	CETYS-AEROPUERTO	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.24	0.00	56
321	93490	MANZANILLO-COLOMO	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.00	0.00	19
322	23040	SE TIJUANA I-FRONTERA E.U.A.	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.00	0.00	13
323	93160	CANANEA-MINERA DE CANANEA	NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.80	0.00	6
324	93980	VERACRUZ II-TAMSA II	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.00	0.00	11
325	93990	VERACRUZ II-TAMSA II	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.00	0.00	11
326	93800	CELAYA-DEACERO	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.00	0.00	24
327	93100	GUADAL. NTE-AGUA PRIETA	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.00	0.00	10
328	93200	GUADAL. NTE-AGUA PRIETA	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.00	0.00	10
329	93220	CERRO P. II-CERRO P III	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.74	0.00	10
330	93900	SN LUIS POT I-ACEROS MEXICO	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.00	0.00	24
331	93501	CELAYA-CYBASA	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.00	0.00	16
332	93370	SCHEZ. TABOADA-SE PART DAEWO	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.00	0.00	22
333	93350	METROPOLI-SAMSUMG	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.60	0.00	7
334	93351	NOCHISTONGO-EL SALTO FFCC	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.50	0.00	14
335	93760	JARDIN-ALUMINIO II	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.00	3
336	93770	JARDIN-ALUMINIO II	OR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.00	3
337	93390	ORIZABA-MITSUBISHI	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.00	7

TOTAL SALIDAS EN 230 KV

1 2 6 4 1 64 39 139 19 7 16 4 302 21,598.41 1.40

A0 ESTRUCTURAS

A1 HERRAJES

A2 AISLADORES

A3 CONDUCTOR

A4 HILO DE GUARDA

A5 BRECHA

A6 CONTAMINACION

B0 DESCARGAS ATMOSFERICAS

C0 VIENTOS FUERTES

C1 QUEMA DE CANA

C2 QUEMA DE VEGETACION

D0 DESCONOCIDA

SUBDIRECCION DE TRANSMISION , TRANSFORMACION Y CONTROL
COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION
GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS

TABLA No IX

RELACION DE SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR FALLA PROPIA
161 - 115 kV
PERIODO ENERO - DICIEMBRE DEL 2000

No	CLAVE	LINEA	ATT	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B0	C0	C1	C2	D0	TOTAL	KMS	IFLT	No EST
1	83230	CARAPAN-CUPATITZIO	OC	0	0	0	0	2	3	0	6	0	0	0	0	11	68.00	16.18	184
2	83220	CARAPAN-URUAPAN III	OC	0	0	0	0	1	0	0	9	0	0	0	0	10	58.00	17.24	158
3	73230	POLYUC-XUL HA	PE	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10	152.00	6.58	445
4	73010	LERMA-MERIDA II	PE	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	9	174.00	5.17	454
5	73060	SUR-TICUL II	PE	0	0	0	1	0	0	0	7	0	0	0	0	8	62.00	12.90	229
6	73480	VALLADOLID-NIZUC	PE	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	164.00	4.88	461
7	73450	KOPTE-TIZIMIN	PE	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	2	0	7	119.00	5.88	309
8	73030	LERMA-MAXCANU	PE	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	1	7	132.00	5.30	316
9	73460	TIZIMIN-CANCUN	PE	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	7	147.00	4.76	480
10	73110	LERMA-CHAMPOTON	PE	0	0	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0	5	57.00	8.77	146
11	73120	CHAMPOTON-ESCARCEGA	PE	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	2	0	5	82.00	6.10	329
12	73830	VALLADOLID-P. DEL CARMEN	PE	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	166.00	3.01	509
13	73810	VILLITA-LAZ. CARDENAS POT.	OC	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	4	11.00	36.36	28
14	73760	TEPIC II-SERV. AGUAMILPA	OC	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	4	35.00	11.43	116
15	73500	NACHICOCOM-IZAMAL	PE	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	61.00	6.56	180
16	73070	LERMA-TICUL II	PE	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	139.00	2.88	367
17	73940	MALPASO-CHICOASEN	SE	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	73.50	4.08	137
18	73130	CHAMPOTON-SABANCUY	PE	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	3	80.00	3.75	224
19	73490	VALLADOLID-IZAMAL	PE	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	83.00	3.61	266
20	73140	LERMA-CHAMPOTON	PE	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	3	97.00	3.09	283
21	73741	CONEJOS-JUCHITAN II	SE	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	157.20	1.91	430
22	73550	SUR-KANASIN	PE	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	12.00	16.67	30
23	73350	NACHICOCOM-NORTE	PE	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	13.00	15.38	42
24	73360	NACHICOCOM-NORTE	PE	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	15.00	13.33	79
25	73140	STGO.-SN JOSE DEL CABO	BC	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	49.20	4.07	177
26	73130	EL TRIUNFO-SANTIAGO	BC	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	69.00	2.90	197
27	73210	TICUL II-KAMBUL	PE	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	92.00	2.17	241
28	73270	INSURGENTES-CHETUMAL	PE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	5.00	20.00	1
29	73330	NORTE-PONIENTE	PE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	9.00	11.11	41
30	73870	KANASIN-NACHICOCOM	PE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	12.00	8.33	44
31	73560	SUR-KANASIN	PE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	12.00	8.33	30
32	83210	CUPATITZIO-URUAPAN III	OC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	13.00	7.69	38
33	73220	SN JOSE DEL CABO-CABO REAL	BC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	14.00	7.14	51
34	83260	CUPATITZIO-COBANO	OC	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	16.00	6.25	43
35	73280	CABO REAL-CABO BELLO	BC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	16.00	6.25	62
36	73150	PUNTA PRIETA II-LA PAZ	BC	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	18.50	5.41	85
37	73260	XUL HA-CHETUMAL	PE	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	20.00	5.00	63
38	73250	INSURGENTES-STO. DOMINGO	BC	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	26.80	3.73	83
39	73190	VILLA CONST -INSURGENTES	BC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	26.83	3.73	67
40	83180	GUADALAJARA II-SIDERURGICA	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	28.00	3.57	79
41	73230	KILOMETRO 20-MACUSPANA II	SE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	35.00	2.86	93
42	73350	NOCHISTONGO-PEMEX	CE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	37.00	2.70	48
43	73440	NORTE-KOPTE	PE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	47.00	2.13	116
44	73320	PTA. PRIETA II-EL TRIUNFO	BC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	64.00	1.56	174
45	73230	PTA. PRIETA II-EL TRIUNFO	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	64.80	1.54	134
46	73240	INSURGENTES-LORETO	BC	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	111.06	0.90	342
47	73170	PTA. PRIETA II-VILLA CONST.	BC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	223.00	0.45	584
48	73180	PTA. PRIETA II-V. CONSTITUCION	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226.90	0.00	674
49	73150	ESCARCEGA-SABANCUY	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98.00	0.00	215
50	73910	NIZUC-PLAYA DEL CARMEN	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62.00	0.00	157

A0 ESTRUCTURAS

A1 HERRAJES

A2 AISLADORES

A3 CONDUCTOR

A4 HILO DE GUARDA

A5 BRECHA

A6 CONTAMINACION

B0 DESCARGAS ATMOSFERICAS

C0 VIENTOS FUERTES

C1 QUEMA DE CAÑA

C2 QUEMA DE VEGETACION

D0 DESCONOCIDA

SUBDIRECCION DE TRANSMISION , TRANSFORMACION Y CONTROL
COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION
GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS

TABLA No. IX

RELACION DE SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR FALLA PROPIA
161 - 115 KV
PERIODO ENERO - DICIEMBRE DEL 2000

No	CLAVE	LINEA	ATT	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B0	C0	C1	C2	D0	TOTAL	KMS	IFLT	No. EST
51	73780	NIZUC-PLAYA DEL CARMEN	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62.00	0.00	167
52	83150	MEXICALI II-RUIZ CORTINEZ	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60.60	0.00	300
53	73820	TIZIMIN-VALLADOLID	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56.00	0.00	168
54	73050	SUR-MAXCANU	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55.00	0.00	139
55	73210	V. CONSTITUCION-STO. DOMINGO	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53.63	0.00	150
56	73270	V. CONSTITUCION-SAN CARLOS	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53.00	0.00	159
57	73260	V. CONSTITUCION-SAN CARLOS	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53.00	0.00	159
58	73100	TICUL II-MAXCANU	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50.00	0.00	130
59	83280	URUAPAN III-APATZINGAN	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46.00	0.00	107
60	73220	KAMBUL-POLYUC	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45.00	0.00	125
61	83270	COBANO-APATZINGAN	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44.00	0.00	110
62	83220	CHAPULTEPEC-HIDALGO	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43.26	0.00	130
63	73171	PTA. PRIETA II-DERIV. ROFOMEX	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32.20	0.00	114
64	83120	C. PRIETO I-MEXICALI II	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31.00	0.00	95
65	83110	C. PRIETO I-MEXICALI II	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31.00	0.00	95
66	73160	PTA PRIETA II-BLEDALES	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27.00	0.00	91
67	83170	C. PRIETO I-CHAPULTEPEC	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26.70	0.00	88
68	73250	XUL HA-INSURGENTES	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16.00	0.00	42
69	73330	CABO GAS-CABO SAN LUCAS II	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.00	0.00	130
70	73800	NIZUC-BONAMPAK	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13.00	0.00	38
71	73470	CANCUN-NIZUC	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13.00	0.00	36
72	73380	NACHICOCOM-KANASIN POT.	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.00	0.00	43
73	73400	MERIDA-SUR	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.00	0.00	39
74	73390	MERIDA-SUR	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.00	0.00	40
75	73810	VALLADOLID-VALLADOLID DIST	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.00	0.00	25
76	73120	LA PAZ-BLEDALES	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.00	0.00	36
77	73370	NACHICOCOM-SUR	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.00	0.00	32
78	73340	NORTE-PONIENTE	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.00	0.00	25
79	73290	CABO BELLO-CABO SAN LUCAS II	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.71	0.00	25
80	83140	MEXICALI II-CETYS	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.44	0.00	80
81	73320	MERIDA-PONIENTE	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.00	0.00	25
82	73310	MERIDA-PONIENTE	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.00	0.00	25
83	83160	RUIZ CORTINEZ-HIDALGO	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.80	0.00	52
84	83210	RIO NUEVO-NACAZARI	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.50	0.00	76
85	83190	CETYS-NACAZARI	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.40	0.00	76
86	73280	XUL HA-BUENAVISTA	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.00	0.00	17
87	73720	SAN JERONIMO-VALLE	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.00	0.00	1
88	83230	CERRO PRIETO I-CERRO PRIETO IV	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.00	0.00	25
89	83130	MEXICALI II-CENTRO	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.50	0.00	50
90	73730	SAN JERONIMO-RIO	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.07	0.00	1
91	73080	TECNOLOGICO-LADRILLERA	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.00	0.00	40
92	73710	PLAZA-VALLE	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.40	0.00	24
93	83180	CENTRO-RIO NUEVO	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.50	0.00	42
94	73740	PLAZA-RIO	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.40	0.00	29
95	73770	AGUAMILPA-SERV AGUAMILPA	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.00	0.00	8
96	73110	PTA PRIETA I-PTA PRIETA II	BC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.40	0.00	2

TOTAL SALIDAS EN 161-115 KV

0 0 0 3 6 6 4 127 1 1 4 3 155 4,548.30 3.41

A0 ESTRUCTURAS

A1 HERRAJES

A2 AISLADORES

A3 CONDUCTOR

A4 HILO DE GUARDA

A5 BRECHA

A6 CONTAMINACION

B0 DESCARGAS ATMOSFERICAS

C0 VIENTOS FUERTES

C1 QUEMA DE CAÑA

C2 QUEMA DE VEGETACION

D0 DESCONOCIDA



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
SUBDIRECCION DE TRANSMISION, TRANSFORMACION Y CONTROL
COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION
GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS

TABLA No. X

RESUMEN DE KILOMETROS DE LINEAS DE TRANSMISION
POR ENTIDAD FEDERATIVA

2000

ENTIDAD FEDERATIVA	TENSION				TOTAL
	400 kV	230 kV	161 kV	115 kV	
AGUASCALIENTES	29.00	288.00			317.00
BAJA CALIFORNIA NTE.		704.03	226.10		930.13
BAJA CALIFORNIA SUR				1,161.03	1,161.03
CAMPECHE		948.25			948.25
CHIHUAHUA	214.00	2,279.17			2,493.17
CHIAPAS	765.50	337.89			1,103.39
COAHUILA	1,450.18	1,014.98			2,465.16
COLIMA	215.00	174.00			389.00
DISTRITO FEDERAL	9.00	47.80			56.80
DURANGO		966.79			966.79
ESTADO DE MEXICO	789.50	556.40			1,345.90
GUERRERO	293.00	798.55			1,091.55
GUANAJUATO	304.00	692.68			996.68
HIDALGO	289.00	260.36			549.36
JALISCO	1,015.00	968.00	28.00		2,011.00
MICHOACAN	925.00	412.00	245.00		1,582.00
MORELOS	12.00	237.00			249.00
NAYARIT	572.00	188.00			760.00
NUEVO LEON	723.83	464.40			1,188.23
OAXACA	401.00	335.05			736.05
PUEBLA	1,179.00	381.15			1,560.15
QUINTANA ROO		386.00			386.00
QUERETARO	166.50	265.11			431.61
SINALOA	126.00	1,725.36			1,851.36
SAN LUIS POTOSI	60.00	657.40			717.40
SONORA		2,951.63	8.60		2,960.23
TABASCO	34.00	420.57			454.57
TAMAULIPAS	975.10	636.60			1,611.70
TLAXCALA	168.00	251.00			419.00
VERACRUZ	2,428.50	986.45			3,414.95
YUCATAN		923.00			923.00
ZACATECAS	21.00	340.00			361.00
TOTAL	13,165.11	21,597.62	507.70	1,161.03	36,431.46

Nota: En el informe de kilometros de líneas por Entidad Federativa de 1999, se reportaron 1,161.03 km del estado de Baja California Sur del ATT Baja California.

En reunión de fecha 17 de mayo de 2000 con la Gerencia de Distribución, se acordó que a partir de dicha fecha la Subdirección de Distribución reportará los kilometros de líneas en 115 KV de Baja California Sur, por ser considerado este voltaje de subtransmisión.



COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION
GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS

TABLA No. XI

RESUMEN DE KILOMETROS DE LINEAS DE TRANSMISION
POR REGION, ENTIDAD FEDERATIVA Y TENSION
2000

AREA DE TRANSMISION	ENTIDAD FEDERATIVA	TENSION				TOTAL
		400 kV	230 kV	161 kV	115 kV	
BAJA CALIFORNIA	BAJA CALIFORNIA		704.03	226.1		930.13
	BAJA CALIFORNIA SUR				1,161.03	1,161.03
	SONORA			8.60		8.60
	TOTAL		704.03	234.70	1,161.03	2,099.76
NOROESTE	DURANGO		130.00			130.00
	NAYARIT	126.00				126.00
	SINALOA	126.00	1,632.80			1,758.80
	SONORA		2,951.63			2,951.63
	TOTAL	252.00	4,714.43			4,966.43
NORTE	CHIHUAHUA	214.00	2,279.17			2,493.17
	COAHUILA	301.00	348.28			649.28
	DURANGO		724.79			724.79
	SINALOA		92.56			92.56
	ZACATECAS					
	TOTAL	515.00	3,444.80			3,959.80
NORESTE	COAHUILA	1,149.18	666.70			1,815.88
	NUEVO LEON	723.83	464.40			1,188.23
	TAMAULIPAS	870.10	553.60			1,423.70
	TOTAL	2,743.11	1,684.70			4,427.81
OCCIDENTE	AGUASCALIENTES	29.00	288.00			317.00
	COLIMA	215.00	174.00			389.00
	DURANGO		112.00			112.00
	ESTADO DE MEXICO	166.00				166.00
	GUERRERO	252.00	160.00			412.00
	GUANAJUATO	152.00	211.00			363.00
	JALISCO	1,015.00	968.00	28.00		2,011.00
	MICHOACAN	816.00	412.00	245.00		1,473.00
	NAYARIT	446.00	188.00			634.00
	SAN LUIS POTOSI		657.40			657.40
	ZACATECAS	21.00	340.00			361.00
TOTAL	3,112.00	3,510.40	273.00		6,895.40	
CENTRAL	DISTRITO FEDERAL	9.00	47.80			56.80
	ESTADO DE MEXICO	569.50	556.40			1,125.90
	GUERRERO	41.00	638.55			679.55
	GUANAJUATO	152.00	481.68			633.68
	HIDALGO	289.00	260.36			549.36
	MICHOACAN	109.00				109.00
	MORELOS	12.00	237.00			249.00
	PUEBLA	349.00	166.00			515.00
	QUERETARO	166.50	265.11			431.61
	TLAXCALA		155.00			155.00
	VERACRUZ	5.50				5.50
	TOTAL	1,702.50	2,807.90			4,510.40



COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION
GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS

TABLA No. XI

RESUMEN DE KILOMETROS DE LINEAS DE TRANSMISION
POR REGION, ENTIDAD FEDERATIVA Y TENSION

2000

AREA DE TRANSMISION	ENTIDAD FEDERATIVA	TENSION				TOTAL
		400 kV	230 kV	161 kV	115 kV	
ORIENTE	ESTADO DE MEXICO	54.00				54.00
	OAXACA	401.00	74.00			475.00
	PUEBLA	830.00	215.15			1,045.15
	SAN LUIS POTOSI	60.00				60.00
	TAMAULIPAS	105.00	83.00			188.00
	TLAXCALA	168.00	96.00			264.00
	VERACRUZ	1,782.00	938.00			2,720.00
	TOTAL	3,400.00	1,406.15			4,806.15
SURESTE	CAMPECHE		294.25			294.25
	CHIAPAS	765.50	337.89			1,103.39
	OAXACA		261.05			261.05
	TABASCO	34.00	420.57			454.57
	VERACRUZ	641.00	48.45			689.45
	TOTAL	1,440.50	1,362.21			2,802.71
PENINSULAR	CAMPECHE		654.00			654.00
	QUINTANA ROO		386.00			386.00
	YUCATAN		923.00			923.00
	TOTAL		1,963.00			1,963.00
TOTAL		13,165.11	21,597.62	507.70	1,161.03	36,431.46

SUBDIRECCION DE TRANSMISION, TRANSFORMACION Y CONTROL
 COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION
 GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS

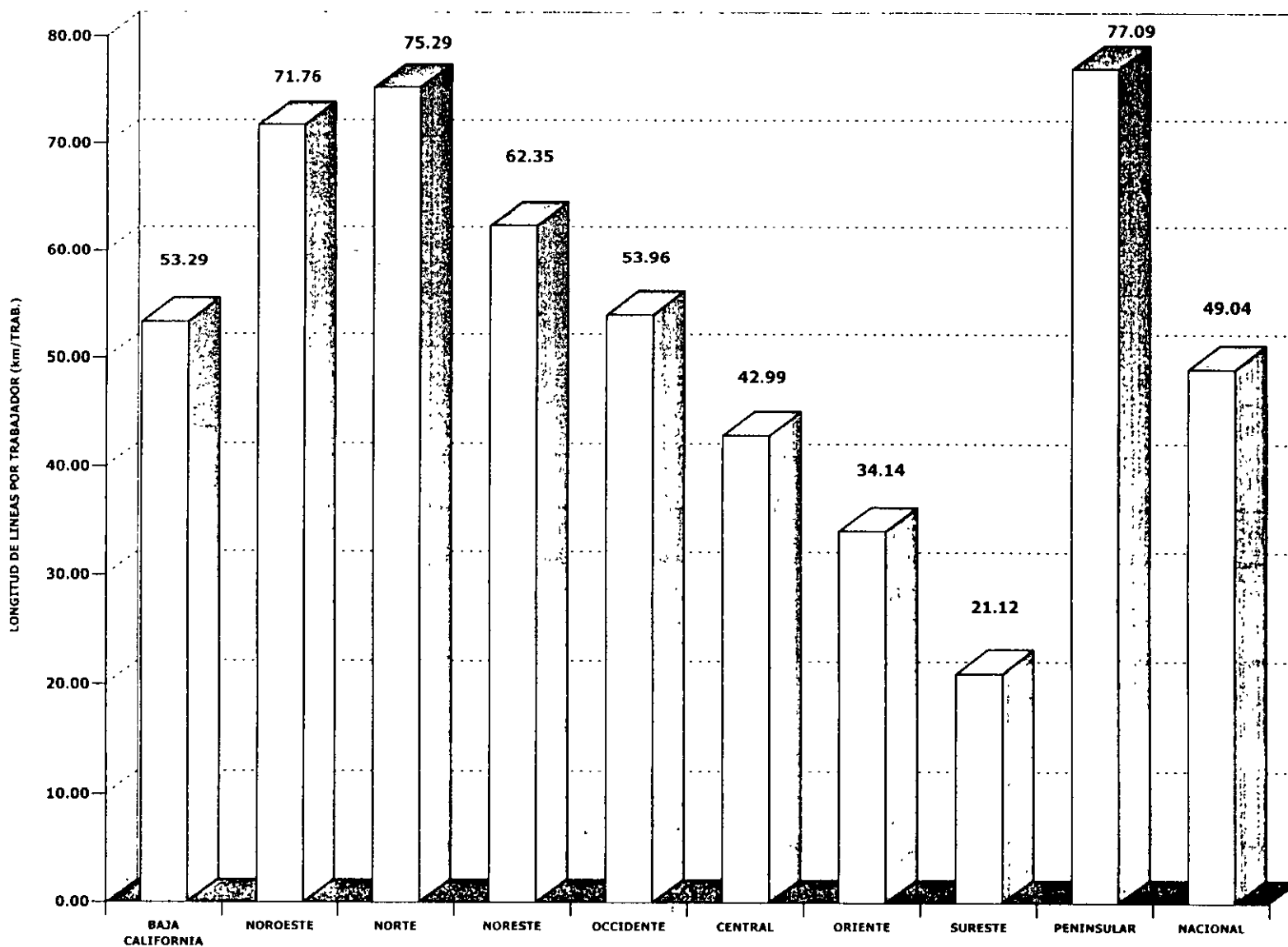
TABLA No. XII

LINEAS DE TRANSMISION
 OBJETIVOS PARA EL AÑO 2 0 0 1

AREA DE TRANSMISION	100 KV			230 KV		
	SALIDAS	Km'S	INDICE	SALIDAS	Km'S	INDICE
B. CALIFORNIA	---	---	---	8	808	1.00
NOROCCIDENTAL	2	252	0.79	50	1,714	1.06
NORTE	4	515	0.78	25	3,866	0.70
NORIENTAL	18	2,713	0.66	13	1,694	0.77
OCIDENTAL	49	3,202	1.53	57	3,610	1.57
CENTRAL	26	1,754	1.48	47	2,948	1.60
ORIENTAL	38	3,400	1.12	22	1,659	1.51
SURESTE	21	1,444	1.46	27	1,946	1.39
PENINSULAR	---	---	---	22	1,963	1.12
NACIONAL	158	13,307	1.19	271	22,735	1.19

INDICE: LONGITUD DE LINEAS POR TRABAJADOR 2000

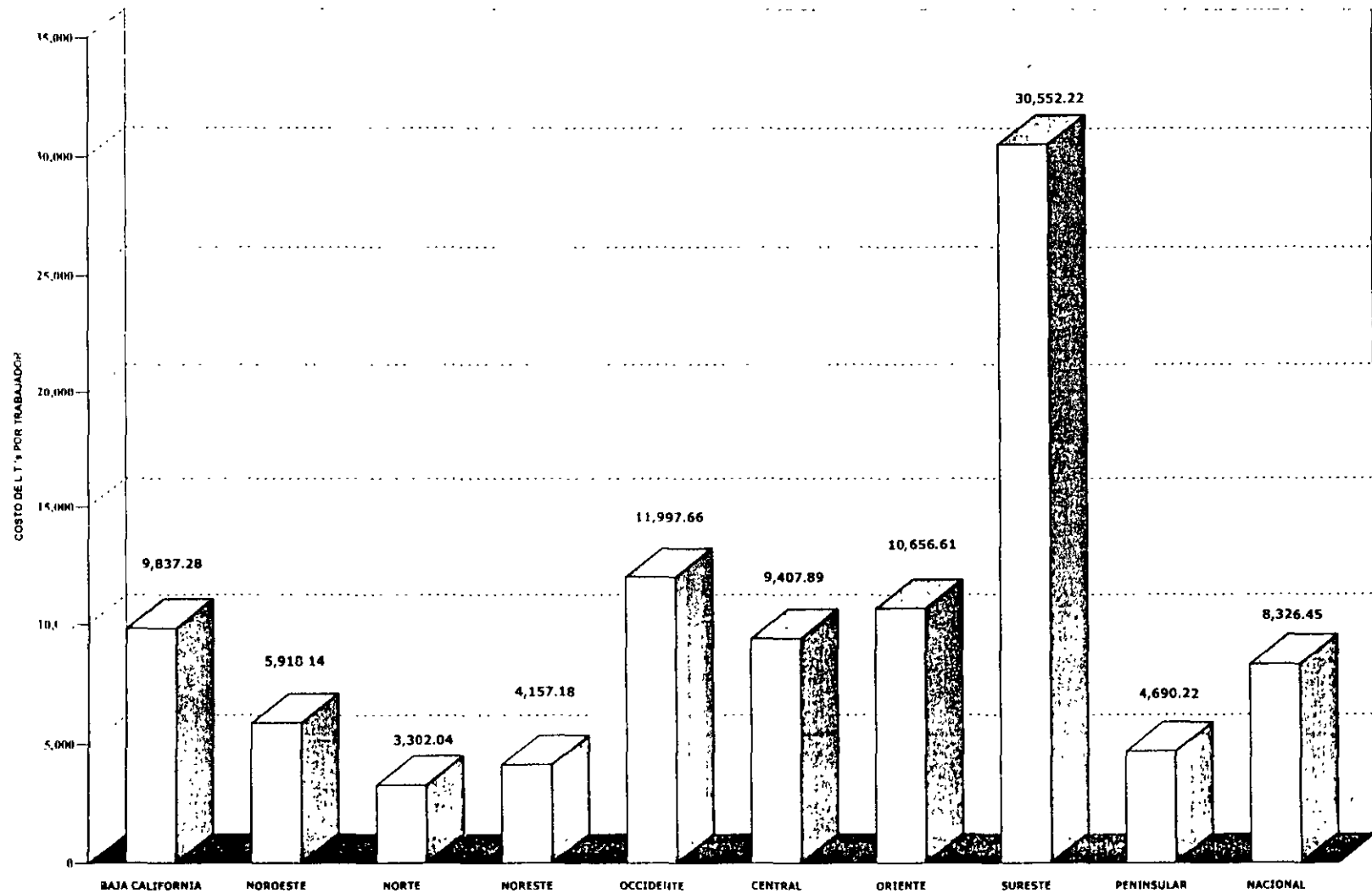
INDICE	UNIDAD	B CALIFORNIA	NOROESTE	NORTE	NORESTE	OCCIDENTE	CENTRAL	ORIENTE	SURESTE	PENINSULAR	NACIONAL
K.M. L.T. ATENDIDOS TOTALES	KM	2,099.76	4,802.61	3,873.04	4,589.09	6,910.00	4,937.60	4,763.30	2,730.00	4,769.00	39,474.40
TOTAL TRABAJADORES L.T.'s	H.P.	39	67	51	74	128	115	140	129	62	805
LONGITUD LINEAS x TRABAJADOR	KM/TRAB	53.29	71.76	75.29	62.35	53.96	42.99	34.14	21.12	77.09	49.04



INDICE: COSTO DE LINEAS 2000

GRAFICA No 8

INDICE	UNIDAD	B. CALIFORNIA	NOROESTE	NORTE	NORESTE	OCCIDENTE	CENTRAL	ORIENTE	SURESTE	PENINSULAR	NACIONAL
GASTO DE EXPLOTACION	\$	\$ 20,655,937	\$ 28,422,502	\$ 12,788,914	\$ 19,077,669	\$ 82,903,854	\$ 46,452,416	\$ 50,760,636	\$ 81,407,662	\$ 22,367,652	\$ 328,681,804.00
K.M. s DE L.T.'s ATILINDADOS	KM	2,099.76	4,802.61	3,873.04	4,589.09	6,910.00	4,937.60	4,763.30	2,730.00	4,769.00	39,474.40
COSTO DE LINEAS	\$/KM	9,837.28	5,918.14	3,302.04	4,157.18	11,997.66	9,407.89	10,656.61	30,552.22	4,690.22	8,326.45



**RESUMEN HISTORICO DE FENOMENOS
METEOROLOGICOS QUE HAN AFECTADO A LAS
LINEAS DE TRANSMISION**

FECHA	FENOMENO METEREOLÓGICO	INSTALACIONES AFECTADAS	COSTO APROX. MILES PESOS	OBSERVACIONES
751010	Huracán Olivia	L.T. 230 kV Mazatlán II- Culiacán II 60 estructuras caídas.	28,000	Se restableció 760130
761001	Huracán Lisa	L.T. 115 kV Mochis- Topolobampo 15 estructuras caídas.	7,000	Se restableció 761215
811006	Huracán Lidia	L.T. 230 kV Mochis I- Mochis II (Circ 1). 8 estructuras caídas	4,000	Se restableció 811110
		L.T. 230 kV Mochis I- Mochis II (Circ 2) 6 estructuras caídas.	3,000	Se restableció Mar-82
811012	Huracán Norma	L.T. 230 kV Mazatlán II- Culiacán III (Circ 1) 40 estructuras caídas	20,000	Se restableció 811110
		L.T. 230 kV Mazatlán II- Culiacán III 48 estructuras caídas.	24,000	Se restableció 811116
820929	Huracán Paul	L.T. 230 kV Mochis I-Mochis II 65 estructuras caídas	32,000	Se restableció 821112
		L.T. 115 kV Mochis I- Topolobampo. 22 estructuras caídas.	11,000	Se restableció 861126
		L.T. 115 kV Mochis I- Guasave. 22 estructuras caídas.	11,000	Se restableció 821004
		L.T. 115 kV El Fuerte- Mochis II. 14 estructuras caídas.	7,000	Se restableció 821013
		L.T. 230 Kv Mochis II- Culiacán III 3 estructuras caídas	1,500	Se restableció 821022

TABLA No. XIII

**RESUMEN HISTORICO DE FENOMENOS
METEOROLOGICOS QUE HAN AFECTADO A LAS
LINEAS DE TRANSMISION**

FECHA	FENÓMENO METEOROLOGICO	INSTALACIONES AFECTADAS	COSTO APROX. MILES PESOS	OBSERVACIONES
831019	Huracán Tiko	L.T. 230 kV Mazatlán II-Culiacán III (Cir 1) 67 Estructuras caídas	33,000	Se restableció 831223
		L.T. 230 kV Mazatlán II-Culiacán III (Circ 2) 57 estructuras caídas.	26,000	Se restableció 840712
		L.T. 230 kV Mazatlán II-Durango II 6 estructuras caídas.	3,000	Se restableció 831101
851009	Huracán Waldo	L.T. 115 kV Humaya-Culiacan III 7 estructuras caídas.	3,500	Se restableció 851030
		L.T. 115 kV Culiacán II-Culiacán III 26 estructuras caídas.	13,000	Se restableció 860401
		L.T. 115 Culiacán I-Culiacán III 2 estructuras caídas	1,000	Se restableció 851011
861005	Huracán Paine	L.T. 115 kV Guasave-Guamucil, 2 estructuras caídas.	1,000	Se restableció 861009
880914	Huracán Gilberto	L.T. 115 kV Nizuc-Playa del Carmen, 44 estructuras caídas.	20,000	Se restableció Ene-89

**RESUMEN HISTORICO DE FENOMENOS
METEOROLOGICOS QUE HAN AFECTADO A LAS
LINEAS DE TRANSMISION**

TABLA No. XIII

FECHA	FENOMENO METEOROLOGICO	INSTALACIONES AFECTADAS	COSTO APROX. MILES PESOS	OBSERVACIONES
900807	Huracán Diana	L.T. 400 kV Poza Rica II-Altamira. 2 estructuras caídas.	1,000	Se restableció 900814
		L.T. 400 kV Tuxpan-Poza Rica II, 1 estructura caída	500	Se restableció 900814
		L.T. 400 kV Poza Rica II-Altamira. 5 estructuras caídas.	2,500	Se restableció 900817
920116	Tormenta Tropical	L.T. 400 kV Manzanillo-Atequiza, 2 estructuras caídas.	1,000	Se restableció Abr.-92
		L.T. 400 kV Manzanillo-Mazamilla, 3 estructuras caídas.	1,500	Se restableció Abr.-92
920628	Tornado	L.T. 400 kV Frontera-Villa de García (Cir. 1) 7 estructuras caídas.	4,500	Se restableció Oct-92
		L.T. 400 kV. Frontera-Villa de García (Cir. 2) 7 estructuras caídas.	4,000	Se restableció Oct.-92.
920809	Huracán Lester	L.T. 230 kV Puerto Libertad-Seis de Abril. 8 estructuras caídas.	4,000	Se restableció Dic-90
		L.T. 115 kV Guaymas I Puntos P., 2 estructuras caídas	1,000	Se restableció Nov-90
		L.T. 115 kV Hermosillo III-Ures. 4 estructuras caídas	2,000	Se restableció Nov.-92

RESUMEN HISTORICO DE FENOMENOS METEOROLOGICOS QUE HAN AFECTADO A LAS LINEAS DE TRANSMISION TABLA No. XIII

FECHA	FENOMENO METEREOLÓGICO	INSTALACIONES AFECTADAS	COSTO APROX. MILES PESOS	OBSERVACIONES
921009	Huracán Winifred	L.T. 400 kV Manzanillo-Acatlán, 5 estructuras caídas	3,000	Se restableció Nov-92
		L.T. 400 kV Manzanillo-Atequiza, 9 estructuras caídas	5,000	Se restableció Nov-92
		L.T. 230 kV Tapeixtles-Colima II, 2 estructuras caídas.	1,000	Se restableció Nov-92
		L.T. 115 kV Salahua-Miramar, 3 estructuras caídas.	1,500	Se restableció Nov-92
930119	Fuertes Lluvias	L.T. 230 kV Santa Ana Industrial-Caborca, 2 estructuras caídas	4,000	Se restableció el 930122
930312	Tornado	L.T. 161 kV Juárez -Del nosa, 14 postes troncocónicos caídos.	24,000	Se restableció el 930330
930510	Tornado	L.T. 161 kV Matamoros-Rimir, Matamoros-Infonavit 2 estructuras caídas	4,000	Se restableció el 930530
930707	Huracán Calvin	L.T. 230kV Tapeixtles-Colima II 2 estructuras caídas	4,000	Se restableció el 930713
930913	Huracán Lidia	L.T. 230 kV TepicII-Mazatlán II ,5 estructuras caídas	7,000	Se restableció del 13 al 930929
		Culiacán III-Guamuchil II 1 estructura caída	2,000	Se restableció del 13-al 930916
		L.T. 115 kV Culiacán III-Sinaloa, 1 estructura caída	2,000	Se restableció del 13-al 930916
		Culiacán IV-Quila 1 estructura caída	2,000	Se restableció del 13 al 930914
		Culiacán III-Humaya 2 estructuras caídas	4,000	Se restableció del 930913 al 930917
930920	Huracán Gert	L.T. 400 kV Altamira-Poza Rica, 2 estructuras caídas	5,000	Se restableció del 930920 al 931006
		Poza Rica-Altamira 5 estructuras caídas	7,000	Se restableció del 930920 al 931010
		L.T. 115 kV Tihuatlán-Chairel, 10 estructuras caídas	10,000	Se restableció del 930920 al 931010

TABLA No. XIII

**RESUMEN HISTORICO DE FENOMENOS
METEOROLOGICOS QUE HAN AFECTADO A LAS
LINEAS DE TRANSMISION**

FECHA	FENOMENO METEOROLOGICO	INSTALACIONES AFECTADAS	COSTO APROX. MILES PESOS	OBSERVACIONES
940905	Deslave	L.T. 400 kV Temascal II-Puebla II. 1 estructura caída	3,000	Se restableció el 940908
940928	Tornado	L.T. 115 kV Hermosillo-Planta Ford 4 postes troncocónicos caídos	12,000	Se restableció el 941002
941014	Huracán Rosa	L.T. 230 kV Mazatlán II-Tepic II, 3 estructuras caídas.	10,000	Se restableció el 941019 con estructuras Modulares
941025	Tornado	L.T. 230 kV Huinalá-Aeropuerto. 27 estructuras caídas.	70,000	Se restableció el 941120, con estructuras modulares.
950521	Tornado	L.T. 230 kV Arroyo del Coyote-Río Escondido 4 estructuras caídas.	8,000	Se restableció el 950925 Con estructuras Modulares de emergencia.
951015	Huracán Roxana	L.T. 400 kV Laguna Verde-Puebla II Una estructura caída	3,000	Se restableció el 951018, con estructuras.
960521	Tornado	L.T. 230 kV Mezcala-Quemado 4 estructuras caídas	7,000	Se restableció el 950530 Con 4 estructuras Modulares.
960523	Tornado	L.T. 400 kV Frontera Carbón-Río Escondido 7 Estructuras Autosoportadas	18,000	Se restableció el 960607. Con una estructura Modulares de emergencia.
960528	Vientos Fuertes	L.T. 400 kV Lampazos-Carbón II Una estructura dañada	3,000	Se restableció el 960530 con 1 estructura modular de emergencia.
960608	Fuertes Vientos	L.T. 400 kV Tula-Poza Rica II Una estructura caída.	8,000	Se restableció el 960613
960611	Vientos Fuertes y Lluvias	L.T. 230 kV Veracruz-Amatlán 14 estructuras caídas.	12,000	Se restableció el 960719
960801	Tornado	L.T. 400 kV Frontera-Villa de García Una estructura	3,000	Se restableció el 980803
960913	Huracán Fausto	L.T. 115 kV Punta Prieta-Villa Constitución. Una estructura caída.	2,500	Se restableció el 960930

TABLA No. XIII

**RESUMEN HISTORICO DE FENOMENOS
METEOROLOGICOS QUE HAN AFECTADO A LAS
LINEAS DE TRANSMISION**

FECHA	FENOMENO METEOROLOGICO	INSTALACIONES AFECTADAS	COSTO APROX. MILES PESOS	OBSERVACIONES
960914	Huracán Fausto	L.T. 115 kV Mochis II-El Fuerte 2 estructuras caídas	4,000	Se restableció el 960917 con 2 estructuras Modulares de emergencia.
971009	Huracán Paulina	L.T. 115 kV Puerto Escondido-Pochutla 36 estructuras autoportadas	110,000	Se restableció el 971023, con estructuras modulares de emergencia.
		L.T. 115 kV Santa Rosa-Puerto Escondido, 2 Estructuras Autoportadas	15,000	Se restableció el 971012, con estructuras modulares de emergencia.
		L.T. 115 kV Cruz Grande-Ometepec. 2 estructuras autoportadas	7,000	Se restableció el 971012, con estructuras de emergencia.
971109	Huracán Rick	L.T. 115 kV Puerto Escondido-Pochutla, caída de 3 estructuras de emergencia	10,000	Se restableció el 971113 reponiendo las estructuras Modulares de emergencia.
971213	Tormenta de Nieve	L.T. 230 kV Zimapán Dañó una estructura autoportada	5,000	Restableciéndose el 97-12-18, con estructuras Modulares de emergencia.
980201	Tormenta de Nieve	L.T. 230 kV Mazatlán Dos-Durango Dos. Caída de hilo de guarda entre las estructuras 235 y 236	5,000	Se restableció el 98-02-03
980625	Tromba	L.T. 230 kV Gómez Palacio-Camargo II 3 estructuras autoportadas dañadas.	12,000	Se restableció el 98-06-29 con estructuras modulares de emergencia.
980708	Tormenta Tropical Javier	LT de 115 kV Angostura-Mapastepec y Mapastepec-Belisario Domínguez, colapso de 6 estructuras autoportadas y una con daños	12,000	Se instalaron 3 estructuras modulares y 3 de postería.
980730	Huracán Estela	L.T. 400 kV Tepic II-Tesistán. Dos Estructuras autoportadas derribadas	35,000	Se instalaron dos estructuras Modulares tipo Chainette. Se restableció el 980803

TABLA No. XIII

**RESUMEN HISTORICO DE FENOMENOS
METEOROLOGICOS QUE HAN AFECTADO A LAS
LINEAS DE TRANSMISION**

FECHA	FENOMENO METEOROLOGICO	INSTALACIONES AFECTADAS	COSTO APROX. MILES PESOS	OBSERVACIONES
980812	Tormenta Georgette	Línea de Transmisión Obregón IV - 93510/93530 - Pueblo Nuevo, por caída de tres estructuras autoportadas de doble circuito.	2,500	Se instalaron 4 estructuras modulares, 2 banderas y 2 tipo delta. La reparación provisional se concluyó 980816.
980814	Tornado	Línea de Transmisión Huinala - A3750 - Plaza por caída de dos estructuras autoportadas	2,000	Se utilizaron 3 estructuras modulares tipo chainette concluyéndose 980817
980912	Tormenta Javier	C. T. Angostura - 73520/73530-Mapastepec y Mapastepec-73740/73560 Belisario Domínguez. Seis estructuras autoportadas.	12,000	Se instalaron seis estructuras modulares y seis con postería. Se restableció totalmente el 980929
981031	Huracán Mitch	Red eléctrica de 169, 138 y 230kV de los países de Nicaragua y Honduras.	20,000	C.F.E. a estos países en el restablecimiento de 13 líneas de transmisión, utilizando postes y estructuras modulares.
990329	Tromba	L.T. 230KV Veracruz II-93460/93560-Amatlán. Caída de 12 estructuras	22,000	Se restableció el 990404
990526	Tornado	L. T. 400KV Lampazos-A3830-Carbón II. Caída de 17 estructuras	34,000	Se restableció el 990604
990527	Tornado	L. Y. 230KV Huinala-93880-Aeropuerto. Caída de 2 estructuras	4,000	Se restableció el 990528
990627	Tromba	L.T 400 KV Villa de García-A3460-Frontera. Caída de 2 estructuras autoportadas y daños en cruceta de una torre adyacente.	2,000	Se instalaron 2 estructuras arreostradas (con retenidas).
990609	Huracán Greg	L.T. 115 KV Colomo-73620-Apasco y L.T. Colomo-73210-Tecomán. caída de 4 estructuras	1,500	Se instalaron dos estructuras tipo delta.

RESUMEN HISTORICO DE FENOMENOS METEOROLOGICOS QUE HAN AFECTADO A LAS LINEAS DE TRANSMISION TABLA No. XIII

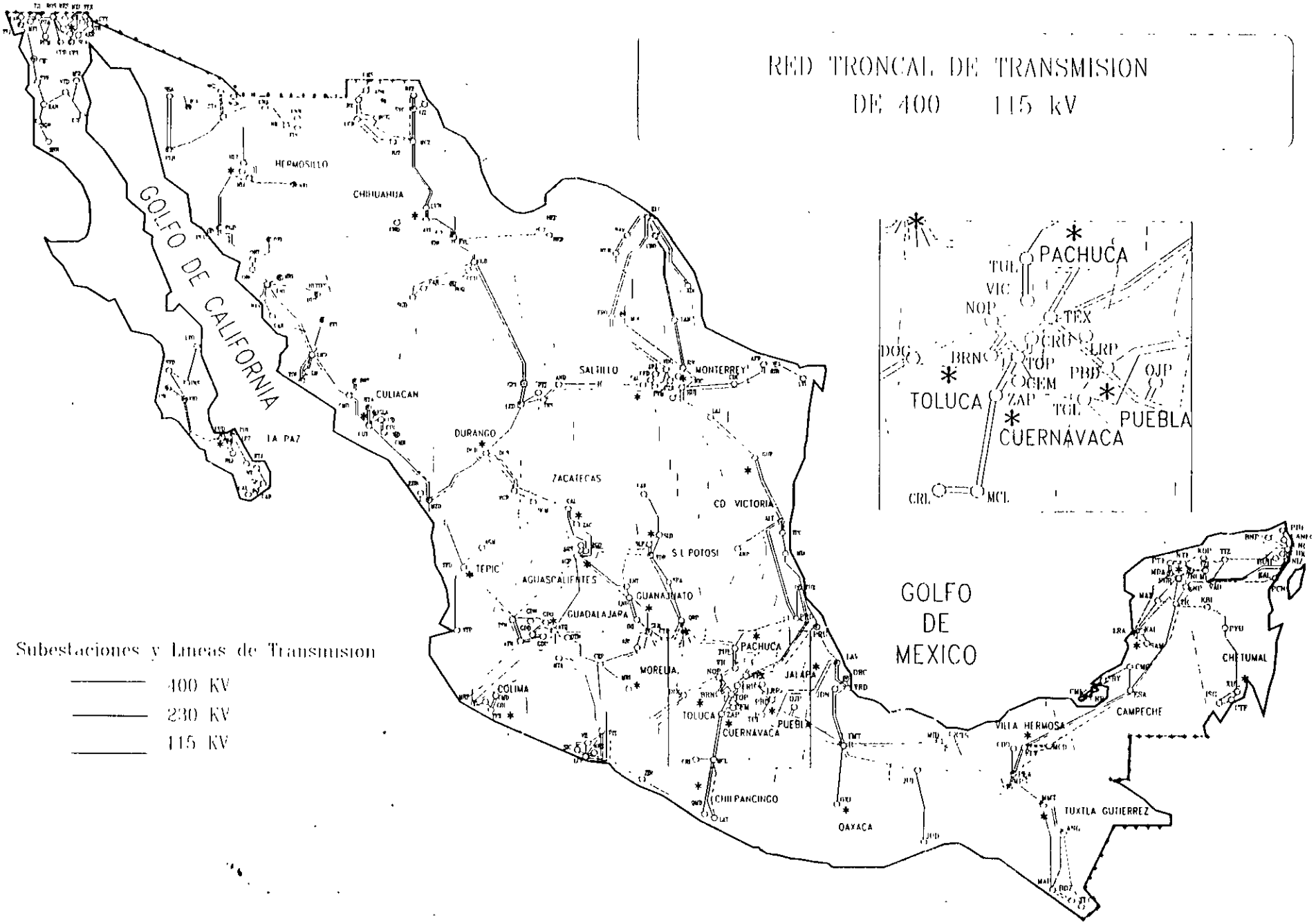
FECHA	FENOMENO METEOROLOGICO	INSTALACIONES AFECTADAS	COSTO APROX. MILES PESOS	OBSERVACIONES
990910	Aire marítimo tropical	L.T. Pinotepa-73460-Puerto Escondido, deslave en estructura No. 19	500	Se instaló una estructura modular.
990913	Fuertes Lluvias	L.T. 115 KV Angostura-73510-Schopoina. Daño en los montantes principales de la torre No. 78	400	Se instaló una estructura modular.
991005	Depresión Tropical No. 11	L.T. Poza Rica I-63030-Gutierrez Zamora, 12 estructuras de postes desaparecidos	1,800	Se instalaron 4 estructuras modulares de tensión.
		L.T. Poza Rica I-73350-Palmas, 3 estructuras colapsadas No. 42.43 y 44	315	Se instaló una estructura modular de emergencia
		L.T. Poza Rica I-73450-Tepeyac, se colapsaron 5 estructuras No. 4.5.6.7, y 8	338	Se instaló una estructura modular de emergencia.
		L.T. Tajín-73270-Teziutlán Ramal las Margaritas, colapsó de 2 estructuras No. 42 y 43.	318	Se instalaron 2 estructuras modulares tipo bandera.
		L.T. Tuxpan Vapor-A3380-Texcoco, se colapsaron las estructuras No. 149 y 150	4,000	Se instalaron 2 estructuras de 4 columnas y una tipo chainette, modulares de emergencia
		L.T. Poza Rica II-A3590-Laguna Verde, se colapsaron las estructuras 115, 116, 117, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259 y 260.	17,000	Se instalaron 12 estructuras modulares de emergencia tipo chainette
		L.T. Poza Rica II-93030-Mazatepec, se colapsaron 3 estructuras	3,000	Se instalaron 6 estructuras modulares de emergencia.
		L.T. Poza Rica II-93050-Jalacingo, se colapsaron las estructuras No. 81 y 82	1,000	Se instalaron 2 estructuras modulares de emergencia.
		L.T. Mazatepec-93020/93470-Zocac / Jalacingo, se colapso la estructura No. 20	2,500	Se instalaron 6 estructuras de emergencia tipo columna.

TABLA No. XIII

**RESUMEN HISTORICO DE FENOMENOS
METEOROLOGICOS QUE HAN AFECTADO A LAS
LINEAS DE TRANSMISION**

FECHA	FENOMENO METEREOLÓGICO	INSTALACIONES AFECTADAS	COSTO APROX. MILES PESOS	OBSERVACIONES
000513	Vientos Fuertes	L.T. Huinala-93880- Aeropuerto, se colapso la estructura No. 189, las estructuras adyacentes No. 188 y 189 con daños en crucetas del hilo de guarda	700	Se instaló una estructura modular de emergencia tipo chainette
000601	Tromba	L.T. Colima II-93540-Cd. Guzmán, se colapsaron las estructuras No. 79 y 80 por deslaves. L.T. Manzanillo-A3230- Acatlán, se colapsó la estructura No. 162 por deslaves.	1,500	En la L.T. Colima II- 93540-Cd. Guzmán se instalaron 2 estructuras modulares de emergencia tipo chainette y en la L.T. Manzanillo-A3230- Acatlán se instaló una estructura modular de emergencia tipo chainette.
000626	Fuertes Vientos y Lluvia	L.T. Samalayuca-93300- Moctezuma, se colapsaron 3 estructuras No. 205, 206 y 207 tipo arreostradas	1,500	Se instalaron 4 estructuras modulares de emergencia tipo delta

RED TRONCAL DE TRANSMISION
DE 400 115 KV

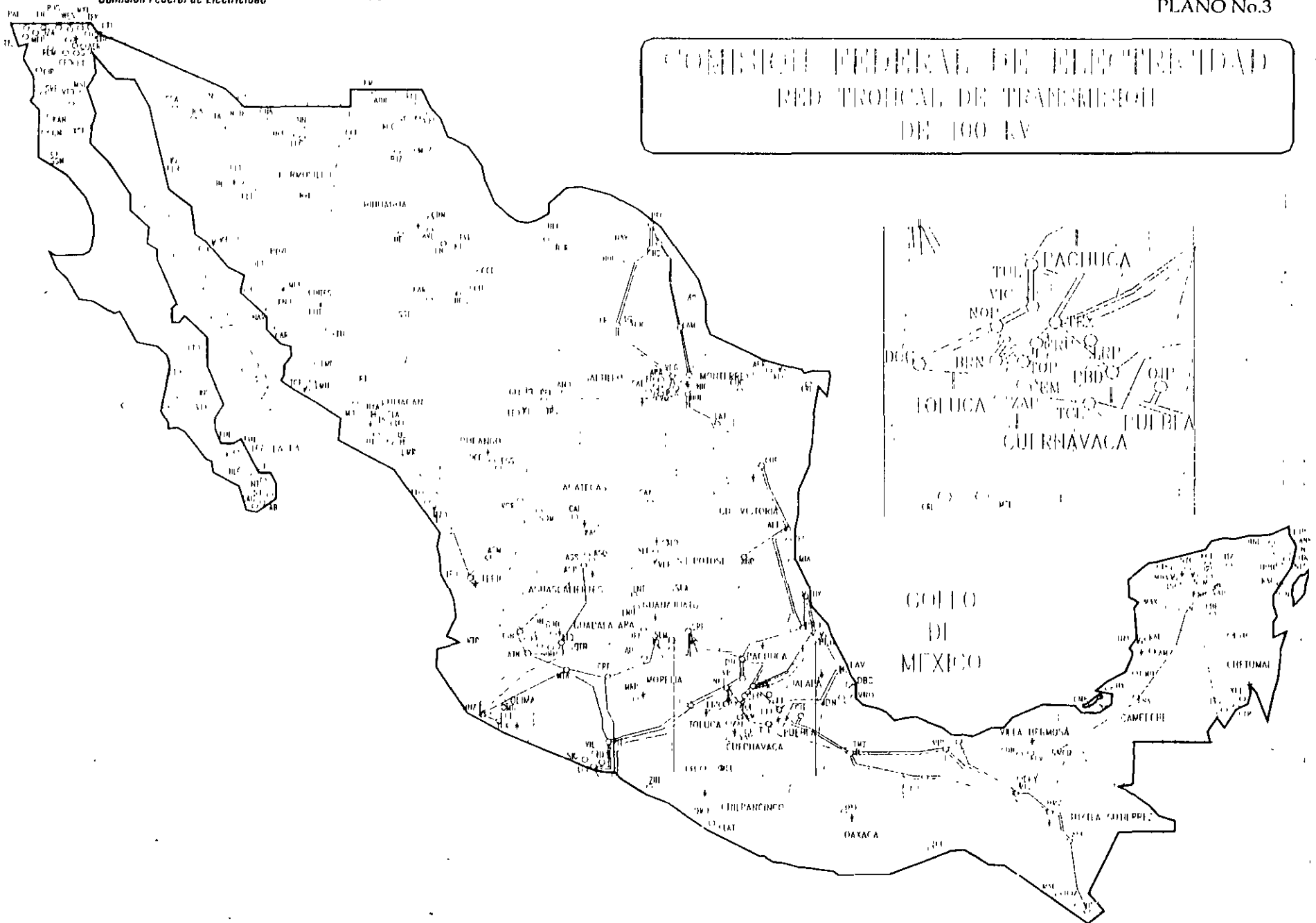


Subestaciones y Lineas de Transmision

- 400 KV
- 230 KV
- 115 KV



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
RED TROPICAL DE TRANSMISION
DE 100 KV



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD RED TRONCAL DE TRANSMISION DE 230 KV



X



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
POTENCIA**

**MODULO III: DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE LINEAS DE
TRANSMISION**

TEMA

EJEMPLO DE CALCULO DE FLECHAS Y TENSIONES

**EXPOSITOR: ING. DELFINO RODRÍGUEZ PEÑA
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DE 2001**

APÉNDICE F EJEMPLO DE CÁLCULO DE FLECHAS Y TENSIONES

A continuación se presentan los resultados del cálculo de flechas y tensiones, aplicando el método de la catenaria, para un cable "BLUEJAY".

Con el fin de ilustrar la secuencia de cálculo se utilizarán las condiciones correspondientes a la línea CARBÓN II-LAMPAZOS para 400 kV.

F.1 Datos para el cálculo de las presiones de viento

Periodo de retorno: 200 años, Nivel III Tabla 1, inciso 6

Ubicación: Norte de Nuevo León

Velocidad regional V_R : 160 Km/h, FIGURA A.1.

Factor topográfico local $F_T = 1.2$

Sitio expuesto, cimas de colinas Tabla 2, inciso 7.3.

Tipo de terreno según su rugosidad: 2

Terreno plano u ondulado con pocas obstrucciones Tabla 3, inciso 7.4.

$a = 0.1128$ (tabla 4, inciso 7.4).

$o = 315$ m (tabla 4., inciso 7.4).

$F_a = 1.0031$ (Para $z \leq 10$ m, ec. 2.a, inciso 7.4).

$F_a = 1.56 * (z/o) ** 0.128$ (Para $z > 10$ m. ecuación 2.b, inciso 7.4)

Temperatura coincidente con hielo y viento reducido: -10 °C

Espesor de hielo considerado: 5 mm

Temperatura coincidente con viento de diseño: 5 °C

Temperatura coincidente con EDT: 20 °C

Temperatura máxima: 50 °C

Presión barométrica: 736 mm de mercurio, corresponde a 300 msnm, interpolado de la tabla 5, inciso 8..

Presión dinámica de base $q_z = 0.0048 * G * V_D^2$

Se calcula para cada temperatura de interés, inciso 8.

Presión sobre los cables $P_{zc} = 0.6 * F_{gc} * C_{ac} * q_z$

Se calcula para cada temperatura y altura de interés.

La altura del centroide del cable Z_c se determina mediante iteraciones con la siguiente expresión:

$$Z_c = Z_F - \frac{2}{3} f \cos \left[\arctan \left(\frac{W_v}{W_c} \right) \right]$$

donde:

Z_F altura del soporte de la fase, en este caso 44.76 m,

f flecha supuesta para cada iteración (una fracción del claro),

W_v carga por viento a la altura supuesta del centroide del cable, que se obtiene de las tablas del siguiente inciso, y

W_c carga por peso propio del cable, más hielo en su caso.

F.2 Tablas con las presiones de viento calculadas**DATOS GENERALES:**

TIPO DE TERRENO:	2
VELOCIDAD REGIONAL (Km/h):	160.0000
FACTOR TOPOGRÁFICO LOCAL:	1.2000
PRESIÓN BAROMÉTRICA:	736.0000
TEMPERATURA DE REFERENCIA (*C):	5.0000
FACTOR DE CORRECCIÓN POR DENSIDAD	1.0378
DIÁMETRO DEL CABLE (m):	0.0320
ESPESOR DE HIELO (m):	0.0000
CLARO (m):	700.000

Z	ALFA	VDZ	QZ	GUST	CAC	FGC	PZ	WV
10.00	1.0031	192.59	110.865	1.3626	1.00	0.7171	79.5005	2.5424
11.00	1.0154	194.96	113.604	1.3577	1.00	0.7195	81.7360	2.6139
12.00	1.0268	197.14	116.1625	1.3532	1.00	0.7217	83.8345	2.6810
13.00	1.0374	199.17	118.5674	1.3491	1.00	0.7238	85.8148	2.7444
14.00	1.0472	201.07	120.8383	1.3454	1.00	0.7257	87.6919	2.8044
15.00	1.0565	202.85	122.9915	1.3419	1.00	0.7275	89.4781	2.8615
16.00	1.0653	204.54	125.0404	1.3386	1.00	0.7292	91.1834	2.9160
17.00	1.0736	206.13	126.9962	1.3356	1.00	0.7309	92.8162	2.9683
18.00	1.0815	207.64	128.8681	1.3327	1.00	0.7324	94.3836	3.0184
19.00	1.0890	209.08	130.6642	1.3300	1.00	0.7339	95.8917	3.0666
20.00	1.0962	210.46	132.3913	1.3275	1.00	0.7353	97.3456	3.1131
21.00	1.1030	211.78	134.0553	1.3251	1.00	0.7366	98.7499	3.1580
22.00	1.1096	213.05	135.6613	1.3228	1.00	0.7379	100.1085	3.2015
23.00	1.1159	214.26	137.2139	1.3206	1.00	0.7392	101.4248	3.2436
24.00	1.1220	215.43	138.7170	1.3185	1.00	0.7404	102.7020	3.2844
25.00	1.1279	216.56	140.1743	1.3165	1.00	0.7415	103.9428	3.3241
26.00	1.1336	217.65	141.5888	1.3145	1.00	0.7426	105.1496	3.3627
27.00	1.1391	218.70	142.9634	1.3127	1.00	0.7437	106.3246	3.4003
28.00	1.1444	219.72	144.3006	1.3109	1.00	0.7448	107.4698	3.4369
29.00	1.1495	220.71	145.6028	1.3092	1.00	0.7458	108.5869	3.4726
30.00	1.1545	221.67	146.8719	1.3075	1.00	0.7468	109.6776	3.5075
31.00	1.1594	222.61	148.1100	1.3060	1.00	0.7477	110.7433	3.5416
32.00	1.1641	223.51	149.3187	1.3044	1.00	0.7486	111.7854	3.5749
33.00	1.1687	224.39	150.4996	1.3029	1.00	0.7495	112.8052	3.6075
34.00	1.1732	225.25	151.6542	1.3015	1.00	0.7504	113.8037	3.6394
35.00	1.1776	226.09	152.7837	1.3001	1.00	0.7513	114.7820	3.6707
36.00	1.1818	226.91	153.8896	1.2987	1.00	0.7521	115.7412	3.7014
37.00	1.1860	227.70	154.9728	1.2974	1.00	0.7529	116.6820	3.7315
38.00	1.1900	228.48	156.0344	1.2961	1.00	0.7537	117.6053	3.7610
39.00	1.1940	229.24	157.0754	1.2949	1.00	0.7545	118.5119	3.7900
40.00	1.1979	229.99	158.0968	1.2937	1.00	0.7552	119.4025	3.8185
41.00	1.2016	230.72	159.0993	1.2925	1.00	0.7560	120.2778	3.8465
42.00	1.2054	231.43	160.0839	1.2913	1.00	0.7567	121.1384	3.8740
43.00	1.2090	232.13	161.0511	1.2902	1.00	0.7574	121.9849	3.9011

44.00	1.2126	232.81	162.0017	1.2891	1.00	0.7581	122.8178	3.9277
45.00	1.2161	233.48	162.9364	1.2880	1.00	0.7588	123.6377	3.9539
Z	ALFA	VDZ	QZ	GUST	CAC	FGC	PZ	WV
46.00	1.2195	234.14	163.8558	1.2870	1.00	0.7595	124.4450	3.9798
47.00	1.2228	243.79	164.7604	1.2860	1.00	0.7601	125.2402	4.0052
48.00	1.2261	235.42	165.6508	1.2850	1.00	0.7608	126.0238	4.0302
49.00	1.2294	236.04	166.5275	1.2840	1.00	0.7614	126.7961	4.0549
50.00	1.2326	236.65	167.3010	1.2831	1.00	0.7620	127.5576	4.0793

Z = ALTURA SOBRE EL TERRENO
 ALFA = FACTOR ALFA
 VDZ = VELOCIDAD DE DISEÑO A LA ALTURA Z
 QZ = PRESIÓN DINÁMICA DE BASE
 GUST = FACTOR DE RÁFAGA
 CAC = COEFICIENTE DE ARRASTRE
 FGC = FACTOR DE RESPUESTA DINÁMICA
 PZ = PRESIÓN SOBRE EL CABLE
 WV = CARGA POR VIENTO EN EL CABLE

DATOS GENERALES:

TIPO DE TERRENO	2
VELOCIDAD REGIONAL (km/h):	60.0000
FACTOR TOPOGRÁFICO LOCAL:	1.2000
PRESIÓN BAROMÉTRICA:	736.0000
TEMPERATURA DE REFERENCIA	-10.0000
FACTOR DE CORRECCIÓN POR	
DENSIDAD	1.0970
DIÁMETRO DEL CABLE (m):	0.0320
ESPELOR DE HIELO (m):	0.0050
CLARO (m):	700.0000

Z	ALFA	VDZ	QZ	GUST	CAC	FGC	PZ	WV
10.00	1.0031	72.22	16.4796	1.3626	1.00	0.7171	11.8174	0.4961
11.00	1.0154	73.11	16.8867	1.3577	1.00	0.7195	12.1497	0.5100
12.00	1.0268	73.93	17.2670	1.3532	1.00	0.7217	12.4616	0.5231
13.00	1.0374	74.69	17.6245	1.3491	1.00	0.7238	12.7560	0.5355
14.00	1.0472	75.40	17.9621	1.3454	1.00	0.7257	13.0350	0.5472
15.00	1.0565	76.07	18.2821	1.3419	1.00	0.7275	13.3005	0.5584
16.00	1.0653	76.70	18.5867	1.3386	1.00	0.7292	13.5540	0.5690
17.00	1.0736	77.30	18.8774	1.3356	1.00	0.7309	13.7967	0.5792
18.00	1.0815	77.87	19.1557	1.3327	1.00	0.7324	14.0297	0.5890
19.00	1.0890	78.41	19.4226	1.3300	1.00	0.7339	14.2539	0.5984
20.00	1.0962	78.92	19.6794	1.3275	1.00	0.7353	14.4700	0.6074
21.00	1.1030	79.42	19.9267	1.3251	1.00	0.7366	14.6787	0.6162
22.00	1.1096	79.89	20.1654	1.3228	1.00	0.7379	14.8807	0.6247
23.00	1.1159	80.35	20.3962	1.3206	1.00	0.7392	15.0763	0.6329

24.00	1.1220	80.79	20.6197	1.3185	1.00	0.7404	15.2662	0.6409
25.00	1.1279	81.21	20.8363	1.3165	1.00	0.7415	15.4506	0.6486
26.00	1.1336	81.62	21.0465	1.3145	1.00	0.7426	15.6300	0.6561
27.00	1.1391	82.01	21.2509	1.3127	1.00	0.7437	15.8047	0.6635
28.00	1.1444	82.40	21.4496	1.3109	1.00	0.7448	15.9749	0.6706
29.00	1.1495	82.77	21.6432	1.3092	1.00	0.7458	16.1409	0.6776
30.00	1.1545	83.13	21.8318	1.3075	1.00	0.7468	16.3031	0.6844
31.00	1.1594	83.48	22.0159	1.3060	1.00	0.7477	16.4615	0.6911
32.00	1.1641	83.82	22.1955	1.3044	1.00	0.7486	16.6164	0.6976
33.00	1.1687	84.15	22.3711	1.3029	1.00	0.7495	16.7680	0.7039
34.00	1.1732	84.47	22.5427	1.3015	1.00	0.7504	16.9164	0.7102
35.00	1.1776	84.78	22.7106	1.3001	1.00	0.7513	17.0318	0.7163
36.00	1.1818	85.09	22.8750	1.2987	1.00	0.7521	17.2044	0.7222
37.00	1.1860	85.39	23.0360	1.2974	1.00	0.7529	17.3442	0.7281
38.00	1.1900	85.68	23.1938	1.2961	1.00	0.7537	17.4815	0.7339

Z	ALFA	VDZ	QZ	GUST	CAC	FGC	PZ	WZ
39.00	1.1940	85.97	23.3485	1.2949	1.00	0.7545	17.6163	0.7395
40.00	1.1979	86.25	23.5004	1.2937	1.00	0.7552	17.7486	0.7451
41.00	1.2016	86.52	23.6494	1.2925	1.00	0.7560	17.8787	0.7505
42.00	1.2054	86.79	23.7957	1.2913	1.00	0.7567	18.0067	0.7559
43.00	1.2090	87.05	23.9395	1.2902	1.00	0.7574	18.1325	0.7612
44.00	1.2126	87.30	24.0808	1.2891	1.00	0.7581	18.2563	0.7664
45.00	1.2161	87.56	24.2198	1.2880	1.00	0.7588	18.3782	0.7715
46.00	1.2195	87.80	24.3564	1.2870	1.00	0.7595	18.4982	0.7766
47.00	1.2228	88.04	24.4909	1.2860	1.00	0.7601	18.6164	0.7815
48.00	1.2261	88.28	24.6232	1.2850	1.00	0.7608	18.7329	0.7864
49.00	1.2294	88.52	24.7536	1.2840	1.00	0.7614	18.8477	0.7912
50.00	1.2326	88.74	24.8819	1.2831	1.00	0.7620	18.9609	0.7960

Z = ALTURA SOBRE EL TERRENO

ALFA = FACTOR ALFA

VDZ = VELOCIDAD DE DISEÑO A LA ALTURA Z

GUST = FACTOR DE RÁFAGA

CAC = COEFICIENTE DE ARRASTRE

FGC = FACTOR DE RESPUESTA DINÁMICA

PZ = PRESIÓN SOBRE EL CABLE

WV = CARGA POR VIENTO EN EL CABLE

F.3 Consideraciones iniciales

Datos del cable

Denominación:

BLUEJAY

Peso (kg./m):

1.875

Diámetro (m):

0.03198

Área (m²):

6.03E-04

Tensión de ruptura (kg.):

1.4039E+04

Módulo de elasticidad inicial (kg./m²):

5.4834E+09

Módulo de elasticidad final (kg./m²):

6.5871E+09

Coefficiente de dilatación térmica inicial (1/°C):

2.053E-05

Coefficiente de dilatación térmica final (1/°C): 2.080E-05
 Primero se calculará la flecha que corresponde a la llamada "Tensión Diaria" (EDT). Se considera que, para esta condición, la tensión mecánica en el cable debe ser un porcentaje de la tensión de ruptura. Supongamos 20% para este ejemplo.

$$f_2 = \frac{H_2}{w_2} \left[\cosh\left(\frac{w_2 d}{2H_2}\right) - 1 \right]$$

$$C_2 = H_2 / w_2 = (0.2 * 14039) / 1.875 = 1497.4933 \text{ m}$$

$$f_2 = 1497.4933 * (\cosh(700 / (2 * 1497.4933)) - 1) = 41.0882 \text{ m}$$

La longitud del cable contenido en el claro para este caso es:

$$L_2 = 2 \frac{H_2}{w_2} \sinh\left(\frac{w_2 d}{2H_2}\right)$$

$$L_2 = 2 * \sinh(700 / (2 * 1497.4933)) = 706.3906 \text{ m}$$

Esta L_2 ya incluye la elongación del cable debida al flujo plástico. Con base en la discusión que se presenta en el Apéndice H, tomamos 400 como una medida aproximada del flujo plástico. Entonces la longitud L_1 antes del mismo sería:

$$L_2 = L_1 (1 + 706.3906 = L_1 * (1 + 0 + 0.0004) ; L_1 = 706.1081 \text{ m}$$

Evaluando la ecuación F(2) para L_1 resulta $H_1 = 28871.80$

Evaluando la ecuación F(1) para H_1 resulta $f_1 = 40.1645 \text{ m}$

f_1 es la condición inicial para calcular, con las propiedades mecánicas iniciales del cable, las flechas y tensiones correspondientes para tendido y la fecha mínima para revisar "jalones hacia arriba" para la localización de las estructuras sobre el perfil de la línea.

f_2 es la condición inicial para calcular las tensiones con las propiedades mecánicas finales del cable, para los siguientes casos:

- Contención de la falla en cascada, con EDT
- Maniobras de mantenimiento, sin viento, sin hielo, con la temperatura coincidente, que pudiera ser diferente de la EDT
- Flecha máxima, sin viento, sin hielo, con la temperatura máxima coincidente: para revisar libramientos para la localización de las estructuras sobre el perfil de la línea.
- Viento máximo, con la temperatura coincidente
- Viento reducido con hielo, con la temperatura mínima coincidente

F.4 Flecha y tensiones finales después del flujo plástico

TENSIÓN DIARIA (EDT): Para limitar vibración eólica y para definir las fuerzas longitudinales a aplicar a la estructuras de soporte para contener las fallas en cascada (Ref.2)

Temperatura inicial (°C):	20.0000
Presión del viento inicial (kg./m ²):	0.0000
Espesor de hielo inicial (m):	0.0000
Carga vertical inicial (kg./m):	1.8750

Carga de viento inicial (kg./m):	0.0000
Carga resultante inicial (kg/m):	1.8750
Longitud inicial (m):	706.3906
Slack inicial (m):	6.3906
Flecha inicial (m):	41.0882
Tensión inicial (kg):	2807.8000
Tensión / Resistencial:	0.2000
C inicial (m):	1497.4933

TENSIÓN PARA MANIOBRAS DE MANTENIMIENTO: Para definir las cargas máximas que podrán aplicarse a la estructuras durante dichas maniobras

Temperatura final (°C):	10.0000
Presión del viento final (kg./m ²):	0.0000
Espesor de hielo final (m):	0.0000
Carga vertical final (kg./m):	1.8750
Carga de viento final (kg./m):	0.0000
Carga resultante final (kg./m):	1.8750
Longitud final (m):	706.2325
Slack final (m):	6.2325
Flecha final (m):	40.4479
Tensión final (kg.):	2839.3000
Tensión / Resistencia:	0.2022
C final (m):	1514.2933

FECHA MÁXIMA: para revisar libramientos para la localización de las estructuras sobre el perfil de la línea:

Temperatura final (°C):	50.0000
Presión del viento final (kg./m ²):	0.0000
Espesor de hielo final (m):	0.0000
Carga vertical final (kg./m):	1.8750
Carga de viento final (kg./m):	0.0000
Carga resultante final (kg./m):	1.8750
Longitud final (m):	706.7937
Slack final (m):	6.7937
Flecha final (m):	42.2297
Tensión final (kg.):	2719.5000
Tensión / Resistencia:	0.1937
C final (m):	1450.4000

VIENTO MÁXIMO: Para limitar daños en los propios cables por carga máxima y para definir cargas longitudinales para diseño de las estructuras de soporte. Esta condición lo limita la fecha por tratarse de una condición extrema (Ref.3)

El centroide de la flecha se localizó, mediante cálculo iterativo, a una altura = 31.75 m.

Temperatura final (°C):	5.0000
Presión del viento final (kg./m ²):	111.5250
Espesor de hielo final (m):	0.0000
Carga vertical final (kg./m):	1.8750
Carga de viento final (kg./m):	3.5666
Carga resultante final (kg./m):	4.0294

Longitud final (m):	706.6965
Slack final (m):	6.6965
Flecha final (m):	41.9265
Tensión final (kg.):	5886.5000
Tensión / Resistencia:	0.4193 **
C final (m):	1460.8884

** Nota : Es menor que 0.6. límite aceptado por NESC para condiciones extremas

VIENTO REDUCIDO CON HIELO: Con la temperatura mínima coincidente. Si el diseño lo considera adecuado, esta condición puede emplearse como una medida adicional para aumentar la integridad de la línea. En este caso, entraría en la definición de las fuerzas longitudinales a aplica a las estructuras de soporte para contener las fallas en cascada (Ref.3).

La velocidad reducida es $V_h = 60$ km/h, de acuerdo con la isotaca

El centroide de la flecha se localizó mediante cálculo iterativos, a una altura $z = 18.95$ m.

Temperatura final (°C):	
Temperatura final /°C):	-10.0000
Presión del viento final (kg./m ²):	14.2427
Espesor de hielo final (m):	0.0050
Carga vertical final (kg./m):	2.3978
Carga de viento final (kg./m):	0.5979
Carga resultante final (kg./m):	2.4712
Longitud final (m):	706.1067
Slack final (m):	6.1067
Flecha final	40.0375
Tensión final (kg):	3780.5000
Tensión / Resistencia:	0.2693
C final (m):	1529.8145



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

MODULO III: DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE LINEAS DE TRANSMISION

TEMA

**MEMORIA DE CALCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURAS
MAYORES. MARCO E-D: 1 - 3
S.E. TRES ESTRELLAS
PROYECTO: TUXPAN, C. F. E.**

**EXPOSITOR: ING. DELFINO RODRÍGUEZ PEÑA
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DE 2001**

MEMORIA DE CALCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURAS MAYORES. MARCO E-D:1-3

S.E. TRES ESTRELLAS

PROYECTO: TUXPAN, C.F.E.

Ejemplo del curso Subestaciones Eléctricas
CALCULO: M. en C. © ING. DELFINO RODRIGUEZ PEÑA.

Ia REVISION: 07 de MAYO de 2001

IIa REVISION: 10 de JULIO de 2001

IIIa REVISION: 05 de SEPTIEMBRE de 2001

IVa REVISION: 14 de SEPTIEMBRE de 2001

DESCRIPCION DEL PROYECTO:

Se trata de una estructura metálica formada por columnas y traveses de celosías (alma abierta) para la Termoeléctrica Tres Estrellas, en Tuxpan, México. Está integrada por los siguientes marcos:

Dos marcos en Ejes A:7-9 y Y:1-3 de 23.5 m. de altura a base de tres columnas ($B=1.4 \times 3.0$ y $b=1.0 \times 1.4$) con capiteles ($B=1.0 \times 1.4$ y $b=0.35 \times 0.35$) de 4.0 m. de altura y dos traveses de 28.0 m. de 1.0×1.4

Dos torres en Ejes B:7 y B:9 de 14.5 m de altura a base de una columna ($B=1.0 \times 1.5$ y $b=1.0 \times 2.0$) sin capitel

Cuatro marcos en Ejes 11:D-E, X:D-E, 1:F-G y 3:F-G de 14.5 m. de altura a base de una columna ($B=1.4 \times 2.5$ y $b=1.0 \times 1.4$) con capitel ($B=1.0 \times 1.4$ y $b=0.35 \times 0.35$) de 4.0 m. de altura, una columna de ($B=1.4 \times 2.5$ y $b=1.0 \times 1.4$) sin capitel y un traves de 28.0 m. de 1.0×1.4

Cuatro marcos en Ejes D-E:7-9, D-E:1-3, F-G:X-7 y F-G:9-11 de 14.5 y hasta 23.5 m. de altura a base de 2 columnas (1er. Tramo $B=1.4 \times 2.5$ y $b=1.0 \times 1.4$) de 14.5 m. y dos columnas (2o. tramo $B=1.4 \times 1.4$ y $b=0.35 \times 0.35$) de 9.0 m. con capitel ($B=1.0 \times 1.4$ y $b=0.35 \times 0.35$) de 4.0 m. de altura, una columna ($B=1.4 \times 3.0$ y $b=1.0 \times 1.4$) con capitel ($B=1.0 \times 1.4$ y $b=0.35 \times 0.35$) de 4.0 m. de altura, de una columna ($B=1.4 \times 2.5$ y $b=1.0 \times 1.4$) con capitel ($B=1.0 \times 1.4$ y $b=0.35 \times 0.35$) de 4.0 m. de altura, dos columnas de ($B=1.4 \times 2.5$ y $b=1.0 \times 1.4$) sin capitel, dos traveses de 28.0 m. de 1.0×1.4 a 14.5 m. de altura y dos traveses de 28.0 m. de 1.0×1.4 a 23.5 m. de altura.

Un marco en Eje Y:X-11 de 23.5 m. de altura a base de siete columnas ($B=1.4 \times 3.0$ y $b=1.0 \times 1.4$) con capiteles ($B=1.0 \times 1.4$ y $b=0.35 \times 0.35$) de 4.0 m. de altura y seis traveses de 28.0 m. de 1.0×1.4

Cada traves debe soportar la Tensión de 3 cables de 2×1000 , 1200 y 2200 kg. Según sea el caso, así como cargas de equipo con tres cables con carga vertical de 2×200 kg. de tensiones cada uno.

La Velocidad regional de viento es de 220 Km/hr. y el suelo es prácticamente roca, para lo cual, las cimentaciones serán a base de pilas.

La presente memoria de cálculo, contempla el análisis y diseño del marco G-F:9-11

ARCHIVOS	m3ED13r.doc	Memoria de cálculos.
DIBUJO	9136_00EST-01.dwg	Arreglo General Estructura.
DIBUJOS	9136_00EST-02 y 03.dwg	Dibujos de detalles.

La Revisión II contempla los siguientes comentarios de CFE: (minuta del 28 jun'01)

Factores de carga	CM=1.2	Tensiones=1.25	Viento=1.30
Coefficiente de arrastre	Ca = 2.8		

Anclas y placas base	Se revisa Tensiones, Corte y aplastamiento
Hilo roto	Se aplica en un solo extremo
Combinaciones de carga	Viento en ambas direcciones reversibles VX y -VX, VY y -VY
Longitud de pandeo	0.92 sin arriostramiento y 0.50 con arriostramiento.
Conexiones y empalmes	Se incluye el diseño de las mismas.
Reacciones	Se imprimen todas las reacciones.
Estabilidad al volteo	Se revisa con un Factor de seguridad de 1.50
Perfiles estructurales	Se revisa que coincidan modelo matemático con los dibujos

La Revisión III contempla las nuevas cargas por el departamento eléctrico.

La Revisión IV contempla el reforzamiento de las columnas C2 y C1 en entrejes D/1, D/2 y D/3 adicionando a las cuerdas un ángulo LI102x6 en una longitud de 6.05 m.

1.- ESPECIFICACIONES:

1.1 Materiales:

Perfiles y placas	ASTM A-36
Tornillos	A-394n T.A.
Concreto	$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$
Acero de refuerzo	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$; Inclusive para anclas.

1.2 Diseño

1.2.1 Estructuras de acero	AISC – LRFD última revisión.
1.2.2 Manuales	IMCA y MDOC de C.F.E.

1.3 Análisis y Diseño

1.3.1 Procesador de palabras para documentos	WORD - OFFICE '2000
1.3.2 Programa de computadora para dibujo.	AUTOCAD ver. 14
1.3.3 Programa de computadora	STAAD-PRO rel. 21ª.

1.4 Datos del terreno:

Capacidad de carga	$\sigma = \text{variable}$	Usar pilotes de 0.45x0.45x5.70 m.
Suelo Tipo	II	

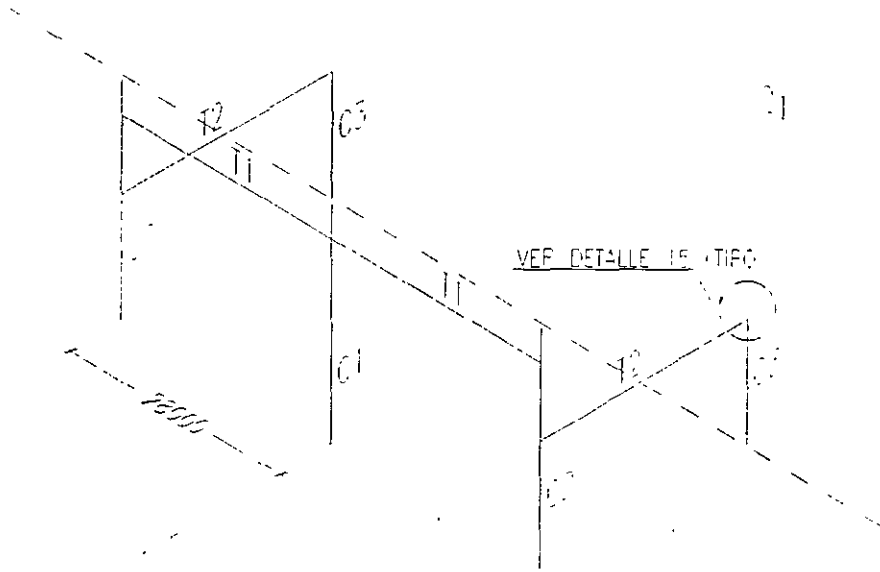
1.5 Parámetros sísmicos:

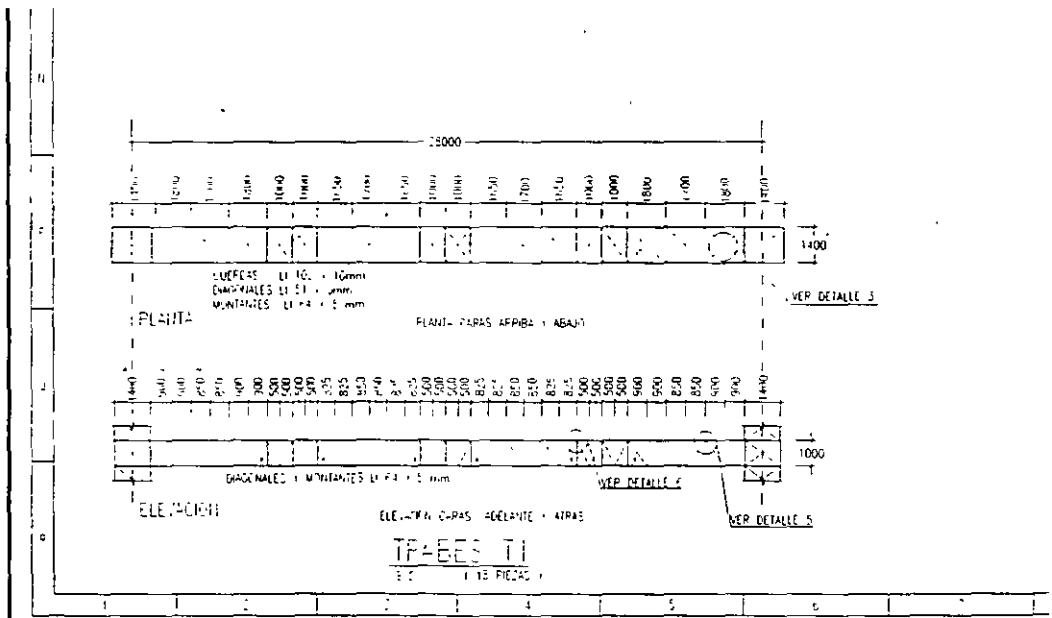
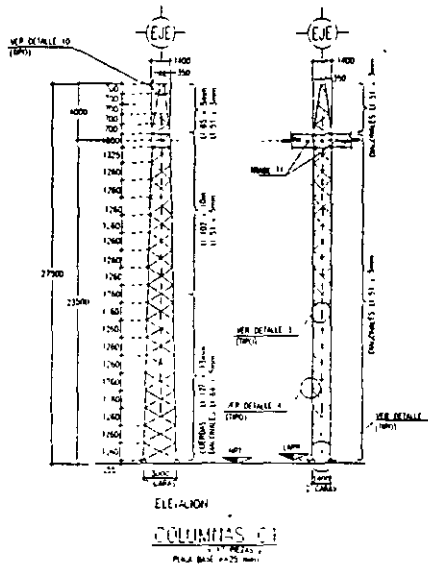
1.5.1 Coeficiente sísmico básico	$C_{sb} = 0.54g$
1.5.2 Grupo	A
1.5.3 Tipo de terreno	II
1.5.4 Coeficiente de diseño $C_s = C_{sb}XFA/Q$	$C_{sd} = 0.64 \times 1.50 / 4 = 0.24 g$

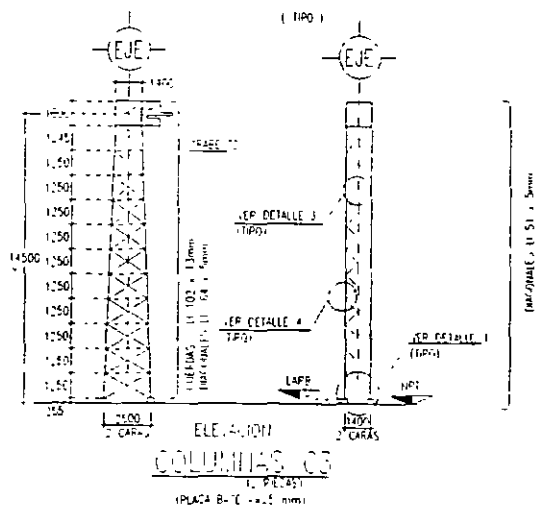
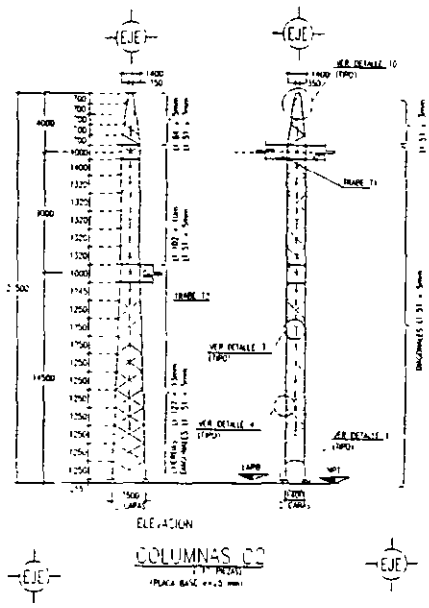
1.6 Parámetros eólicos:

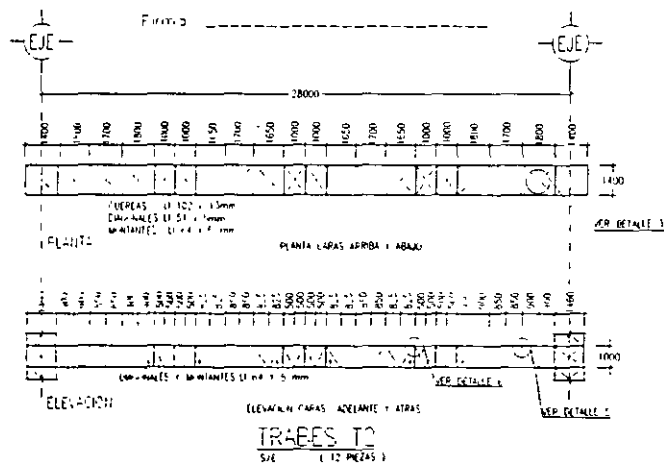
1.6.1 Velocidad regional de viento	220.0 kms./hr.	P.R. = 200 años
------------------------------------	----------------	-----------------

2.- ARREGLO DIMENSIONAL:









3.-ANÁLISIS DE CARGAS

Nota: Se enlistan como se introducen en el modelo matemático del programa STAAD y se obtuvieron de la información básica proporcionada por ALSTOM

3.1 CARGAS PERMANENTES

El peso propio de la estructura, queda implícito con la instrucción: SELFWEIGHT Y -1

3.2 CARGAS VIVAS

Se contemplan las siguientes tensiones:

Trabe T-1 Dirección Z

Hacia arriba - Z -2.410, -2.187, -2.149, -2.590, -2.788, y -3.085 tn.
 Hacia abajo + Z 2.330, 2.330, 2.330, 2.330, 2.330, y 2.330 tn.

Trabe T-2 Lado Izquierdo

Dirección - X No hay tensiones.
Dirección + X 3 tensiones de 4.066 tn.

Trabe T-2 Lado derecho

Dirección -X 3 tensiones de -4.066 tn.
Dirección +X 3 tensiones de +4.501 tn.

Marco G-F:X-7

Trabe T-1 Dirección -Z T= -2.410, -2.187, -2.149, -2.590, -2.788, -3.085
Dirección +Z T = 6 tensiones de 2.330 tn.
Trabe T-2 Dirección -X T = 3 tensiones de -4.501
Dirección +X T = 3 tensiones de +3.331 tn.
Trabe T-2 Dirección -X T = 3 tensiones de -3.331 tn.
Dirección +X T = 3 tensiones de 2.061 tn.

Marco E-D:7-9

Trabe T-1 Dirección +Z T = 6 tensiones de 2.330 tn.
Dirección -Z T = 6 tensiones de -2.103
Trabe T-2 Dirección -X T = 3 tensiones de -3.331 tn.
Dirección +X T = 3 tensiones de 4.501 tn.
Trabe T-2 Dirección -X T = 3 tensiones de -4.501 tn.
Dirección +X T = 3 tensiones de 4.066 tn.

Marco E-D:1-3

Trabe T-1 Dirección +Z T = 6 tensiones de 2.330 tn.
Dirección -Z T = 6 tensiones de -2.668 tn.
Trabe T-2 Dirección -X No hay tensiones
Dirección +X T = 3 tensiones de 4.066 tn.
Trabe T-2 Dirección -X T = 3 tensiones de -4.066 tn.
Dirección +X T = 3 tensiones de 2.061 tn.

3.3 CARGAS ACCIDENTALES**3.3.1 Sismo**

No aplica, en virtud de que el sismo no es preponderante en éste tipo de estructuras.

3.3.2 Viento:

Es el viento que actúa en la estructura, incluyendo el de los cables.

Cálculo de la presión de diseño de acuerdo con el MDOC-CFE'95:

CONCEPTO	Valor	Inc.	Pág.	Tabla
Velocidad regional del viento	$V_r = 220$ k/hr			
Altura de la estructura por diseñar	variable: 10, 14, 18, 22, 25 y 27.5 m.			
Clasificación estructura según su importancia:	Grupo A	4.3		1.4.5

Clasificación estructuras según su respuesta	Tipo 2	4.4	1.4.7	
Velocidad de diseño $V_d = F_t \times F_\alpha \times V_r$		4.6	1.4.12	
Categoría del terreno según su rugosidad	Cat. 2	4.6.1	1.4.13	I.1
Clase de estructura según su tamaño	Clase B	4.6.1	1.4.14	I.2
Factor de exposición $F_\alpha = F_c \times F_rz$	variable	4.6.3		
Factor de tamaño	$F_c = 0.95$	4.6.3.1	1.4.19	I.3
Altura gradiente	$\delta = 315\text{m}$	4.6.3.2	1.4.20	I.4
Exponente de forma de variación del viento	$\alpha = 0.131$	4.6.3.2	1.4.20	I.4
Factor de rugosidad y altura: $F_rz = 1.56 (z/(\delta))^\alpha$	variable	4.6.3.2	1.4.19	
Factor de topografía	$F_t = 1.00$	4.6.4	1.4.21	I.5
Ω presión barométrica a una altitud de 5 m.s.n.m.	760 mm Hg.			
τ temperatura máxima al día	45° C			
$G = 0.392\Omega/(273+\tau) = 0.392 \times 760 / (273+45)$	0.937			
$qz = 0.0048 \times G \times V_d^2$	variable	4.7	1.4.27	

En virtud de que $H/D = 27.5 / 1.4 = 19.64 \gg 5$, se requiere un análisis dinámico.

Análisis Dinámico:

Cálculo de los factores de ráfaga:

CONCEPTO	Valor	Inc.	Pág.	Tabla
Ca coeficiente de arrastre	2.2	4.8.2	1.4.66	I.25
K' variable adimensional	1.288	4.9.3.2	1.4.71	I.29
η variable adimensional	-0.054	4.9.3.2	1.4.71	I.29
δ altura gradiente en m.	315			I.29
α' exponente de la variación del factor de ráfaga	0.18	4.9.3.3	1.4.73	
b/H Relación base/altura	1.0182 X	0.0518 Z		
B. Factor de excitación de fondo	1.4530	1.4327	1.4.75	I.20
Frecuencia reducida	1.3188	1.3188	1.4.75	I.20
S. factor de reducción por tamaño	0.1000	0.1500	1.4.75	I.20
Inverso de la longitud de onda	0.0480	0.0480	1.4.75	I.20
E, relación de energía de ráfaga	0.0663	0.0663	1.4.75	I.20
v, rapidez de fluctuación promedio	1.1814	1.3509	1.4.75	I.20

Cálculo de las velocidades de diseño y las fuerzas en los nudos por sus alturas correspondientes:

Columna C1

Secc. Altura Factor Factor Veloc. Pres. Factor Coef. Pres. Area Fuerza Fuerza kg.

	H m.	F _{RZ}	F _α	V _D k/h q z	F _g	arr.C _a	dis. p _D	A _e m ²	F _Z kg	F _Z /nudo
1	2.52	0.993	0.943	207	206.65	0.93	2.8	538.1	x 1.94 1044 z 1.53 823.3	261.0 206.0
2	5.04	0.993	0.943	207	206.65	0.93	2.8	538.1	x 1.89 1017 z 1.53 823.3	256.0 206.0
3	7.56	0.993	0.943	207	206.65	0.94	2.8	543.9	x 1.35 734.3 z 1.02 554.8	183.6 138.7
4	10.08	0.993	0.943	207	206.65	0.94	2.8	543.9	x 1.35 712.5 z 1.02 554.8	178.1 138.7
5	12.6	1.037	0.986	217	216.84	0.95	2.8	576.8	x 1.27 732.5 z 0.95 548.0	183.1 137.0
6	15.12	1.037	0.986	217	216.84	0.95	2.8	576.8	x 1.00 576.8 z 0.88 507.6	144.2 126.9
7	17.64	1.072	1.019	224	241.05	0.96	2.8	647.9	x 0.96 622.0 z 0.88 570.2	155.5 142.5
8	20.16	1.101	1.046	230	254.06	0.96	2.8	682.9	x 0.93 635.1 z 0.88 601.0	158.8 150.2
9	22.75	1.119	1.063	234	254.06	0.97	2.8	690.0	x 1.06 731.4 z 1.05 724.5	182.9 181.1
10	23.75	1.119	1.063	234	254.06	0.97	2.8	690.0	x 0.52 358.8 z 0.52 358.8	089.7 089.7
11	25.15	1.119	1.063	234	254.06	0.98	2.8	697.1	x 0.68 474.0 z 0.68 474.0	118.5 118.5
12	26.55	1.133	1.077	237	262.72	0.98	2.8	720.9	x 0.29 209.1 z 0.27 201.9	052.3 050.5
13	27.25	1.133	1.077	237	262.72	0.99	2.8	728.3	x 0.28 203.9 z 0.28 203.9	051.0 051.0

Trabe T1

Secc.	Altura H m.	Factor F _{RZ}	Factor F _α	Veloc. V _D k/h q z	Pres. F _g	Factor arr.C _a	Coef. dis. p _D	Pres. A _e m ²	Fuerza F _Z kg	Fuerza F _Z /nudo kg.
1	23.25	1.037	0.986	217	216.85	0.95	2.8	576.8	x 0.78 449.9 x 1.25 721.0 x 0.78 449.9	112.5 180.2 112.5

Ejemplo del cálculo de las áreas de la columna C1

Altura 2.52 m

Ancho = 3.00 m

Cuerdas : L= 2.52, LI 127x13; Diagonales: L_{prom.} = 3.13; LI 64x5

Refuerzo adicional: LI102x6, L = 2.52

$$A = 2 \times 2.52 \times 0.127 + 4 \times 3.13 \times 0.063 + 2 \times 2.52 \times 0.102 = 1.94 \text{ m}^2.$$

Ancho = 1.40 m

Cuerdas : L= 2.52, LI 127x13; Diagonales: L_{prom.} = 1.88; LI 51x5

Refuerzo adicional: LI102x6, L = 2.52

$$A = 2 \times 2.52 \times 0.127 + 4 \times 1.88 \times 0.051 + 2 \times 2.52 \times 0.102 = 1.53 \text{ m}^2.$$

Ejemplo del cálculo de las áreas de las traveses T1

Altura 23.50 m

Nudos extremos: Cuerdas : L= 5.50, LI 102x10; Diagonales: Lprom. = 1.30 m, LI 64x5
 $A = 5.5 \times 0.102 + 0.063 (2 \times 1.30 + 1.00) = 0.78 \text{ m}^2.$

Nudos centrales: Cuerdas : L= 8.00, LI 102x10; Diagonales: Lprom. = 1.30 m, LI 64x5
 $A = 8.0 \times 0.102 + 0.063 (4 \times 1.3 + 2 \times 1.0) = 1.25 \text{ m}^2.$

Columna C2

Secc.	Altura H m.	Factor F_{RZ}	Factor F_{α}	Veloc. V_D k/h	Pres. q z	Factor F_g	Coef. arr. C_a	Pres. dis. p_D	Area A_e m ²	Fuerza F_z kg	Fuerza kg. F_z/nudo
1	2.5	0.993	0.943	207	206.65	0.93	2.8	538.1	z 1.53 x 1.68	823.3 904.0	206.0 226.0
2	5.0	0.993	0.943	207	206.65	0.93	2.8	538.1	z 1.53 x 1.64	823.3 882.5	206.0 221.0
3	7.5	0.993	0.943	207	206.65	0.94	2.8	543.9	z 1.02 x 1.11	554.8 543.9	138.7 150.9
4	10.0	0.993	0.943	207	206.65	0.94	2.8	543.9	z 1.02 x 1.04	554.8 599.9	138.7 145.5
5	12.5	1.037	0.986	217	216.84	0.95	2.8	576.8	z 1.02 x 1.04	588.3 599.9	147.1 150.0
6	15.0	1.037	0.986	217	216.84	0.95	2.8	576.8	z 1.22 x 1.22	703.7 703.7	175.9 175.9
7	17.64	1.072	1.019	224	241.05	0.96	2.8	647.9	z 0.92 x 0.92	596.1 596.1	149.0 149.0
8	20.28	1.101	1.046	230	254.06	0.96	2.8	682.9	z 0.92 x 0.92	628.3 628.3	157.1 157.1
9	23.0	1.119	1.063	234	254.06	0.97	2.8	690.0	z 1.09 x 1.09	752.1 752.1	188.0 188.0
10	24.0	1.119	1.063	234	254.06	0.97	2.8	690.0	z 0.52 x 0.52	358.8 358.8	089.7 089.7
11	25.4	1.119	1.063	234	254.06	0.98	2.8	697.1	z 0.31 x 0.31	216.1 216.1	054.0 054.0
12	26.8	1.133	1.077	237	262.72	0.98	2.8	720.9	z 0.27 x 0.27	194.6 194.6	048.7 048.7
13	27.5	1.133	1.077	237	262.72	0.99	2.8	728.3	z 0.15 x 0.15	109.2 109.2	027.3 027.3

Trabe T2

Secc.	Altura H m.	Factor F_{RZ}	Factor F_{α}	Veloc. V_D k/h	Pres. q z	Factor F_g	Coef. arr. C_a	Pres. dis. p_D	Area A_e m ²	Fuerza F_Z kg	Fuerza F_{Z1} /nudo
1	15.0	1.037	0.986	217	216.85	0.95	2.8	576.8	x 0.78 x 1.25 x 0.78	449.9 721.0 449.9	112.5 180.2 112.5

Columna C3

Secc.	Altura H m.	Factor F_{RZ}	Factor F_{α}	Veloc. V_D k/h	Pres. q z	Factor F_g	Coef. arr. C_a	Pres. dis. p_D	Area A_e m ²	Fuerza F_Z kg	Fuerza F_{Z1} /nudo
1	2.5	0.993	0.943	207	206.65	0.93	2.8	538.1	x 0.98 z 1.19	527.3 640.3	131.8 160.1
2	5.0	0.993	0.943	207	206.65	0.93	2.8	538.1	x 0.98 z 1.14	527.3 613.4	131.8 153.4
3	7.5	0.993	0.943	207	206.65	0.94	2.8	543.9	x 0.98 z 1.09	533.0 592.9	133.3 148.2
4	10.0	0.993	0.943	207	206.65	0.94	2.8	543.9	x 0.98 z 1.05	533.0 571.1	133.3 142.8
5	12.5	1.037	0.986	217	216.84	0.95	2.8	576.8	x 0.98 z 1.01	565.3 582.6	141.3 145.7
6	15.0	1.037	0.986	217	216.84	0.95	2.8	576.8	x 1.19 z 1.19	686.4 686.4	171.1 171.1

4.- COMBINACIONES DE CARGAS

Nota: Las presentes combinaciones de carga, fueron obtenidas de la especificación: CPTT-S01 "Estructuras metálicas para subestaciones eléctricas", la cual expresa:

4.1 Condiciones de carga (CPTT-S01 6.3.1.1)

- PC Peso del equipo.
- PE Peso de la estructura
- TC Tensión en los cables
- VE Viento sobre la estructura
- VC Viento sobre los cables (incluida en tensiones)

Para efecto del presente análisis y diseño, se consideraron las siguientes condiciones de carga, que cubren las indicadas en la especificación CPTT-S01 6.3.1.1

- PPO peso propio
- TC tensiones
- HR hilo roto
- VX viento en la dirección X
- VZ viento en la dirección Z

4.2 Combinaciones con factores de carga (CPTT-S01 6.3.1.2)

Combinación 1	$(PC + PE)1.2$
Combinación 2	$(PC + PE)1.2 + (VC + VE)1.3$
Combinación 3	$(PC + PE + VC + VE)$

Para efecto de la presente memoria de cálculo, se consideran las siguientes combinaciones, que por supuesto cubren las indicadas por la especificación CPTT-S01 6.3.1.2

4.2.1 Combinaciones con cargas no factorizadas:

PPO + TC
PPO + TC + VX
PPO + TC - VX
PPO + TC + HR + VX
PPO + TC + HR - VX
PPO + TC + VZ
PPO + TC - VZ
PPO + TC + HR + VZ
PPO + TC + HR - VZ

4.2.2 Combinaciones con cargas factorizadas:

1.2PPO + 1.25TC
1.2PPO + 1.25TC + 1.3VX
1.2PPO + 1.25TC - 1.3VX
1.2PPO + 1.25TC + 1.25HR + 1.3VX
1.2PPO + 1.25TC + 1.25HR - 1.3VX
1.2PPO + 1.25TC + 1.3VZ
1.2PPO + 1.25TC - 1.3VZ
1.2PPO + 1.25TC + 1.25HR + 1.3VZ
1.2PPO + 1.25TC + 1.25HR - 1.3VZ

4.2.3 Cálculo de la resist. Mecánica: AISC-LRFD (CPTT-S01 6.3.3)

Este tipo de diseño está contemplado en el programa STAAD-III

4.2.4 Deformaciones elásticas admisibles:

$L / 250$, para la Combinación 3, ó 0.006 H

Las deformaciones se ajustan a 0.006 ó 0.010 H (aproximadamente $L/250$)

5.- RESULTADOS DEL PROGRAMA STAAD

.....
* STAAD/Pro *

```

*          Version 2000   Build 1007          *
*          Proprietary Program of            *
*          RESEARCH ENGINEERS, Inc.         *
*          Date=   SEP 14, 2001             *
*          Time=   12:26:27                 *
*
*          USER ID: Diseo y Consultoria     *
*****

```

```

1. STAAD TRUSS S.E. 3 ESTRELLAS MARCO E-D:1-3 MED13R.STD
2. START JOB INFORMATION
3. JOB NAME SUBESTACION TRES ESTRELLAS
4. JOB CLIENT ALSTOM PARA C.F.E
5. JOB NO 6928-006
6. JOB PART MARCO EJES E-D:1-3
7. JOB REF SUBESTACION 400 KV
8. ENGINEER NAME DRGUEZP.
9. CHECKER NAME BFDEZJ
10. APPROVED NAME JMMONTOYA
11. ENGINEER DATE 14-SEP-01
12. CHECKER DATE 14-SEP-01
13. APPROVED DATE 14-SEP-01
14. END JOB INFORMATION
15. INPUT WIDTH 72
16. PAGE LENGTH 85
17. UNIT CM MTON
18. JOINT COORDINATES
19. 1 5530 0 -125; 2 5670 0 -125; 3 5670 0 125; 4 5530 0 125
20. 5 5530 125 -120; 6 5670 125 -120; 7 5670 125 120; 8 5530 125 120
21. 9 5530 250 -115; 10 5670 250 -115; 11 5670 250 115; 12 5530 250 115
22. 13 5530 375 -110; 14 5670 375 -110; 15 5670 375 110; 16 5530 375 110
23. 17 5530 500 -105; 18 5670 500 -105; 19 5670 500 105; 20 5530 500 105
24. 21 5530 625 -100; 22 5670 625 -100; 23 5670 625 100; 24 5530 625 100
25. 25 5530 750 -95; 26 5670 750 -95; 27 5670 750 95; 28 5530 750 95
26. 29 5530 875 -90; 30 5670 875 -90; 31 5670 875 90; 32 5530 875 90
27. 33 5530 1000 -85; 34 5670 1000 -85; 35 5670 1000 85; 36 5530 1000 85
28. 37 5530 1125 -80; 38 5670 1125 -80; 39 5670 1125 80; 40 5530 1125 80
29. 41 5530 1250 -75; 42 5670 1250 -75; 43 5670 1250 75; 44 5530 1250 75
30. 45 5530 1400 -70; 46 5670 1400 -70; 47 5670 1400 70; 48 5530 1400 70
31. 49 5530 1500 -70; 50 5670 1500 -70; 51 5670 1500 70; 52 5530 1500 70
32. 53 5530 1632 -70; 54 5670 1632 -70; 55 5670 1632 70; 56 5530 1632 70
33. 57 5530 1764 -70; 58 5670 1764 -70; 59 5670 1764 70; 60 5530 1764 70
34. 61 5530 1896 -70; 62 5670 1896 -70; 63 5670 1896 70; 64 5530 1896 70
35. 65 5530 2028 -70; 66 5670 2028 -70; 67 5670 2028 70; 68 5530 2028 70
36. 69 5530 2160 -70; 70 5670 2160 -70; 71 5670 2160 70; 72 5530 2160 70
37. 73 5530 2300 -70; 74 5670 2300 -70; 75 5670 2300 70; 76 5530 2300 70
38. 77 5530 2400 -70; 78 5670 2400 -70; 79 5670 2400 70; 80 5530 2400 70
39. 81 5540.5 2470 -59.5; 82 5659.5 2470 -59.5; 83 5659.5 2470 59.5
40. 84 5540.5 2470 59.5; 85 5551 2540 -49; 86 5649 2540 -49
41. 87 5649 2540 49; 88 5551 2540 49; 89 5561.5 2610 -38.5
42. 90 5638.5 2610 -38.5; 91 5638.5 2610 38.5; 92 5561.5 2610 38.5
43. 93 5572 2680 -28; 94 5628 2680 -28; 95 5628 2680 28; 96 5572 2680 28
44. 97 5582.5 2750 -17.5; 98 5617.5 2750 -17.5; 99 5617.5 2750 17.5
45. 100 5582.5 2750 17.5; 101 5475 0 2730; 102 5725 0 2730; 103 5725 0 2870
46. 104 5475 0 2870; 105 5480 125 2730; 106 5720 125 2730
47. 107 5720 125 2870; 108 5480 125 2870; 109 5485 250 2730
48. 110 5715 250 2730; 111 5715 250 2870; 112 5485 250 2870
49. 113 5490 375 2730; 114 5710 375 2730; 115 5710 375 2870
50. 116 5490 375 2870; 117 5495 500 2730; 118 5705 500 2730
51. 119 5705 500 2870; 120 5495 500 2870; 121 5500 625 2730
52. 122 5700 625 2730; 123 5700 625 2870; 124 5500 625 2870
53. 125 5505 750 2730; 126 5695 750 2730; 127 5695 750 2870
54. 128 5505 750 2870; 129 5510 875 2730; 130 5690 875 2730
55. 131 5690 875 2870; 132 5510 875 2870; 133 5515 1000 2730
56. 134 5685 1000 2730; 135 5685 1000 2870; 136 5515 1000 2870
57. 137 5520 1125 2730; 138 5680 1125 2730; 139 5680 1125 2870
58. 140 5520 1125 2870; 141 5525 1250 2730; 142 5675 1250 2730
59. 143 5675 1250 2870; 144 5525 1250 2870; 145 5530 1400 2730
60. 146 5670 1400 2730; 147 5670 1400 2870; 148 5530 1400 2870
61. 149 5530 1500 2730; 150 5670 1500 2730; 151 5670 1500 2870
62. 152 5530 1500 2870; 153 5530 1400 160; 154 5670 1400 160
63. 155 5530 1400 250; 156 5530 1500 250; 157 5670 1500 250
64. 158 5670 1400 250; 159 5530 1400 335; 160 5670 1400 335
65. 161 5530 1400 420; 162 5530 1500 420; 163 5670 1500 420
66. 164 5670 1400 420; 165 5530 1400 510; 166 5670 1400 510

```

67. 167 5530 1400 600; 168 5530 1450 600; 169 5530 1500 600
 68. 170 5600 1500 600; 171 5670 1500 600; 172 5670 1450 600
 69. 173 5670 1400 600; 174 5600 1400 600; 175 5530 1400 700
 70. 176 5530 1450 700; 177 5530 1500 700; 178 5600 1500 700
 71. 179 5670 1500 700; 180 5670 1450 700; 181 5670 1400 700
 72. 182 5600 1400 700; 183 5530 1400 800; 184 5530 1450 800
 73. 185 5530 1500 800; 186 5600 1500 800; 187 5670 1500 800
 74. 188 5670 1450 800; 189 5670 1400 800; 190 5600 1400 800
 75. 191 5530 1400 882.5; 192 5670 1400 882.5; 193 5530 1400 965
 76. 194 5530 1500 965; 195 5670 1500 965; 196 5670 1400 965
 77. 197 5530 1400 1050; 198 5670 1400 1050; 199 5530 1400 1135
 78. 200 5530 1500 1135; 201 5670 1500 1135; 202 5670 1400 1135
 79. 203 5530 1400 1217.5; 204 5670 1400 1217.5; 205 5530 1400 1300
 80. 206 5530 1450 1300; 207 5530 1500 1300; 208 5600 1500 1300
 81. 209 5670 1500 1300; 210 5670 1450 1300; 211 5670 1400 1300
 82. 212 5600 1400 1300; 213 5530 1400 1400; 214 5530 1450 1400
 83. 215 5530 1500 1400; 216 5600 1500 1400; 217 5670 1500 1400
 84. 218 5670 1450 1400; 219 5670 1400 1400; 220 5600 1400 1400
 85. 221 5530 1400 1500; 222 5530 1450 1500; 223 5530 1500 1500
 86. 224 5600 1500 1500; 225 5670 1500 1500; 226 5670 1450 1500
 87. 227 5670 1400 1500; 228 5600 1400 1500; 229 5530 1400 1582.5
 88. 230 5670 1400 1582.5; 231 5530 1400 1665; 232 5530 1500 1665
 89. 233 5670 1500 1665; 234 5670 1400 1665; 235 5530 1400 1750
 90. 236 5670 1400 1750; 237 5530 1400 1835; 238 5530 1500 1835
 91. 239 5670 1500 1835; 240 5670 1400 1835; 241 5530 1400 1917.5
 92. 242 5670 1400 1917.5; 243 5530 1400 2000; 244 5530 1450 2000
 93. 245 5530 1500 2000; 246 5600 1500 2000; 247 5670 1500 2000
 94. 248 5670 1450 2000; 249 5670 1400 2000; 250 5600 1400 2000
 95. 251 5530 1400 2100; 252 5530 1450 2100; 253 5530 1500 2100
 96. 254 5600 1500 2100; 255 5670 1500 2100; 256 5670 1450 2100
 97. 257 5670 1400 2100; 258 5600 1400 2100; 259 5530 1400 2200
 98. 260 5530 1450 2200; 261 5530 1500 2200; 262 5600 1500 2200
 99. 263 5670 1500 2200; 264 5670 1450 2200; 265 5670 1400 2200
 100. 266 5600 1400 2200; 267 5530 1400 2290; 268 5670 1400 2290
 101. 269 5530 1400 2380; 270 5530 1500 2380; 271 5670 1500 2380
 102. 272 5670 1400 2380; 273 5530 1400 2470; 274 5670 1400 2470
 103. 275 5530 1400 2550; 276 5530 1500 2550; 277 5670 1500 2550
 104. 278 5670 1400 2550; 279 5530 1400 2640; 280 5670 1400 2640
 105. 281 -70 0 -125; 282 70 0 -125; 283 70 0 125; 284 -70 0 125
 106. 285 -70 125 -120; 286 70 125 -120; 287 70 125 120; 288 -70 125 120
 107. 289 -70 250 -115; 290 70 250 -115; 291 70 250 115; 292 -70 250 115
 108. 293 -70 375 -110; 294 70 375 -110; 295 70 375 110; 296 -70 375 110
 109. 297 -70 500 -105; 298 70 500 -105; 299 70 500 105; 300 -70 500 105
 110. 301 -70 625 -100; 302 70 625 -100; 303 70 625 100; 304 -70 625 100
 111. 305 -70 750 -95; 306 70 750 -95; 307 70 750 95; 308 -70 750 95
 112. 309 -70 875 -90; 310 70 875 -90; 311 70 875 90; 312 -70 875 90
 113. 313 -70 1000 -85; 314 70 1000 -85; 315 70 1000 85; 316 -70 1000 85
 114. 317 -70 1125 -80; 318 70 1125 -80; 319 70 1125 80; 320 -70 1125 80
 115. 321 -70 1250 -75; 322 70 1250 -75; 323 70 1250 75; 324 -70 1250 75
 116. 325 -70 1400 -70; 326 70 1400 -70; 327 70 1400 70; 328 -70 1400 70
 117. 329 -70 1500 -70; 330 70 1500 -70; 331 70 1500 70; 332 -70 1500 70
 118. 333 -70 1632 -70; 334 70 1632 -70; 335 70 1632 70; 336 -70 1632 70
 119. 337 -70 1764 -70; 338 70 1764 -70; 339 70 1764 70; 340 -70 1764 70
 120. 341 -70 1896 -70; 342 70 1896 -70; 343 70 1896 70; 344 -70 1896 70
 121. 345 -70 2028 -70; 346 70 2028 -70; 347 70 2028 70; 348 -70 2028 70
 122. 349 -70 2160 -70; 350 70 2160 -70; 351 70 2160 70; 352 -70 2160 70
 123. 353 -70 2300 -70; 354 70 2300 -70; 355 70 2300 70; 356 -70 2300 70
 124. 357 -70 2400 -70; 358 70 2400 -70; 359 70 2400 70; 360 -70 2400 70
 125. 361 -59.5 2470 -59.5; 362 59.5 2470 -59.5; 363 59.5 2470 59.5
 126. 364 -59.5 2470 59.5; 365 -49 2540 -49; 366 49 2540 -49; 367 49 2540 49
 127. 368 -49 2540 49; 369 -38.5 2610 -38.5; 370 38.5 2610 -38.5
 128. 371 38.5 2610 38.5; 372 -38.5 2610 38.5; 373 -28 2680 -28
 129. 374 28 2680 -28; 375 28 2680 28; 376 -28 2680 28; 377 -17.5 2750 -17.5
 130. 378 17.5 2750 -17.5; 379 17.5 2750 17.5; 380 -17.5 2750 17.5
 131. 381 -125 0 2730; 382 125 0 2730; 383 125 0 2870; 384 -125 0 2870
 132. 385 -120 125 2730; 386 120 125 2730; 387 120 125 2870
 133. 388 -120 125 2870; 389 -115 250 2730; 390 115 250 2730
 134. 391 115 250 2870; 392 -115 250 2870; 393 -110 375 2730
 135. 394 110 375 2730; 395 110 375 2870; 396 -110 375 2870
 136. 397 -105 500 2730; 398 105 500 2730; 399 105 500 2870
 137. 400 -105 500 2870; 401 -100 625 2730; 402 100 625 2730
 138. 403 100 625 2870; 404 -100 625 2870; 405 -95 750 2730; 406 95 750 2730
 139. 407 95 750 2870; 408 -95 750 2870; 409 -90 875 2730; 410 90 875 2730
 140. 411 90 875 2870; 412 -90 875 2870; 413 -85 1000 2730; 414 85 1000 2730
 141. 415 85 1000 2870; 416 -85 1000 2870; 417 -80 1125 2730
 142. 418 80 1125 2730; 419 80 1125 2870; 420 -80 1125 2870
 143. 421 -75 1250 2730; 422 75 1250 2730; 423 75 1250 2870

144. 424 -75 1250 2870; 425 -70 1400 2730; 426 70 1400 2730
 145. 427 70 1400 2870; 428 -70 1400 2870; 429 -70 1500 2730
 146. 430 70 1500 2730; 431 70 1500 2870; 432 -70 1500 2870; 433 -70 1400 160
 147. 434 70 1400 160; 435 -70 1400 250; 436 -70 1500 250; 437 70 1500 250
 148. 438 70 1400 250; 439 -70 1400 335; 440 70 1400 335; 441 -70 1400 420
 149. 442 -70 1500 420; 443 70 1500 420; 444 70 1400 420; 445 -70 1400 510
 150. 446 70 1400 510; 447 -70 1400 600; 448 -70 1450 600; 449 -70 1500 600
 151. 450 0 1500 600; 451 70 1500 600; 452 70 1450 600; 453 70 1400 600
 152. 454 0 1400 600; 455 -70 1400 700; 456 -70 1450 700; 457 -70 1500 700
 153. 458 0 1500 700; 459 70 1500 700; 460 70 1450 700; 461 70 1400 700
 154. 462 0 1400 700; 463 -70 1400 800; 464 -70 1450 800; 465 -70 1500 800
 155. 466 0 1500 800; 467 70 1500 800; 468 70 1450 800; 469 70 1400 800
 156. 470 0 1400 800; 471 -70 1400 882.5; 472 70 1400 882.5; 473 -70 1400 965
 157. 474 -70 1500 965; 475 70 1500 965; 476 70 1400 965; 477 -70 1400 1050
 158. 478 70 1400 1050; 479 -70 1400 1135; 480 -70 1500 1135
 159. 481 70 1500 1135; 482 70 1400 1135; 483 -70 1400 1217.5
 160. 484 70 1400 1217.5; 485 -70 1400 1300; 486 -70 1450 1300
 161. 487 -70 1500 1300; 488 0 1500 1300; 489 70 1500 1300; 490 70 1450 1300
 162. 491 70 1400 1300; 492 0 1400 1300; 493 -70 1400 1400; 494 -70 1450 1400
 163. 495 -70 1500 1400; 496 0 1500 1400; 497 70 1500 1400; 498 70 1450 1400
 164. 499 70 1400 1400; 500 0 1400 1400; 501 -70 1400 1500; 502 -70 1450 1500
 165. 503 -70 1500 1500; 504 0 1500 1500; 505 70 1500 1500; 506 70 1450 1500
 166. 507 70 1400 1500; 508 0 1400 1500; 509 -70 1400 1582.5
 167. 510 70 1400 1582.5; 511 -70 1400 1665; 512 -70 1500 1665
 168. 513 70 1500 1665; 514 70 1400 1665; 515 -70 1400 1750; 516 70 1400 1750
 169. 517 -70 1400 1835; 518 -70 1500 1835; 519 70 1500 1835
 170. 520 70 1400 1835; 521 -70 1400 1917.5; 522 70 1400 1917.5
 171. 523 -70 1400 2000; 524 -70 1450 2000; 525 -70 1500 2000
 172. 526 0 1500 2000; 527 70 1500 2000; 528 70 1450 2000; 529 70 1400 2000
 173. 530 0 1400 2000; 531 -70 1400 2100; 532 -70 1450 2100
 174. 533 -70 1500 2100; 534 0 1500 2100; 535 70 1500 2100; 536 70 1450 2100

 175. 537 70 1400 2100; 538 0 1400 2100; 539 -70 1400 2200; 540 -70 1450 2200
 176. 541 -70 1500 2200; 542 0 1500 2200; 543 70 1500 2200; 544 70 1450 2200
 177. 545 70 1400 2200; 546 0 1400 2200; 547 -70 1400 2290; 548 70 1400 2290
 178. 549 -70 1400 2380; 550 -70 1500 2380; 551 70 1500 2380
 179. 552 70 1400 2380; 553 -70 1400 2470; 554 70 1400 2470
 180. 555 -70 1400 2550; 556 -70 1500 2550; 557 70 1500 2550
 181. 558 70 1400 2550; 559 -70 1400 2640; 560 70 1400 2640; 561 2730 0 -150

 182. 562 2870 0 -150; 563 2870 0 150; 564 2730 0 150; 565 2730 126 -145.5
 183. 566 2870 126 -145.5; 567 2870 126 145.5; 568 2730 126 145.5
 184. 569 2730 252 -141.1; 570 2870 252 -141.1; 571 2870 252 141.1
 185. 572 2730 252 141.1; 573 2730 378 -136.6; 574 2870 378 -136.6
 186. 575 2670 378 136.6; 576 2730 378 136.6; 577 2730 504 -132.2
 187. 578 2870 504 -132.2; 579 2870 504 132.2; 580 2730 504 132.2
 188. 581 2730 630 -127.7; 582 2870 630 -127.7; 583 2870 630 127.7
 189. 584 2730 630 127.7; 585 2730 756 -123.3; 586 2870 756 -123.3
 190. 587 2870 756 123.3; 588 2730 756 123.3; 589 2730 882 -118.8
 191. 590 2870 882 -118.8; 591 2870 882 118.8; 592 2730 882 118.8
 192. 593 2730 1008 -114.3; 594 2870 1008 -114.3; 595 2870 1008 114.3
 193. 596 2730 1008 114.3; 597 2730 1134 -109.9; 598 2870 1134 -109.9
 194. 599 2870 1134 109.9; 600 2730 1134 109.9; 601 2730 1260 -105.5
 195. 602 2870 1260 -105.5; 603 2870 1260 105.5; 604 2730 1260 105.5
 196. 605 2730 1386 -101; 606 2870 1386 -101; 607 2870 1386 101
 197. 608 2730 1386 101; 609 2730 1512 -96.6; 610 2870 1512 -96.6
 198. 611 2870 1512 96.6; 612 2730 1512 96.6; 613 2730 1638 -92.1
 199. 614 2870 1638 -92.1; 615 2870 1638 92.1; 616 2730 1638 92.1
 200. 617 2730 1764 -87.8; 618 2870 1764 -87.8; 619 2870 1764 87.8
 201. 620 2730 1764 87.8; 621 2730 1890 -83.2; 622 2870 1890 -83.2
 202. 623 2870 1890 83.2; 624 2730 1890 83.2; 625 2730 2016 -78.8
 203. 626 2870 2016 -78.8; 627 2870 2016 78.8; 628 2730 2016 78.8
 204. 629 2730 2142 -74.3; 630 2870 2142 -74.3; 631 2870 2142 74.3
 205. 632 2730 2142 74.3; 633 2730 2300 -70; 634 2870 2300 -70
 206. 635 2870 2300 70; 636 2730 2300 70; 637 2730 2400 -70
 207. 638 2870 2400 -70; 639 2870 2400 70; 640 2730 2400 70
 208. 641 2740.5 2470 -59.5; 642 2859.5 2470 -59.5; 643 2859.5 2470 59.5
 209. 644 2740.5 2470 59.5; 645 2751 2540 -49; 646 2849 2540 -49
 210. 647 2849 2540 49; 648 2751 2540 49; 649 2761.5 2610 -38.5
 211. 650 2838.5 2610 -38.5; 651 2838.5 2610 38.5; 652 2761.5 2610 38.5
 212. 653 2772 2680 -28; 654 2828 2680 -28; 655 2828 2680 28
 213. 656 2772 2680 28; 657 2782.5 2750 -17.5; 658 2817.5 2750 -17.5
 214. 659 2817.5 2750 17.5; 660 2782.5 2750 17.5; 661 160 2300 70
 215. 662 160 2300 -70; 663 250 2300 70; 664 250 2400 70; 665 250 2400 -70
 216. 666 250 2300 -70; 667 335 2300 70; 668 335 2300 -70; 669 420 2300 70
 217. 670 420 2400 70; 671 420 2400 -70; 672 420 2300 -70; 673 510 2300 70
 218. 674 510 2300 -70; 675 600 2300 70; 676 600 2350 70; 677 600 2400 70

219. 678 600 2400 0; 679 600 2400 -70; 680 600 2350 -70; 681 600 2300 -70
 220. 682 600 2300 0; 683 700 2300 70; 684 700 2350 70; 685 700 2400 70
 221. 686 700 2400 0; 687 700 2400 -70; 688 700 2350 -70; 689 700 2300 -70
 222. 690 700 2300 0; 691 800 2300 70; 692 800 2350 70; 693 800 2400 70
 223. 694 800 2400 0; 695 800 2400 -70; 696 800 2350 -70; 697 800 2300 -70
 224. 698 800 2300 0; 699 882.5 2300 70; 700 882.5 2300 -70; 701 965 2300 70
 225. 702 965 2400 70; 703 965 2400 -70; 704 965 2300 -70; 705 1050 2300 70
 226. 706 1050 2300 -70; 707 1135 2300 70; 708 1135 2400 70
 227. 709 1135 2400 -70; 710 1135 2300 -70; 711 1217.5 2300 70
 228. 712 1217.5 2300 -70; 713 1300 2300 70; 714 1300 2350 70
 229. 715 1300 2400 70; 716 1300 2400 0; 717 1300 2400 -70; 718 1300 2350 -70
 230. 719 1300 2300 -70; 720 1300 2300 0; 721 1400 2300 70; 722 1400 2350 70
 231. 723 1400 2400 70; 724 1400 2400 0; 725 1400 2400 -70; 726 1400 2350 -70
 232. 727 1400 2300 -70; 728 1400 2300 0; 729 1500 2300 70; 730 1500 2350 70
 233. 731 1500 2400 70; 732 1500 2400 0; 733 1500 2400 -70; 734 1500 2350 -70
 234. 735 1500 2300 -70; 736 1500 2300 0; 737 1582.5 2300 70
 235. 738 1582.5 2300 -70; 739 1665 2300 70; 740 1665 2400 70
 236. 741 1665 2400 -70; 742 1665 2300 -70; 743 1750 2300 70
 237. 744 1750 2300 -70; 745 1835 2300 70; 746 1835 2400 70

 238. 747 1835 2400 -70; 748 1835 2300 -70; 749 1917.5 2300 70
 239. 750 1917.5 2300 -70; 751 2000 2300 70; 752 2000 2350 70
 240. 753 2000 2400 70; 754 2000 2400 0; 755 2000 2400 -70; 756 2000 2350 -70
 241. 757 2000 2300 -70; 758 2000 2300 0; 759 2100 2300 70; 760 2100 2350 70
 242. 761 2100 2400 70; 762 2100 2400 0; 763 2100 2400 -70; 764 2100 2350 -70
 243. 765 2100 2300 -70; 766 2100 2300 0; 767 2200 2300 70; 768 2200 2350 70
 244. 769 2200 2400 70; 770 2200 2400 0; 771 2200 2400 -70; 772 2200 2350 -70
 245. 773 2200 2300 -70; 774 2200 2300 0; 775 2290 2300 70; 776 2290 2300 -70
 246. 777 2380 2300 70; 778 2380 2400 70; 779 2380 2400 -70
 247. 780 2380 2300 -70; 781 2470 2300 70; 782 2470 2300 -70
 248. 783 2550 2300 70; 784 2550 2400 70; 785 2550 2400 -70
 249. 786 2550 2300 -70; 787 2640 2300 70; 788 2640 2300 -70
 250. 789 2960 2300 70; 790 2960 2300 -70; 791 3050 2300 70; 792 3050 2400 70
 251. 793 3050 2400 -70; 794 3050 2300 -70; 795 3135 2300 70
 252. 796 3135 2300 -70; 797 3220 2300 70; 798 3220 2400 70
 253. 799 3220 2400 -70; 800 3220 2300 -70; 801 3310 2300 70
 254. 802 3310 2300 -70; 803 3400 2300 70; 804 3400 2350 70; 805 3400 2400 70
 255. 806 3400 2400 0; 807 3400 2400 -70; 808 3400 2350 -70
 256. 809 3400 2300 -70; 810 3400 2300 0; 811 3500 2300 70; 812 3500 2350 70
 257. 813 3500 2400 70; 814 3500 2400 0; 815 3500 2400 -70; 816 3500 2350 -70
 258. 817 3500 2300 -70; 818 3500 2300 0; 819 3600 2300 70; 820 3600 2350 70
 259. 821 3600 2400 70; 822 3600 2400 0; 823 3600 2400 -70; 824 3600 2350 -70
 260. 825 3600 2300 -70; 826 3600 2300 0; 827 3682.5 2300 70
 261. 828 3682.5 2300 -70; 829 3765 2300 70; 830 3765 2400 70
 262. 831 3765 2400 -70; 832 3765 2300 -70; 833 3850 2300 70
 263. 834 3850 2300 -70; 835 3935 2300 70; 836 3935 2400 70
 264. 837 3935 2400 -70; 838 3935 2300 -70; 839 4017.5 2300 70
 265. 840 4017.5 2300 -70; 841 4100 2300 70; 842 4100 2350 70
 266. 843 4100 2400 70; 844 4100 2400 0; 845 4100 2400 -70; 846 4100 2350 -70
 267. 847 4100 2300 -70; 848 4100 2300 0; 849 4200 2300 70; 850 4200 2350 70
 268. 851 4200 2400 70; 852 4200 2400 0; 853 4200 2400 -70; 854 4200 2350 -70
 269. 855 4200 2300 -70; 856 4200 2300 0; 857 4300 2300 70; 858 4300 2350 70
 270. 859 4300 2400 70; 860 4300 2400 0; 861 4300 2400 -70; 862 4300 2350 -70
 271. 863 4300 2300 -70; 864 4300 2300 0; 865 4382.5 2300 70
 272. 866 4382.5 2300 -70; 867 4465 2300 70; 868 4465 2400 70
 273. 869 4465 2400 -70; 870 4465 2300 -70; 871 4550 2300 70
 274. 872 4550 2300 -70; 873 4635 2300 70; 874 4635 2400 70
 275. 875 4635 2400 -70; 876 4635 2300 -70; 877 4717.5 2300 70
 276. 878 4717.5 2300 -70; 879 4800 2300 70; 880 4800 2350 70
 277. 881 4800 2400 70; 882 4800 2400 0; 883 4800 2400 -70; 884 4800 2350 -70
 278. 885 4800 2300 -70; 886 4800 2300 0; 887 4900 2300 70; 888 4900 2350 70
 279. 889 4900 2400 70; 890 4900 2400 0; 891 4900 2400 -70; 892 4900 2350 -70
 280. 893 4900 2300 -70; 894 4900 2300 0; 895 5000 2300 70; 896 5000 2350 70
 281. 897 5000 2400 70; 898 5000 2400 0; 899 5000 2400 -70; 900 5000 2350 -70
 282. 901 5000 2300 -70; 902 5000 2300 0; 903 5090 2300 70; 904 5090 2300 -70
 283. 905 5180 2300 70; 906 5180 2400 70; 907 5180 2400 -70
 284. 908 5180 2300 -70; 909 5270 2300 70; 910 5270 2300 -70
 285. 911 5350 2300 70; 912 5350 2400 70; 913 5350 2400 -70
 286. 914 5350 2300 -70; 915 5440 2300 70; 916 5440 2300 -70
 287. MEMBER INCIDENCES
 288. 1 1 5; 2 2 6; 3 3 7; 4 4 8; 5 5 9; 6 6 10; 7 7 11; 8 8 12; 9 9 13
 289. 10 10 14; 11 11 15; 12 12 16; 13 13 17; 14 14 18; 15 15 19; 16 16 20
 290. 17 17 21; 18 18 22; 19 19 23; 20 20 24; 21 21 25; 22 22 26; 23 23 27
 291. 24 24 28; 25 25 29; 26 26 30; 27 27 31; 28 28 32; 29 29 33; 30 30 34
 292. 31 31 35; 32 32 36; 33 33 37; 34 34 38; 35 35 39; 36 36 40; 37 37 41
 293. 38 38 42; 39 39 43; 40 40 44; 41 41 45; 42 42 46; 43 43 47; 44 44 48
 294. 45 45 49; 46 46 50; 47 47 51; 48 48 52; 49 49 53; 50 50 54; 51 51 55

295. 52 48 45; 53 49 50; 54 50 51; 55 51 52; 56 52 49; 57 49 53; 58 50 54
 296. 59 51 55; 60 52 56; 61 53 57; 62 54 58; 63 55 59; 64 56 60; 65 57 61
 297. 66 58 62; 67 59 63; 68 60 64; 69 61 65; 70 62 66; 71 63 67; 72 64 68
 298. 73 65 69; 74 66 70; 75 67 71; 76 68 72; 77 69 73; 78 70 74; 79 71 75
 299. 80 72 76; 81 73 77; 82 74 78; 83 75 79; 84 76 80; 85 73 74; 86 74 75
 300. 87 75 76; 88 76 73; 89 77 78; 90 78 79; 91 79 80; 92 80 77; 93 77 81
 301. 94 78 82; 95 79 83; 96 80 84; 97 81 85; 98 82 86; 99 83 87; 100 84 88
 302. 101 85 89; 102 86 90; 103 87 91; 104 88 92; 105 89 93; 106 90 94
 303. 107 91 95; 108 92 96; 109 93 97; 110 94 98; 111 95 99; 112 96 100
 304. 113 97 98; 114 98 99; 115 99 100; 116 100 97; 117 1 6; 118 2 5
 305. 119 5 10; 120 6 9; 121 9 14; 122 10 13; 123 13 18; 124 14 17; 125 17 22
 306. 126 18 21; 127 21 26; 128 22 25; 129 25 30; 130 26 29; 131 29 34
 307. 132 30 33; 133 33 38; 134 34 37; 135 37 42; 136 38 41; 137 41 46
 308. 138 42 45; 139 4 7; 140 3 8; 141 8 11; 142 7 12; 143 12 15; 144 11 16
 309. 145 16 19; 146 15 20; 147 20 23; 148 19 24; 149 24 27; 150 23 28
 310. 151 28 31; 152 27 32; 153 32 35; 154 31 36; 155 36 39; 156 35 40
 311. 157 40 43; 158 39 44; 159 44 47; 160 43 48; 161 4 5; 162 1 8; 163 8 9
 312. 164 5 12; 165 12 13; 166 9 16; 167 16 17; 168 13 20; 169 20 21
 313. 170 17 24; 171 24 25; 172 21 28; 173 28 29; 174 25 32; 175 32 33
 314. 176 29 36; 177 36 37; 178 33 40; 179 40 41; 180 37 44; 181 44 45
 315. 182 41 48; 183 2 7; 184 3 6; 185 6 11; 186 7 10; 187 10 15; 188 11 14
 316. 189 14 19; 190 15 18; 191 18 23; 192 19 22; 193 22 27; 194 23 26
 317. 195 26 31; 196 27 30; 197 30 35; 198 31 34; 199 34 39; 200 35 38
 318. 201 38 43; 202 39 42; 203 42 47; 204 43 46; 205 49 54; 206 50 53
 319. 207 53 58; 208 54 57; 209 57 62; 210 58 61; 211 61 66; 212 62 65
 320. 213 65 70; 214 66 69; 215 69 74; 216 70 73; 217 52 55; 218 51 56
 321. 219 56 59; 220 55 60; 221 60 63; 222 59 64; 223 64 67; 224 63 68
 322. 225 68 71; 226 67 72; 227 72 75; 228 71 76; 229 52 53; 230 49 56
 323. 231 56 57; 232 53 60; 233 60 61; 234 57 64; 235 64 65; 236 61 68
 324. 237 68 69; 238 65 72; 239 72 73; 240 69 76; 241 51 54; 242 50 55
 325. 243 55 58; 244 54 59; 245 59 62; 246 58 63; 247 63 66; 248 62 67
 326. 249 67 70; 250 66 71; 251 71 74; 252 70 75; 253 45 47; 254 48 46
 327. 255 51 49; 256 52 50; 257 48 49; 258 45 52; 259 45 50; 260 46 49
 328. 261 46 51; 262 47 50; 263 47 52; 264 48 51; 265 76 77; 266 73 80
 329. 267 75 78; 268 79 74; 269 74 77; 270 73 78; 271 76 79; 272 75 80
 330. 273 75 73; 274 76 74; 275 79 77; 276 80 78; 277 80 81; 278 77 82
 331. 279 78 83; 280 79 84; 281 81 88; 282 82 85; 283 83 86; 284 84 87
 332. 285 88 89; 286 85 90; 287 86 91; 288 87 92; 289 89 96; 290 90 93
 333. 291 91 94; 292 92 95; 293 96 97; 294 93 98; 295 94 99; 296 95 100
 334. 297 81 82; 298 82 83; 299 83 84; 300 84 81; 301 85 86; 302 86 87
 335. 303 87 88; 304 88 85; 305 89 90; 306 90 91; 307 91 92; 308 92 89
 336. 309 93 94; 310 94 95; 311 95 96; 312 96 93; 313 101 105; 314 102 106
 337. 315 103 107; 316 104 108; 317 105 109; 318 106 110; 319 107 111
 338. 320 108 112; 321 109 113; 322 110 114; 323 111 115; 324 112 116
 339. 325 113 117; 326 114 118; 327 115 119; 328 116 120; 329 117 121
 340. 330 118 122; 331 119 123; 332 120 124; 333 121 125; 334 122 126
 341. 335 123 127; 336 124 128; 337 125 129; 338 126 130; 339 127 131
 342. 340 128 132; 341 129 133; 342 130 134; 343 131 135; 344 132 136
 343. 345 133 137; 346 134 138; 347 135 139; 348 136 140; 349 137 141
 344. 350 138 142; 351 139 143; 352 140 144; 353 141 145; 354 142 146
 345. 355 143 147; 356 144 148; 357 145 149; 358 146 150; 359 147 151
 346. 360 148 152; 361 145 146; 362 146 147; 363 147 148; 364 148 145
 347. 365 149 150; 366 150 151; 367 151 152; 368 152 149; 369 101 106
 348. 370 102 105; 371 105 110; 372 106 109; 373 109 114; 374 110 113
 349. 375 113 118; 376 114 117; 377 117 122; 378 118 121; 379 121 126
 350. 380 122 125; 381 125 130; 382 126 129; 383 129 134; 384 130 133
 351. 385 133 138; 386 134 137; 387 137 142; 388 138 141; 389 141 146
 352. 390 142 145; 391 104 107; 392 103 108; 393 108 111; 394 107 112
 353. 395 112 115; 396 111 116; 397 116 119; 398 115 120; 399 120 123
 354. 400 119 124; 401 124 127; 402 123 128; 403 128 131; 404 127 132
 355. 405 132 135; 406 131 136; 407 136 139; 408 135 140; 409 140 143
 356. 410 139 144; 411 144 147; 412 143 148; 413 104 105; 414 101 108
 357. 415 108 109; 416 105 112; 417 110 113; 418 109 116; 419 116 117
 358. 420 113 120; 421 120 121; 422 117 124; 423 124 125; 424 121 128
 359. 425 128 129; 426 125 132; 427 132 133; 428 129 136; 429 136 137
 360. 430 133 140; 431 140 141; 432 137 144; 433 144 145; 434 141 148
 361. 435 102 107; 436 103 106; 437 106 111; 438 107 110; 439 110 115
 362. 440 111 114; 441 114 119; 442 115 118; 443 118 123; 444 119 122
 363. 445 122 127; 446 123 126; 447 126 131; 448 127 130; 449 130 135
 364. 450 131 134; 451 134 139; 452 135 138; 453 138 143; 454 139 142
 365. 455 142 147; 456 143 146; 457 145 147; 458 148 146; 459 151 149
 366. 460 152 150; 461 148 149; 462 145 152; 463 145 150; 464 146 149
 367. 465 146 151; 466 147 150; 467 147 152; 468 148 151; 469 48 153
 368. 470 47 154; 471 153 155; 472 154 158; 473 155 159; 474 158 160
 369. 475 159 161; 476 160 164; 477 161 165; 478 164 166; 479 165 167
 370. 480 166 173; 481 183 191; 482 189 192; 483 191 193; 484 192 196
 371. 485 193 197; 486 196 198; 487 197 199; 488 199 203; 489 198 202

372. 490 203 205; 491 202 204; 492 204 211; 493 221 229; 494 227 230
373. 495 229 231; 496 230 234; 497 231 235; 498 234 236; 499 235 237
374. 500 236 240; 501 237 241; 502 240 242; 503 241 243; 504 242 249
375. 505 259 267; 506 265 268; 507 267 269; 508 268 272; 509 269 273
376. 510 272 274; 511 273 275; 512 274 278; 513 275 279; 514 278 280
377. 515 279 145; 516 280 146; 517 52 156; 518 51 157; 519 156 162
378. 520 157 163; 521 162 169; 522 163 171; 523 169 177; 524 171 179
379. 525 177 185; 526 179 187; 527 185 194; 528 187 195; 529 194 200
380. 530 195 201; 531 200 207; 532 201 209; 533 207 215; 534 209 217
381. 535 215 223; 536 217 225; 537 225 233; 538 223 232; 539 233 239
382. 540 232 238; 541 239 247; 542 238 245; 543 247 255; 544 245 253
383. 545 255 263; 546 253 261; 547 263 271; 548 261 270; 549 271 277
384. 550 270 276; 551 277 150; 552 276 149; 553 173 181; 554 181 189
385. 555 167 175; 556 175 183; 557 211 219; 558 219 227; 559 205 213
386. 560 213 221; 561 249 257; 562 257 265; 563 243 251; 564 251 259
387. 565 48 158; 566 47 155; 567 155 164; 568 158 161; 569 161 173
388. 570 164 167; 571 167 181; 572 173 175; 573 175 189; 574 181 183
389. 575 183 196; 576 189 193; 577 193 202; 578 196 199; 579 199 211
390. 580 202 205; 581 205 219; 582 211 213; 583 213 227; 584 219 221
391. 585 221 234; 586 227 231; 587 231 240; 588 234 237; 589 237 249
392. 590 240 243; 591 243 257; 592 249 251; 593 251 265; 594 257 259
393. 595 259 272; 596 265 269; 597 269 278; 598 272 275; 599 275 146
394. 600 278 145; 601 52 157; 602 51 156; 603 156 163; 604 157 162
395. 605 162 171; 606 163 169; 607 169 179; 608 171 177; 609 177 187
396. 610 179 185; 611 185 195; 612 187 194; 613 194 201; 614 195 200
397. 615 200 209; 616 201 207; 617 207 217; 618 209 215; 619 215 225
398. 620 217 223; 621 223 233; 622 225 232; 623 232 239; 624 233 238
399. 625 238 247; 626 239 245; 627 245 255; 628 247 253; 629 253 263
400. 630 255 261; 631 261 271; 632 263 270; 633 270 277; 634 271 276
401. 635 276 150; 636 277 149; 637 167 168; 638 168 169; 639 169 170
402. 640 170 171; 641 171 172; 642 172 173; 643 173 174; 644 174 167
403. 645 175 176; 646 176 177; 647 177 178; 648 178 179; 649 179 180
404. 650 180 181; 651 181 182; 652 182 175; 653 183 184; 654 184 185
405. 655 185 186; 656 186 187; 657 187 188; 658 188 189; 659 189 190
406. 660 190 183; 661 205 206; 662 206 207; 663 207 208; 664 208 209
407. 665 209 210; 666 210 211; 667 211 212; 668 212 205; 669 213 214
408. 670 214 215; 671 215 216; 672 216 217; 673 217 218; 674 218 219
409. 675 219 220; 676 220 213; 677 221 222; 678 222 223; 679 223 224
410. 680 224 225; 681 225 226; 682 226 227; 683 227 228; 684 228 221
411. 685 243 244; 686 244 245; 687 245 246; 688 246 247; 689 247 248
412. 690 248 249; 691 249 250; 692 250 243; 693 251 252; 694 252 253
413. 695 253 254; 696 254 255; 697 255 256; 698 256 257; 699 257 258
414. 700 258 251; 701 259 260; 702 260 261; 703 261 262; 704 262 263
415. 705 263 264; 706 264 265; 707 265 266; 708 266 259; 709 52 153
416. 710 153 156; 711 156 159; 712 159 162; 713 162 165; 714 165 169
417. 715 169 175; 716 175 185; 717 185 191; 718 191 194; 719 194 197
418. 720 197 200; 721 200 203; 722 203 207; 723 207 213; 724 213 223
419. 725 223 229; 726 229 232; 727 232 235; 728 235 238; 729 238 241
420. 730 241 245; 731 245 251; 732 251 261; 733 261 267; 734 267 270
421. 735 270 273; 736 273 276; 737 276 279; 738 279 149; 739 51 154
422. 740 154 157; 741 157 160; 742 160 163; 743 163 166; 744 166 171
423. 745 171 181; 746 181 187; 747 187 192; 748 192 195; 749 195 198
424. 750 198 201; 751 201 204; 752 204 209; 753 209 219; 754 219 225
425. 755 225 230; 756 230 233; 757 233 236; 758 236 239; 759 239 242
426. 760 242 247; 761 247 257; 762 257 263; 763 263 268; 764 268 271
427. 765 271 274; 766 274 277; 767 277 280; 768 280 150; 769 174 168
428. 770 168 170; 771 170 172; 772 172 174; 773 174 170; 774 182 176
429. 775 176 178; 776 178 180; 777 180 182; 778 182 178; 779 190 184
430. 780 184 186; 781 186 188; 782 186 190; 783 190 186; 784 212 206
431. 785 206 208; 786 208 210; 787 210 212; 788 212 208; 789 220 214
432. 790 214 216; 791 216 218; 792 218 220; 793 220 216; 794 228 222
433. 795 222 224; 796 224 226; 797 226 228; 798 228 224; 799 250 244
434. 800 244 246; 801 246 248; 802 248 250; 803 250 246; 804 258 252
435. 805 252 254; 806 254 256; 807 256 258; 808 258 254; 809 266 260
436. 810 260 262; 811 262 264; 812 264 266; 813 266 262; 814 281 285
437. 815 282 286; 816 283 287; 817 284 288; 818 285 289; 819 286 290
438. 820 287 291; 821 288 292; 822 289 293; 823 290 294; 824 291 295
439. 825 292 296; 826 293 297; 827 294 298; 828 295 299; 829 296 300
440. 830 297 301; 831 298 302; 832 299 303; 833 300 304; 834 301 305
441. 835 302 306; 836 303 307; 837 304 308; 838 305 309; 839 306 310
442. 840 307 311; 841 308 312; 842 309 313; 843 310 314; 844 311 315
443. 845 312 316; 846 313 317; 847 314 318; 848 315 319; 849 316 320
444. 850 317 321; 851 318 322; 852 319 323; 853 320 324; 854 321 325
445. 855 322 326; 856 323 327; 857 324 328; 858 325 329; 859 326 330
446. 860 327 331; 861 328 332; 862 325 326; 863 326 327; 864 327 328
447. 865 328 325; 866 329 330; 867 330 331; 868 331 332; 869 332 329
448. 870 329 333; 871 330 334; 872 331 335; 873 332 336; 874 333 337

449. 875 334 338; 876 335 339; 877 336 340; 878 337 341; 879 338 342
 450. 880 339 343; 881 340 344; 882 341 345; 883 342 346; 884 343 347
 451. 885 344 348; 886 345 349; 887 346 350; 888 347 351; 889 348 352
 452. 890 349 353; 891 350 354; 892 351 355; 893 352 356; 894 353 357
 453. 895 354 358; 896 355 359; 897 356 360; 898 353 354; 899 354 355
 454. 900 355 356; 901 356 353; 902 357 358; 903 358 359; 904 359 360
 455. 905 360 357; 906 357 361; 907 358 362; 908 359 363; 909 360 364
 456. 910 361 365; 911 362 366; 912 363 367; 913 364 368; 914 365 369
 457. 915 366 370; 916 367 371; 917 368 372; 918 369 373; 919 370 374
 458. 920 371 375; 921 372 376; 922 373 377; 923 374 378; 924 375 379
 459. 925 376 380; 926 377 378; 927 378 379; 928 379 380; 929 380 377
 460. 930 281 286; 931 282 285; 932 285 290; 933 286 289; 934 289 294
 461. 935 290 293; 936 293 298; 937 294 297; 938 297 302; 939 298 301
 462. 940 301 306; 941 302 305; 942 305 310; 943 306 309; 944 309 314
 463. 945 310 313; 946 313 318; 947 314 317; 948 317 322; 949 318 321
 464. 950 321 326; 951 322 325; 952 284 287; 953 283 288; 954 288 291
 465. 955 287 292; 956 292 295; 957 291 296; 958 296 299; 959 295 300
 466. 960 300 303; 961 299 304; 962 304 307; 963 303 308; 964 308 311
 467. 965 307 312; 966 312 315; 967 311 316; 968 316 319; 969 315 320
 468. 970 320 323; 971 319 324; 972 324 327; 973 323 328; 974 284 285
 469. 975 281 288; 976 288 289; 977 285 292; 978 292 293; 979 289 296
 470. 980 296 297; 981 293 300; 982 300 301; 983 297 304; 984 304 305
 471. 985 301 308; 986 308 309; 987 305 312; 988 312 313; 989 309 316
 472. 990 316 317; 991 313 320; 992 320 321; 993 317 324; 994 324 325
 473. 995 321 328; 996 282 287; 997 283 286; 998 286 291; 999 287 290
 474. 1000 290 295; 1001 291 294; 1002 294 299; 1003 295 298; 1004 298 303
 475. 1005 299 302; 1006 302 307; 1007 303 306; 1008 306 311; 1009 307 310
 476. 1010 310 315; 1011 311 314; 1012 314 319; 1013 315 318; 1014 318 323
 477. 1015 319 322; 1016 322 327; 1017 323 326; 1018 329 334; 1019 330 333
 478. 1020 333 338; 1021 334 337; 1022 337 342; 1023 338 341; 1024 341 346
 479. 1025 342 345; 1026 345 350; 1027 346 349; 1028 349 354; 1029 350 353
 480. 1030 332 335; 1031 331 336; 1032 336 339; 1033 335 340; 1034 340 343
 481. 1035 339 344; 1036 344 347; 1037 343 348; 1038 348 351; 1039 347 352
 482. 1040 352 355; 1041 351 356; 1042 332 333; 1043 329 336; 1044 336 337
 483. 1045 333 340; 1046 340 341; 1047 337 344; 1048 344 345; 1049 341 348
 484. 1050 348 349; 1051 345 352; 1052 352 353; 1053 349 356; 1054 331 334
 485. 1055 330 335; 1056 335 338; 1057 334 339; 1058 339 342; 1059 338 343
 486. 1060 343 346; 1061 342 347; 1062 347 350; 1063 346 351; 1064 351 354
 487. 1065 350 355; 1066 325 327; 1067 328 326; 1068 331 329; 1069 332 330
 488. 1070 328 329; 1071 325 332; 1072 325 330; 1073 326 329; 1074 326 331
 489. 1075 327 330; 1076 327 332; 1077 328 331; 1078 356 357; 1079 353 360
 490. 1080 355 358; 1081 359 354; 1082 354 357; 1083 353 358; 1084 356 359
 491. 1085 355 360; 1086 355 353; 1087 356 354; 1088 359 357; 1089 360 358
 492. 1090 360 361; 1091 357 362; 1092 358 363; 1093 359 364; 1094 361 368
 493. 1095 362 365; 1096 363 366; 1097 364 367; 1098 368 369; 1099 365 370
 494. 1100 366 371; 1101 367 372; 1102 369 376; 1103 370 373; 1104 371 374
 495. 1105 372 375; 1106 376 377; 1107 373 378; 1108 374 379; 1109 375 380
 496. 1110 361 362; 1111 362 363; 1112 363 364; 1113 364 361; 1114 365 366
 497. 1115 366 367; 1116 367 368; 1117 368 365; 1118 369 370; 1119 370 371
 498. 1120 371 372; 1121 372 369; 1122 373 374; 1123 374 375; 1124 375 376
 499. 1125 376 373; 1126 381 385; 1127 382 386; 1128 383 387; 1129 384 388
 500. 1130 385 389; 1131 386 390; 1132 387 391; 1133 388 392; 1134 389 393
 501. 1135 390 394; 1136 391 395; 1137 392 396; 1138 393 397; 1139 394 398
 502. 1140 395 399; 1141 396 400; 1142 397 401; 1143 398 402; 1144 399 403
 503. 1145 400 404; 1146 401 405; 1147 402 406; 1148 403 407; 1149 404 408
 504. 1150 405 409; 1151 406 410; 1152 407 411; 1153 408 412; 1154 409 413
 505. 1155 410 414; 1156 411 415; 1157 412 416; 1158 413 417; 1159 414 418
 506. 1160 415 419; 1161 416 420; 1162 417 421; 1163 418 422; 1164 419 423
 507. 1165 420 424; 1166 421 425; 1167 422 426; 1168 423 427; 1169 424 428
 508. 1170 425 429; 1171 426 430; 1172 427 431; 1173 428 432; 1174 425 426
 509. 1175 426 427; 1176 427 428; 1177 428 425; 1178 429 430; 1179 430 431
 510. 1180 431 432; 1181 432 429; 1182 381 386; 1183 382 385; 1184 385 390
 511. 1185 386 389; 1186 389 394; 1187 390 393; 1188 393 398; 1189 394 397
 512. 1190 397 402; 1191 398 401; 1192 401 406; 1193 402 405; 1194 405 410
 513. 1195 406 409; 1196 409 414; 1197 410 413; 1198 413 418; 1199 414 417
 514. 1200 417 422; 1201 418 421; 1202 421 426; 1203 422 425; 1204 384 387
 515. 1205 383 388; 1206 388 391; 1207 387 392; 1208 392 395; 1209 391 396
 516. 1210 396 399; 1211 395 400; 1212 400 403; 1213 399 404; 1214 404 407
 517. 1215 403 408; 1216 408 411; 1217 407 412; 1218 412 415; 1219 411 416
 518. 1220 416 419; 1221 415 420; 1222 420 423; 1223 419 424; 1224 424 427
 519. 1225 423 428; 1226 384 385; 1227 381 388; 1228 388 389; 1229 385 392
 520. 1230 392 393; 1231 389 396; 1232 396 397; 1233 393 400; 1234 400 401
 521. 1235 397 404; 1236 404 405; 1237 401 408; 1238 408 409; 1239 405 412
 522. 1240 412 413; 1241 409 416; 1242 416 417; 1243 413 420; 1244 420 421
 523. 1245 417 424; 1246 424 425; 1247 421 428; 1248 382 387; 1249 383 386
 524. 1250 386 391; 1251 387 390; 1252 390 395; 1253 391 394; 1254 394 399
 525. 1255 395 396; 1256 398 403; 1257 399 402; 1258 402 407; 1259 403 406

526. 1260 406 411; 1261 407 410; 1262 410 415; 1263 411 414; 1264 414 419
527. 1265 415 418; 1266 418 423; 1267 419 422; 1268 422 427; 1269 423 426
528. 1270 425 427; 1271 428 426; 1272 431 429; 1273 432 430; 1274 428 429
529. 1275 425 432; 1276 425 430; 1277 426 429; 1278 426 431; 1279 427 430
530. 1280 427 432; 1281 428 431; 1282 328 433; 1283 327 434; 1284 433 435
531. 1285 434 438; 1286 435 439; 1287 438 440; 1288 439 441; 1289 440 444
532. 1290 441 445; 1291 444 446; 1292 445 447; 1293 446 453; 1294 463 471
533. 1295 469 472; 1296 471 473; 1297 472 476; 1298 473 477; 1299 476 478
534. 1300 477 479; 1301 479 483; 1302 478 482; 1303 483 485; 1304 482 484
535. 1305 484 491; 1306 501 509; 1307 507 510; 1308 509 511; 1309 510 514
536. 1310 511 515; 1311 514 516; 1312 515 517; 1313 516 520; 1314 517 521
537. 1315 520 522; 1316 521 523; 1317 522 529; 1318 539 547; 1319 545 548
538. 1320 547 549; 1321 548 552; 1322 549 553; 1323 552 554; 1324 553 555
539. 1325 554 558; 1326 555 559; 1327 558 560; 1328 559 425; 1329 560 426
540. 1330 332 436; 1331 331 437; 1332 436 442; 1333 437 443; 1334 442 449
541. 1335 443 451; 1336 449 457; 1337 451 459; 1338 457 465; 1339 459 467
542. 1340 465 474; 1341 467 475; 1342 474 480; 1343 475 481; 1344 480 487
543. 1345 481 489; 1346 487 495; 1347 489 497; 1348 495 503; 1349 497 505
544. 1350 505 513; 1351 503 512; 1352 513 519; 1353 512 518; 1354 519 527
545. 1355 518 525; 1356 527 535; 1357 525 533; 1358 535 543; 1359 533 541
546. 1360 543 551; 1361 541 550; 1362 551 557; 1363 550 556; 1364 557 430
547. 1365 556 429; 1366 453 461; 1367 461 469; 1368 447 455; 1369 455 463
548. 1370 491 499; 1371 499 507; 1372 485 493; 1373 493 501; 1374 529 537
549. 1375 537 545; 1376 523 531; 1377 531 539; 1378 328 438; 1379 327 435
550. 1380 435 444; 1381 438 441; 1382 441 453; 1383 444 447; 1384 447 461
551. 1385 453 455; 1386 455 469; 1387 461 463; 1388 463 476; 1389 469 473
552. 1390 473 482; 1391 476 479; 1392 479 491; 1393 482 485; 1394 485 499
553. 1395 491 493; 1396 493 507; 1397 499 501; 1398 501 514; 1399 507 511
554. 1400 511 520; 1401 514 517; 1402 517 529; 1403 520 523; 1404 523 537
555. 1405 529 531; 1406 531 545; 1407 537 539; 1408 539 552; 1409 545 549
556. 1410 549 558; 1411 552 555; 1412 555 426; 1413 558 425; 1414 332 437
557. 1415 331 436; 1416 436 443; 1417 437 442; 1418 442 451; 1419 443 449
558. 1420 449 459; 1421 451 457; 1422 457 467; 1423 459 465; 1424 465 475
559. 1425 467 474; 1426 474 481; 1427 475 480; 1428 480 489; 1429 481 487
560. 1430 487 497; 1431 489 495; 1432 495 505; 1433 497 503; 1434 503 513
561. 1435 505 512; 1436 512 519; 1437 513 518; 1438 519 527; 1439 519 525
562. 1440 525 535; 1441 527 533; 1442 533 543; 1443 535 541; 1444 541 551
563. 1445 543 550; 1446 550 557; 1447 551 556; 1448 556 430; 1449 557 429
564. 1450 447 448; 1451 448 449; 1452 449 450; 1453 450 451; 1454 451 452
565. 1455 452 453; 1456 453 454; 1457 454 447; 1458 455 456; 1459 456 457
566. 1460 457 458; 1461 458 459; 1462 459 460; 1463 460 461; 1464 461 462

567.	1465	462	455;	1466	463	464;	1467	464	465;	1468	465	466;	1469	466	467
568.	1470	467	468;	1471	468	469;	1472	469	470;	1473	470	463;	1474	485	486
569.	1475	486	487;	1476	487	488;	1477	488	489;	1478	489	490;	1479	490	491
570.	1480	491	492;	1481	492	485;	1482	493	494;	1483	494	495;	1484	495	496
571.	1485	496	497;	1486	497	498;	1487	498	499;	1488	499	500;	1489	500	493
572.	1490	501	502;	1491	502	503;	1492	503	504;	1493	504	505;	1494	505	506
573.	1495	506	507;	1496	507	508;	1497	508	501;	1498	523	524;	1499	524	525
574.	1500	525	526;	1501	526	527;	1502	527	528;	1503	528	529;	1504	529	530
575.	1505	530	523;	1506	531	532;	1507	532	533;	1508	533	534;	1509	534	535
576.	1510	535	536;	1511	536	537;	1512	537	538;	1513	538	531;	1514	539	540
577.	1515	540	541;	1516	541	542;	1517	542	543;	1518	543	544;	1519	544	545
578.	1520	545	546;	1521	546	539;	1522	332	433;	1523	433	436;	1524	436	439
579.	1525	439	442;	1526	442	445;	1527	445	449;	1528	449	455;	1529	455	465
580.	1530	465	471;	1531	471	474;	1532	474	477;	1533	477	480;	1534	480	483
581.	1535	483	487;	1536	487	493;	1537	493	503;	1538	503	509;	1539	509	512
582.	1540	512	515;	1541	515	518;	1542	518	521;	1543	521	525;	1544	525	531
583.	1545	531	541;	1546	541	547;	1547	547	550;	1548	550	553;	1549	553	556
584.	1550	556	559;	1551	559	429;	1552	331	434.	1553	434	437;	1554	437	440
585.	1555	440	443;	1556	443	446;	1557	446	451;	1558	451	461;	1559	461	467
586.	1560	467	472;	1561	472	475;	1562	475	478;	1563	478	481;	1564	481	484
587.	1565	484	489;	1566	489	499;	1567	499	505;	1568	505	510;	1569	510	513
588.	1570	513	516;	1571	516	519;	1572	519	522;	1573	522	527;	1574	527	537
589.	1575	537	543;	1576	543	548;	1577	548	551;	1578	551	554;	1579	554	557
590.	1580	557	560;	1581	560	430;	1582	454	448;	1583	448	450;	1584	450	452
591.	1585	452	454;	1586	454	450;	1587	462	456;	1588	456	458;	1589	458	460
592.	1590	460	462;	1591	462	458;	1592	470	464;	1593	464	466;	1594	466	468
593.	1595	468	470;	1596	470	466;	1597	492	486;	1598	486	488;	1599	488	490
594.	1600	490	492;	1601	492	488;	1602	500	494;	1603	494	496;	1604.	496	498
595.	1605	498	500;	1606	500	496;	1607	508	502;	1608	502	504;	1609	504	506
596.	1610	506	508;	1611	508	504;	1612	530	524;	1613	524	526;	1614	526	528
597.	1615	528	530;	1616	530	526;	1617	538	532;	1618	532	534;	1619	534	536
598.	1620	536	538;	1621	538	534;	1622	546	540;	1623	540	542;	1624	542	544
599.	1625	544	546;	1626	546	542;	1627	561	565;	1628	562	566;	1629	563	567
600.	1630	564	568;	1631	565	569;	1632	566	570;	1633	567	571;	1634	568	572
601.	1635	569	573;	1636	570	574;	1637	571	575;	1638	572	576;	1639	573	577
602.	1640	574	578;	1641	575	579;	1642	576	580;	1643	577	581;	1644	578	582
603.	1645	579	583;	1646	580	584;	1647	581	585;	1648	582	586;	1649	583	587
604.	1650	584	588;	1651	585	589;	1652	586	590;	1653	587	591;	1654	588	592
605.	1655	589	593;	1656	590	594;	1657	591	595;	1658	592	596;	1659	593	597
606.	1660	594	598;	1661	595	599;	1662	596	600;	1663	597	601;	1664	598	602
607.	1665	599	603;	1666	600	604;	1667	601	605;	1668	602	606;	1669	603	607
608.	1670	604	608;	1671	605	609;	1672	606	610;	1673	607	611;	1674	608	612
609.	1675	609	613;	1676	610	614;	1677	611	615;	1678	612	616;	1679	613	617
610.	1680	614	618;	1681	615	619;	1682	616	620;	1683	617	621;	1684	618	622
611.	1685	619	623;	1686	620	624;	1687	621	625;	1688	622	626;	1689	623	627
612.	1690	624	628;	1691	625	629;	1692	626	630;	1693	627	631;	1694	628	632
613.	1695	629	633;	1696	630	634;	1697	631	635;	1698	632	636;	1699	633	637
614.	1700	634	638;	1701	635	639;	1702	636	640;	1703	633	634;	1704	634	635
615.	1705	635	636;	1706	636	633;	1707	637	638;	1708	638	639;	1709	639	640
616.	1710	640	637;	1711	637	641;	1712	638	642;	1713	639	643;	1714	640	644
617.	1715	641	645;	1716	642	646;	1717	643	647;	1718	644	648;	1719	645	649
618.	1720	646	650;	1721	647	651;	1722	648	652;	1723	649	653;	1724	650	654
619.	1725	651	655;	1726	652	656;	1727	653	657;	1728	654	658;	1729	655	659
620.	1730	656	660;	1731	657	658;	1732	659	659;	1733	659	660;	1734	660	657
621.	1735	661	666;	1736	662	665;	1737	665	670;	1738	666	669;	1739	669	674
622.	1740	670	673;	1741	673	678;	1742	674	677;	1743	677	682;	1744	678	681
623.	1745	681	686;	1746	682	685;	1747	685	690;	1748	686	689;	1749	689	694
624.	1750	690	693;	1751	693	698;	1752	694	697;	1753	697	602;	1754	698	601
625.	1755	602	605;	1756	601	606;	1757	606	609;	1758	605	610;	1759	610	613
626.	1760	609	614;	1761	614	617;	1762	613	618;	1763	618	621;	1764	617	622
627.	1765	622	625;	1766	621	626;	1767	626	629;	1768	625	630;	1769	630	633
628.	1770	629	634;	1771	664	667;	1772	563	668;	1773	568	671;	1774	567	672
629.	1775	672	675;	1776	671	676;	1777	676	679;	1778	675	680;	1779	680	683
630.	1780	679	684;	1781	684	687;	1782	683	688;	1783	688	691;	1784	687	692
631.	1785	692	695;	1786	691	696;	1787	696	699;	1788	695	600;	1789	600	603
632.	1790	699	604;	1791	604	607;	1792	603	608;	1793	608	611;	1794	607	612
633.	1795	612	615;	1796	611	616;	1797	616	619;	1798	615	620;	1799	620	623
634.	1800	619	624;	1801	624	627;	1802	623	628;	1803	628	631;	1804	627	632
635.	1805	631	636;	1806	632	635;	1807	661	668;	1808	664	665;	1809	665	672
636.	1810	668	669;	1811	669	676;	1812	672	673;	1813	673	680;	1814	676	677
637.	1815	677	684;	1816	680	681;	1817	681	688;	1818	684	685;	1819	685	692
638.	1820	688	689;	1821	689	696;	1822	692	693;	1823	693	600;	1824	696	697
639.	1825	697	604;	1826	600	601;	1827	604	605;	1828	601	608;	1829	608	609
640.	1830	605	612;	1831	612	613;	1832	609	616;	1833	616	617;	1834	613	620
641.	1835	620	621;	1836	617	624;	1837	624	625;	1838	621	628;	1839	628	629

642.	1840	625	632;	1841	632	633;	1842	629	636;	1843	563	566;	1844	562	567
643.	1845	567	570;	1846	566	571;	1847	571	574;	1848	570	575;	1849	575	578
644.	1850	574	579;	1851	579	582;	1852	578	583;	1853	583	586;	1854	582	587
645.	1855	587	590;	1856	586	591;	1857	591	594;	1858	590	595;	1859	595	598
646.	1860	594	599;	1861	599	602;	1862	598	603;	1863	603	606;	1864	602	607
647.	1865	607	610;	1866	606	611;	1867	611	614;	1868	610	615;	1869	615	618
648.	1870	614	619;	1871	619	622;	1872	618	623;	1873	623	626;	1874	622	627
649.	1875	627	630;	1876	626	631;	1877	631	634;	1878	630	635;	1879	635	633
650.	1880	636	634;	1881	633	638;	1882	634	637;	1883	633	640;	1884	636	637
651.	1885	636	639;	1886	640	635;	1887	635	638;	1888	634	635;	1889	639	637
652.	1890	640	638;	1891	640	641;	1892	637	642;	1893	638	643;	1894	639	644
653.	1895	641	648;	1896	642	645;	1897	643	646;	1898	644	647;	1899	648	649
654.	1900	645	650;	1901	646	651;	1902	647	652;	1903	649	656;	1904	650	653
655.	1905	651	654;	1906	652	655;	1907	656	657;	1908	653	658;	1909	654	659
656.	1910	655	660;	1911	641	642;	1912	642	643;	1913	643	644;	1914	644	641
657.	1915	645	646;	1916	646	647;	1917	647	648;	1918	648	645;	1919	649	650
658.	1920	650	651;	1921	651	652;	1922	652	649;	1923	653	654;	1924	654	655
659.	1925	655	656;	1926	656	653;	1927	355	661;	1928	354	662;	1929	661	663
660.	1930	662	666;	1931	663	667;	1932	666	668;	1933	667	669;	1934	668	672
661.	1935	669	673;	1936	672	674;	1937	673	675;	1938	674	681;	1939	691	699
662.	1940	697	700;	1941	699	701;	1942	700	704;	1943	701	705;	1944	704	706
663.	1945	705	707;	1946	707	711;	1947	706	710;	1948	711	713;	1949	710	712
664.	1950	712	719;	1951	729	737;	1952	735	738;	1953	737	739;	1954	738	742
665.	1955	739	743;	1956	742	744;	1957	743	745;	1958	744	748;	1959	745	749
666.	1960	748	750;	1961	749	751;	1962	750	757;	1963	767	775;	1964	773	776
667.	1965	775	777;	1966	776	780;	1967	777	781;	1968	780	782;	1969	781	783
668.	1970	782	786;	1971	783	787;	1972	786	788;	1973	787	636;	1974	788	633
669.	1975	359	664;	1976	358	665;	1977	664	670;	1978	665	671;	1979	670	677
670.	1980	671	679;	1981	677	685;	1982	679	687;	1983	665	693;	1984	687	695
671.	1985	693	702;	1986	695	703;	1987	702	708;	1988	703	709;	1989	708	715
672.	1990	709	717;	1991	715	723;	1992	717	725;	1993	723	731;	1994	725	733
673.	1995	733	741;	1996	731	740;	1997	741	747;	1998	740	746;	1999	747	755
674.	2000	746	753;	2001	755	763;	2002	753	761;	2003	763	771;	2004	761	769
675.	2005	771	779;	2006	769	778;	2007	779	785;	2008	778	784;	2009	785	637
676.	2010	784	640;	2011	681	689;	2012	689	697;	2013	675	683;	2014	683	691
677.	2015	719	727;	2016	727	735;	2017	713	721;	2018	721	729;	2019	757	765
678.	2020	765	773;	2021	751	759;	2022	759	767;	2023	355	666;	2024	354	663
679.	2025	663	672;	2026	666	669;	2027	669	681;	2028	672	675;	2029	675	689
680.	2030	681	683;	2031	683	697;	2032	689	691;	2033	691	704;	2034	697	701
681.	2035	701	710;	2036	704	707;	2037	707	719;	2038	710	713;	2039	713	727
682.	2040	719	721;	2041	721	735;	2042	727	729;	2043	729	742;	2044	735	739
683.	2045	739	746;	2046	742	745;	2047	745	757;	2048	748	751;	2049	751	765
684.	2050	757	759;	2051	759	773;	2052	765	767;	2053	767	780;	2054	773	777
685.	2055	777	786;	2056	780	783;	2057	783	633;	2058	786	636;	2059	359	665
686.	2060	358	664;	2061	664	671;	2062	665	670;	2063	670	679;	2064	671	677
687.	2065	677	687;	2066	679	685;	2067	685	695;	2068	687	693;	2069	693	703
688.	2070	695	702;	2071	702	709;	2072	703	708;	2073	708	717;	2074	709	715
689.	2075	715	725;	2076	717	723;	2077	723	733;	2078	725	731;	2079	731	741
690.	2080	733	740;	2081	740	747;	2082	741	746;	2083	746	755;	2084	747	753
691.	2085	753	763;	2086	755	761;	2087	761	771;	2088	763	769;	2089	769	779
692.	2090	771	778;	2091	778	785;	2092	779	784;	2093	784	637;	2094	785	640
693.	2095	675	676;	2096	676	677;	2097	677	678;	2098	678	679;	2099	679	680
694.	2100	680	681;	2101	681	682;	2102	682	675;	2103	683	684;	2104	684	685
695.	2105	685	686;	2106	686	687;	2107	687	688;	2108	688	689;	2109	689	690
696.	2110	690	683;	2111	691	692;	2112	692	693;	2113	693	694;	2114	694	695
697.	2115	695	696;	2116	696	697;	2117	697	698;	2118	698	691;	2119	713	714
698.	2120	714	715;	2121	715	716;	2122	716	717;	2123	717	718;	2124	718	719
699.	2125	719	720;	2126	720	713;	2127	721	722;	2128	722	723;	2129	723	724
700.	2130	724	725;	2131	725	726;	2132	726	727;	2133	727	728;	2134	728	721
701.	2135	729	730;	2136	730	731;	2137	731	732;	2138	732	733;	2139	733	734
702.	2140	734	735;	2141	735	736;	2142	736	729;	2143	751	752;	2144	752	753
703.	2145	753	754;	2146	754	755;	2147	755	756;	2148	756	757;	2149	757	758
704.	2150	758	751;	2151	759	760;	2152	760	761;	2153	761	762;	2154	762	763
705.	2155	763	764;	2156	764	765;	2157	765	766;	2158	766	759;	2159	767	768
706.	2160	768	769;	2161	769	770;	2162	770	771;	2163	771	772;	2164	772	773
707.	2165	773	774;	2166	774	767;	2167	359	661;	2168	661	664;	2169	664	667
708.	2170	667	670;	2171	670	673;	2172	673	677;	2173	677	683;	2174	683	693
709.	2175	693	699;	2176	699	702;	2177	702	705;	2178	705	708;	2179	708	711
710.	2180	711	715;	2181	715	721;	2182	721	731;	2183	731	737;	2184	737	740
711.	2185	740	743;	2186	743	746;	2187	746	749;	2188	749	753;	2189	753	759
712.	2190	759	769;	2191	769	775;	2192	775	778;	2193	778	781;	2194	781	784
713.	2195	784	787;	2196	787	640;	2197	358	662;	2198	662	665;	2199	665	668
714.	2200	668	671;	2201	671	674;	2202	674	679;	2203	679	689;	2204	689	695
715.	2205	695	700;	2206	700	703;	2207	703	706;	2208	706	709;	2209	709	712
716.	2210	712	717;	2211	717	727;	2212	727	733;	2213	733	738;	2214	738	741
717.	2215	741	744;	2216	744	747;	2217	747	750;	2218	750	755;	2219	755	765
718.	2220	765	771;	2221	771	776;	2222	776	779;	2223	779	782;	2224	782	785

719. 2225 785 788; 2226 788 637; 2227 682 676; 2228 676 678; 2229 678 680
 720. 2230 680 682; 2231 682 678; 2232 690 684; 2233 684 686; 2234 686 688
 721. 2235 688 690; 2236 690 686; 2237 698 692; 2238 692 694; 2239 694 696
 722. 2240 696 698; 2241 698 694; 2242 720 714; 2243 714 716; 2244 716 718
 723. 2245 718 720; 2246 720 716; 2247 728 722; 2248 722 724; 2249 724 726
 724. 2250 726 728; 2251 728 724; 2252 736 730; 2253 730 732; 2254 732 734
 725. 2255 734 736; 2256 736 732; 2257 758 752; 2258 752 754; 2259 754 756
 726. 2260 756 758; 2261 758 754; 2262 766 760; 2263 760 762; 2264 762 764
 727. 2265 764 766; 2266 766 762; 2267 774 768; 2268 768 770; 2269 770 772
 728. 2270 772 774; 2271 774 770; 2272 635 789; 2273 634 790; 2274 789 791
 729. 2275 790 794; 2276 791 795; 2277 794 796; 2278 795 797; 2279 796 800
 730. 2280 797 801; 2281 800 802; 2282 801 803; 2283 802 809; 2284 819 827
 731. 2285 825 828; 2286 827 829; 2287 828 832; 2288 829 833; 2289 832 834
 732. 2290 833 835; 2291 835 839; 2292 834 838; 2293 839 841; 2294 838 840
 733. 2295 840 847; 2296 857 865; 2297 863 866; 2298 865 867; 2299 866 870
 734. 2300 867 871; 2301 870 872; 2302 871 873; 2303 872 876; 2304 873 877
 735. 2305 876 878; 2306 877 879; 2307 878 885; 2308 895 903; 2309 901 904
 736. 2310 903 905; 2311 904 908; 2312 905 909; 2313 908 910; 2314 909 911
 737. 2315 910 914; 2316 911 915; 2317 914 916; 2318 915 76; 2319 916 73
 738. 2320 639 792; 2321 638 793; 2322 792 798; 2323 793 799; 2324 798 805
 739. 2325 799 807; 2326 805 813; 2327 807 815; 2328 813 821; 2329 815 823
 740. 2330 821 830; 2331 823 831; 2332 830 836; 2333 831 837; 2334 836 843
 741. 2335 837 845; 2336 843 851; 2337 845 853; 2338 851 859; 2339 853 861
 742. 2340 861 869; 2341 859 866; 2342 869 875; 2343 868 874; 2344 875 883
 743. 2345 874 881; 2346 883 891; 2347 881 889; 2348 891 899; 2349 889 897
 744. 2350 899 907; 2351 897 906; 2352 907 913; 2353 906 912; 2354 913 77
 745. 2355 912 80; 2356 809 817; 2357 817 825; 2358 803 811; 2359 811 819
 746. 2360 847 855; 2361 855 863; 2362 841 849; 2363 849 857; 2364 885 893
 747. 2365 893 901; 2366 879 887; 2367 887 895; 2368 635 794; 2369 634 791
 748. 2370 791 800; 2371 794 797; 2372 797 809; 2373 800 803; 2374 803 817
 749. 2375 809 811; 2376 811 825; 2377 817 819; 2378 819 832; 2379 825 829
 750. 2380 829 838; 2381 832 835; 2382 835 847; 2383 838 841; 2384 841 855
 751. 2385 847 849; 2386 849 863; 2387 855 857; 2388 857 870; 2389 863 867
 752. 2390 867 876; 2391 870 873; 2392 873 885; 2393 876 879; 2394 879 893
 753. 2395 885 887; 2396 887 901; 2397 893 895; 2398 895 908; 2399 901 905
 754. 2400 905 914; 2401 908 911; 2402 911 73; 2403 914 76; 2404 639 793
 755. 2405 638 792; 2406 792 799; 2407 793 798; 2408 798 807; 2409 799 805
 756. 2410 805 815; 2411 807 813; 2412 813 823; 2413 815 821; 2414 821 831
 757. 2415 823 830; 2416 830 837; 2417 831 836; 2418 836 845; 2419 837 843
 758. 2420 843 853; 2421 845 851; 2422 851 861; 2423 853 859; 2424 859 869
 759. 2425 861 868; 2426 868 875; 2427 869 874; 2428 874 883; 2429 875 881
 760. 2430 881 891; 2431 883 889; 2432 889 899; 2433 891 897; 2434 897 907
 761. 2435 899 906; 2436 906 913; 2437 907 912; 2438 912 77; 2439 913 80
 762. 2440 803 804; 2441 804 805; 2442 805 806; 2443 806 807; 2444 807 808
 763. 2445 808 809; 2446 809 810; 2447 810 803; 2448 811 812; 2449 812 813
 764. 2450 813 814; 2451 814 815; 2452 815 816; 2453 816 817; 2454 817 818
 765. 2455 818 811; 2456 819 820; 2457 820 821; 2458 821 822; 2459 822 823
 766. 2460 823 824; 2461 824 825; 2462 825 826; 2463 826 819; 2464 841 842
 767. 2465 842 843; 2466 843 844; 2467 844 845; 2468 845 846; 2469 846 847
 768. 2470 847 848; 2471 848 841; 2472 849 850; 2473 850 851; 2474 851 852
 769. 2475 852 853; 2476 853 854; 2477 854 855; 2478 855 856; 2479 856 849
 770. 2480 857 858; 2481 858 859; 2482 859 860; 2483 860 861; 2484 861 862
 771. 2485 862 863; 2486 863 864; 2487 864 857; 2488 879 880; 2489 880 881
 772. 2490 881 882; 2491 882 883; 2492 883 884; 2493 884 885; 2494 885 886
 773. 2495 886 879; 2496 887 888; 2497 888 889; 2498 889 890; 2499 890 891
 774. 2500 891 892; 2501 892 893; 2502 893 894; 2503 894 887; 2504 895 896
 775. 2505 896 897; 2506 897 898; 2507 898 899; 2508 899 900; 2509 900 901
 776. 2510 901 902; 2511 902 895; 2512 639 789; 2513 789 792; 2514 792 795
 777. 2515 795 798; 2516 798 801; 2517 801 805; 2518 805 811; 2519 811 821
 778. 2520 821 827; 2521 827 830; 2522 830 833; 2523 833 836; 2524 836 839
 779. 2525 839 843; 2526 843 849; 2527 849 859; 2528 859 865; 2529 865 868
 780. 2530 868 871; 2531 871 874; 2532 874 877; 2533 877 881; 2534 881 887
 781. 2535 887 897; 2536 897 903; 2537 903 906; 2538 906 909; 2539 909 912
 782. 2540 912 915; 2541 915 80; 2542 638 790; 2543 790 793; 2544 793 796
 783. 2545 796 799; 2546 799 802; 2547 802 807; 2548 807 817; 2549 817 823
 784. 2550 823 828; 2551 828 831; 2552 831 834; 2553 834 837; 2554 837 840
 785. 2555 840 845; 2556 845 855; 2557 855 861; 2558 861 866; 2559 866 869
 786. 2560 869 872; 2561 872 875; 2562 875 878; 2563 878 883; 2564 883 893
 787. 2565 893 899; 2566 899 904; 2567 904 907; 2568 907 910; 2569 910 913
 788. 2570 913 916; 2571 916 77; 2572 810 804; 2573 804 806; 2574 806 808
 789. 2575 808 810; 2576 810 806; 2577 818 812; 2578 812 814; 2579 814 816
 790. 2580 816 818; 2581 818 814; 2582 826 820; 2583 820 822; 2584 822 824
 791. 2585 824 826; 2586 826 822; 2587 848 842; 2588 842 844; 2589 844 846
 792. 2590 846 849; 2591 848 844; 2592 856 850; 2593 850 852; 2594 852 854
 793. 2595 854 856; 2596 856 852; 2597 864 858; 2598 858 860; 2599 860 862
 794. 2600 862 864; 2601 864 860; 2602 886 880; 2603 880 882; 2604 882 884
 795. 2605 884 886; 2606 886 882; 2607 894 888; 2608 888 890; 2609 890 892

```
796. 2610 892 894; 2611 894 890; 2612 902 896; 2613 896 898; 2614 898 900
797. 2615 900 902; 2616 902 898
798. START GROUP DEFINITION
799. GEOMETRY
800. _GPO01 21 TO 56 834 TO 869
801. _GPORE 1 TO 20 814 TO 833 1627 TO 1646
802. _GPO02 57 TO 92 870 TO 905
803. _GPO03 93 TO 112 906 TO 925 1711 TO 1730
804. _GPO03' 277 TO 296 1090 TO 1109 1891 TO 1910
805. _GPO04 113 TO 116 926 TO 929 1731 TO 1734
806. _GPO05 117 TO 160 930 TO 973
807. _GPO06 205 TO 228 1018 TO 1041
808. _GPO07 161 TO 204 974 TO 1017
809. _GPO08 229 TO 252 1042 TO 1065
810. _GPO09 297 TO 312 1110 TO 1125 1911 TO 1926
811. _GPO10 469 TO 516 553 TO 564 1282 TO 1329 1366 TO 1377
812. _GPO11 517 TO 552 1330 TO 1365
813. _GPO12 565 TO 636 1378 TO 1449
814. _GPO13 642 709 TO 768 1522 TO 1581
815. _GPO14 637 TO 641 643 TO 708 1450 TO 1521
816. _GPO15 769 TO 813 1582 TO 1626
817. _GPO16 313 TO 368 1126 TO 1181 1226
818. _GPO17 369 TO 412 1182 TO 1225
819. _GPO18 413 TO 456 1227 TO 1269
820. _GPO19 1647 TO 1666
821. _GPO20 1667 TO 1710
822. _GPO21 1807 TO 1826 1843 TO 1862
823. _GPO22 1827 TO 1842 1863 TO 1878
824. _GPO23 1735 TO 1806
825. _GPO24 253 TO 276 457 TO 468 1066 TO 1089 1270 TO 1281 1879 TO 1890

826. _GPO25 1927 TO 1974 2011 TO 2022 2272 TO 2319 2356 TO 2367
827. _GPO26 1975 TO 2010 2320 TO 2355
828. _GPO27 2023 2026 2027 2029 TO 2059 2062 2063 2065 TO 2094 2368 TO 2439
829. _GPO28 2167 TO 2226 2512 TO 2571
830. _GPO29 2095 TO 2166 2440 TO 2511
831. _GPO30 2227 TO 2271 2572 TO 2616
832. END GROUP DEFINITION
833. START USER TABLE
834. TABLE 1
835. ANGLE
836. L15153
837. 3.8 3.8 0.5 0.73 0 0
839. END
839. MEMBER PROPERTY AMERICAN
840. _GPO01 TABLE ST L50508
841. _GPORE TABLE ST L505012
842. _GPO02 TABLE ST L40406
843. _GPO03 TABLE ST L25253
844. _GPO03' TABLE ST L20202
845. _GPO04 TABLE ST L25253
846. _GPO05 TABLE ST L20203
847. _GPO06 TABLE ST L20203
848. _GPO07 TABLE ST L20203
849. _GPO08 TABLE ST L20203
850. _GPO09 TABLE ST L20202
851. _GPO10 TABLE ST L40408
852. _GPO11 TABLE ST L40408
853. _GPO12 TABLE ST L20203
854. _GPO13 TABLE ST L25253
855. _GPO14 TABLE ST L25253
856. _GPO15 UPTABLE 1 L15153
857. _GPO16 TABLE ST L40408
858. _GPO17 TABLE ST L25253
859. _GPO18 TABLE ST L20203
860. _GPO19 TABLE ST L50508
861. _GPO20 TABLE ST L40406
862. _GPO21 TABLE ST L25253
863. _GPO22 TABLE ST L20203
864. _GPO23 TABLE ST L20203
865. _GPO24 TABLE ST L25253
866. _GPO25 TABLE ST L40406
867. _GPO26 TABLE ST L40406
868. _GPO27 TABLE ST L20202
869. 2024 2025 2028 2060 2061 2064 TABLE ST L20202
870. _GPO28 TABLE ST L25253
871. _GPO29 TABLE ST L25253
```

872. _GPO30 UPTABLE 1 L15153
873. CONSTANTS
874. E 2039 ALL
875. DENSITY 7.854E-006 ALL
876. POISSON STEEL ALL
877. SUPPORTS
878. 1 TO 4 101 TO 104 PINNED
879. 281 TO 284 381 TO 384 561 TO 564 PINNED
880. LOAD 1 PESO PROPIO
881. SELFWEIGHT Y -1
882. LOAD 2 TENSIONES
883. JOINT LOAD
884. 452 468 490 506 528 544 FX 2.033
885. 168 184 206 222 244 260 FX -2.033
886. 172 188 210 226 248 264 FX 1.0305
887. 676 692 714 730 752 768 804 820 842 858 880 896 FZ 1.085
888. 680 696 718 734 756 772 808 824 846 862 884 900 FZ -1.344
889. 454 470 492 508 530 546 FY -0.2785
890. 682 698 720 736 758 774 FY -0.57
891. 810 826 848 864 886 902 FY -0.6065
892. 174 190 212 228 250 266 FY -0.656
893. MEMBER LOAD
894. 926 CON GZ -0.389
895. 927 CON GX 0.198
896. 928 CON GZ 0.389
897. 1732 CON GX 0.198
898. 1733 CON GZ 0.389
899. 1734 CON GX -0.198
900. 114 CON GX 0.226
901. 115 CON GZ 0.389
902. 116 CON GX -0.189
903. LOAD 3 HILO ROTC
904. * SE ROMPE EL TENSOR MAS CERCANO A F/11 C3 NUDOS 528 Y 544
905. JOINT LOAD
906. 452 468 490 506 FX 2.033
907. 168 184 206 222 244 260 FX -2.033
908. 676 692 714 730 752 768 804 820 842 858 880 896 FZ 1.035
909. 454 470 492 508 530 546 FY -0.2785
910. 682 698 720 736 758 774 FY -0.57
911. 810 826 848 864 886 902 FY -0.6065
912. 174 190 212 228 250 266 FY -0.656
913. MEMBER LOAD
914. 926 CON GZ -0.389
915. 927 CON GX 0.198
916. 928 CON GZ 0.389
917. 1732 CON GX 0.198
918. 1733 CON GZ 0.389
919. 1734 CON GX -0.198
920. 114 CON GX 0.226
921. 115 CON GZ 0.389
922. 116 CON GX -0.189
923. LOAD 4 VIENTO EN X
924. JOINT LOAD
925. *COLUMNNA C1
926. 569 TO 572 FX 0.261
927. 577 TO 580 FX 0.256
928. 585 TO 588 FX 0.184
929. 593 TO 596 FX 0.178
930. 601 TO 604 FX 0.183
931. 609 TO 612 FX 0.144
932. 617 TO 620 FX 0.156
933. 625 TO 628 FX 0.159
934. 633 TO 636 FX 0.183
935. 637 TO 640 FX 0.09
936. 645 TO 648 FX 0.119
937. 653 TO 656 FX 0.052
938. 657 TO 660 FX 0.051
939. *COLUMNNA C2
940. 9 TO 12 289 TO 292 FX 0.213
941. 17 TO 20 297 TO 300 FX 0.206
942. 25 TO 28 305 TO 308 FX 0.151
943. 33 TO 36 313 TO 316 FX 0.146
944. 41 TO 44 321 TO 324 FX 0.15
945. 45 TO 48 325 TO 328 FX 0.176
946. 57 TO 60 337 TO 340 FX 0.075
947. 49 TO 52 329 TO 332 FX 0.076
948. 65 TO 68 337 TO 340 FX 0.079

949. 73 TO 76 345 TO 348 FX 0.078
950. 77 TO 80 353 TO 356 FX 0.188
951. 85 TO 88 357 TO 360 FX 0.09
952. 93 TO 96 365 TO 368 FX 0.054
953. 97 TO 100 373 TO 376 FX 0.049
954. 377 TO 380 FX 0.027
955. *COLUMNNA C3
956. 109 TO 112 389 TO 392 FX 0.132
957. 117 TO 120 397 TO 400 FX 0.132
958. 125 TO 128 405 TO 408 FX 0.133
959. 133 TO 136 413 TO 416 FX 0.133
960. 141 TO 144 421 TO 424 FX 0.141
961. 145 TO 148 425 TO 428 FX 0.085
962. 149 TO 152 429 TO 432 FX 0.086
963. *TRABE T2
964. 451 453 467 469 527 529 543 545 FX 0.112
965. 489 491 505 507 FX 0.18
966. 167 169 183 185 243 245 259 261 FX 0.112
967. 205 207 221 223 FX 0.18
968. LOAD 5 VIENTO EN Z
969. JOINT LOAD
970. *COLUMNNA C1
971. 569 TO 572 FZ 0.206
972. 577 TO 580 FZ 0.206
973. 585 TO 588 FZ 0.139
974. 593 TO 596 FZ 0.139
975. 601 TO 604 FZ 0.137
976. 609 TO 612 FZ 0.127
977. 617 TO 620 FZ 0.142
978. 625 TO 628 FZ 0.15
979. 633 TO 636 FZ 0.181
980. 637 TO 640 FZ 0.09
981. 645 TO 648 FZ 0.119
982. 653 TO 656 FZ 0.051
983. 657 TO 660 FZ 0.051
984. *COLUMNNA C2
985. 9 TO 12 289 TO 292 FZ 0.206
986. 17 TO 20 297 TO 300 FZ 0.206
987. 25 TO 28 305 TO 308 FZ 0.139
988. 33 TO 36 313 TO 316 FZ 0.139
989. 41 TO 44 321 TO 324 FZ 0.147
990. 45 TO 48 325 TO 328 FZ 0.088
991. 57 TO 60 337 TO 340 FZ 0.088
992. 49 TO 52 329 TO 332 FZ 0.074
993. 65 TO 68 337 TO 340 FZ 0.075
994. 73 TO 76 345 TO 348 FZ 0.157
995. 77 TO 80 353 TO 356 FZ 0.188
996. 85 TO 88 357 TO 360 FZ 0.09
997. 93 TO 96 365 TO 368 FZ 0.054
998. 97 TO 100 373 TO 376 FZ 0.049
999. 377 TO 380 FZ 0.027
1000. *COLUMNNA C3
1001. 109 TO 112 389 TO 392 FZ 0.16
1002. 117 TO 120 397 TO 400 FZ 0.153
1003. 125 TO 128 405 TO 408 FZ 0.148
1004. 133 TO 136 413 TO 416 FZ 0.143
1005. 141 TO 144 421 TO 424 FZ 0.146
1006. 145 TO 148 425 TO 428 FZ 0.085
1007. 149 TO 152 429 TO 432 FZ 0.086
1008. *TRABE T1
1009. 675 677 691 693 751 753 767 769 FZ 0.112
1010. 713 715 729 731 FZ 0.18
1011. 803 805 819 821 879 881 895 897 FZ 0.112
1012. 841 843 857 859 FZ 0.18
1013. *COMBINACIONES CON CARGAS NO FACTORIZADAS
1014. LOAD COMB 6 PPO+TC
1015. 1 1.0 2 1.0
1016. LOAD COMB 7 PPO+TC+VX
1017. 1 1.0 2 1.0 4 1.0
1018. LOAD COMB 8 PPO+TC-VX

1019. 1 1.0 2 1.0 4 -1.0
1020. LOAD COMB 9 PPO+TC+HR+VX
1021. 1 1.0 2 1.0 3 -1.0 4 1.0
1022. LOAD COMB 10 PPO+TC+HR-VX
1023. 1 1.0 2 1.0 3 -1.0 4 -1.0
1024. LOAD COMB 11 PPO+TC+VZ

```

1025. 1 1.0 2 1.0 5 1.0
1026. LOAD COMB 12 PPO+TC-VZ
1027. 1 1.0 2 1.0 5 -1.0
1028. LOAD COMB 13 PPO+TC+HR+VZ
1029. 1 1.0 2 1.0 3 -1.0 5 1.0
1030. LOAD COMB 14 PPO+TC+HR-VZ
1031. 1 1.0 2 1.0 3 -1.0 5 -1.0
1032. *COMBINACIONES CON CARGAS FACTORIZADAS
1033. LOAD COMB 15 1.2PPO+1.25TC
1034. 1 1.2 2 1.25
1035. LOAD COMB 16 1.2PPO+1.25TC+1.3VX
1036. 1 1.2 2 1.25 4 1.3
1037. LOAD COMB 17 1.2PPO+1.25TC-1.3VX
1038. 1 1.2 2 1.25 4 -1.3
1039. LOAD COMB 18 1.2PPO+1.25TC+1.25HR+1.3VX
1040. 1 1.2 2 1.25 3 -1.25 4 1.3
1041. LOAD COMB 19 1.2PPO+1.25TC+1.25HR-1.3VX
1042. 1 1.2 2 1.25 3 -1.25 4 -1.3
1043. LOAD COMB 20 1.2PPO+1.25TC+1.3VZ
1044. 1 1.2 2 1.25 5 1.3
1045. LOAD COMB 21 1.2PPO+1.25TC-1.3VZ
1046. 1 1.2 2 1.25 5 -1.3
1047. LOAD COMB 22 1.2PPO+1.25TC+1.25HR+1.3VZ
1048. 1 1.2 2 1.25 3 -1.25 5 1.3
1049. LOAD COMB 23 1.2PPO+1.25TC+1.25HR-1.3VZ
1050. 1 1.2 2 1.25 3 -1.25 5 -1.3
1051. PERFORM ANALYSIS
1052. LOAD LIST 6 TO 14
1053. PRINT JOINT DISPLACEMENTS LIST 97 TO 100 377 TO 380 657 TO 660
    
```

JOINT DISPLACEMENT (CM RADIANS) STRUCTURE TYPE = TRUSS

JOINT	LOAD	X-TRANS	Y-TRANS	Z-TRANS	X-ROTAN	Y-ROTAN	Z-ROTAN	
97	6	1.1633	-0.0533	0.6698	0.0000	0.0000	0.0000	
	7	9.6006	-0.0109	0.6879	0.0000	0.0000	0.0000	
	8	-7.2739	-0.0958	0.6518	0.0000	0.0000	0.0000	
	9	9.7066	-0.0687	-5.6235	0.0000	0.0000	0.0000	
	10	-7.1678	-0.1536	-5.6596	0.0000	0.0000	0.0000	
	11	1.1527	0.0253	7.4846	0.0000	0.0000	0.0000	
	12	1.1730	-0.1320	-6.1449	0.0000	0.0000	0.0000	
	13	1.2598	-0.0325	1.1731	0.0000	0.0000	0.0000	
	14	1.2790	-0.1898	-12.4563	0.0000	0.0000	0.0000	
	98	6	1.1636	-0.0647	0.7398	0.0000	0.0000	0.0000
		7	9.6007	-0.1321	0.7609	0.0000	0.0000	0.0000
		8	-7.2735	0.0028	0.7186	0.0000	0.0000	0.0000
		9	9.7065	-0.1729	-5.4518	0.0000	0.0000	0.0000
		10	-7.1677	-0.0380	-5.4941	0.0000	0.0000	0.0000
11		1.1540	0.0138	7.5224	0.0000	0.0000	0.0000	
12		1.1733	-0.1432	-6.0428	0.0000	0.0000	0.0000	
13		1.2596	-0.0269	1.3096	0.0000	0.0000	0.0000	
14		1.2790	-0.1839	-12.2556	0.0000	0.0000	0.0000	
99		6	1.1237	-0.0863	0.7398	0.0000	0.0000	0.0000
		7	9.5636	-0.1532	0.7609	0.0000	0.0000	0.0000
		8	-7.3161	-0.0194	0.7186	0.0000	0.0000	0.0000
		9	9.5879	-0.0399	-5.4518	0.0000	0.0000	0.0000
		10	-7.2918	0.0939	-5.4941	0.0000	0.0000	0.0000
	11	1.1389	-0.1559	7.5222	0.0000	0.0000	0.0000	
	12	1.1086	-0.0167	-6.0427	0.0000	0.0000	0.0000	
	13	1.1632	-0.0426	1.3095	0.0000	0.0000	0.0000	
	14	1.1329	0.0966	-12.2554	0.0000	0.0000	0.0000	
	100	6	1.1234	-0.0789	0.6704	0.0000	0.0000	0.0000
		7	9.5631	-0.0373	0.6884	0.0000	0.0000	0.0000
		8	-7.3163	-0.1206	0.6524	0.0000	0.0000	0.0000
		9	9.5878	0.0582	-5.6236	0.0000	0.0000	0.0000
		10	-7.2916	-0.0251	-5.6596	0.0000	0.0000	0.0000
11		1.1386	-0.1476	7.4853	0.0000	0.0000	0.0000	
12		1.1082	-0.0102	-6.1445	0.0000	0.0000	0.0000	
13		1.1632	-0.0522	1.1733	0.0000	0.0000	0.0000	
14		1.1329	0.0852	-12.4565	0.0000	0.0000	0.0000	
377		6	1.3575	-0.0574	-0.2732	0.0000	0.0000	0.0000
		7	9.7341	0.0063	-0.2927	0.0000	0.0000	0.0000
		8	-7.0191	-0.1211	-0.2537	0.0000	0.0000	0.0000
		9	9.9119	-0.0264	-5.2427	0.0000	0.0000	0.0000
		10	-6.8413	-0.1537	-5.2037	0.0000	0.0000	0.0000

	11	1.3700	0.0138	6.0710	0.0000	0.0000	0.0000
	12	1.3451	-0.1286	-6.6175	0.0000	0.0000	0.0000
	13	1.5478	-0.0189	1.1211	0.0000	0.0000	0.0000
	14	1.5229	-0.1613	-11.5675	0.0000	0.0000	0.0000
378	6	1.3575	-0.0711	-0.3475	0.0000	0.0000	0.0000
	7	9.7340	-0.1110	-0.3647	0.0000	0.0000	0.0000
	8	-7.0190	-0.0312	-0.3303	0.0000	0.0000	0.0000
	9	9.9119	-0.1535	-5.4352	0.0000	0.0000	0.0000
	10	-6.8412	-0.0737	-5.4007	0.0000	0.0000	0.0000
	11	1.3699	-0.0003	6.0334	0.0000	0.0000	0.0000
	12	1.3451	-0.1419	-6.7285	0.0000	0.0000	0.0000
	13	1.5478	-0.0428	0.9630	0.0000	0.0000	0.0000
	14	1.5229	-0.1844	-11.7989	0.0000	0.0000	0.0000
379	6	1.4059	-0.0650	-0.3469	0.0000	0.0000	0.0000
	7	9.7782	-0.1048	-0.3642	0.0000	0.0000	0.0000
	8	-6.9665	-0.0252	-0.3297	0.0000	0.0000	0.0000
	9	10.0443	-0.0317	-5.4352	0.0000	0.0000	0.0000
	10	-6.7003	0.0478	-5.4007	0.0000	0.0000	0.0000
	11	1.3922	-0.1265	6.0339	0.0000	0.0000	0.0000
	12	1.4196	-0.0035	-6.7278	0.0000	0.0000	0.0000
	13	1.6583	-0.0534	0.9629	0.0000	0.0000	0.0000
	14	1.6857	0.0695	-11.7988	0.0000	0.0000	0.0000
380	6	1.4056	-0.0483	-0.2727	0.0000	0.0000	0.0000
	7	9.7778	0.0164	-0.2922	0.0000	0.0000	0.0000
	8	-6.9667	-0.1129	-0.2532	0.0000	0.0000	0.0000
	9	10.0443	0.1024	-5.2427	0.0000	0.0000	0.0000
	10	-6.7002	-0.0269	-5.2037	0.0000	0.0000	0.0000
	11	1.3919	-0.1104	6.0717	0.0000	0.0000	0.0000
	12	1.4193	0.0138	-6.6170	0.0000	0.0000	0.0000
	13	1.6583	-0.0244	1.1211	0.0000	0.0000	0.0000
	14	1.6857	0.0999	-11.5676	0.0000	0.0000	0.0000
657	6	1.3125	-0.0986	-2.0299	0.0000	0.0000	0.0000
	7	9.4432	-0.0562	-2.0263	0.0000	0.0000	0.0000
	8	-6.8183	-0.1410	-2.0335	0.0000	0.0000	0.0000

JOINT DISPLACEMENT (CM RADIANS) STRUCTURE TYPE = TRUSS

JOINT	LOAD	X-TRANS	Y-TRANS	Z-TRANS	X-ROTAN	Y-ROTAN	Z-ROTAN
	9	9.6324	-0.1239	-12.1462	0.0000	0.0000	0.0000
	10	-6.6291	-0.2087	-12.1534	0.0000	0.0000	0.0000
	11	1.3126	-0.0199	5.6345	0.0000	0.0000	0.0000
	12	1.3124	-0.1774	-9.6943	0.0000	0.0000	0.0000
	13	1.5017	-0.0876	-4.4854	0.0000	0.0000	0.0000
	14	1.5016	-0.2450	-19.8142	0.0000	0.0000	0.0000
658	6	1.3129	-0.1181	-2.0162	0.0000	0.0000	0.0000
	7	9.4433	-0.1600	-2.0134	0.0000	0.0000	0.0000
	8	-6.8178	-0.0761	-2.0189	0.0000	0.0000	0.0000
	9	9.6322	-0.2268	-12.1425	0.0000	0.0000	0.0000
	10	-6.6289	-0.1430	-12.1480	0.0000	0.0000	0.0000
	11	1.3128	-0.0401	5.6525	0.0000	0.0000	0.0000
	12	1.3127	-0.1961	-9.6848	0.0000	0.0000	0.0000
	13	1.5017	-0.1069	-4.4766	0.0000	0.0000	0.0000
	14	1.5016	-0.2629	-19.8138	0.0000	0.0000	0.0000
659	6	1.3161	-0.0821	-2.0162	0.0000	0.0000	0.0000
	7	9.4492	-0.1238	-2.0134	0.0000	0.0000	0.0000
	8	-6.8129	-0.0405	-2.0189	0.0000	0.0000	0.0000
	9	9.6333	0.0252	-12.1425	0.0000	0.0000	0.0000
	10	-6.6288	0.1086	-12.1480	0.0000	0.0000	0.0000
	11	1.3190	-0.1605	5.6523	0.0000	0.0000	0.0000
	12	1.3173	-0.0038	-9.6846	0.0000	0.0000	0.0000
	13	1.5031	-0.0115	-4.4767	0.0000	0.0000	0.0000
	14	1.5015	0.1453	-19.8137	0.0000	0.0000	0.0000
660	6	1.3179	-0.0659	-2.0293	0.0000	0.0000	0.0000
	7	9.4488	-0.0232	-2.0257	0.0000	0.0000	0.0000
	8	-6.8131	-0.1086	-2.0329	0.0000	0.0000	0.0000
	9	9.6332	0.1271	-12.1462	0.0000	0.0000	0.0000
	10	-6.6286	0.0416	-12.1534	0.0000	0.0000	0.0000
	11	1.3187	-0.1440	5.6352	0.0000	0.0000	0.0000
	12	1.3171	0.0122	-9.6938	0.0000	0.0000	0.0000
	13	1.5031	0.0062	-4.4853	0.0000	0.0000	0.0000
	14	1.5015	0.1625	-19.8143	0.0000	0.0000	0.0000

***** END OF LATEST ANALYSIS RESULT *****

1054. PRINT SUPPORT REACTION

SUPPORT REACTIONS -UNIT MTON CM STRUCTURE TYPE = TRUSS

JOINT	LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM Z
1	6	-0.39	1.66	0.80	0.00	0.00	0.00
	7	-2.31	-28.76	-0.38	0.00	0.00	0.00
	8	1.52	32.07	1.99	0.00	0.00	0.00
	9	-2.27	-27.83	-1.10	0.00	0.00	0.00
	10	1.57	33.00	1.27	0.00	0.00	0.00
	11	-0.41	-16.06	-0.90	0.00	0.00	0.00
	12	-0.37	19.38	2.50	0.00	0.00	0.00
	13	-0.37	-15.14	-1.62	0.00	0.00	0.00
	14	-0.33	20.31	1.73	0.00	0.00	0.00
2	6	-0.38	6.67	0.21	0.00	0.00	0.00
	7	-2.30	37.55	1.42	0.00	0.00	0.00
	8	1.54	-24.21	-0.99	0.00	0.00	0.00
	9	-2.35	52.04	2.49	0.00	0.00	0.00
	10	1.49	-9.72	0.08	0.00	0.00	0.00
	11	-0.31	-12.23	-1.47	0.00	0.00	0.00
	12	-0.44	24.58	1.89	0.00	0.00	0.00
	13	-0.36	3.25	-0.40	0.00	0.00	0.00
	14	-0.49	39.07	2.96	0.00	0.00	0.00
3	6	0.53	1.27	-0.15	0.00	0.00	0.00
	7	-1.30	32.04	-1.44	0.00	0.00	0.00
	8	2.35	-29.50	1.14	0.00	0.00	0.00
	9	-2.75	33.27	-0.97	0.00	0.00	0.00
	10	0.90	-28.28	1.61	0.00	0.00	0.00
	11	0.47	18.63	-1.79	0.00	0.00	0.00
	12	0.58	-16.09	1.49	0.00	0.00	0.00
	13	-0.98	19.86	-1.32	0.00	0.00	0.00
	14	-0.87	-14.87	1.96	0.00	0.00	0.00
4	6	0.58	0.88	0.68	0.00	0.00	0.00
	7	-1.24	-29.30	1.95	0.00	0.00	0.00
	8	2.40	31.07	-0.58	0.00	0.00	0.00
	9	-2.80	-49.08	1.96	0.00	0.00	0.00
	10	0.84	11.29	-0.57	0.00	0.00	0.00
	11	0.61	18.25	-0.99	0.00	0.00	0.00
	12	0.55	-16.49	2.36	0.00	0.00	0.00
	13	-0.95	-1.52	-0.97	0.00	0.00	0.00
	14	-1.01	-36.27	2.37	0.00	0.00	0.00
101	6	0.98	7.29	-0.58	0.00	0.00	0.00
	7	-0.32	-0.89	-0.32	0.00	0.00	0.00
	8	2.28	15.46	-0.85	0.00	0.00	0.00
	9	-2.03	-9.14	0.91	0.00	0.00	0.00
	10	0.57	7.22	0.38	0.00	0.00	0.00
	11	0.51	-4.43	-1.69	0.00	0.00	0.00
	12	1.45	19.00	0.52	0.00	0.00	0.00
	13	-1.20	-12.67	-0.46	0.00	0.00	0.00
	14	-0.25	10.75	1.76	0.00	0.00	0.00
102	6	0.95	-8.19	-0.05	0.00	0.00	0.00
	7	-0.33	-0.06	-0.31	0.00	0.00	0.00
	8	2.26	-16.32	0.22	0.00	0.00	0.00
	9	-2.55	21.83	-0.28	0.00	0.00	0.00
	10	0.05	5.56	0.26	0.00	0.00	0.00
	11	1.41	-19.71	-1.16	0.00	0.00	0.00
	12	0.52	3.33	1.07	0.00	0.00	0.00
	13	-0.80	2.17	-1.13	0.00	0.00	0.00
	14	-1.69	25.22	1.11	0.00	0.00	0.00
103	6	0.37	-5.68	-0.03	0.00	0.00	0.00
	7	-0.47	3.82	-0.35	0.00	0.00	0.00
	8	1.21	-15.18	0.30	0.00	0.00	0.00
	9	-1.05	13.40	-0.39	0.00	0.00	0.00
	10	0.63	-5.60	0.26	0.00	0.00	0.00
	11	-0.11	6.51	-1.17	0.00	0.00	0.00
	12	0.85	-17.86	1.11	0.00	0.00	0.00
	13	-0.69	16.08	-1.20	0.00	0.00	0.00
	14	0.27	-8.29	1.07	0.00	0.00	0.00
104	6	0.59	12.15	-0.67	0.00	0.00	0.00
	7	-0.25	2.70	-0.35	0.00	0.00	0.00
	8	1.43	21.61	-0.99	0.00	0.00	0.00
	9	-1.45	-23.17	1.02	0.00	0.00	0.00

	10	0.23	-4.27	0.38	0.00	0.00	0.00
	11	1.07	24.10	-1.79	0.00	0.00	0.00
	12	0.12	0.21	0.46	0.00	0.00	0.00
	13	-0.13	-1.77	-0.43	0.00	0.00	0.00
	14	-1.08	-25.66	1.82	0.00	0.00	0.00
281	6	0.04	-4.33	-0.65	0.00	0.00	0.00
	7	-1.92	-35.69	-1.87	0.00	0.00	0.00
	8	2.00	27.04	0.58	0.00	0.00	0.00

SUPPORT REACTIONS -UNIT MTON CM STRUCTURE TYPE = TRUSS

	JOINT	LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM Z
	9		-1.82	-23.87	-0.99	0.00	0.00	0.00
	10		2.10	38.86	1.45	0.00	0.00	0.00
	11		-0.02	-22.22	-2.36	0.00	0.00	0.00
	12		0.11	13.57	1.07	0.00	0.00	0.00
	13		0.07	-10.40	-1.48	0.00	0.00	0.00
	14		0.20	25.39	1.95	0.00	0.00	0.00
282	6		0.04	12.85	1.43	0.00	0.00	0.00
	7		-1.92	43.76	2.63	0.00	0.00	0.00
	8		2.00	-18.06	0.23	0.00	0.00	0.00
	9		-1.89	46.17	2.29	0.00	0.00	0.00
	10		2.02	-15.64	-0.12	0.00	0.00	0.00
	11		0.05	-4.82	-0.31	0.00	0.00	0.00
	12		0.02	30.51	3.17	0.00	0.00	0.00
	13		0.08	-2.40	-0.65	0.00	0.00	0.00
	14		0.05	32.93	2.82	0.00	0.00	0.00
283	6		-1.61	12.93	0.39	0.00	0.00	0.00
	7		-3.47	43.59	-0.90	0.00	0.00	0.00
	8		0.24	-17.74	1.68	0.00	0.00	0.00
	9		-2.35	28.21	-0.75	0.00	0.00	0.00
	10		1.37	-33.12	1.83	0.00	0.00	0.00
	11		-1.64	30.29	-1.32	0.00	0.00	0.00
	12		-1.59	-4.44	2.10	0.00	0.00	0.00
	13		-0.52	14.91	-1.17	0.00	0.00	0.00
	14		-0.47	-19.82	2.25	0.00	0.00	0.00
284	6		-1.59	-12.44	-0.01	0.00	0.00	0.00
	7		-3.45	-43.67	1.30	0.00	0.00	0.00
	8		0.27	18.79	-1.33	0.00	0.00	0.00
	9		-2.40	-44.52	1.75	0.00	0.00	0.00
	10		1.32	17.95	-0.87	0.00	0.00	0.00
	11		-1.54	4.89	-1.69	0.00	0.00	0.00
	12		-1.64	-29.76	1.66	0.00	0.00	0.00
	13		-0.49	4.04	-1.23	0.00	0.00	0.00
	14		-0.60	-30.61	2.11	0.00	0.00	0.00
381	6		-2.02	-14.91	0.49	0.00	0.00	0.00
	7		-3.32	-23.02	0.75	0.00	0.00	0.00
	8		-0.72	-6.80	0.22	0.00	0.00	0.00
	9		-2.08	-10.64	0.80	0.00	0.00	0.00
	10		0.52	5.58	0.27	0.00	0.00	0.00
	11		-2.45	-26.40	-0.59	0.00	0.00	0.00
	12		-1.58	-3.43	1.57	0.00	0.00	0.00
	13		-1.22	-14.02	-0.55	0.00	0.00	0.00
	14		-0.35	5.95	1.62	0.00	0.00	0.00
382	6		-2.10	16.18	-0.81	0.00	0.00	0.00
	7		-3.41	24.35	-1.09	0.00	0.00	0.00
	8		-0.80	8.00	-0.54	0.00	0.00	0.00
	9		-2.59	22.97	-0.23	0.00	0.00	0.00
	10		0.02	6.62	0.31	0.00	0.00	0.00
	11		-1.63	4.57	-1.90	0.00	0.00	0.00
	12		-2.58	27.79	0.27	0.00	0.00	0.00
	13		-0.81	3.19	-1.05	0.00	0.00	0.00
	14		-1.76	26.41	1.13	0.00	0.00	0.00
383	6		-0.95	20.08	-0.94	0.00	0.00	0.00
	7		-1.79	29.55	-1.27	0.00	0.00	0.00
	8		-0.11	10.61	-0.62	0.00	0.00	0.00
	9		-1.22	14.68	-0.34	0.00	0.00	0.00
	10		0.45	-4.26	0.31	0.00	0.00	0.00
	11		-1.42	31.88	-2.05	0.00	0.00	0.00
	12		-0.48	8.28	0.16	0.00	0.00	0.00
	13		-0.86	17.01	-1.12	0.00	0.00	0.00
	14		0.09	-6.59	1.09	0.00	0.00	0.00
384	6		-0.84	-16.94	0.62	0.00	0.00	0.00
	7		-1.68	-26.48	0.96	0.00	0.00	0.00

	8	-0.01	-7.40	0.27	0.00	0.00	0.00
	9	-1.60	-24.04	0.98	0.00	0.00	0.00
	10	0.08	-4.96	0.29	0.00	0.00	0.00
	11	-0.37	-4.77	-0.57	0.00	0.00	0.00
	12	-1.32	-29.11	1.80	0.00	0.00	0.00
	13	-0.28	-2.33	-0.55	0.00	0.00	0.00
	14	-1.23	-26.67	1.82	0.00	0.00	0.00
561	6	-0.19	4.51	0.36	0.00	0.00	0.00
	7	-2.27	-27.88	-0.91	0.00	0.00	0.00
	8	1.88	36.91	1.63	0.00	0.00	0.00
	9	-2.26	-2.70	0.72	0.00	0.00	0.00
	10	1.89	62.09	3.26	0.00	0.00	0.00
	11	-0.21	-19.52	-1.83	0.00	0.00	0.00

SUPPORT REACTIONS -UNIT MTON CM

STRUCTURE TYPE = TRUSS

JOINT	LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM Z
	12	-0.18	28.54	2.55	0.00	0.00	0.00
	13	-0.20	5.67	-0.21	0.00	0.00	0.00
	14	-0.17	53.73	4.18	0.00	0.00	0.00
562	6	-0.16	12.38	0.64	0.00	0.00	0.00
	7	-2.23	44.75	1.91	0.00	0.00	0.00
	8	1.92	-19.99	-0.63	0.00	0.00	0.00
	9	-2.28	71.03	3.60	0.00	0.00	0.00
	10	1.88	6.29	1.06	0.00	0.00	0.00
	11	-0.15	-11.58	-1.55	0.00	0.00	0.00
	12	-0.16	36.33	2.84	0.00	0.00	0.00
	13	-0.19	14.70	0.13	0.00	0.00	0.00
	14	-0.21	62.62	4.53	0.00	0.00	0.00
563	6	-0.11	0.21	0.14	0.00	0.00	0.00
	7	-2.19	32.61	-1.13	0.00	0.00	0.00
	8	1.97	-32.19	1.41	0.00	0.00	0.00
	9	-2.23	5.83	0.58	0.00	0.00	0.00
	10	1.93	-58.96	3.11	0.00	0.00	0.00
	11	-0.11	24.17	-2.06	0.00	0.00	0.00
	12	-0.16	-23.76	2.34	0.00	0.00	0.00
	13	-0.16	-2.60	-0.35	0.00	0.00	0.00
	14	-0.14	-50.53	4.04	0.00	0.00	0.00
564	6	-0.16	-7.17	0.47	0.00	0.00	0.00
	7	-2.24	-39.58	1.74	0.00	0.00	0.00
	8	1.92	25.23	-0.80	0.00	0.00	0.00
	9	-2.28	-67.73	3.48	0.00	0.00	0.00
	10	1.88	-2.92	0.95	0.00	0.00	0.00
	11	-0.15	16.84	-1.72	0.00	0.00	0.00
	12	-0.18	-31.19	2.66	0.00	0.00	0.00
	13	-0.18	-11.31	0.02	0.00	0.00	0.00
	14	-0.22	-59.34	4.41	0.00	0.00	0.00

***** END OF LATEST ANALYSIS RESULT *****

```

1055 PARAMETERP
1056. CODE LRFD
1057 KY 0.92 MEMB _GPO05
1058 KZ 0.5 MEMB _GPO05
1059 KY 0.92 MEMB _GPO06
1060 KZ 0.5 MEMB _GPO06
1061 KY 0.92 MEMB _GPO07
1062 KZ 0.5 MEMB _GPO07
1063 KY 0.92 MEMB _GPO08
1064. KZ 0.5 MEMB _GPO08
1065. KY 0.92 MEMB _GPO12
1066. KZ 0.5 MEMB _GPO12
1067 KY 0.92 MEMB _GPO17
1068. KZ 0.5 MEMB _GPO17
1069. KY 0.92 MEMB _GPO18
1070. KZ 0.5 MEMB _GPO18
1071 KY 0.92 MEMB _GPO21
1072. KZ 0.5 MEMB _GPO21
1073. KY 0.92 MEMB _GPO22
1074. KZ 0.5 MEMB _GPO22
1075. KY 0.92 MEMB _GPO23
1076. KZ 0.5 MEMB _GPO23

```

1077. KY 0.92 MEMB _GPO24
 1078. KZ 0.5 MEMB _GPO24
 1079. KY 0.92 MEMB _GPO27
 1080. KZ 0.5 MEMB _GPO27
 1081. FYLD 2.53 ALL
 1082. NSF 1 ALL
 1083. LOAD LIST 15 TO 23
 1084. CHECK CODE MEMB _GPORE

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
1	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.459	19
		40.93 C	0.00	0.00	0.00
2	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.713	18
		63.53 C	0.00	0.00	0.00
3	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.450	18
		40.13 C	0.00	0.00	0.00
4	ST L50 5012	PASS	TENSION	0.587	18
		59.79 T	0.00	0.00	125.10
5	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.421	19
		37.52 C	0.00	0.00	0.00
6	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.648	18
		57.75 C	0.00	0.00	0.00
7	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.412	16
		36.74 C	0.00	0.00	0.00
8	ST L50 5012	PASS	TENSION	0.525	18
		53.56 T	0.00	0.00	125.10
9	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.383	19
		34.11 C	0.00	0.00	0.00
10	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.583	18
		51.92 C	0.00	0.00	0.00
11	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.377	16
		33.61 C	0.00	0.00	0.00
12	ST L50 5012	PASS	TENSION	0.466	18
		47.47 T	0.00	0.00	125.10
13	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.350	19
		31.22 C	0.00	0.00	0.00
14	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.522	18
		46.55 C	0.00	0.00	0.00
15	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.347	16
		30.95 C	0.00	0.00	0.00
16	ST L50 5012	PASS	TENSION	0.409	18
		41.73 T	0.00	0.00	125.10
17	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.318	19
		28.32 C	0.00	0.00	0.00
18	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.461	18
		41.09 C	0.00	0.00	0.00
19	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.317	16
		28.26 C	0.00	0.00	0.00
20	ST L50 5012	PASS	TENSION	0.354	18
		36.13 T	0.00	0.00	125.10
814	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.535	19
		47.66 C	0.00	0.00	0.00
815	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.637	18
		56.75 C	0.00	0.00	0.00
816	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.591	16
		52.62 C	0.00	0.00	0.00
817	ST L50 5012	PASS	TENSION	0.536	18
		54.67 T	0.00	0.00	125.10
818	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.484	19
		43.12 C	0.00	0.00	0.00
819	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.582	18
		51.91 C	0.00	0.00	0.00
820	ST L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.515	16
		45.86 C	0.00	0.00	0.00
821	ST L50 5012	PASS	TENSION	0.484	18

			49.37 T	0.00	0.00	125.10
822	ST	L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.433	19
			38.60 C	0.00	0.00	0.00
823	ST	L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.528	18
			47.03 C	0.00	0.00	0.00
824	ST	L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.442	16
			39.35 C	0.00	0.00	0.00
825	ST	L50 5012	PASS	TENSION	0.434	18
			44.19 T	0.00	0.00	125.10
826	ST	L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.388	19
			34.59 C	0.00	0.00	0.00
827	ST	L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.478	18
			42.59 C	0.00	0.00	0.00
828	ST	L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.374	16
			33.31 C	0.00	0.00	0.00

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
--------	-------	---------------	----------------------	--------------	----------------------

829	ST	L50 5012	PASS	TENSION	0.387	18
			39.40 T	0.00	0.00	125.10
830	ST	L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.343	19
			30.59 C	0.00	0.00	0.00
831	ST	L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.427	18
			38.08 C	0.00	0.00	0.00
832	ST	L50 5012	PASS	COMPRESSION	0.309	16
			27.53 C	0.00	0.00	0.00
833	ST	L50 5012	PASS	TENSION	0.341	18
			34.72 T	0.00	0.00	125.10

1085. CHECK CODE MEMB _GPO01

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
--------	-------	---------------	----------------------	--------------	----------------------

21	ST	L50 508	PASS	COMPRESSION	0.424	19
			25.95 C	0.00	0.00	0.00
22	ST	L50 508	PASS	COMPRESSION	0.590	18
			36.08 C	0.00	0.00	0.00
23	ST	L50 508	PASS	COMPRESSION	0.426	16
			26.04 C	0.00	0.00	0.00
24	ST	L50 508	PASS	TENSION	0.442	18
			30.85 T	0.00	0.00	125.10
25	ST	L50 508	PASS	COMPRESSION	0.384	19
			23.50 C	0.00	0.00	0.00
26	ST	L50 508	PASS	COMPRESSION	0.505	18
			30.90 C	0.00	0.00	0.00

1086. CHECK CODE MEMB _GPO02

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
--------	-------	---------------	----------------------	--------------	----------------------

57	ST	L40 406	PASS	COMPRESSION	0.921	23
			30.77 C	0.00	0.00	0.00
58	ST	L40 406	PASS	COMPRESSION	0.644	23
			21.52 C	0.00	0.00	0.00
59	ST	L40 406	PASS	TENSION	0.695	23
			29.20 T	0.00	0.00	132.00
60	ST	L40 406	PASS	TENSION	0.479	23
			20.12 T	0.00	0.00	132.00
61	ST	L40 406	PASS	COMPRESSION	0.785	23
			26.23 C	0.00	0.00	0.00
62	ST	L40 406	PASS	COMPRESSION	0.531	23
			17.74 C	0.00	0.00	0.00
63	ST	L40 406	PASS	TENSION	0.590	23
			24.78 T	0.00	0.00	132.00
64	ST	L40 406	PASS	TENSION	0.397	23
			16.67 T	0.00	0.00	132.00
65	ST	L40 406	PASS	COMPRESSION	0.642	23
			21.44 C	0.00	0.00	0.00
66	ST	L40 406	PASS	COMPRESSION	0.410	23
			13.71 C	0.00	0.00	0.00

1087. CHECK CODE MEMB _GPO03

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
93	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.112	20
			1.49 T	0.00	0.00	71.56
94	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.100	17
			1.33 T	0.00	0.00	71.56
95	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.143	20
			1.58 C	0.00	0.00	0.00
96	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.129	17
			1.43 C	0.00	0.00	0.00
97	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.095	16
			1.26 T	0.00	0.00	71.56
98	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.090	20
			1.20 T	0.00	0.00	71.56
99	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.120	16
			1.32 C	0.00	0.00	0.00
100	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.115	20
			1.27 C	0.00	0.00	0.00
101	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.078	20
			1.04 T	0.00	0.00	71.56

1088. CHECK CODE MEMB _GPO03'

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
277	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.167	20
			0.39 C	0.00	0.00	0.00

278	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.135	19
			0.31 C	0.00	0.00	0.00
279	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.135	23
			0.31 C	0.00	0.00	0.00
280	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.138	16
			0.32 C	0.00	0.00	0.00
281	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.133	23
			0.39 C	0.00	0.00	0.00
282	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.136	16
			0.40 C	0.00	0.00	0.00
283	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.165	20
			0.49 C	0.00	0.00	0.00
284	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.133	19
			0.39 C	0.00	0.00	0.00
285	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.087	20
			0.31 C	0.00	0.00	0.00
286	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.052	19
			0.18 C	0.00	0.00	0.00
287	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.052	23
			0.18 C	0.00	0.00	0.00
288	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.055	16
			0.20 C	0.00	0.00	0.00
289	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.067	23
			0.28 C	0.00	0.00	0.00
290	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.071	16
			0.30 C	0.00	0.00	0.00

1089. CHECK CODE MEMB _GPO04

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

|||

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
113	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.014	17
			0.18 T	0.00	0.00	35.00
114	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.005	20
			0.06 C	0.00	0.00	35.00
115	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.015	16
			0.20 T	0.00	0.00	35.00
116	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.023	20
			0.31 T	0.00	0.00	35.00
926	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.003	18
			0.04 C	0.00	0.00	35.00
927	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.021	21
			0.28 T	0.00	0.00	35.00
928	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.012	16
			0.16 T	0.00	0.00	35.00
929	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.021	20
			0.28 T	0.00	0.00	35.00
1731	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.014	17
			0.19 T	0.00	0.00	35.00
1732	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.005	20
			0.07 C	0.00	0.00	35.00
1733	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.014	16
			0.19 T	0.00	0.00	35.00
1734	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.023	20
			0.31 T	0.00	0.00	35.00

***** END OF TABULATED RESULT OF DESIGN *****

1090. CHECK CODE MEMB _GPO05

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
117	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.416	19
		2.76 C	0.00	0.00	0.00
118	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.612	18
		4.06 C	0.00	0.00	0.00
119	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.410	17
		2.72 C	0.00	0.00	0.00
120	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.603	16
		4.00 C	0.00	0.00	0.00
121	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.360	19
		2.39 C	0.00	0.00	0.00
122	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.556	18
		3.69 C	0.00	0.00	0.00
123	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.354	17
		2.35 C	0.00	0.00	0.00
124	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.547	16
		3.63 C	0.00	0.00	0.00
125	ST L20 203	PASS	TENSION	0.310	16
		3.27 T	0.00	0.00	187.75
126	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.502	18
		3.33 C	0.00	0.00	0.00
127	ST L20 203	PASS	TENSION	0.316	18
		3.33 T	0.00	0.00	187.75
128	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.493	16
		3.27 C	0.00	0.00	0.00
129	ST L20 203	PASS	TENSION	0.285	16
		3.00 T	0.00	0.00	187.75
130	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.462	18
		3.06 C	0.00	0.00	0.00

1091 CHECK CODE MEMB _GPO06

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
205	ST L20 203	PASS	TENSION	0.314	18
		3.31 T	0.00	0.00	192.42
206	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.523	18
		3.39 C	0.00	0.00	0.00
207	ST L20 203	PASS	TENSION	0.322	18
		3.39 T	0.00	0.00	192.42
208	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.511	18
		3.31 C	0.00	0.00	0.00
209	ST L20 203	PASS	TENSION	0.302	18
		3.18 T	0.00	0.00	192.42
210	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.503	18
		3.26 C	0.00	0.00	0.00
211	ST L20 203	PASS	TENSION	0.309	18
		3.26 T	0.00	0.00	192.42
212	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.491	18
		3.18 C	0.00	0.00	0.00
213	ST L20 203	PASS	TENSION	0.288	18
		3.04 T	0.00	0.00	192.42
214	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.481	18
		3.11 C	0.00	0.00	0.00
215	ST L20 203	PASS	TENSION	0.304	18

			3.20 T	0.00	0.00	197.99
216	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.496	18
			3.12 C	0.00	0.00	0.00
217	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.644	19
			4.17 C	0.00	0.00	0.00
218	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.422	16
			2.74 C	0.00	0.00	0.00
219	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.658	19
			4.26 C	0.00	0.00	0.00
220	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.453	16
			2.94 C	0.00	0.00	0.00

1092. CHECK CODE MEMB _GPO07

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ M2	LOADING/ LOCATION
161	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.398 22
			1.55 C	0.00	0.00
162	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.651 21
			2.53 C	0.00	0.00
163	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.386 22
			1.60 C	0.00	0.00
164	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.629 21
			2.61 C	0.00	0.00
165	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.318 22
			1.40 C	0.00	0.00
166	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.566 21
			2.50 C	0.00	0.00
167	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.312 22
			1.46 C	0.00	0.00
168	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.553 21
			2.58 C	0.00	0.00
169	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.254 22
			1.26 C	0.00	0.00
170	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.502 21
			2.48 C	0.00	0.00

1093 CHECK CODE MEMB _GPO08

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ M2	LOADING/ LOCATION
229	ST	L20 203	PASS	TENSION	0.594 23
			6.26 T	0.00	192.42
230	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.950 23
			6.16 C	0.00	0.00
231	ST	L20 203	PASS	TENSION	0.584 23
			6.16 T	0.00	192.42
232	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.966 23
			6.26 C	0.00	0.00
233	ST	L20 203	PASS	TENSION	0.579 23
			6.10 T	0.00	192.42
234	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.926 23
			6.00 C	0.00	0.00

235	ST	L20 203	PASS	TENSION	0.570	23
			6.00 T	0.00	0.00	192.42
236	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.942	23
			6.10 C	0.00	0.00	0.00
237	ST	L20 203	PASS	TENSION	0.566	23
			5.97 T	0.00	0.00	192.42
238	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.906	23
			5.86 C	0.00	0.00	0.00
239	ST	L20 203	PASS	TENSION	0.573	23
			6.03 T	0.00	0.00	197.99
240	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.975	23
			6.14 C	0.00	0.00	0.00

1094 CHECK CODE MEMB _GPO09

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
297	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.001	17
			0.00 C	0.00	0.00	119.00
298	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.001	17
			0.00 C	0.00	0.00	119.00
299	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.001	23
			0.00 C	0.00	0.00	119.00
300	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.001	21
			0.00 C	0.00	0.00	119.00
301	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.029	19
			0.12 C	0.00	0.00	98.00
302	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.029	21
			0.12 C	0.00	0.00	98.00
303	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.029	18
			0.12 C	0.00	0.00	98.00
304	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.029	22
			0.12 C	0.00	0.00	98.00
305	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.000	20
			0.00 C	0.00	0.00	77.00

1096 CHECK CODE MEMB _GPO11

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
517	ST	L40 408	PASS	TENSION	0.389	23
			21.44 T	0.00	0.00	180.00
518	ST	L40 408	PASS	TENSION	0.256	23
			14.10 T	0.00	0.00	180.00
519	ST	L40 408	PASS	TENSION	0.294	23
			16.20 T	0.00	0.00	170.00
520	ST	L40 408	PASS	TENSION	0.270	23
			14.86 T	0.00	0.00	170.00
521	ST	L40 408	PASS	TENSION	0.193	21
			10.62 T	0.00	0.00	180.00
522	ST	L40 408	PASS	COMPRESSION	0.343	20
			12.26 C	0.00	0.00	180.00
523	ST	L40 408	PASS	COMPRESSION	0.149	22
			7.18 C	0.00	0.00	100.00

MEMBER	TABLE	RESULT/FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
524	ST L40 408	PASS	COMPRESSION	0.324	20
		15.62 C	0.00	0.00	100.00
525	ST L40 408	PASS	COMPRESSION	0.173	22
		8.33 C	0.00	0.00	100.00
526	ST L40 408	PASS	COMPRESSION	0.349	20
		16.85 C	0.00	0.00	100.00
527	ST L40 408	PASS	COMPRESSION	0.258	22
		9.87 C	0.00	0.00	165.00
528	ST L40 408	PASS	COMPRESSION	0.486	20
		18.62 C	0.00	0.00	165.00
529	ST L40 408	PASS	COMPRESSION	0.299	22
		11.18 C	0.00	0.00	170.00
530	ST L40 408	PASS	COMPRESSION	0.537	20
		20.13 C	0.00	0.00	170.00

***** END OF TABULATED RESULT OF DESIGN *****

1097 CHECK CODE MEMB _GP012

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
565	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.411	17
		2.19 C	0.00	0.00	228.03
566	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.475	18
		2.53 C	0.00	0.00	228.03
567	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.335	17
		1.87 C	0.00	0.00	220.23
568	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.345	18
		1.92 C	0.00	0.00	220.23
569	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.411	17
		2.19 C	0.00	0.00	228.03
570	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.475	18
		2.53 C	0.00	0.00	228.03
571	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.150	17
		1.07 C	0.00	0.00	172.05
572	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.210	18
		1.50 C	0.00	0.00	172.05
573	ST L20 203	PASS	TENSION	0.106	18
		1.12 T	0.00	0.00	172.05
574	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.175	18
		1.25 C	0.00	0.00	172.05
575	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.096	17
		0.55 C	0.00	0.00	216.39
576	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.178	18
		1.01 C	0.00	0.00	216.39
577	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.164	17
		0.91 C	0.00	0.00	220.23
578	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.182	18
		1.02 C	0.00	0.00	220.23
579	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.096	17
		0.55 C	0.00	0.00	216.39
580	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.178	18
		1.01 C	0.00	0.00	216.39

1098. CHECK CODE MEMB _GP013

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
--------	-------	-----------	-------------------	-----------	-------------------

642	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.003	23
			0.04 T	0.00	0.00	0.00
709	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.299	21
			3.98 T	0.00	0.00	0.00
710	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.545	21
			3.94 C	0.00	0.00	0.00
711	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.283	21
			3.77 T	0.00	0.00	0.00
712	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.502	21
			3.73 C	0.00	0.00	0.00
713	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.282	21
			3.75 T	0.00	0.00	0.00
714	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.513	21
			3 71 C	0.00	0.00	0.00
715	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.243	21
			3.23 T	0.00	0.00	0.00
716	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.410	21
			2.79 C	0.00	0.00	0.00
717	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.156	21
			2.08 T	0.00	0.00	0.00
718	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.271	21
			2.05 C	0.00	0.00	0.00
719	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.150	21
			2.00 T	0.00	0.00	0.00
720	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.264	21
			1.97 C	0.00	0.00	0.00

1099 CHECK CODE MEMB _GPO14

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
637	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.003	20
			0.04 T	0.00	0.00	50.00
638	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.034	16
			0.46 T	0.00	0.00	50.00
639	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.053	21
			0.59 C	0.00	0.00	70.00
640	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.091	23
			1 01 C	0.00	0.00	70.00
641	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.042	17
			- 0.55 T	0 00	0.00	0.00
643	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.048	21
			0.64 T	0.00	0.00	70.00
644	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.062	23
			0 82 T	0.00	0.00	70.00
645	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.028	17
			0.34 C	0.00	0.00	0.00
646	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.003	23
			0.03 C	0.00	0.00	0.00
647	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.054	20
			0 72 T	0.00	0.00	70.00
648	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.038	23
			0.42 C	0.00	0.00	70.00
649	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.003	22
			0.03 C	0.00	0.00	50.00
650	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.022	18
			0.26 C	0.00	0.00	50.00

1100. CHECK CODE MEMB _GPO15

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

□
 □

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ M2	LOADING/ LOCATION
769	ST L15153	PASS	TENSION	0.237	16
		1.92 T	0.00	0.00	86.02
770	ST L15153	PASS	TENSION	0.159	17
		1.26 T	0.00	0.00	86.02
771	ST L15153	PASS	TENSION	0.115	18
		0.93 T	0.00	0.00	0.00
772	ST L15153	PASS	TENSION	0.153	17
		1.23 T	0.00	0.00	0.00
773	ST L15153	PASS	COMPRESSION	0.319	20
		0.96 C	0.00	0.00	0.00
774	ST L15153	PASS	COMPRESSION	0.046	18
		0.18 C	0.00	0.00	0.00
775	ST L15153	PASS	COMPRESSION	0.066	17
		0.26 C	0.00	0.00	0.00
776	ST L15153	PASS	COMPRESSION	0.049	18
		0.19 C	0.00	0.00	86.02
777	ST L15153	PASS	COMPRESSION	0.062	17
		0.24 C	0.00	0.00	86.02
778	ST L15153	PASS	COMPRESSION	0.001	16
		0.00 C	0.00	0.00	0.00
779	ST L15153	PASS	TENSION	0.226	16
		1.83 T	0.00	0.00	86.02
780	ST L15153	PASS	TENSION	0.165	17
		1.34 T	0.00	0.00	86.02

1101. CHECK CODE MEMB _GPO16

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

□
 □

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ M2	LOADING/ LOCATION
313	ST L40 408	PASS	COMPRESSION	0.520	21
		23.24 C	0.00	0.00	0.00
314	ST L40 408	PASS	COMPRESSION	0.679	23
		30.37 C	0.00	0.00	0.00
315	ST L40 408	PASS	COMPRESSION	0.430	22
		19.21 C	0.00	0.00	0.00
316	ST L40 408	PASS	COMPRESSION	0.638	20
		28.53 C	0.00	0.00	0.00
317	ST L40 408	PASS	COMPRESSION	0.474	21
		21.17 C	0.00	0.00	0.00
318	ST L40 408	PASS	COMPRESSION	0.601	23
		26.88 C	0.00	0.00	0.00
319	ST L40 408	PASS	COMPRESSION	0.368	22
		16.46 C	0.00	0.00	0.00
320	ST L40 408	PASS	COMPRESSION	0.546	20
		24.41 C	0.00	0.00	0.00

1102. CHECK CODE MEMB _GPO17

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

□
 □

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
369	ST L25 253	PASS	COMPRESSION	0.346	17
		2.44 C	0.00	0.00	0.00
370	ST L25 253	PASS	COMPRESSION	0.349	18
		2.45 C	0.00	0.00	0.00
371	ST L25 253	PASS	COMPRESSION	0.339	17
		2.48 C	0.00	0.00	0.00
372	ST L25 253	PASS	COMPRESSION	0.351	18
		2.57 C	0.00	0.00	0.00
373	ST L25 253	PASS	COMPRESSION	0.330	17
		2.51 C	0.00	0.00	0.00
374	ST L25 253	PASS	COMPRESSION	0.332	18
		2.52 C	0.00	0.00	0.00
375	ST L25 253	PASS	COMPRESSION	0.325	17
		2.56 C	0.00	0.00	0.00
376	ST L25 253	PASS	COMPRESSION	0.337	18
		2.65 C	0.00	0.00	0.00
377	ST L25 253	PASS	COMPRESSION	0.320	17
		2.61 C	0.00	0.00	0.00
378	ST L25 253	PASS	COMPRESSION	0.322	18
		2.63 C	0.00	0.00	0.00
379	ST L25 253	PASS	COMPRESSION	0.318	17
		2.68 C	0.00	0.00	0.00
380	ST L25 253	PASS	COMPRESSION	0.330	18
		2.78 C	0.00	0.00	0.00

1103. CHECK CODE MEMB _GPO18

STAAD-III CODE CHECKING -. (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
413	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.464	20
		3.08 C	0.00	0.00	0.00
414	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.457	23
		3.03 C	0.00	0.00	0.00
415	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.438	20
		2.90 C	0.00	0.00	0.00
416	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.475	23
		3.15 C	0.00	0.00	0.00
417	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.422	20
		2.80 C	0.00	0.00	0.00
418	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.415	23
		2.75 C	0.00	0.00	0.00
419	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.396	20
		2.62 C	0.00	0.00	0.00
420	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.432	23
		2.87 C	0.00	0.00	0.00
421	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.382	20
		2.53 C	0.00	0.00	0.00
422	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.374	23
		2.48 C	0.00	0.00	0.00
423	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.356	20
		2.36 C	0.00	0.00	0.00
424	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.392	23
		2.60 C	0.00	0.00	0.00
425	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.343	20
		2.27 C	0.00	0.00	0.00
426	ST L20 203	PASS	COMPRESSION	0.336	23
		2.22 C	0.00	0.00	0.00

416	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.475	23
			3.15 C	0.00	0.00	0.00
417	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.422	20
			2.80 C	0.00	0.00	0.00
418	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.415	23
			2.75 C	0.00	0.00	0.00
419	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.396	20
			2.62 C	0.00	0.00	0.00
420	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.432	23
			2.87 C	0.00	0.00	0.00
421	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.382	20
			2.53 C	0.00	0.00	0.00
422	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.374	23
			2.48 C	0.00	0.00	0.00
423	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.356	20
			2.36 C	0.00	0.00	0.00
424	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.392	23
			2.60 C	0.00	0.00	0.00
425	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.343	20
			2.27 C	0.00	0.00	0.00
426	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.336	23
			2.22 C	0.00	0.00	0.00
427	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.317	20
			2.10 C	0.00	0.00	0.00
428	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.353	23
			2.34 C	0.00	0.00	0.00
429	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.305	20
			2.02 C	0.00	0.00	0.00
430	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.298	23
			1.97 C	0.00	0.00	0.00

1104. CHECK CODE MEMB _GPO19

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ M2	LOADING/ LOCATION	
1647	ST	L50 508	PASS	COMPRESSION	0.907	23
			55.36 C	0.00	0.00	0.00
1648	ST	L50 508	FAIL	COMPRESSION	1.015	23
			61.92 C	0.00	0.00	0.00
1649	ST	L50 508	PASS	TENSION	0.750	23
			52.33 T	0.00	0.00	126.08
1650	ST	L50 508	PASS	TENSION	0.844	23
			58.90 T	0.00	0.00	126.08
1651	ST	L50 508	PASS	COMPRESSION	0.864	23
			52.73 C	0.00	0.00	0.00
1652	ST	L50 508	PASS	COMPRESSION	0.958	23
			58.45 C	0.00	0.00	0.00
1653	ST	L50 508	PASS	TENSION	0.713	23
			49.77 T	0.00	0.00	126.08
1654	ST	L50 508	PASS	TENSION	0.795	23
			55.51 T	0.00	0.00	126.08
1655	ST	L50 508	PASS	COMPRESSION	0.820	23
			50.06 C	0.00	0.00	0.00
1656	ST	L50 508	PASS	COMPRESSION	0.901	23
			54.97 C	0.00	0.00	0.00
1657	ST	L50 508	PASS	TENSION	0.677	23
			47.26 T	0.00	0.00	126.08
1658	ST	L50 508	PASS	TENSION	0.748	23
			52.20 T	0.00	0.00	126.08
1659	ST	L50 508	PASS	COMPRESSION	0.773	23
			47.16 C	0.00	0.00	0.00
1660	ST	L50 508	PASS	COMPRESSION	0.839	23
			51.22 C	0.00	0.00	0.00

1105 CHECK CODE MEMB _GPO20

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
* 1667	ST L40 406	FAIL	COMPRESSION	1.200	23
		40.90 C	0.00	0.00	0.00
* 1668	ST L40 406	FAIL	COMPRESSION	1.271	23
		43.32 C	0.00	0.00	0.00
1669	ST L40 406	PASS	TENSION	0.914	23
		38.39 T	0.00	0.00	126.08
1670	ST L40 406	PASS	TENSION	0.973	23
		40.85 T	0.00	0.00	126.08
* 1671	ST L40 406	FAIL	COMPRESSION	1.101	23
		37.53 C	0.00	0.00	0.00
* 1672	ST L40 406	FAIL	COMPRESSION	1.149	23
		39.16 C	0.00	0.00	0.00
1673	ST L40 406	PASS	TENSION	0.837	23
		35.14 T	0.00	0.00	126.08
1674	ST L40 406	PASS	TENSION	0.876	23
		36.81 T	0.00	0.00	126.08
1675	ST L40 406	PASS	COMPRESSION	0.993	23
		33.85 C	0.00	0.00	0.00
* 1676	ST L40 406	FAIL	COMPRESSION	1.016	23
		34.63 C	0.00	0.00	0.00
1677	ST L40 406	PASS	TENSION	0.750	23
		31.50 T	0.00	0.00	126.08
1678	ST L40 406	PASS	TENSION	0.770	23
		32.32 T	0.00	0.00	126.08
1679	ST L40 406	PASS	COMPRESSION	0.878	23
		29.93 C	0.00	0.00	0.00
1680	ST L40 406	PASS	COMPRESSION	0.878	23
		29.93 C	0.00	0.00	0.00

1106. CHECK CODE MEMB _GPO21

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
1807	ST L25 253	PASS	COMPRESSION	0.569	23
		3.20 C	0.00	0.00	0.00
1808	ST L25 253	PASS	COMPRESSION	0.289	20
		1.63 C	0.00	0.00	0.00
1809	ST L25 253	PASS	COMPRESSION	0.582	23
		3.41 C	0.00	0.00	0.00
1810	ST L25 253	PASS	COMPRESSION	0.294	20
		1.72 C	0.00	0.00	0.00
1811	ST L25 253	PASS	COMPRESSION	0.515	23
		3.15 C	0.00	0.00	0.00
1812	ST L25 253	PASS	TENSION	0.239	23
		3.17 T	0.00	0.00	304.95
1813	ST L25 253	PASS	COMPRESSION	0.528	23
		3.36 C	0.00	0.00	0.00
1814	ST L25 253	PASS	TENSION	0.250	23
		3.33 T	0.00	0.00	296.87
1815	ST L25 253	PASS	COMPRESSION	0.471	23
		3.11 C	0.00	0.00	0.00

1816	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.235	23
			3.13 T	0.00	0.00	288.83
1817	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.484	23
			3.32 C	0.00	0.00	0.00
1818	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.248	23
			3.25 T	0.00	0.00	280.85
1819	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.448	23
			3.19 C	0.00	0.00	0.00
1820	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.241	23
			3.20 T	0.00	0.00	272.93

1107. CHECK CODE MEMB _GPO22

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
1827	ST	L20 203	PASS	TENSION	0.329	23
			3.46 T	0.00	0.00	241.91
1828	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.705	23
			3.44 C	0.00	0.00	0.00
1829	ST	L20 203	PASS	TENSION	0.349	23
			3.68 T	0.00	0.00	234.35
1830	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.724	23
			3.70 C	0.00	0.00	0.00
1831	ST	L20 200	PASS	TENSION	0.351	23
			3.69 T	0.00	0.00	226.90
1832	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.685	23
			3.67 C	0.00	0.00	0.00
1833	ST	L20 203	PASS	TENSION	0.376	23
			3.96 T	0.00	0.00	219.64
1834	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.715	23
			4.00 C	0.00	0.00	0.00
1835	ST	L20 203	PASS	TENSION	0.377	23
			3.97 T	0.00	0.00	212.41
1836	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.674	23
			3.92 C	0.00	0.00	0.00
1837	ST	L20 203	PASS	TENSION	0.405	23
			4.26 T	0.00	0.00	205.23
1838	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.713	23
			4.32 C	0.00	0.00	0.00
1839	ST	L20 203	PASS	TENSION	0.417	23
			4.40 T	0.00	0.00	198.28
1840	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.690	23
			4.33 C	0.00	0.00	0.00

1108 CHECK CODE MEMB _GPO23

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
1735	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.503	19
			3.33 C	0.00	0.00	0.00
1736	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.601	18
			3.97 C	0.00	0.00	0.00
1737	ST	L20 203	PASS	COMPRESSION	0.510	17

1738	ST	L20 203	3.37 C	PASS	0.00	0.00	0.00
				COMPRESSION	0.599	16	
			3.96 C		0.00	0.00	0.00
1739	ST	L20 203		PASS	0.434	19	
			2.87 C		0.00	0.00	0.00
1740	ST	L20 203		PASS	0.532	18	
			3.51 C		0.00	0.00	0.00
1741	ST	L20 203		PASS	0.441	17	
			2.91 C		0.00	0.00	0.00
1742	ST	L20 203		PASS	0.530	16	
			3.50 C		0.00	0.00	0.00
1743	ST	L20 203		PASS	0.366	19	
			2.42 C		0.00	0.00	0.00
1744	ST	L20 203		PASS	0.464	18	
			3.07 C		0.00	0.00	0.00
1745	ST	L20 203		PASS	0.373	17	
			2.47 C		0.00	0.00	0.00
1746	ST	L20 203		PASS	0.463	16	
			3.06 C		0.00	0.00	0.00
1747	ST	L20 203		PASS	0.318	19	
			2.10 C		0.00	0.00	0.00
1748	ST	L20 203		PASS	0.415	18	
			2.74 C		0.00	0.00	0.00
1749	ST	L20 203		PASS	0.325	17	
			2.14 C		0.00	0.00	0.00
1750	ST	L20 203		PASS	0.414	16	
			2.73 C		0.00	0.00	0.00

1109. CHECK CODE MEMB _GPO24

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
253	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.166 23
			1.58 C	0.00	0.00 197.99
254	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.078 16
			0.74 C	0.00	0.00 197.99
255	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.093 19
			0.88 C	0.00	0.00 197.99
256	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.162 23
			2.15 T	0.00	0.00 197.99
257	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.849 23
			8.71 C	0.00	0.00 0.00
258	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.641 23
			9.53 T	0.00	0.00 172.05
259	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.126 16
			1.68 T	0.00	0.00 172.05
260	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.292 18
			3.00 C	0.00	0.00 0.00
261	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.750 23
			9.97 T	0.00	0.00 172.05
262	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.979 23
			10.04 C	0.00	0.00 0.00
263	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.154 16
			1.58 C	0.00	0.00 0.00
264	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.106 17
			1.09 C	0.00	0.00 0.00
265	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.184 23
			2.44 T	0.00	0.00 172.05
266	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.268 23
			2.75 C	0.00	0.00 0.00
267	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.083 21
			1.10 T	0.00	0.00 172.05
268	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.064 22
			0.85 T	0.00	0.00 0.00
269	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.788 16


```

10.47 T      0.00      0.00      172.05
* 270 ST L25 253 FAIL COMPRESSION 1.032 16
10.59 C      0.00      0.00      0.00
    
```

***** END OF TABULATED RESULT OF DESIGN *****

1110. CHECK CODE MEME _GPO25

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ M2	LOADING/ LOCATION
--------	-------	---------------	----------------------	--------------	----------------------

1927	ST L40 406	PASS	COMPRESSION	0.511	17
		19.31 C	0.00	0.00	90.00
1928	ST L40 406	PASS	COMPRESSION	0.358	17
		13.53 C	0.00	0.00	90.00
1929	ST L40 406	PASS	COMPRESSION	0.408	17
		15.40 C	0.00	0.00	90.00
1930	ST L40 406	PASS	COMPRESSION	0.251	17
		9.49 C	0.00	0.00	90.00
1931	ST L40 406	PASS	COMPRESSION	0.422	17
		16.13 C	0.00	0.00	85.00
1932	ST L40 406	PASS	TENSION	0.279	18
		11.71 T	0.00	0.00	85.00
1933	ST L40 406	PASS	COMPRESSION	0.329	17
		12.55 C	0.00	0.00	85.00
1934	ST L40 406	PASS	TENSION	0.284	18
		11.94 T	0.00	0.00	85.00
1935	ST L40 406	PASS	COMPRESSION	0.320	17
		12.10 C	0.00	0.00	90.00
1936	ST L40 406	PASS	TENSION	0.328	18
		13.78 T	0.00	0.00	90.00
1937	ST L40 406	PASS	COMPRESSION	0.276	19
		10.42 C	0.00	0.00	90.00
1938	ST L40 406	PASS	TENSION	0.331	18
		13.91 T	0.00	0.00	90.00
1939	ST L40 406	PASS	COMPRESSION	0.310	19
		11.90 C	0.00	0.00	82.50
1940	ST L40 406	PASS	TENSION	0.385	18
		16.16 T	0.00	0.00	82.50

1111 CHECK CODE MEME _GPO26

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ M2	LOADING/ LOCATION
--------	-------	---------------	----------------------	--------------	----------------------

1975	ST L40 406	PASS	COMPRESSION	0.367	18
		10.07 C	0.00	0.00	180.00
1976	ST L40 406	PASS	TENSION	0.347	17
		14.55 T	0.00	0.00	180.00
1977	ST L40 406	PASS	COMPRESSION	0.437	18
		12.57 C	0.00	0.00	170.00
1978	ST L40 406	PASS	TENSION	0.281	17
		11.75 T	0.00	0.00	170.00
1979	ST L40 406	PASS	COMPRESSION	0.510	18
		13.98 C	0.00	0.00	180.00
1980	ST L40 406	PASS	TENSION	0.262	19
		11.02 T	0.00	0.00	180.00

1981	ST	L40 406	PASS	COMPRESSION	0.400	18
			14.74 C	0.00	0.00	100.00
1982	ST	L40 406	PASS	TENSION	0.257	19
			10.81 T	0.00	0.00	100.00
1983	ST	L40 406	PASS	COMPRESSION	0.437	18
			16.09 C	0.00	0.00	100.00
1984	ST	L40 406	PASS	TENSION	0.289	19
			12.16 T	0.00	0.00	100.00
1985	ST	L40 406	PASS	COMPRESSION	0.548	18
			16.10 C	0.00	0.00	165.00
1986	ST	L40 406	PASS	TENSION	0.279	19
			11.72 T	0.00	0.00	165.00
1987	ST	L40 406	PASS	COMPRESSION	0.555	18
			15.94 C	0.00	0.00	170.00
1988	ST	L40 406	PASS	TENSION	0.268	19
			11.26 T	0.00	0.00	170.00
1989	ST	L40 406	PASS	COMPRESSION	0.531	23
			15.61 C	0.00	0.00	165.00
1990	ST	L40 406	PASS	TENSION	0.262	23
			11.01 T	0.00	0.00	165.00

1112. CHECK CODE MEMB _GPO27

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
2023	ST	L20 202	PASS	TENSION	0.259	23
			1.84 T	0.00	0.00	228.04
2026	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.486	23
			1.78 C	0.00	0.00	220.23
2027	ST	L20 202	PASS	TENSION	0.259	23
			1.84 T	0.00	0.00	228.04
2029	ST	L20 202	PASS	TENSION	0.134	18
			0.95 T	0.00	0.00	172.05
2030	ST	L20 202	PASS	COMPRESSION	0.175	19
			0.80 C	0.00	0.00	172.05

1113 CHECK CODE MEMB _GPO28

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
2167	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.221	17
			2.94 T	0.00	0.00	0.00
2168	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.402	17
			2.91 C	0.00	0.00	0.00
2169	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.209	17
			2.78 T	0.00	0.00	0.00
2170	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.369	17
			2.75 C	0.00	0.00	0.00
2171	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.207	17
			2.76 T	0.00	0.00	0.00
2172	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.377	17
			2.73 C	0.00	0.00	0.00
2173	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.184	18

			1.25 C	0.00	0.00	141.42
2174	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.318	17
			2.16 C	0.00	0.00	0.00
2175	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.160	18
			1.21 C	0.00	0.00	129.64
2176	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.173	17
			1.30 C	0.00	0.00	0.00
2177	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.176	18
			1.31 C	0.00	0.00	131.24
2178	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.166	17
			1.24 C	0.00	0.00	0.00
2179	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.182	18
			1.37 C	0.00	0.00	129.64
2180	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.151	17
			1.14 C	0.00	0.00	0.00

1114 CHECK CODE MEMB _GPO29

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
--------	-------	---------------	----------------------	--------------	----------------------

=====

2095	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.002	19
			0.03 T	0.00	0.00	50.00
2096	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.038	17
			0.50 T	0.00	0.00	50.00
2097	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.063	18
			0.84 T	0.00	0.00	70.00
2098	ST	L25 253	PASS	COMPRESSION	0.061	19
			0.68 C	0.00	0.00	70.00
2099	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.023	16
			0.31 T	0.00	0.00	0.00
2100	ST	L25 253	PASS	TENSION	0.002	18
			0.03 T	0.00	0.00	0.00

1115. CHECK CODE MEMB _GPO30

STAAD-III CODE CHECKING - (LRFD)

ALL UNITS ARE - MTON CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
--------	-------	---------------	----------------------	--------------	----------------------

=====

2227	ST	L15153	PASS	TENSION	0.153	17
			1.24 T	0.00	0.00	86.02
2228	ST	L15153	PASS	TENSION	0.055	16
			0.44 T	0.00	0.00	86.02
2229	ST	L15153	PASS	TENSION	0.131	19
			1.06 T	0.00	0.00	0.00
2230	ST	L15153	PASS	TENSION	0.157	16
			1.27 T	0.00	0.00	0.00
2231	ST	L15153	PASS	COMPRESSION	0.243	21
			0.73 C	0.00	0.00	0.00
2232	ST	L15153	PASS	COMPRESSION	0.077	23
			0.30 C	0.00	0.00	0.00
2233	ST	L15153	PASS	TENSION	0.037	23
			0.30 T	0.00	0.00	86.02
2234	ST	L15153	PASS	COMPRESSION	0.081	23
			0.32 C	0.00	0.00	86.02
2235	ST	L15153	PASS	TENSION	0.039	23

2236	ST	L15153	0.32 T	PASS	0.00	0.00	0.00	0.00
				COMPRESSION			0.001	23
			0.00 C		0.00	0.00	0.00	0.00
2237	ST	L15153		PASS			0.153	21
			1.24 T		0.00	0.00	0.00	86.02
2238	ST	L15153		PASS			0.062	20
			0.50 T		0.00	0.00	0.00	86.02
2239	ST	L15153		PASS			0.152	23
			1.23 T		0.00	0.00	0.00	0.00
2240	ST	L15153		PASS			0.164	20
			1.32 T		0.00	0.00	0.00	0.00

***** END OF TABULATED RESULT OF DESIGN *****

1116. STEEL TAKE OFF

STEEL TAKE-OFF

PROFILE	LENGTH (CM)	WEIGHT (MTON)
ST L50 5012	7525.58	2.646
ST L50 508	11766.23	2.832
ST L40 406	36402.44	5.274
ST L25 253	101246.42	4.643
ST L20 203	122468.12	4.449
ST L20 202	40578.43	0.995
ST L40 408	35716.41	6.787
ST L15153	15987.34	0.446
TOTAL =		28.071

***** END OF DATA FROM INTERNAL STORAGE *****

1117. FINISH

6.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS :

6.1 Desplazamientos transversales máximos:

$\Delta_z = 19.814 \text{ cms.}$ Nudo 657 CC14 Viento.

$\Delta_z \text{ perm.} = 0.008 h = 0.008 \times 2750 = 22.0 \text{ cms.} > 19.814 \text{ cms.}$ ¡correcto!

6.2 Revisión y Diseño:

6.2.1 Elementos-estructurales diseñados por STAAD-III

De acuerdo con los resultados del programa, se reportan falladas las siguientes barras:

Cuerdas a base de LI127x13 en columna C1
 BARRA CARGA INTERACCIÓN CC

Barras reforzadas con LI102x6 ninguna
 1648 61.92 tn. 1.015 23

Cuerdas a base de LI102x10 en Trabe T1
 BARRA CARGA INTERACCIÓN CC

1667 40.90 C 1.200 23

1668	43.32 C	1.271	23
1671	37.53 C	1.101	23
1672	39.16 C	1.149	23
1676	34.63	1.016	23

Diagonales A base de LI64x5 en columna C1

BARRA	CARGA	INTERACCIÓN	CC
270	10.59 C	1.032	16
271	10.49 C	1.022	16
1881	11.98 C	1.168	16
1885	10.87 C	1.059	16

En virtud de que estos elementos sobreforzados no son principales, y representan menos del 0.5% del total de las barras de la estructura. se aceptan. Inclusive, puede observarse que aparecen algunos elementos fallados (1667 ... 1676) que antes no presentaban fallas y la reducción de cargas en los elementos 270, 271, 1881 y 1885.

6.3 Diseño de conexiones:

Notas:

Se revisan los elemento mas esforzados.

Se utilizan tornillos A-394 de $F_u = 4219 \text{ kg/cm}^2$. y $F_v = 3164 \text{ kg/cm}^2$.

Se diseña por esfuerzos permisibles, ya que con LRFD el factor promedio de 1.20, 1.25 y 1.30 y los Esfuerzos últimos de Tensión. Corte y Aplastamiento. dan un incremento de aproximadamente $FA = 1.333$: $TC = \text{esfuerzo cortante doble} = 2$, en conex. por aplastamiento, donde llegan dos elementos y $TC = 1$ donde solo se conecta uno..

6.3.1 Conexión de la diagonal de trabe ó columna mas esforzada:

LI51x51x5 barra 142 CC18 C = 4.81 tn.

Esta conexión se hace con un tornillo de 16 ϕ

Resistencia por cortante:

$$V_r = FA \times F_v \times A_t = 1.333 \times 3.16 \times 1.98 = 8.34 \text{ tn.} > 4.81 \text{ tn.} \quad \text{¡correcto!}$$

Resistencia por aplastamiento:

$$V_a = FA \times TC \times F_u \times \phi \times t = 1.333 \times 2 \times 4.22 \times 1.59 \times 0.48 = 8.59 \text{ tn.} > 4.81 \text{ tn.} \quad \text{¡correcto!}$$

6.3.2 Conexión Trabe T-2 a Col. C-2

Esta conexión se hace a base de 2 tornillos de 19 ϕ

LI 102x10 barra 1316 CC16 T = 17.98 tn.

Resistencia por cortante:

$$V_r = \text{No. torn.} \times FA \times F_v \times A_t = 2 \times 1.333 \times 3.16 \times 2.85 = 24.01 \text{ tn.} > 17.98 \text{ tn.} \quad \text{¡correcto!}$$

Resistencia por aplastamiento:

$$V_a = \text{No. torn.} \times FA \times TC \times F_u \times \phi \times t$$

$$V_a = 2 \times 1.333 \times 1 \times 4.22 \times 1.90 \times 0.95 = 20.31 \text{ tn.} > 17.98 \text{ tn.} \quad \text{¡correcto!}$$

6.3.3 Diseño de empalme

Cambio de sección L127x13 a L102x10

La máxima carga de compresión ó tensión, que se transmite por corte y aplastamiento en los tornillos, es la de la capacidad máxima del elemento mayor (L1127x13)

$$T_u = F_t A_t = 0.6 \times 2.53 \times 30.65 = 46.53 \text{ tn.}$$

Esta conexión se hace a base de 6 tornillos de 19 ϕ

Resistencia por cortante:

$$V_r = \text{No. torn.} \times F_A \times F_v \times A_t = 6 \times 1.333 \times 3.16 \times 2.85 = 72.03 \text{ tn.} > 46.53 \text{ tn.} \quad \text{¡correcto!}$$

Resistencia por aplastamiento:

$$V_a = \text{No. torn.} \times F_A \times T_C \times F_u \times \phi \times t$$

$$V_a = 6 \times 1.333 \times 1 \times 4.22 \times 1.90 \times 0.95 = 60.92 \text{ tn.} > 46.53 \text{ tn.} \quad \text{¡correcto!}$$

6.4 Diseño de anclaje y cimentación de la columna C1

6.4.1 Diseño de la Placa base y Anclaje

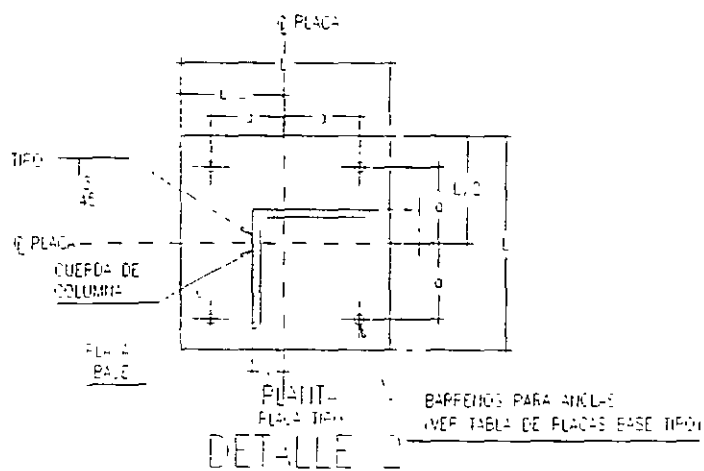


TABLA DE PLACA BASE TIPO								
COLUMINA TIPO	PLACA TIPO	L (mm)	a (mm)	r (mm)	e (mm)	Ø ANCLA (mm)	Ø BARRENO (mm)	
C1 + C2	E -1	250	50	36	25	25	23	
C3	E -2	330	72	50	25	25	23	
C4	E -3	180	56	22	19	19	22	

Elementos mecánicos de diseño:

Apoyos 561 al 564

Loc. Cols. 1.40 x 3.00 m

$$\begin{aligned} \text{Carga axial máxima CC8} \quad P &= 36.91 - 19.99 - 32.19 + 25.23 = 9.96 \text{ tn.} \\ V_x &= 1.88 + 1.92 + 1.97 + 1.92 = 7.69 \text{ tn.} \\ V_z &= 1.63 - 0.63 + 1.41 - 0.80 = 1.61 \text{ tn.} \end{aligned}$$

Compresión máxima CC9 $C = +71.03 \text{ tn.}$ Nudo 562

Tensión máxima CC9 $T = -67.73 \text{ tn.}$ Nudo 564

Cortante máximo $V_x = -2.28 \text{ tn}$ y $V_y = 3.48 \text{ tn.}$; Para la Tensión máx., CC9 Nudo 564

Sean 4 anclas de 1" ϕ y placa de 250x250x25 $A_t = 5.06 \text{ cm}^2.$ $A_v = 3.55 \text{ cm}^2.$

Diseño de las anclas:

Tensión Resistente exclusivamente

$$T_R = FA \times \text{No. anclas} \times A_t \times F_t = 1.333 \times 4 \times 5.06 \times 0.6 \times 4.2 \text{ T/cm}^2 = 67.98 > 67.73 \text{ tn.}$$

Anclas a Tensión y a corte:

$$V_u = \sqrt{(V_x^2 + V_y^2)} = \sqrt{(2.28^2 + 3.48^2)} = 4.16 \text{ tn.}$$

$$f_v = V / A_v = 4160 / (4 \times 3.55) = 292.96 \text{ kg/cm}^2. < F_v = 0.4 \times f_y = 0.4 \times 4200 = 1680 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_t = T / A_t = 67730 / (4 \times 5.06) = 3346.34 \text{ kg/cm}^2.$$

$$F_t = FA (2670 - 1.3 f_v) < 2040 \times FA$$

$$F_t = 1.333 (2670 - 1.3 \times 292.96) = 3051.44 \cong 3346.34 \text{ kg/cm}^2. \quad \text{¡ correcto !}$$

Diseño de la placa base:

Empuje en el concreto.

$$f_p = P / A_c = 71030 / 25^2 = 113.65 \text{ kg/cm}^2.$$

$$F_p = 0.35 f'_c \sqrt{(A \text{ dado} / A \text{ placa})} = 0.35 \times 250 \sqrt{(30 \times 30 / 25 \times 25)} = 105.00 \text{ kg/cm}^2. \cong f_p$$

$$\text{Momento flexionante } L = 8.0 + 4.5 - 3.6 = 8.9 \text{ cm.}$$

$$w = f_p L = 113.65 \times 25 = 2841.25 \text{ kg/cm}$$

$$M = w L^2 / 2 = 2841.25 \times (8.9 - 2.54/2)^2 / 2 = 82704.38 \text{ kg-cm.}$$

Cálculo del espesor de la placa.

$$t = \sqrt{6 M / (F_p L)} / 1.333 = \sqrt{(6 \times 82704.38 / (0.75 \times 2530 \times 25))} / 1.333 = 2.43 < 2.54 \text{ cm.}$$

Conclusión: Las 4 anclas de 1" ϕ y la placa base de 250x250x25 mm, son aceptables.

6.4.2 Diseño de la cimentación.

La cimentación es a base de cuatro pilas de $0.45\phi \times 5.70$ mts., en un rectángulo de 1.40×3.00 m., las cuales tienen las siguientes capacidades :

Capacidad por carga última*

$N_c = 35.11$ tn. Por punta
 $Q_s = 156.67$ tn. Por fricción.
 $T_u = 125.72$ tn. Por extracción.
 $V_h = 85.41$ tn. Resistencia lateral.

*Ver "Capacidad de cargas de pilas de concreto reforzado"

Elementos mecánicos:

Apoyos 561 al 564

Loc. Cols. 1.40×3.00 m

Carga axial máxima CC8 $P = 36.91 - 19.99 - 32.19 + 25.23 = 9.96$ tn.
 $V_x = 1.88 + 1.92 + 1.97 + 1.92 = 7.69$ tn.
 $V_z = 1.63 - 0.63 + 1.41 - 0.80 = 1.61$ tn.

Compresión máxima CC9 $C = + 71.03$ tn. Nudo 562

Tensión máxima CC9 $T = - 67.73$ tn. Nudo 564

Cortante máximo $V_x = -2.28$ tn y $V_y = 3.48$ tn.; Para la Tensión máx., CC9 Nudo 564

Carga axial total:

P máxima de elementos mecánicos = 9.96 tn.

P dados = $4 \times 2.4 \times 0.45^2 \times 1.05 = 2.04$ tn.

P pilas = $4 \times 2.4 \times 0.45^2 \times \pi \times 5.0 / 4 = 7.63$ tn.

P trabe = $2.4 \times 0.85 \times 0.3 \times 2(2.55 + 0.95) = 4.28$ tn.
Pt = 23.91 tn.

$M_x = 9.96 \times 3.0 + 7.69 \times 6.05 = 76.40$ tn-m.

$M_y = 9.96 \times 1.4 + 1.61 \times 6.05 = 23.18$ tn-m.

Propiedades de las pilas:

$A = \pi \times 0.45^2 / 4 = 0.159$ m².

$A_t = 4 \times 0.159 = 0.636$ m².

$I_{pila} = \pi \times 0.45^4 / 64 = 0.002$ m⁴

$I_x = 4 \times 0.002 + 4 \times 0.159 \times 1.215^2 = 0.947$ m⁴

$S_x = 0.947 / 1.21 = 0.783$ m³.

$I_y = 4 \times 0.002 + 4 \times 0.159 \times 0.665^2 = 0.289$ m⁴

$S_x = 0.289 / 0.665 = 0.435$ m³.

Esfuerzos en las pilas: $f = P / A \pm M_x / S_x \pm M_y / S_y$

$f_c = 23.91 / 0.636 + 76.40 / 0.783 + 23.18 / 0.435 = 150.83$ tn/m².

$f_t = 23.91 / 0.636 - 76.40 / 0.783 - 23.18 / 0.435 = - 75.64$ tn/m².

C máx. = 150.38×0.159 m² = 23.91 tn. < 35.11 tn. ; correcto !

T máx. = $- 84.11 \times 0.159$ m² = - 13.37 tn. < -125.72 tn. ; correcto !

Factor de seguridad al volteo:

$$M_u = \sqrt{(M_x^2 + M_y^2)} = \sqrt{(76.40^2 + 23.18^2)} = 79.84 \text{ tn-m}$$

La fuerza lateral resistente $V_h = 85.41 \text{ tn.}$, está aplicada a $h = H/3 = 5.7 / 3 = 1.90 \text{ m.}$

$$F_{Sv} = V_h \times h / M_u = 85.41 \times 1.90 / 79.84 = 2.03 > 1.50 \text{ ; correcto !}$$

Factor de seguridad al deslizamiento:

$$V_u = \sqrt{(V_x^2 + V_y^2)} = \sqrt{(7.69^2 + 1.61^2)} = 7.86 \text{ tn.}$$

$$F_{Sd} = V_h \times \mu / V_u = 125.72 \times 0.30 / 7.86 = 4.80 \gg 1.10 \text{ ; correcto !}$$

6.5 Diseño de anclaje y cimentación de las columnas C2 y C3

6.5.1 Diseño de la Placa base y Anclaje Ver Detalle 2 y tabla de Placa base en inciso 6.4.1

Elementos mecánicos de diseño:

Apoyos 1 a 4, 101 a 104, 281 a 284 y 381 a 384 Rige los apoyos 1 a 4 para C2 y C3

Loc. Cols. 1.40 x 2.5 m

Carga axial máxima CC7 $P = -28.76 + 37.55 + 32.04 - 29.30 = 11.53 \text{ tn.}$

$$V_x = -2.31 - 2.30 - 1.30 - 1.24 = 7.15 \text{ tn.}$$

$$V_z = -0.38 + 1.42 - 1.44 + 1.95 = 1.55 \text{ tn.}$$

Compresión máxima CC9 $C = + 52.04 \text{ tn.}$ Nudo 2

Tensión máxima CC9 $T = - 49.08 \text{ tn.}$ Nudo 4

Cortante máximo $V_x = -2.80 \text{ tn}$ y $V_y = 1.96 \text{ tn.}$; Para la Tensión máx., CC9 Nudo 4

Sean 4 anclas de 1" ϕ y placa de 250x250x25 $A_t = 5.06 \text{ cm}^2.$ $A_v = 3.55 \text{ cm}^2.$

Diseño de las anclas:

Tensión Resistente exclusivamente

$$T_R = F_A \times \text{No. anclas} \times A_t \times F_t = 1.333 \times 4 \times 5.06 \times 0.6 \times 4.2 \text{ T/cm}^2 = 67.98 > 52.04 \text{ tn.}$$

Anclas a Tensión y a corte:

$$V_u = \sqrt{(V_x^2 + V_y^2)} = \sqrt{(2.80^2 + 1.96^2)} = 3.42 \text{ tn.}$$

$$f_v = V / A_v = 3420 / (4 \times 3.55) = 240.85 \text{ kg/cm}^2. < F_v = 0.4 \times f_y = 0.4 \times 4200 = 1680 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_t = T / A_t = 49080 / (4 \times 5.06) = 2424.90 \text{ kg/cm}^2.$$

$$F_t = F_A (2670 - 1.3 f_v) < 2040 \times F_A$$

$$F_t = 1.333 (2670 - 1.3 \times 240.85) = 3141.74 < 2040 \times 1.333 = 2719.32 \text{ kg/cm}^2.$$

$$f_t < F_t \quad 2424.90 < 2719.32 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{; correcto !}$$

Diseño de la placa base:

Empuje en el concreto.

$$f_p = P / A_c = 52040 / 25^2 = 83.26 \text{ kg/cm}^2.$$

$$F_p = 0.35 f_c \sqrt{(A \text{ dado} / A \text{ placa})} = 0.35 \times 250 \sqrt{(30 \times 30 / 25 \times 25)} = 105.00 \text{ kg/cm}^2. > f_p$$

$$\text{Momento flexionante } L = 8.0 + 4.5 - 3.6 = 8.9 \text{ cm.}$$

$$w = f_p L = 83.26 \times 25 = 2081.5 \text{ kg/cm}$$

$$M = w L^2 / 2 = 2081.5 \times (8.9 - 2.54/2)^2 / 2 = 60589.24 \text{ kg-cm.}$$

Cálculo del espesor de la placa.

$$t = \sqrt{6 M / (F_p L)} / 1.333 = \sqrt{(6 \times 60589.24 / (0.75 \times 2530 \times 25))} / 1.333 = 2.08 < 2.54 \text{ cm.}$$

Conclusión: Las 4 anclas de 1" ϕ y la placa base de 250x250x25 mm, son aceptables.

6.5.2 Diseño de la cimentación.

La cimentación es a base de cuatro pilas de $0.45\phi \times 5.70$ mts., en un rectángulo de 1.40×3.00 m., las cuales tienen las siguientes capacidades :

Capacidad por carga última*

$N_c = 35.11$ tn. Por punta
 $Q_s = 156.67$ tn. Por fricción.
 $T_u = 125.72$ tn. Por extracción.
 $V_h = 85.41$ tn. Resistencia lateral.

*Ver "Capacidad de cargas de pilas de concreto reforzado"

Apoyos 1 a 4, 101 a 104, 281 a 284 y 381 a 384

Loc. Cols. 1.40×2.5 m

Carga axial máxima CC7 $P = -28.76 + 37.55 + 32.04 - 29.30 = 11.53$ tn.
 $V_x = -2.31 - 2.30 - 1.30 - 1.24 = 7.15$ tn.
 $V_z = -0.38 + 1.42 - 1.44 + 1.95 = 1.55$ tn.

Compresión máxima CC9 $C = +52.04$ tn. Nudo 2

Tensión máxima CC9 $T = -49.08$ tn. Nudo 4

Cortante máximo $V_x = -2.80$ tn y $V_y = 1.96$ tn.: Para la Tensión máx., CC9 Nudo 4

Carga axial total:

P máxima de elementos mecánicos = 11.53 tn.

P dados = $4 \times 2.4 \times 0.45^2 \times 1.05 = 2.04$ tn.

P pilas = $4 \times 2.4 \times 0.45^2 \times \pi \times 5.0 / 4 = 7.63$ tn.

P trabe = $2.4 \times 0.85 \times 0.3 \times 2(2.55 + 0.95) = 4.28$ tn.

$P_t = 25.48$ tn.

$M_x = 11.53 \times 3.0 + 7.15 \times 6.05 = 77.85$ tn-m.

$M_y = 11.53 \times 1.4 + 1.55 \times 6.05 = 25.52$ tn-m.

Propiedades de las pilas:

$A = \pi \times 0.45^2 / 4 = 0.159$ m².

$A_t = 4 \times 0.159 = 0.636$ m².

$I_{pila} = \pi \times 0.45^4 / 64 = 0.002$ m⁴

$I_x = 4 \times 0.002 + 4 \times 0.159 \times 1.215^2 = 0.947$ m⁴

$S_x = 0.947 / 1.215 = 0.783$ m³.

$I_y = 4 \times 0.002 + 4 \times 0.159 \times 0.665^2 = 0.289$ m⁴

$S_y = 0.289 / 0.665 = 0.435$ m³.

Esfuerzos en las pilas: $f = P / A \pm M_x / S_x \pm M_y / S_y$

$f_c = 25.48 / 0.636 + 77.85 / 0.783 + 25.52 / 0.435 = 198.15$ tn/m².

$f_t = 25.48 / 0.636 - 77.85 / 0.783 - 25.52 / 0.435 = -118.03$ tn/m².

C máx. = 198.15×0.159 m² = 31.51 tn. < 35.11 tn. ¡ correcto !

T máx. = -118.03×0.159 m² = -18.77 tn. < -125.72 tn. ¡ correcto !

Factor de seguridad al volteo:

$M_u = \sqrt{(M_x^2 + M_y^2)} = \sqrt{(77.85^2 + 25.52^2)} = 81.93$ tn-m

La fuerza lateral resistente $V_h = 85.41$ tn., está aplicada a $h = H/3 = 5.7 / 3 = 1.90$ m.

$FS_v = V_h \times h / M_u = 85.41 \times 1.90 / 81.93 = 1.98 > 1.50$ ¡ correcto !

Factor de seguridad al deslizamiento:

$V_u = \sqrt{(V_x^2 + V_y^2)} = \sqrt{(7.15^2 + 1.55^2)} = 7.32$ tn.

$$FSd = V_h \times \mu / V_u = 125.72 \times 0.30 / 7.32 = 5.15 \gg 1.10 ; \text{correcto !}$$

Nota.- El procedimiento de diseño es válido para las columnas C2 y C3

Fin de la memoria de cálculo m3ED13r.doc



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

“Tres décadas de orgullosa excelencia” 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

MODULO III: DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE LINEAS DE TRANSMISION

TEMA

MEMORIA DE CALCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURAS MAYORES.

S.E. VALLE DE MÉXICO

PROYECTO: S. E. VALLE DE MÉXICO C. F. E.

**EXPOSITOR: ING. DELFINO RODRÍGUEZ PEÑA
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DE 2001**

MEMORIA DE CALCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURAS MAYORES.

S.E. VALLE DE MÉXICO.

PROYECTO: S.E. VALLE DE MÉXICO C.F.E.

Ejemplo del curso: Subestaciones Eléctricas
CALCULO: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

Ia REVISION: 09 de ABRIL de 2001
IIa. REVISIÓN: 13 de AGOSTO de 2001

DESCRIPCION DEL PROYECTO:

Se trata de una estructura metálica formada por columnas y traveses de celosías (alma abierta) para la Termoeléctrica Valle de México, en una ampliación de la subestación de 230 KV. Está compuesta por una trabe recta de 16 m. a una altura de 12 mts. en un marco existente, para soportar 3 cables de 2x400 kg. de tensiones cada uno; un marco en forma de "ELE" a base de una trabe de 16 m. y una columna de 13 m. de altura, para soportar 3 cables de 2x400 kg. de tensiones en una dirección y 3 cables de 2x500 kg. de tensión en dirección opuesta; Un marco de dos crujeas de 18 m. cada uno y 16 m. de altura, para soportar 3 cables de 2x750 kg. de tensiones en una dirección y 3 cables de 2x1000 kg. de tensión en dirección opuesta, por cada trabe; y un marco en forma de peine "E", con tres marcos transversales de 18 m. por 11 m. de altura, para soportar en las traveses extremas, 3 cables de 1x900 kg. de tensiones en una dirección y en la trabe central, 3 cables de 1x900kg. de tensiones en una dirección y 3 cables de 1x900kg. de tensión en dirección opuesta; y un marco longitudinal de 2 x 18 m. de longitud por 18 m. de altura, para soportar 3 cables de 1x900 kg. de tensiones en una dirección, por cada trabe. Cada una de éstas tensiones, con sus respectivas cargas horizontales de viento y verticales de equipo.

ARCHIVOS	mcsvmamp.doc	Memoria de cálculos.
DIBUJOS	SEVM-C1y2.dwg	Dibujos de cimentación.
DIBUJOS	SEVM-E1a106.dwg	Dibujos de estructura.

1.- ESPECIFICACIONES:

1.1 Materiales:

Perfiles y placas	ASTM A-36 y Acero Gr. 50
Tornillos	A-325n T.A.

1.2 Diseño

1.2.1 Estructuras de acero	AISC – LRFD	última revisión.
1.2.2 Manuales	IMCA y MDOC de C.F.E.	

1.3 Análisis y Diseño

1.3.1 Procesador de palabras para documentos	WORD - OFFICE '2000
1.3.2 Programa de computadora para dibujo.	AUTOCAD ver. 14
1.3.3 Programa de computadora	STAAD-PRO rel. 21ª.

1.4 Datos del terreno:

Capacidad de carga	$\sigma = 50.0 \text{ tn/m}^2$.	Roca a 30 cms.
Suelo Tipo	I	

1.5 Parámetros sísmicos:

1.5.1 Coeficiente sísmico básico	Csb = 0.54g
----------------------------------	-------------

1.5.2 Grupo	A
1.5.3 Tipo de terreno	I
1.5.4 Coeficiente de diseño $C_s = C_{sb} X F A / Q$	$C_{sd} = 0.64 X 1.50 / 4 = 0.24 g$

1.6 Parámetros eólicos:

1.6.1 Velocidad regional de viento	160.0 kms./hr.	P.R. = 200 años
------------------------------------	----------------	-----------------

2.- ARREGLO DIMENSIONAL:

3.-ANÁLISIS DE CARGA

Nota: Se enlistan como se introducen en el modelo matemático del programa STAAD y se obtuvieron de la información básica proporcionada por ALSTOM

3.1 CARGAS PERMANENTES

Es el peso propio de la estructura, mas el peso del equipo $CC1=PE$

3.2 CARGAS VIVAS

Son las tensiones en los cables $CC2=TC$

3.2.1 Marco 7 – 6 : B – F Ampliación.

Tensiones longitudinales $T = 2 \times 0.82 \text{ tn.} = 1.64 \text{ tn.}$ Hacia el norte

Tensiones transversales $T = 2 \times 0.38 \text{ tn.} = 0.76 \text{ tn.}$

3.2.2 Marco 4 : B – F Ampliación

Tensiones longitudinales $T = 2 \times 0.82 \text{ tn.} = 1.64 \text{ tn.}$ Hacia el Sur

Tensiones longitudinales $T = 2 \times 0.567 \text{ tn.} = 1.135 \text{ tn.}$ Hacia el norte

3.2.3 Marco 2 : C – G Existente (Se agrega trabe 2 : G – E y columna 2/G)

Tensiones longitudinales $T = 2 \times 0.567 \text{ tn.} = 1.135 \text{ tn.}$ Hacia el Sur

Tensiones longitudinales $T = 1 \times 0.400 \text{ tn} = 0.400 \text{ tn.}$ Hacia el norte

En trabe existente y:

$T = 2 \times 0.567 \text{ tn.} = 1.135 \text{ tn.}$ Hacia el Sur

$T = 1 \times 0.690 \text{ tn} = 0.690 \text{ tn.}$ Hacia el norte

En trabe por adicionar.

3.2.4 Marco I : C – J

Tensiones longitudinales $T = 1 \times 0.40 \text{tn.} = 0.400 \text{ tn.}$ Hacia el Sur

En traveses existentes y

Tensiones longitudinales $T = 1 \times 0.69 \text{tn.} = 0.400 \text{ tn.}$ Hacia el Sur

3.3 CARGAS ACCIDENTALES

3.3.1 Sismo

No aplica, en virtud de que el sismo no es preponderante en éste tipo de estructuras.

3.3.2 Viento:

Es el viento que actúa en la estructura, incluyendo el de los cables.

Cálculo de la presión de diseño de acuerdo con el MDOC-CFE'95:

CONCEPTO	Inciso	Página	Tabla
Velocidad regional del viento	$V_r = 160 \text{ km/hr}$		
Clasificación estructuras según importancia:	Grupo A	4.3	1.4.5
Clasificación estructuras según su respuesta	Tipo 2	4.4	1.4.7
Categoría del terreno según su rugosidad	Cat. 2	4.6.1	1.4.13
Clase de estructura según su tamaño	Clase A	4.6.1	1.4.14
Factor de tamaño	$F_c = 1.0$	4.6.3.1	1.4.19
Altura gradiente	$\delta = 315 \text{m}$	4.6.3.2	1.4.20
Altura de la estructura por diseñar (máx.)	$z = 15.5 \text{m}$		
Exponente de forma de variación del viento	$\alpha = 0.101$	4.6.3.2	1.4.20
Factor de rugosidad y de altura $h=15.5$	$Fr_z = 1.56 (z / (\delta))^{\alpha} = 1.56 (15.5 / (315))^{0.101}$	4.6.3.2	1.4.19
Factor de exposición:	$F_{\alpha} = 1.15$		
$F_{\alpha} = F_c \times Fr_z = 1.0 \times 1.15$	$F_t = 1.00$	4.6.4	1.4.21
Factor de topografía			1.5
Velocidad de diseño, Km/h.	$V_d = F_t \times F_{\alpha} \times V_r = 1.00 \times 1.15 \times 160.00$	4.6	1.4.12
Altitud del sitio	$A_l = 2283.0 \text{ msnm}$		
Temperatura ambiental	$t = 30.0$		
Presión barométrica, en mm de mercurio	$\Omega = 580$	4.7	1.4.27
Factor de corrección por altura y temperatura:	$G = 0.75$	4.7	1.4.27
Presión diseño del viento, en kg/m.	$q_z = 0.0048 \times G \times V_d^2 = 0.0048 \times 0.75 \times 184.0^2$	4.7	1.4.27
	$q = 121.89$		

Se hizo un análisis exclusivamente con la geometría y peso propio de la estructura y se obtuvo que la frecuencia natural $f = n_0 = 11.284$ cps y aunque $T = 1 / f = 1 / 11.284 = 0.089 < 1.0$ seg

Pero como $H / b = 15.5 / 1.2 = 12.91 \gg 5$, si se requiere un análisis dinámico.

Análisis Dinámico:

Cálculo de la presión de diseño p_z :

$$p_z = F_g C_a q_z$$

Cálculo de los coeficientes de arrastre:

Tramo de ancho $b = 0.60$ m

$A_s = 2$ patas de 3.0m de LI102x10 + 3 diag. De 1.12 de LI 51x6

$$A_s = 2 \times 3.0 \times 0.102 + 3 \times 1.12 \times 0.051 = 0.78 \text{ m}^2$$

$$A_t = b \times h = 0.60 \times 3.00 = 1.80 \text{ m}^2$$

$$\phi = A_s / A_t = 0.78 / 1.80 = 0.43$$

$$C_a = 3.50 - 3.50 \times \phi = 3.50 - 3.50 \times 0.43 = 1.995$$

$$C_a = 1.995$$

Cálculo de las constantes: $C\alpha^1, k_r, \zeta, B, S, E, v, g_p, \sigma / \mu$ y g

En donde:

- C_a coeficiente de arrastre
- K^* variable adimensional
- η variable adimensional
- δ altura gradiente en m.
- α^1 exponente de la variación del factor de ráfaga
- b/H Relación base/altura
- B Factor de excitación de fondo
- $3.60 n_0 H / V_H$ frecuencia reducida
- S factor de reducción por tamaño
- $3.60 n_0 / V_H$ Inverso de la longitud de onda
- E relación de energía de ráfaga
- v rapidez de fluctuación promedio

De la tabla I. 29. obtenemos:

$$\alpha^1 = 0.18$$

$$K^* = 1.288$$

$$\eta = -0.054$$

$$\delta = 315$$

$$C\alpha^1 = 3.46 \text{ Ft}^2 (H / \delta)^{2\alpha^1} = 3.46 \times (1.00)^2 (15.5 / 315)^{2 \times 0.18} = 1.17$$

$$k_r = 0.08 \quad \text{Para terreno de categoría I}$$

ζ = coeficiente de amortiguamiento crítico para armaduras metálicas = 0.005

Para $b/h = 0.60 / 0.60 = 1.00$ y una altura $H = 15.50$ m promedio.
De la Figura I. 20, se obtiene $B = 1.22$

V_H = velocidad promedio = velocidad regional = 160.0 km/hr.

Para $b/h = 1.00$ y $3.60 n_0 H / V_H = 3.60 \times 11.284 \times 15.50 / 160.00 = 0.27$
De la Figura I. 20, se obtiene $S = 0.001$

Para $b/h = 1.00$ de la Figura I.20 y $3.60 n_0 / V_H = 3.60 \times 11.284 / 160.00 = 3.94$
De la Figura I. 20, se obtiene $E = 0.09$

$$v = n_0 \sqrt{[S \times E / (S \times E + \zeta \times B)]}$$

$$v = 11.284 \sqrt{[0.001 \times 0.09 / (0.001 \times 0.09 + 0.005 \times 1.22)]} = 1.36$$

Con el valor $v = 1.36$ y la Figura I.20, se obtiene: $g_p = 4.25$

$$\sigma / \mu = \sqrt{[K_r / C_a (B + S \times E / \zeta)]}$$

$$\sigma / \mu = \sqrt{[0.08 / 1.17 (1.22 + 0.001 \times 0.09 / 0.005)]} = 0.29$$

$$g = K (Z / \delta)^n = 1.288 (15.50 / 315)^{-0.054} = 1.52$$

$$F_g = 1 / g^2 [1 + g_p (\sigma / \mu)]$$

$$F_g = 1 / 1.52^2 [1 + 4.25 (0.29)] = 0.966$$

Obteniéndose finalmente la presión de diseño $p_z = F_g C_a q_z$

$$p_z = 121.89 \text{ kg/m}^2 \times 1.995 \times 0.966 / 1000 = 0.234 \text{ tn/m}^2$$

En virtud de que ésta presión se aplicará en todos los elementos de las dos caras de las armaduras-torres (patas y diagonales), se tiene:

$$p_z = 0.234 / 2 = 0.117 \text{ tn/m}^2$$

Las cargas a los diferentes elementos estructurales son:

$$L1 \ 4'' \quad w = 0.117 \times 0.1016 = 0.0119 \text{ tn/m}$$

$$L1 \ 3'' \quad w = 0.117 \times 0.0762 = 0.0089 \text{ tn/m}$$

$$L1 \ 2 \ 1/2'' \quad w = 0.117 \times 0.0635 = 0.0074 \text{ tn/m}$$

$$L1 \ 2'' \quad w = 0.117 \times 0.0508 = 0.0059 \text{ tn/m}$$

$$L1 \ 1 \ 1/2'' \quad w = 0.117 \times 0.0381 = 0.0045 \text{ tn/m}$$

4.- COMBINACIONES DE CARGAS

Nota: Las presentes combinaciones de carga, fueron obtenidas de la especificación: CPTT-S01 "Estructuras metálicas para subestaciones eléctricas", la cual expresa:

4.1 Condiciones de carga (CPTT-S01 6.3.1.1)

PC	Peso del equipo.
PE	Peso de la estructura
TC	Tensión en los cables
VE	Viento sobre la estructura
VC	Viento sobre los cables (incluída en tensiones)

4.2 Combinaciones con factores de carga (CPTT-S01 6.3.1.2)

Combinación 1	(PC + PE)1.2
Combinación 2	(PC + PE)1.2 + 1.25TC + 1.3VE
Combinación 3	(PC + PE + VC + VE)

De común acuerdo con la supervisión de CFE, se acordó aplicar los siguiente:

4.2.1 Factores de cargas:

Cargas muertas	1.20
Cargas de Tensión	1.25
Cargas de Viento	1.30

4.2.2 Diseño por Esfuerzos permisibles AISC – ASD

La interacción será $f / F = 1.333$ con un margen de excedencia máximo de 10%, es decir: $f / F = 1.10 \times 1.33 = 1.466$

4.3 Cálculo de la resist. Mecánica: AISC-LRFD (CPTT-S01 6.3.3)

4.3.1 Deformaciones elásticas admisibles:

$L / 250$. para la Combinación 3. ó $0.0012 H$

Sin embargo, y en virtud de que la estructura es una ampliación de la existente, se proponen las mismas secciones y las deformaciones se ajustan a $0.016H$

5.- RESULTADOS DEL PROGRAMA STAAD

5.1 Marco eje 1 : C – J

Nota importantísima: Con el objeto de no hacer muy extensa la presente memoria de cálculos, solamente se anotan las coordenadas, incidencias, propiedades, apoyos, cargas, combinaciones de cargas y algunos resultados del diseño de los miembros. La supervisión podrá constatar los datos y resultados en los archivos: VMEM1FIN.STD y VMEM1FIN.ANL

.....

```

*
*      STAAD/Pro
*      Version 2000      Build 1007
*      Proprietary Program of
*      RESEARCH ENGINEERS, Inc.
*      Date=      AUG 17, 2001
*      Time=      21: 1:17
*
*
*      USER ID: Diseo y Consultoria
*
*.....

```

```

1. STAAD SPACE MARCO EJES 1:C-J S.E. VALLE DE MXICO VMEXM1EP.STD
2. START JOB INFORMATION
3. JOB NAME S.E. VALLE DE M XICO
4. JOB CLIENT ALSTOM-CFE
5. JOB NO 6928-012
6. ENGINEER NAME DRGUEZP
7. CHECKER NAME BFDEZJ
8. APPROVED NAME JMMONTOYA
9. ENGINEEP DATE 13-AGO-01
10. CHECKER DATE 13-AGO-01
11. APPROVED DATE 13-AGO-01
12. END JOB INFORMATION
13. INPUT WIDTH 79
14. PAGE LENGTH 85
15. UNIT METER MTON
16. JOINT COORDINATES
17. 1 -0.25 0 -0.35; 2 -0.25 0 0.35; 3 0.25 0 0.35; 4 0.25 0 -0.35
18. 5 15.75 0 -0.35; 6 15.75 0 0.35; 7 16.25 0 0.35; 8 16.25 0 -0.35
19. 9 31.75 0 -0.35; 10 31.75 0 0.35; 11 32.25 0 0.35; 12 32.25 0 -0.35
20. 13 47.35 0 -0.35; 14 47.35 0 0.35; 15 48.65 0 0.35; 16 48.65 0 -0.35
21. 17 63.75 0 -0.35; 18 63.75 0 0.35; 19 64.25 0 0.35; 20 64.25 0 -0.35
22. 21 -0.25 12 -0.3; 22 -0.25 12 0.3; 23 0.25 12 0.3; 24 0.25 12 -0.3
23. 25 15.75 12 -0.3; 26 15.75 12 0.3; 27 16.25 12 0.3; 28 16.25 12 -0.3
24. 29 31.75 12 -0.3; 30 31.75 12 0.3; 31 32.25 12 0.3; 32 32.25 12 -0.3
25. 33 47.65 12 -0.3; 34 47.65 12 0.3; 35 48.35 12 0.3; 36 48.35 12 -0.3
26. 27 63.75 12 -0.3; 38 63.75 12 0.3; 39 64.25 12 0.3; 40 64.25 12 -0.3
27. 41 -0.25 12.6 -0.3; 42 -0.25 12.6 0.3; 43 0.25 12.6 0.3; 44 0.25 12.6 -0.3
28. 45 15.75 12.6 -0.3; 46 15.75 12.6 0.3; 47 16.25 12.6 0.3; 48 16.25 12.6 -0.3
29. 49 31.75 12.6 -0.3; 50 31.75 12.6 0.3; 51 32.25 12.6 0.3; 52 32.25 12.6 -0.3
30. 53 47.65 12.6 -0.3; 54 47.65 12.6 0.3; 55 48.35 12.6 0.3; 56 48.35 12.6 -0.3
31. 57 63.75 12.6 -0.3; 58 63.75 12.6 0.3; 59 64.25 12.6 0.3; 60 64.25 12.6 -0.3
32. 61 47.65 18.6 -0.3; 62 47.65 18.6 0.3; 63 48.35 18.6 0.3; 64 48.35 18.6 -0.3
33. 65 47.65 19.2 -0.3; 66 47.65 19.2 0.3; 67 48.35 19.2 0.3; 68 48.35 19.2 -0.3
34. 69 47.875 22.2 -0.125; 70 47.875 22.2 0.125; 71 48.125 22.2 0.125
35. 72 48.125 22.2 -0.125; 73 -0.25 0.6 -0.3475; 74 -0.25 1.2 -0.345
36. 75 -0.25 1.8 -0.3425; 76 -0.25 2.4 -0.34; 77 -0.25 3 -0.3375
37. 78 -0.25 3.6 -0.335; 79 -0.25 4.2 -0.3325; 80 -0.25 4.8 -0.33
38. 81 -0.25 5.4 -0.3275; 82 -0.25 6 -0.325; 83 -0.25 6.6 -0.3225
39. 84 -0.25 7.2 -0.32; 85 -0.25 7.8 -0.3175; 86 -0.25 8.4 -0.315
40. 87 -0.25 9 -0.3125; 88 -0.25 9.6 -0.31; 89 -0.25 10.2 -0.3075
41. 90 -0.25 10.8 -0.305; 91 -0.25 11.4 -0.3025; 92 0.25 0.6 -0.3475
42. 93 0.25 1.2 -0.345; 94 0.25 1.8 -0.3425; 95 0.25 2.4 -0.34; 96 0.25 3 -0.3375
43. 97 0.25 3.6 -0.335; 98 0.25 4.2 -0.3325; 99 0.25 4.8 -0.33
44. 100 0.25 5.4 -0.3275; 101 0.25 6 -0.325; 102 0.25 6.6 -0.3225
45. 103 0.25 7.2 -0.32; 104 0.25 7.8 -0.3175; 105 0.25 8.4 -0.315
46. 106 0.25 9 -0.3125; 107 0.25 9.6 -0.31; 108 0.25 10.2 -0.3075
47. 109 0.25 10.8 -0.305; 110 0.25 11.4 -0.3025; 111 -0.25 0.6 0.3475
48. 112 -0.25 1.2 0.345; 113 -0.25 1.8 0.3425; 114 -0.25 2.4 0.34
49. 115 -0.25 3 0.3375; 116 -0.25 3.6 0.335; 117 -0.25 4.2 0.3325
50. 118 -0.25 4.8 0.33; 119 -0.25 5.4 0.3275; 120 -0.25 6 0.325
51. 121 -0.25 6.6 0.3225; 122 -0.25 7.2 0.32; 123 -0.25 7.8 0.3175
52. 124 -0.25 8.4 0.315; 125 -0.25 9 0.3125; 126 -0.25 9.6 0.31
53. 127 -0.25 10.2 0.3075; 128 -0.25 10.8 0.305; 129 -0.25 11.4 0.3025
54. 130 0.25 0.6 0.3475; 131 0.25 1.2 0.345; 132 0.25 1.8 0.3425
55. 133 0.25 2.4 0.34; 134 0.25 3 0.3375; 135 0.25 3.6 0.335; 136 0.25 4.2 0.3325
56. 137 0.25 4.8 0.33; 138 0.25 5.4 0.3275; 139 0.25 6 0.325; 140 0.25 6.6 0.3225
57. 141 0.25 7.2 0.32; 142 0.25 7.8 0.3175; 143 0.25 8.4 0.315; 144 0.25 9 0.3125
58. 145 0.25 9.6 0.31; 146 0.25 10.2 0.3075; 147 0.25 10.8 0.305
59. 148 0.25 11.4 0.3025; 149 15.75 0.6 -0.3475; 150 15.75 1.2 -0.345
60. 151 15.75 1.8 -0.3425; 152 15.75 2.4 -0.34; 153 15.75 3 -0.3375
61. 154 15.75 3.6 -0.335; 155 15.75 4.2 -0.3325; 156 15.75 4.8 -0.33
62. 157 15.75 5.4 -0.3275; 158 15.75 6 -0.325; 159 15.75 6.6 -0.3225
63. 160 15.75 7.2 -0.32; 161 15.75 7.8 -0.3175; 162 15.75 8.4 -0.315
64. 163 15.75 9 -0.3125; 164 15.75 9.6 -0.31; 165 15.75 10.2 -0.3075
65. 166 15.75 10.8 -0.305; 167 15.75 11.4 -0.3025; 168 16.25 0.6 -0.3475

```

Ejemplo: S. E. VALLE DE MÉXICO

Memoria de cálculo

Instructor: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

D. E. C. F. I. UNAM 25 al 28 de sept'2001

66. 169 16.25 1.2 -0.345; 170 16.25 1.8 -0.3425; 171 16.25 2.4 -0.34
67. 172 16.25 3 -0.3375; 173 16.25 3.6 -0.335; 174 16.25 4.2 -0.3325
68. 175 16.25 4.8 -0.33; 176 16.25 5.4 -0.3275; 177 16.25 6 -0.325
69. 178 16.25 6.6 -0.3225; 179 16.25 7.2 -0.32; 180 16.25 7.8 -0.3175
70. 181 16.25 8.4 -0.315; 182 16.25 9 -0.3125; 183 16.25 9.6 -0.31
71. 184 16.25 10.2 -0.3075; 185 16.25 10.8 -0.305; 186 16.25 11.4 -0.3025
72. 187 15.75 0.6 0.3475; 188 15.75 1.2 0.345; 189 15.75 1.8 0.3425
73. 190 15.75 2.4 0.34; 191 15.75 3 0.3375; 192 15.75 3.6 0.335
74. 193 15.75 4.2 0.3325; 194 15.75 4.8 0.33; 195 15.75 5.4 0.3275
75. 196 15.75 6 0.325; 197 15.75 6.6 0.3225; 198 15.75 7.2 0.32
76. 199 15.75 7.8 0.3175; 200 15.75 8.4 0.315; 201 15.75 9 0.3125
77. 202 15.75 9.6 0.31; 203 15.75 10.2 0.3075; 204 15.75 10.8 0.305
78. 205 15.75 11.4 0.3025; 206 16.25 0.6 0.3475; 207 16.25 1.2 0.345
79. 208 16.25 1.8 0.3425; 209 16.25 2.4 0.34; 210 16.25 3 0.3375
80. 211 16.25 3.6 0.335; 212 16.25 4.2 0.3325; 213 16.25 4.8 0.33
81. 214 16.25 5.4 0.3275; 215 16.25 6 0.325; 216 16.25 6.6 0.3225
82. 217 16.25 7.2 0.32; 218 16.25 7.8 0.3175; 219 16.25 8.4 0.315
83. 220 16.25 9 0.3125; 221 16.25 9.6 0.31; 222 16.25 10.2 0.3075
84. 223 16.25 10.8 0.305; 224 16.25 11.4 0.3025; 225 31.75 0.6 -0.3475
85. 226 31.75 1.2 -0.345; 227 31.75 1.8 -0.3425; 228 31.75 2.4 -0.34
86. 229 31.75 3 -0.3375; 230 31.75 3.6 -0.335; 231 31.75 4.2 -0.3325
87. 232 31.75 4.8 -0.33; 233 31.75 5.4 -0.3275; 234 31.75 6 -0.325
88. 235 31.75 6.6 -0.3225; 236 31.75 7.2 -0.32; 237 31.75 7.8 -0.3175
89. 238 31.75 8.4 -0.315; 239 31.75 9 -0.3125; 240 31.75 9.6 -0.31
90. 241 31.75 10.2 -0.3075; 242 31.75 10.8 -0.305; 243 31.75 11.4 -0.3025
91. 244 32.25 0.6 -0.3475; 245 32.25 1.2 -0.345; 246 32.25 1.8 -0.3425
92. 247 32.25 2.4 -0.34; 248 32.25 3 -0.3375; 249 32.25 3.6 -0.335
93. 250 32.25 4.2 -0.3325; 251 32.25 4.8 -0.33; 252 32.25 5.4 -0.3275
94. 253 32.25 6 -0.325; 254 32.25 6.6 -0.3225; 255 32.25 7.2 -0.32
95. 256 32.25 7.8 -0.3175; 257 32.25 8.4 -0.315; 258 32.25 9 -0.3125
96. 259 32.25 9.6 -0.31; 260 32.25 10.2 -0.3075; 261 32.25 10.8 -0.305
97. 262 32.25 11.4 -0.3025; 263 31.75 0.6 0.3475; 264 31.75 1.2 0.345
98. 265 31.75 1.8 0.3425; 266 31.75 2.4 0.34; 267 31.75 3 0.3375
99. 268 31.75 3.6 0.335; 269 31.75 4.2 0.3325; 270 31.75 4.8 0.33
100. 271 31.75 5.4 0.3275; 272 31.75 6 0.325; 273 31.75 6.6 0.3225
101. 274 31.75 7.2 0.32; 275 31.75 7.8 0.3175; 276 31.75 8.4 0.315
102. 277 31.75 9 0.3125; 278 31.75 9.6 0.31; 279 31.75 10.2 0.3075
103. 280 31.75 10.8 0.305; 281 31.75 11.4 0.3025; 282 32.25 0.6 0.3475
104. 283 32.25 1.2 0.345; 284 32.25 1.8 0.3425; 285 32.25 2.4 0.34
105. 286 32.25 3 0.3375; 287 32.25 3.6 0.335; 288 32.25 4.2 0.3325
106. 289 32.25 4.8 0.33; 290 32.25 5.4 0.3275; 291 32.25 6 0.325
107. 292 32.25 6.6 0.3225; 293 32.25 7.2 0.32; 294 32.25 7.8 0.3175
108. 295 32.25 8.4 0.315; 296 32.25 9 0.3125; 297 32.25 9.6 0.31
109. 298 32.25 10.2 0.3075; 299 32.25 10.8 0.305; 300 32.25 11.4 0.3025
110. 301 63.75 0.6 -0.3475; 302 63.75 1.2 -0.345; 303 63.75 1.8 -0.3425
111. 304 63.75 2.4 -0.34; 305 63.75 3 -0.3375; 306 63.75 3.6 -0.335
112. 307 63.75 4.2 -0.3325; 308 63.75 4.8 -0.33; 309 63.75 5.4 -0.3275
113. 310 63.75 6 -0.325; 311 63.75 6.6 -0.3225; 312 63.75 7.2 -0.32
114. 313 63.75 7.8 -0.3175; 314 63.75 8.4 -0.315; 315 63.75 9 -0.3125
115. 316 63.75 9.6 -0.31; 317 63.75 10.2 -0.3075; 318 63.75 10.8 -0.305
116. 319 63.75 11.4 -0.3025; 320 64.25 0.6 -0.3475; 321 64.25 1.2 -0.345
117. 322 64.25 1.8 -0.3425; 323 64.25 2.4 -0.34; 324 64.25 3 -0.3375
118. 325 64.25 3.6 -0.335; 326 64.25 4.2 -0.3325; 327 64.25 4.8 -0.33
119. 328 64.25 5.4 -0.3275; 329 64.25 6 -0.325; 330 64.25 6.6 -0.3225
120. 331 64.25 7.2 -0.32; 332 64.25 7.8 -0.3175; 333 64.25 8.4 -0.315
121. 334 64.25 9 -0.3125; 335 64.25 9.6 -0.31; 336 64.25 10.2 -0.3075
122. 337 64.25 10.8 -0.305; 338 64.25 11.4 -0.3025; 339 63.75 0.6 0.3475
123. 340 63.75 1.2 0.345; 341 63.75 1.8 0.3425; 342 63.75 2.4 0.34
124. 343 63.75 3 0.3375; 344 63.75 3.6 0.335; 345 63.75 4.2 0.3325
125. 346 63.75 4.8 0.33; 347 63.75 5.4 0.3275; 348 63.75 6 0.325
126. 349 63.75 6.6 0.3225; 350 63.75 7.2 0.32; 351 63.75 7.8 0.3175
127. 352 63.75 8.4 0.315; 353 63.75 9 0.3125; 354 63.75 9.6 0.31
128. 355 63.75 10.2 0.3075; 356 63.75 10.8 0.305; 357 63.75 11.4 0.3025
129. 358 64.25 0.6 0.3475; 359 64.25 1.2 0.345; 360 64.25 1.8 0.3425
130. 361 64.25 2.4 0.34; 362 64.25 3 0.3375; 363 64.25 3.6 0.335
131. 364 64.25 4.2 0.3325; 365 64.25 4.8 0.33; 366 64.25 5.4 0.3275
132. 367 64.25 6 0.325; 368 64.25 6.6 0.3225; 369 64.25 7.2 0.32
133. 370 64.25 7.8 0.3175; 371 64.25 8.4 0.315; 372 64.25 9 0.3125
134. 373 64.25 9.6 0.31; 374 64.25 10.2 0.3075; 375 64.25 10.8 0.305
135. 376 64.25 11.4 0.3025; 377 47.3714 0.857143 -0.346429
136. 378 47.3929 1.71429 -0.342857; 379 47.4143 2.57143 -0.339286
137. 380 47.4357 3.42857 -0.335714; 381 47.4571 4.28571 -0.332143
138. 382 47.4786 5.14286 -0.328571; 383 47.5 6 -0.325
139. 384 47.5214 6.85714 -0.321429; 385 47.5429 7.71429 -0.317857
140. 386 47.5643 8.57143 -0.314286; 387 47.5857 9.42857 -0.310714
141. 388 47.6071 10.2857 -0.307143; 389 47.6286 11.1429 -0.303571

Ejemplo: S. E. VALLE DE MÉXICO

Memoria de cálculo

Instructor: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

D. E. C. F. I. UNAM 25 al 28 de sept'2001

142. 390 48.6286 0.257143 -0.346429; 391 48.6071 1.71429 -0.342857
 143. 392 48.5857 2.57143 -0.339286; 393 48.5643 3.42857 -0.335714
 144. 394 48.5429 4.28571 -0.332143; 395 48.5214 5.14286 -0.328571
 145. 396 48.5 6 -0.325; 397 48.4786 6.85714 -0.321429
 146. 398 48.4571 7.71429 -0.317857; 399 48.4357 8.57143 -0.314286
 147. 400 48.4143 9.42857 -0.310714; 401 48.3929 10.2857 -0.307143
 148. 402 48.3714 11.1429 -0.303571; 403 47.3714 0.857143 0.346429
 149. 404 47.3929 1.71429 0.342857; 405 47.4143 2.57143 0.339286
 150. 406 47.4357 3.42857 0.335714; 407 47.4571 4.28571 0.332143
 151. 408 47.4786 5.14286 0.328571; 409 47.5 6 0.325; 410 47.5214 6.85714 0.321429
 152. 411 47.5429 7.71429 0.317857; 412 47.5643 8.57143 0.314286
 153. 413 47.5857 9.42857 0.310714; 414 47.6071 10.2857 0.307143
 154. 415 47.6286 11.1429 0.303571; 416 48.6286 0.857143 0.346429
 155. 417 48.6071 1.71429 0.342857; 418 48.5857 2.57143 0.339286
 156. 419 48.5643 3.42857 0.335714; 420 48.5429 4.28571 0.332143
 157. 421 48.5214 5.14286 0.328571; 422 48.5 6 0.325; 423 48.4786 6.85714 0.321429
 158. 424 48.4571 7.71429 0.317857; 425 48.4357 8.57143 0.314286
 159. 426 48.4143 9.42857 0.310714; 427 48.3929 10.2857 0.307143
 160. 428 48.3714 11.1429 0.303571; 429 47.65 13.2 -0.3; 430 47.65 13.8 -0.3
 161. 431 47.65 14.4 -0.3; 432 47.65 15 -0.3; 433 47.65 15.6 -0.3
 162. 434 47.65 16.2 -0.3; 435 47.65 16.8 -0.3; 436 47.65 17.4 -0.3
 163. 437 47.65 18 -0.3; 438 48.35 13.2 -0.3; 439 48.35 13.8 -0.3
 164. 440 48.35 14.4 -0.3; 441 48.35 15 -0.3; 442 48.35 15.6 -0.3
 165. 443 48.35 16.2 -0.3; 444 48.35 16.8 -0.3; 445 48.35 17.4 -0.3
 166. 446 48.35 18 -0.3; 447 47.65 13.2 0.3; 448 47.65 13.8 0.3; 449 47.65 14.4 0.3
 167. 450 47.65 15 0.3; 451 47.65 15.6 0.3; 452 47.65 16.2 0.3; 453 47.65 16.8 0.3
 168. 454 47.65 17.4 0.3; 455 47.65 18 0.3; 456 48.35 13.2 0.3; 457 48.35 13.8 0.3
 169. 458 48.35 14 0.3; 459 48.35 15 0.3; 460 48.35 15.6 0.3; 461 48.35 16.2 0.3
 170. 462 48.35 16.8 0.3; 463 48.35 17.4 0.3; 464 48.35 18 0.3
 171. 465 47.6781 19.575 -0.278125; 466 47.7063 19.95 -0.25625
 172. 467 47.7344 20.325 -0.234375; 468 47.7625 20.7 -0.2125
 173. 469 47.7906 21.075 -0.190625; 470 47.8188 21.45 -0.16875
 174. 471 47.8469 21.825 -0.146875; 472 48.3219 19.575 -0.278125
 175. 473 48.2938 19.95 -0.25625; 474 48.2656 20.325 -0.234375
 176. 475 48.2375 20.7 -0.2125; 476 48.2094 21.075 -0.190625
 177. 477 48.1812 21.45 -0.16875; 478 48.1531 21.825 -0.146875
 178. 479 47.6781 19.575 0.278125; 480 47.7063 19.95 0.25625
 179. 481 47.7344 20.325 0.234375; 482 47.7625 20.7 0.2125
 180. 483 47.7906 21.075 0.190625; 484 47.8188 21.45 0.16875
 181. 485 47.8469 21.825 0.146875; 486 48.3219 19.575 0.278125
 182. 487 48.2938 19.95 0.25625; 488 48.2656 20.325 0.234375
 183. 489 48.2375 20.7 0.2125; 490 48.2094 21.075 0.190625
 184. 491 48.1812 21.45 0.16875; 492 48.1531 21.825 0.146875; 493 1.025 12.6 -0.3
 185. 494 1.8 12.6 -0.3; 495 2.575 12.6 -0.3; 496 3.35 12.6 -0.3
 186. 497 4.125 12.6 -0.3; 498 4.9 12.6 -0.3; 499 5.675 12.6 -0.3
 187. 500 6.45 12.6 -0.3; 501 7.225 12.6 -0.3; 502 8 12.6 -0.3; 503 8.775 12.6 -0.3
 188. 504 9.55 12.6 -0.3; 505 10.325 12.6 -0.3; 506 11.1 12.6 -0.3
 189. 507 11.875 12.6 -0.3; 508 12.65 12.6 -0.3; 509 13.425 12.6 -0.3
 190. 510 14.2 12.6 -0.3; 511 14.975 12.6 -0.3; 512 1.025 12 -0.3; 513 1.8 12 -0.3
 191. 514 2.575 12 -0.3; 515 3.35 12 -0.3; 516 4.125 12 -0.3; 517 4.9 12 -0.3
 192. 518 5.675 12 -0.3; 519 6.45 12 -0.3; 520 7.225 12 -0.3; 521 8 12 -0.3
 193. 522 8.775 12 -0.3; 523 9.55 12 -0.3; 524 10.325 12 -0.3; 525 11.1 12 -0.3
 194. 526 11.875 12 -0.3; 527 12.65 12 -0.3; 528 13.425 12 -0.3; 529 14.2 12 -0.3
 195. 530 14.975 12 -0.3; 531 1.025 12 0.3; 532 1.8 12 0.3; 533 2.575 12 0.3
 196. 534 3.35 12 0.3; 535 4.125 12 0.3; 536 4.9 12 0.3; 537 5.675 12 0.3
 197. 538 6.45 12 0.3; 539 7.225 12 0.3; 540 8 12 0.3; 541 8.775 12 0.3
 198. 542 9.55 12 0.3; 543 10.325 12 0.3; 544 11.1 12 0.3; 545 11.875 12 0.3
 199. 546 12.65 12 0.3; 547 13.425 12 0.3; 548 14.2 12 0.3; 549 14.975 12 0.3
 200. 550 1.025 12.6 0.3; 551 1.8 12.6 0.3; 552 2.575 12.6 0.3; 553 3.35 12.6 0.3
 201. 554 4.125 12.6 0.3; 555 4.9 12.6 0.3; 556 5.675 12.6 0.3; 557 6.45 12.6 0.3
 202. 558 7.225 12.6 0.3; 559 8 12.6 0.3; 560 8.775 12.6 0.3; 561 9.55 12.6 0.3
 203. 562 10.325 12.6 0.3; 563 11.1 12.6 0.3; 564 11.875 12.6 0.3
 204. 565 12.65 12.6 0.3; 566 13.425 12.6 0.3; 567 14.2 12.6 0.3
 205. 568 14.975 12.6 0.3; 569 17.025 12.6 -0.3; 570 17.8 12.6 -0.3
 206. 571 18.575 12.6 -0.3; 572 19.35 12.6 -0.3; 573 20.125 12.6 -0.3
 207. 574 20.9 12.6 -0.3; 575 21.675 12.6 -0.3; 576 22.45 12.6 -0.3
 208. 577 23.225 12.6 -0.3; 578 24 12.6 -0.3; 579 24.775 12.6 -0.3
 209. 580 25.55 12.6 -0.3; 581 26.325 12.6 -0.3; 582 27.1 12.6 -0.3
 210. 583 27.875 12.6 -0.3; 584 28.65 12.6 -0.3; 585 29.425 12.6 -0.3
 211. 586 30.2 12.6 -0.3; 587 30.975 12.6 -0.3; 588 17.025 12 -0.3; 589 17.8 12 -0.3
 212. 590 18.575 12 -0.3; 591 19.35 12 -0.3; 592 20.125 12 -0.3; 593 20.9 12 -0.3
 213. 594 21.675 12 -0.3; 595 22.45 12 -0.3; 596 23.225 12 -0.3; 597 24 12 -0.3
 214. 598 24.775 12 -0.3; 599 25.55 12 -0.3; 600 26.325 12 -0.3; 601 27.1 12 -0.3
 215. 602 27.875 12 -0.3; 603 28.65 12 -0.3; 604 29.425 12 -0.3; 605 30.2 12 -0.3
 216. 606 30.975 12 -0.3; 607 17.025 12 0.3; 608 17.8 12 0.3; 609 18.575 12 0.3
 217. 610 19.35 12 0.3; 611 20.125 12 0.3; 612 20.9 12 0.3; 613 21.675 12 0.3

Ejemplo: S. E. VALLE DE MÉXICO

Memoria de cálculo

Instructor: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

D. E. C. F. I. UNAM 25 al 28 de sept'2001

218. 614 22.45 12 0.3; 615 23.225 12 0.3; 616 24 12 0.3; 617 24.775 12 0.3
 219. 618 25.55 12 0.3; 619 26.325 12 0.3; 620 27.1 12 0.3; 621 27.875 12 0.3
 220. 622 28.65 12 0.3; 623 29.425 12 0.3; 624 30.2 12 0.3; 625 30.975 12 0.3
 221. 626 17.025 12.6 0.3; 627 17.8 12.6 0.3; 628 18.575 12.6 0.3
 222. 629 19.35 12.6 0.3; 630 20.125 12.6 0.3; 631 20.9 12.6 0.3
 223. 632 21.675 12.6 0.3; 633 22.45 12.6 0.3; 634 23.225 12.6 0.3; 635 24 12.6 0.3
 224. 636 24.775 12.6 0.3; 637 25.55 12.6 0.3; 638 26.325 12.6 0.3
 225. 639 27.1 12.6 0.3; 640 27.875 12.6 0.3; 641 28.65 12.6 0.3
 226. 642 29.425 12.6 0.3; 643 30.2 12.6 0.3; 644 30.975 12.6 0.3
 227. 645 33.02 12.6 -0.3; 646 33.79 12.6 -0.3; 647 34.56 12.6 -0.3
 228. 648 35.33 12.6 -0.3; 649 36.1 12.6 -0.3; 650 36.87 12.6 -0.3
 229. 651 37.64 12.6 -0.3; 652 38.41 12.6 -0.3; 653 39.18 12.6 -0.3
 230. 654 39.95 12.6 -0.3; 655 40.72 12.6 -0.3; 656 41.49 12.6 -0.3
 231. 657 42.26 12.6 -0.3; 658 43.03 12.6 -0.3; 659 43.8 12.6 -0.3
 232. 660 44.57 12.6 -0.3; 661 45.34 12.6 -0.3; 662 46.11 12.6 -0.3
 233. 663 46.88 12.6 -0.3; 664 33.02 12 -0.3; 665 33.79 12 -0.3; 666 34.56 12 -0.3
 234. 667 35.33 12 -0.3; 668 36.1 12 -0.3; 669 36.87 12 -0.3; 670 37.64 12 -0.3
 235. 671 38.41 12 -0.3; 672 39.18 12 -0.3; 673 39.95 12 -0.3; 674 40.72 12 -0.3
 236. 675 41.49 12 -0.3; 676 42.26 12 -0.3; 677 43.03 12 -0.3; 678 43.8 12 -0.3
 237. 679 44.57 12 -0.3; 680 45.34 12 -0.3; 681 46.11 12 -0.3; 682 46.88 12 -0.3
 238. 683 33.02 12 0.3; 684 33.79 12 0.3; 685 34.56 12 0.3; 686 35.33 12 0.3
 239. 687 36.1 12 0.3; 688 36.87 12 0.3; 689 37.64 12 0.3; 690 38.41 12 0.3
 240. 691 39.18 12 0.3; 692 39.95 12 0.3; 693 40.72 12 0.3; 694 41.49 12 0.3
 241. 695 42.26 12 0.3; 696 43.03 12 0.3; 697 43.8 12 0.3; 698 44.57 12 0.3
 242. 699 45.34 12 0.3; 700 46.11 12 0.3; 701 46.88 12 0.3; 702 33.02 12.6 0.3
 243. 703 33.79 12.6 0.3; 704 34.56 12.6 0.3; 705 35.33 12.6 0.3; 706 36.1 12.6 0.3
 244. 707 36.87 12.6 0.3; 708 37.64 12.6 0.3; 709 38.41 12.6 0.3; 710 39.18 12.6 0.3
 245. 711 39.95 12.6 0.3; 712 40.72 12.6 0.3; 713 41.49 12.6 0.3; 714 42.26 12.6 0.3
 246. 715 43.03 12.6 0.3; 716 43.8 12.6 0.3; 717 44.57 12.6 0.3; 718 45.34 12.6 0.3
 247. 719 46.11 12.6 0.3; 720 46.88 12.6 0.3; 721 49.12 12.6 -0.3
 248. 722 49.89 12.6 -0.3; 723 50.66 12.6 -0.3; 724 51.43 12.6 -0.3
 249. 725 52.2 12.6 -0.3; 726 52.97 12.6 -0.3; 727 53.74 12.6 -0.3
 250. 728 54.51 12.6 -0.3; 729 55.28 12.6 -0.3; 730 56.05 12.6 -0.3
 251. 731 56.82 12.6 -0.3; 732 57.59 12.6 -0.3; 733 58.36 12.6 -0.3
 252. 734 59.13 12.6 -0.3; 735 59.9 12.6 -0.3; 736 60.67 12.6 -0.3
 253. 737 61.44 12.6 -0.3; 738 62.21 12.6 -0.3; 739 62.98 12.6 -0.3
 254. 740 49.12 12 -0.3; 741 49.89 12 -0.3; 742 50.66 12 -0.3; 743 51.43 12 -0.3
 255. 744 52.2 12 -0.3; 745 52.97 12 -0.3; 746 53.74 12 -0.3; 747 54.51 12 -0.3
 256. 748 55.28 12 -0.3; 749 56.05 12 -0.3; 750 56.82 12 -0.3; 751 57.59 12 -0.3
 257. 752 58.36 12 -0.3; 753 59.13 12 -0.3; 754 59.9 12 -0.3; 755 60.67 12 -0.3
 258. 756 61.44 12 -0.3; 757 62.21 12 -0.3; 758 62.98 12 -0.3; 759 49.12 12 0.3
 259. 760 49.89 12 0.3; 761 50.66 12 0.3; 762 51.43 12 0.3; 763 52.2 12 0.3
 260. 764 52.97 12 0.3; 765 53.74 12 0.3; 766 54.51 12 0.3; 767 55.28 12 0.3
 261. 768 56.05 12 0.3; 769 56.82 12 0.3; 770 57.59 12 0.3; 771 58.36 12 0.3
 262. 772 59.13 12 0.3; 773 59.9 12 0.3; 774 60.67 12 0.3; 775 61.44 12 0.3
 263. 776 62.21 12 0.3; 777 62.98 12 0.3; 778 49.12 12.6 0.3; 779 49.89 12.6 0.3
 264. 780 50.66 12.6 0.3; 781 51.43 12.6 0.3; 782 52.2 12.6 0.3; 783 52.97 12.6 0.3
 265. 784 53.74 12.6 0.3; 785 54.51 12.6 0.3; 786 55.28 12.6 0.3; 787 56.05 12.6 0.3
 266. 788 56.82 12.6 0.3; 789 57.59 12.6 0.3; 790 58.36 12.6 0.3; 791 59.13 12.6 0.3
 267. 792 59.9 12.6 0.3; 793 60.67 12.6 0.3; 794 61.44 12.6 0.3; 795 62.21 12.6 0.3
 268. 796 62.98 12.6 0.3; 797 3.35 12.3 -0.3; 798 3.35 12 0; 799 3.35 12.3 0.3
 269. 800 3.35 12.6 0; 801 8 12.3 -0.3; 802 8 12 0; 803 8 12.3 0.3; 804 8 12.6 0
 270. 805 12.65 12.3 -0.3; 806 12.65 12 0; 807 12.65 12.3 0.3; 808 12.65 12.6 0
 271. 809 19.35 12.3 -0.3; 810 19.35 12 0; 811 19.35 12.3 0.3; 812 19.35 12.6 0
 272. 813 24 12.3 -0.3; 814 24 12 0; 815 24 12.3 0.3; 816 24 12.6 0
 273. 817 28.65 12.3 -0.3; 818 28.65 12 0; 819 28.65 12.3 0.3; 820 28.65 12.6 0
 274. 821 35.33 12.3 -0.3; 822 35.33 12 0; 823 35.33 12.3 0.3; 824 35.33 12.6 0
 275. 825 39.95 12.3 -0.3; 826 39.95 12 0; 827 39.95 12.3 0.3; 828 39.95 12.6 0
 276. 829 44.57 12.3 -0.3; 830 44.57 12 0; 831 44.57 12.3 0.3; 832 44.57 12.6 0
 277. 833 51.43 12.3 -0.3; 834 51.43 12 0; 835 51.43 12.3 0.3; 836 51.43 12.6 0
 278. 837 56.05 12.3 -0.3; 838 56.05 12 0; 839 56.05 12.3 0.3; 840 56.05 12.6 0
 279. 841 60.67 12.3 -0.3; 842 60.67 12 0; 843 60.67 12.3 0.3; 844 60.67 12.6 0
 280 MEMBER INCIDENCES
 281 1 1 73; 2 2 111; 3 3 130; 4 4 92; 5 5 145; 6 6 187; 7 7 206; 8 8 168; 9 9 225
 282. 10 10 263; 11 11 282; 12 12 244; 13 13 377; 14 14 403; 15 15 416; 16 16 390
 283 17 17 301; 18 18 339; 19 19 358; 20 20 320; 21 21 41; 22 22 42; 23 23 43
 284 24 24 44; 25 25 45; 26 26 46; 27 27 47; 28 28 48; 29 29 49; 30 30 50; 31 31 51
 285 32 32 52; 33 33 53; 34 34 54; 35 35 55; 36 36 56; 37 37 57; 38 38 58; 39 39 59
 286. 40 40 60; 41 53 429; 42 54 447; 43 55 456; 44 56 438; 45 61 65; 46 62 66
 287. 47 63 67; 48 64 68; 49 65 465; 50 66 479; 51 67 486; 52 68 472; 53 21 22
 288. 54 22 23; 55 23 24; 56 24 21; 57 41 42; 58 42 43; 59 43 44; 60 44 41
 289 61 24 512; 62 23 531; 63 44 493; 64 43 550; 65 25 26; 66 26 27; 67 27 28
 290. 68 28 25; 69 45 46; 70 46 47; 71 47 48; 72 48 45; 73 29 30; 74 30 31; 75 31 32
 291. 76 32 29; 77 49 50; 78 50 51; 79 51 52; 80 52 49; 81 32 664; 82 31 683
 292 83 52 645; 84 51 702; 85 33 34; 86 34 35; 87 35 36; 88 36 33; 89 53 54
 293 90 54 55; 91 55 56; 92 56 53; 93 36 740; 94 35 759; 95 56 721; 96 55 778

Ejemplo: S. E. VALLE DE MÉXICO

Memoria de cálculo

Instructor: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

D. E. C. F. I. UNAM 25 al 28 de sept'2001

294. 97 37 38; 98 38 39; 99 39 40; 100 40 37; 101 61 62; 102 62 63; 103 63 64
 295. 104 64 61; 105 65 66; 106 66 67; 107 67 68; 108 68 65; 109 69 70; 110 70 71
 296. 111 71 72; 112 72 69; 113 28 588; 114 27 607; 115 48 569; 116 47 626
 297. 117 73 74; 118 74 75; 119 75 76; 120 76 77; 121 77 78; 122 78 79; 123 79 80
 298. 124 80 81; 125 81 82; 126 82 83; 127 83 84; 128 84 85; 129 85 86; 130 86 87
 299. 131 87 88; 132 88 89; 133 89 90; 134 90 91; 135 91 21; 136 92 93; 137 93 94
 300. 138 94 95; 139 95 96; 140 96 97; 141 97 98; 142 98 99; 143 99 100; 144 100 101
 301. 145 101 102; 146 102 103; 147 103 104; 148 104 105; 149 105 106; 150 106 107
 302. 151 107 108; 152 108 109; 153 109 110; 154 110 24; 155 111 112; 156 112 113
 303. 157 113 114; 158 114 115; 159 115 116; 160 116 117; 161 117 118; 162 118 119
 304. 163 119 120; 164 120 121; 165 121 122; 166 122 123; 167 123 124; 168 124 125
 305. 169 125 126; 170 126 127; 171 127 128; 172 128 129; 173 129 22; 174 130 131
 306. 175 131 132; 176 132 133; 177 133 134; 178 134 135; 179 135 136; 180 136 137
 307. 181 137 138; 182 138 139; 183 139 140; 184 140 141; 185 141 142; 186 142 143
 308. 187 143 144; 188 144 145; 189 145 146; 190 146 147; 191 147 148; 192 148 23
 309. 193 4 73; 194 73 93; 195 93 75; 196 75 95; 197 95 77; 198 77 97; 199 97 79
 310. 200 75 99; 201 99 81; 202 81 101; 203 101 83; 204 83 103; 205 103 85
 311. 206 85 105; 207 105 87; 208 87 107; 209 107 89; 210 89 109; 211 109 91
 312. 212 1 111; 213 111 74; 214 74 113; 215 113 76; 216 76 115; 217 115 78
 313. 218 78 117; 219 117 80; 220 80 119; 221 119 82; 222 82 121; 223 121 84
 314. 224 84 123; 225 123 86; 226 86 125; 227 125 88; 228 88 127; 229 127 90
 315. 230 90 129; 231 129 21; 232 2 130; 233 130 112; 234 112 132; 235 132 114
 316. 236 114 134; 237 134 116; 238 116 136; 239 136 118; 240 118 138; 241 138 120
 317. 242 120 140; 243 140 122; 244 122 142; 245 142 124; 246 124 144; 247 144 126
 318. 248 126 146; 249 146 128; 250 128 148; 251 148 22; 252 3 92; 253 92 131
 319. 254 131 94; 255 94 133; 256 133 96; 257 96 135; 258 135 98; 259 98 137
 320. 260 137 100; 261 100 139; 262 139 102; 263 102 141; 264 141 104; 265 104 143
 321. 266 143 106; 267 106 145; 268 145 108; 269 108 147; 270 147 110; 271 110 23
 322. 272 149 150; 273 150 151; 274 151 152; 275 152 153; 276 153 154; 277 154 155
 323. 278 155 156; 279 156 157; 280 157 158; 281 158 159; 282 159 160; 283 160 161
 324. 284 161 162; 285 162 163; 286 163 164; 287 164 165; 288 165 166; 289 166 167
 325. 290 167 25; 291 168 169; 292 169 170; 293 170 171; 294 171 172; 295 172 173
 326. 296 173 174; 297 174 175; 298 175 176; 299 176 177; 300 177 178; 301 178 179
 327. 302 179 180; 303 180 181; 304 181 182; 305 182 183; 306 183 184; 307 184 185
 328. 308 185 186; 309 186 28; 310 8 149; 311 149 169; 312 169 151; 313 151 171
 329. 314 171 153; 315 153 173; 316 173 155; 317 155 175; 318 175 157; 319 157 177
 330. 320 177 159; 321 159 179; 322 179 161; 323 161 181; 324 181 163; 325 163 183
 331. 326 183 165; 327 165 185; 328 185 167; 329 167 28; 330 187 188; 331 188 189
 332. 332 189 190; 333 190 191; 334 191 192; 335 192 193; 336 193 194; 337 194 195
 333. 338 195 196; 339 196 197; 340 197 198; 341 198 199; 342 199 200; 343 200 201
 334. 344 201 202; 345 202 203; 346 203 204; 347 204 205; 348 205 26; 349 5 187
 335. 350 187 150; 351 150 189; 352 189 152; 353 152 191; 354 191 154; 355 154 193
 336. 356 193 156; 357 156 195; 358 195 158; 359 158 197; 360 197 160; 361 160 199
 337. 362 199 162; 363 162 201; 364 201 164; 365 164 203; 366 203 166; 367 166 205
 338. 368 205 25; 369 206 207; 370 207 208; 371 208 209; 372 209 210; 373 210 211
 339. 374 211 212; 375 212 213; 376 213 214; 377 214 215; 378 215 216; 379 216 217
 340. 380 217 218; 381 218 219; 382 219 220; 383 220 221; 384 221 222; 385 222 223
 341. 386 223 224; 387 224 27; 388 6 206; 389 206 188; 390 188 208; 391 208 190
 342. 392 190 210; 393 210 192; 394 192 212; 395 212 194; 396 194 214; 397 214 196
 343. 398 196 216; 399 216 198; 400 198 218; 401 218 200; 402 200 220; 403 220 202
 344. 404 202 222; 405 222 204; 406 204 224; 407 224 26; 408 7 168; 409 168 207
 345. 410 207 170; 411 170 209; 412 209 172; 413 172 211; 414 211 174; 415 174 213
 346. 416 213 176; 417 176 215; 418 215 178; 419 178 217; 420 217 180; 421 180 219
 347. 422 219 182; 423 182 221; 424 221 184; 425 184 223; 426 223 186; 427 186 27
 348. 428 225 226; 429 226 227; 430 227 228; 431 228 229; 432 229 230; 433 230 231
 349. 434 231 232; 435 232 233; 436 233 234; 437 234 235; 438 235 236; 439 236 237
 350. 440 237 238; 441 238 239; 442 239 240; 443 240 241; 444 241 242; 445 242 243
 351. 446 243 29; 447 244 245; 448 245 246; 449 246 247; 450 247 248; 451 248 249
 352. 452 249 250; 453 250 251; 454 251 252; 455 252 253; 456 253 254; 457 254 255
 353. 458 255 256; 459 256 257; 460 257 258; 461 258 259; 462 259 260; 463 260 261
 354. 464 261 262; 465 262 32; 466 12 225; 467 225 245; 468 245 227; 469 227 247
 355. 470 247 229; 471 229 249; 472 249 231; 473 231 251; 474 251 233; 475 233 253
 356. 476 253 235; 477 235 255; 478 255 237; 479 237 257; 480 257 239; 481 239 259
 357. 482 259 241; 483 241 261; 484 261 243; 485 243 32; 486 263 264; 487 264 265
 358. 488 265 266; 489 266 267; 490 267 268; 491 268 269; 492 269 270; 493 270 271
 359. 494 271 272; 495 272 273; 496 273 274; 497 274 275; 498 275 276; 499 276 277
 360. 500 277 278; 501 278 279; 502 279 280; 503 280 281; 504 281 30; 505 9 263
 361. 506 263 226; 507 226 265; 508 265 228; 509 228 267; 510 267 230; 511 230 269
 362. 512 269 232; 513 232 271; 514 271 234; 515 234 273; 516 273 236; 517 236 275
 363. 518 275 238; 519 238 277; 520 277 240; 521 240 279; 522 279 242; 523 242 281
 364. 524 281 29; 525 282 283; 526 283 284; 527 284 285; 528 285 286; 529 286 287
 365. 530 287 288; 531 288 289; 532 289 290; 533 290 291; 534 291 292; 535 292 293
 366. 536 293 294; 537 294 295; 538 295 296; 539 296 297; 540 297 298; 541 298 299
 367. 542 299 300; 543 300 31; 544 11 244; 545 244 283; 546 283 246; 547 246 285
 368. 548 285 248; 549 248 287; 550 287 250; 551 250 289; 552 289 252; 553 252 291
 369. 554 291 254; 555 254 293; 556 293 256; 557 256 295; 558 295 258; 559 258 297

Ejemplo: S. E. VALLE DE MÉXICO

Memoria de cálculo

Instructor: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

D. E. C. F. I. UNAM 25 al 28 de sept'2001

370. 560 297 260; 561 260 299; 562 299 262; 563 262 31; 564 10 282; 565 282 264
371. 566 264 284; 567 284 266; 568 266 286; 569 286 268; 570 268 288; 571 288 270
372. 572 270 290; 573 290 272; 574 272 292; 575 292 274; 576 274 294; 577 294 276
373. 578 276 296; 579 296 278; 580 278 298; 581 298 280; 582 280 300; 583 300 30
374. 584 301 302; 585 302 303; 586 303 304; 587 304 305; 588 305 306; 589 306 307
375. 590 307 308; 591 308 309; 592 309 310; 593 310 311; 594 311 312; 595 312 313
376. 596 313 314; 597 314 315; 598 315 316; 599 316 317; 600 317 318; 601 318 319
377. 602 319 37; 603 320 321; 604 321 322; 605 322 323; 606 323 324; 607 324 325
378. 608 325 326; 609 326 327; 610 327 328; 611 328 329; 612 329 330; 613 330 331
379. 614 331 332; 615 332 333; 616 333 334; 617 334 335; 618 335 336; 619 336 337
380. 620 337 338; 621 338 40; 622 20 301; 623 301 321; 624 321 303; 625 303 323
381. 626 323 305; 627 305 325; 628 325 307; 629 307 327; 630 327 309; 631 309 329
382. 632 329 311; 633 311 331; 634 331 313; 635 313 333; 636 333 315; 637 315 335
383. 638 335 317; 639 317 337; 640 337 319; 641 319 40; 642 339 340; 643 340 341
384. 644 341 342; 645 342 343; 646 343 344; 647 344 345; 648 345 346; 649 346 347
385. 650 347 348; 651 348 349; 652 349 350; 653 350 351; 654 351 352; 655 352 353
386. 656 353 354; 657 354 355; 658 355 356; 659 356 357; 660 357 38; 661 17 339
387. 662 339 302; 663 302 341; 664 341 304; 665 304 343; 666 343 306; 667 306 345
388. 668 345 308; 669 308 347; 670 347 310; 671 310 349; 672 349 312; 673 312 351
389. 674 351 314; 675 314 353; 676 353 316; 677 316 355; 678 355 318; 679 318 357
390. 680 357 37; 681 358 359; 682 359 360; 683 360 361; 684 361 362; 685 362 363
391. 686 363 364; 687 364 365; 688 365 366; 689 366 367; 690 367 368; 691 368 369
392. 692 369 370; 693 370 371; 694 371 372; 695 372 373; 696 373 374; 697 374 375
393. 698 375 376; 699 376 39; 700 18 358; 701 358 340; 702 340 360; 703 360 342
394. 704 342 362; 705 362 344; 706 344 364; 707 364 346; 708 346 366; 709 366 348
395. 710 348 368; 711 368 350; 712 350 370; 713 370 352; 714 352 372; 715 372 354
396. 716 354 374; 717 374 356; 718 356 376; 719 376 38; 720 19 320; 721 320 359
397. 722 359 322; 723 322 361; 724 361 324; 725 324 363; 726 363 326; 727 326 365
398. 728 365 328; 729 328 367; 730 367 330; 731 330 369; 732 369 332; 733 332 371
399. 734 371 334; 735 334 373; 736 373 336; 737 336 375; 738 375 338; 739 338 39
400. 740 377 378; 741 378 379; 742 379 380; 743 380 381; 744 381 382; 745 382 383
401. 746 383 384; 747 384 385; 748 385 386; 749 386 387; 750 387 388; 751 388 389
402. 752 389 33; 753 390 391; 754 391 392; 755 392 393; 756 393 394; 757 394 395
403. 758 395 396; 759 396 397; 760 397 398; 761 398 399; 762 399 400; 763 400 401
404. 764 401 402; 765 402 36; 766 16 377; 767 377 391; 768 391 379; 769 379 393
405. 770 393 381; 771 381 395; 772 395 383; 773 383 397; 774 397 385; 775 385 399
406. 776 399 387; 777 387 401; 778 401 389; 779 389 36; 780 403 404; 781 404 405
407. 782 405 406; 783 406 407; 784 407 408; 785 408 409; 786 409 410; 787 410 411
408. 788 411 412; 789 412 413; 790 413 414; 791 414 415; 792 415 34; 793 13 403
409. 794 403 378; 795 378 405; 796 405 380; 797 380 407; 798 407 382; 799 382 409
410. 800 409 384; 801 384 411; 802 411 386; 803 386 413; 804 413 388; 805 388 415
411. 806 415 33; 807 416 417; 808 417 418; 809 418 419; 810 419 420; 811 420 421
412. 812 421 422; 813 422 423; 814 423 424; 815 424 425; 816 425 426; 817 426 427
413. 818 427 428; 819 428 35; 820 14 416; 821 416 404; 822 404 418; 823 418 406
414. 824 406 420; 825 420 408; 826 408 422; 827 422 410; 828 410 424; 829 424 412
415. 830 412 426; 831 426 414; 832 414 428; 833 428 34; 834 15 390; 835 390 417
416. 836 417 392; 837 392 419; 838 419 394; 839 394 421; 840 421 396; 841 396 423
417. 842 423 398; 843 398 425; 844 425 400; 845 400 427; 846 427 402; 847 402 35
418. 848 429 430; 849 430 431; 850 431 432; 851 432 433; 852 433 434; 853 434 435
419. 854 435 436; 855 436 437; 856 437 61; 857 438 439; 858 439 440; 859 440 441
420. 860 441 442; 861 442 443; 862 443 444; 863 444 445; 864 445 446; 865 446 64
421. 866 56 429; 867 429 439; 868 439 431; 869 431 441; 870 441 433; 871 433 443
422. 872 443 435; 873 435 445; 874 445 437; 875 437 64; 876 447 448; 877 448 449
423. 878 449 450; 879 450 451; 880 451 452; 881 452 453; 882 453 454; 883 454 455
424. 884 455 62; 885 53 447; 886 447 430; 887 430 449; 888 449 432; 889 432 451
425. 890 451 434; 891 434 453; 892 453 436; 893 436 455; 894 455 61; 895 456 457
426. 896 457 458; 897 458 459; 898 459 460; 899 460 461; 900 461 462; 901 462 463
427. 902 463 464; 903 464 63; 904 54 456; 905 456 448; 906 448 458; 907 458 450
428. 908 450 460; 909 460 452; 910 452 462; 911 462 454; 912 454 464; 913 464 62
429. 914 55 438; 915 438 457; 916 457 440; 917 440 459; 918 459 442; 919 442 461
430. 920 461 444; 921 444 463; 922 463 446; 923 446 63; 924 465 466; 925 466 467
431. 926 467 468; 927 468 469; 928 469 470; 929 470 471; 930 471 69; 931 472 473
432. 932 473 474; 933 474 475; 934 475 476; 935 476 477; 936 477 478; 937 478 72
433. 938 68 465; 939 465 473; 940 473 467; 941 467 475; 942 475 469; 943 469 477
434. 944 477 471; 945 471 72; 946 479 480; 947 480 481; 948 481 482; 949 482 483
435. 950 483 484; 951 484 485; 952 485 70; 953 65 479; 954 479 466; 955 466 481
436. 956 481 468; 957 468 483; 958 483 470; 959 470 485; 960 485 69; 961 486 487
437. 962 487 488; 963 488 489; 964 489 490; 965 490 491; 966 491 492; 967 492 71
438. 968 66 486; 969 486 480; 970 480 488; 971 488 482; 972 482 490; 973 490 484
439. 974 484 492; 975 492 70; 976 67 472; 977 472 487; 978 487 474; 979 474 489
440. 980 489 476; 981 476 491; 982 491 478; 983 478 71; 984 493 494; 985 494 495
441. 986 495 496; 987 496 497; 988 497 498; 989 498 499; 990 499 500; 991 500 501
442. 992 501 502; 993 502 503; 994 503 504; 995 504 505; 996 505 506; 997 506 507
443. 998 507 508; 999 508 509; 1000 509 510; 1001 510 511; 1002 511 45
444. 1003 512 513; 1004 513 514; 1005 514 515; 1006 515 516; 1007 516 517
445. 1008 517 518; 1009 518 519; 1010 519 520; 1011 520 521; 1012 521 522

Ejemplo: S. E. VALLE DE MÉXICO

Memoria de cálculo

Instructor: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

D. E. C. F. I. UNAM 25 al 28 de sept'2001

446. 1013 522 523; 1014 523 524; 1015 524 525; 1016 525 526; 1017 526 527
 447. 1018 527 528; 1019 528 529; 1020 529 530; 1021 530 25; 1022 44 512
 448. 1023 512 494; 1024 494 514; 1025 514 496; 1026 496 516; 1027 516 498
 449. 1028 498 518; 1029 518 500; 1030 500 520; 1031 520 502; 1032 502 522
 450. 1033 522 504; 1034 504 524; 1035 524 506; 1036 506 526; 1037 526 508
 451. 1038 508 528; 1039 528 510; 1040 510 530; 1041 530 45; 1042 502 801
 452. 1043 496 797; 1044 508 805; 1045 531 532; 1046 532 533; 1047 533 534
 453. 1048 534 535; 1049 535 536; 1050 536 537; 1051 537 538; 1052 538 539
 454. 1053 539 540; 1054 540 541; 1055 541 542; 1056 542 543; 1057 543 544
 455. 1058 544 545; 1059 545 546; 1060 546 547; 1061 547 548; 1062 548 549
 456. 1063 549 26; 1064 24 24 531; 1065 531 513; 1066 513 533; 1067 533 515
 457. 1068 515 535; 1069 535 517; 1070 517 537; 1071 537 519; 1072 519 539
 458. 1073 539 521; 1074 521 541; 1075 541 523; 1076 523 543; 1077 543 525
 459. 1078 525 545; 1079 545 527; 1080 527 547; 1081 547 529; 1082 529 549
 460. 1083 545 25; 1084 550 551; 1085 551 552; 1086 552 553; 1087 553 554
 461. 1088 554 555; 1089 555 556; 1090 556 557; 1091 557 558; 1092 558 559
 462. 1093 559 560; 1094 560 561; 1095 561 562; 1096 562 563; 1097 563 564
 463. 1096 564 565; 1099 565 566; 1100 566 567; 1101 567 568; 1102 568 46
 464. 1103 23 550; 1104 550 532; 1105 532 552; 1106 552 534; 1107 534 554
 465. 1108 554 536; 1109 536 556; 1110 556 538; 1111 538 558; 1112 558 540
 466. 1113 540 560; 1114 560 542; 1115 542 562; 1116 562 544; 1117 544 564
 467. 1118 564 546; 1119 546 566; 1120 566 548; 1121 548 568; 1122 568 26
 468. 1123 43 493; 1124 493 551; 1125 551 495; 1126 495 553; 1127 553 497
 469. 1128 497 555; 1129 555 499; 1130 499 557; 1131 557 501; 1132 501 559
 470. 1133 559 503; 1134 503 561; 1135 561 505; 1136 505 563; 1137 563 507
 471. 1138 507 565; 1139 565 509; 1140 509 567; 1141 567 511; 1142 511 46
 472. 1143 515 798; 1144 534 799; 1145 553 800; 1146 521 802; 1147 540 803
 473. 1148 559 804; 1149 527 806; 1150 546 807; 1151 565 808; 1152 569 570
 474. 1153 570 572; 1154 571 572; 1155 572 573; 1156 573 574; 1157 574 575
 475. 1158 575 575; 1159 576 577; 1160 577 578; 1161 578 579; 1162 579 580
 476. 1163 580 581; 1164 581 582; 1165 582 583; 1166 583 584; 1167 584 585
 477. 1168 585 586; 1169 586 587; 1170 587 49; 1171 588 589; 1172 589 590
 478. 1173 590 591; 1174 591 592; 1175 592 593; 1176 593 594; 1177 594 595
 479. 1178 595 596; 1179 596 597; 1180 597 598; 1181 598 599; 1182 599 600
 480. 1183 600 601; 1184 601 602; 1185 602 603; 1186 603 604; 1187 604 605
 481. 1188 605 606; 1189 606 29; 1190 607 608; 1191 608 609; 1192 609 610
 482. 1193 610 611; 1194 611 612; 1195 612 613; 1196 613 614; 1197 614 615
 483. 1198 615 616; 1199 616 617; 1200 617 618; 1201 618 619; 1202 619 620
 484. 1203 620 621; 1204 621 622; 1205 622 623; 1206 623 624; 1207 624 625
 485. 1208 625 30; 1209 626 627; 1210 627 628; 1211 628 629; 1212 629 630
 486. 1213 630 631; 1214 631 632; 1215 632 633; 1216 633 634; 1217 634 635
 487. 1218 635 636; 1219 636 637; 1220 637 638; 1221 638 639; 1222 639 640
 488. 1223 640 641; 1224 641 642; 1225 642 643; 1226 643 644; 1227 644 50
 489. 1228 48 588; 1229 588 570; 1230 570 590; 1231 590 572; 1232 572 592
 490. 1233 592 574; 1234 574 594; 1235 594 576; 1236 576 596; 1237 596 578
 491. 1238 578 598; 1239 598 580; 1240 580 600; 1241 600 582; 1242 582 602
 492. 1243 602 584; 1244 584 604; 1245 604 586; 1246 586 606; 1247 606 49
 493. 1248 28 607; 1249 607 589; 1250 589 609; 1251 609 591; 1252 591 611
 494. 1253 611 593; 1254 593 613; 1255 613 595; 1256 595 615; 1257 615 597
 495. 1258 597 617; 1259 617 599; 1260 599 619; 1261 619 601; 1262 601 621
 496. 1263 621 603; 1264 603 623; 1265 623 605; 1266 605 625; 1267 625 29
 497. 1268 27 626; 1269 626 608; 1270 608 628; 1271 628 610; 1272 610 630
 498. 1273 630 612; 1274 612 632; 1275 632 614; 1276 614 634; 1277 634 616
 499. 1278 616 636; 1279 636 618; 1280 618 638; 1281 638 620; 1282 620 640

 500. 1283 640 622; 1284 622 642; 1285 642 624; 1286 624 644; 1287 644 30
 501. 1288 47 569; 1289 569 627; 1290 627 571; 1291 571 629; 1292 629 573
 502. 1293 573 631; 1294 631 575; 1295 575 633; 1296 633 577; 1297 577 635
 503. 1298 635 579; 1299 579 637; 1300 637 581; 1301 581 639; 1302 639 583
 504. 1303 583 641; 1304 641 585; 1305 585 643; 1306 643 587; 1307 587 50
 505. 1309 578 813; 1309 572 809; 1310 584 817; 1311 603 819; 1312 622 819
 506. 1313 641 820; 1314 597 814; 1315 616 815; 1316 635 816; 1317 591 810
 507. 1318 610 811; 1319 629 812; 1320 645 646; 1321 646 647; 1322 647 648
 508. 1323 648 649; 1324 649 650; 1325 650 651; 1326 651 652; 1327 652 653
 509. 1328 653 654; 1329 654 655; 1330 655 656; 1331 656 657; 1332 657 658
 510. 1333 658 659; 1334 659 660; 1335 660 661; 1336 661 662; 1337 662 663
 511. 1338 663 53; 1339 664 665; 1340 665 666; 1341 666 667; 1342 667 668
 512. 1343 668 669; 1344 669 670; 1345 670 671; 1346 671 672; 1347 672 673
 513. 1348 673 674; 1349 674 675; 1350 675 676; 1351 676 677; 1352 677 678
 514. 1353 678 679; 1354 679 680; 1355 680 681; 1356 681 682; 1357 682 33
 515. 1358 683 684; 1359 684 685; 1360 685 686; 1361 686 687; 1362 687 688
 516. 1363 688 689; 1364 689 690; 1365 690 691; 1366 691 692; 1367 692 693
 517. 1368 693 694; 1369 694 695; 1370 695 696; 1371 696 697; 1372 697 698
 518. 1373 698 699; 1374 699 700; 1375 700 701; 1376 701 34; 1377 702 703
 519. 1378 703 704; 1379 704 705; 1380 705 706; 1381 706 707; 1382 707 708
 520. 1383 708 709; 1384 709 710; 1385 710 711; 1386 711 712; 1387 712 713

Ejemplo: S. E. VALLE DE MÉXICO

Memoria de cálculo

Instructor: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

D. E. C. F. I. UNAM 25 al 28 de sept'2001

521. 1388 713 714; 1389 714 715; 1390 715 716; 1391 716 717; 1392 717 718
 522. 1393 718 719; 1394 719 720; 1395 720 54; 1396 52 664; 1397 664 646
 523. 1398 646 666; 1399 666 648; 1400 648 668; 1401 668 650; 1402 650 670
 524. 1403 670 652; 1404 652 672; 1405 672 654; 1406 654 674; 1407 674 656
 525. 1408 656 676; 1409 676 658; 1410 658 678; 1411 678 660; 1412 660 680
 526. 1413 680 662; 1414 662 682; 1415 682 53; 1416 32 683; 1417 683 665
 527. 1418 665 685; 1419 685 667; 1420 667 687; 1421 687 669; 1422 669 689
 528. 1423 689 671; 1424 671 691; 1425 691 673; 1426 673 693; 1427 693 675
 529. 1428 675 695; 1429 695 677; 1430 677 697; 1431 697 679; 1432 679 699
 530. 1433 699 681; 1434 681 701; 1435 701 33; 1436 31 702; 1437 702 684
 531. 1438 684 704; 1439 704 686; 1440 686 706; 1441 706 688; 1442 688 708
 532. 1443 708 690; 1444 690 710; 1445 710 692; 1446 692 712; 1447 712 694
 533. 1448 694 714; 1449 714 696; 1450 696 716; 1451 716 698; 1452 698 718
 534. 1453 718 700; 1454 700 720; 1455 720 34; 1456 51 645; 1457 645 703
 535. 1458 703 647; 1459 647 705; 1460 705 649; 1461 649 707; 1462 707 651
 536. 1463 651 709; 1464 709 653; 1465 653 711; 1466 711 655; 1467 655 713
 537. 1468 713 657; 1469 657 715; 1470 715 659; 1471 659 717; 1472 717 661
 538. 1473 661 719; 1474 719 663; 1475 663 54; 1476 654 825; 1477 648 821
 539. 1478 660 829; 1479 667 822; 1480 686 823; 1481 705 824; 1482 673 826
 540. 1483 692 827; 1484 711 828; 1485 679 830; 1486 698 831; 1487 717 832
 541. 1488 721 722; 1489 722 723; 1490 723 724; 1491 724 725; 1492 725 726
 542. 1493 726 727; 1494 727 728; 1495 728 729; 1496 729 730; 1497 730 731
 543. 1498 731 732; 1499 732 733; 1500 733 734; 1501 734 735; 1502 735 736
 544. 1503 736 737; 1504 737 738; 1505 738 739; 1506 739 57; 1507 740 741
 545. 1508 741 742; 1509 742 743; 1510 743 744; 1511 744 745; 1512 745 746
 546. 1513 746 747; 1514 747 748; 1515 748 749; 1516 749 750; 1517 750 751
 547. 1518 751 752; 1519 752 753; 1520 753 754; 1521 754 755; 1522 755 756
 548. 1523 756 757; 1524 757 758; 1525 758 37; 1526 759 760; 1527 760 761
 549. 1528 761 762; 1529 762 763; 1530 763 764; 1531 764 765; 1532 765 766
 550. 1533 766 767; 1534 767 768; 1535 768 769; 1536 769 770; 1537 770 771
 551. 1538 771 772; 1539 772 773; 1540 773 774; 1541 774 775; 1542 775 776
 552. 1543 776 777; 1544 777 38; 1545 778 779; 1546 779 780; 1547 780 781
 553. 1548 781 782; 1549 782 783; 1550 783 784; 1551 784 785; 1552 785 786
 554. 1553 786 787; 1554 787 788; 1555 788 789; 1556 789 790; 1557 790 791
 555. 1558 791 792; 1559 792 793; 1560 793 794; 1561 794 795; 1562 795 796
 556. 1563 796 58; 1564 56 740; 1565 740 722; 1566 722 742; 1567 742 724
 557. 1568 724 744; 1569 744 726; 1570 726 746; 1571 746 728; 1572 728 748
 558. 1573 748 730; 1574 730 750; 1575 750 732; 1576 732 752; 1577 752 734
 559. 1578 734 754; 1579 754 736; 1580 736 756; 1581 756 738; 1582 738 758
 560. 1583 758 57; 1584 36 759; 1585 759 741; 1586 741 761; 1587 761 743
 561. 1588 743 763; 1589 763 745; 1590 745 765; 1591 765 747; 1592 747 767
 562. 1593 767 749; 1594 749 769; 1595 769 751; 1596 751 771; 1597 771 753
 563. 1598 753 773; 1599 773 755; 1600 755 775; 1601 775 757; 1602 757 777
 564. 1603 777 37; 1604 35 778; 1605 778 760; 1606 760 780; 1607 780 762
 565. 1608 762 782; 1609 782 764; 1610 764 784; 1611 784 766; 1612 766 786
 566. 1613 766 788; 1614 768 788; 1615 788 770; 1616 770 790; 1617 790 772
 567. 1618 772 792; 1619 792 774; 1620 774 794; 1621 794 776; 1622 776 796
 568. 1623 796 38; 1624 55 721; 1625 721 779; 1626 779 723; 1627 723 781
 569. 1628 781 725; 1629 725 783; 1630 783 727; 1631 727 785; 1632 785 729
 570. 1633 729 787; 1634 787 731; 1635 731 789; 1636 789 733; 1637 733 791
 571. 1638 791 735; 1639 735 793; 1640 793 737; 1641 737 795; 1642 795 739
 572. 1643 739 58; 1644 730 837; 1645 724 833; 1646 736 841; 1647 743 834
 573. 1648 762 835; 1649 781 836; 1650 749 838; 1651 768 839; 1652 787 840
 574. 1653 755 842; 1654 774 843; 1655 793 844; 1656 797 515; 1657 798 534
 575. 1658 799 553; 1659 800 496; 1660 801 521; 1661 802 540; 1662 803 559
 576. 1663 804 502; 1664 805 527; 1665 806 546; 1666 807 565; 1667 808 508
 577. 1668 809 591; 1669 810 610; 1670 811 629; 1671 812 572; 1672 813 597
 578. 1673 814 616; 1674 815 635; 1675 816 578; 1676 817 603; 1677 818 622
 579. 1678 819 641; 1679 820 584; 1680 821 667; 1681 822 686; 1682 823 705
 580. 1683 824 648; 1684 825 673; 1685 826 692; 1686 827 711; 1687 828 654
 581. 1688 829 679; 1689 830 698; 1690 831 717; 1691 832 660; 1692 833 743
 582. 1693 834 762; 1694 835 781; 1695 836 724; 1696 837 749; 1697 838 768
 583. 1698 839 787; 1699 840 730; 1700 841 755; 1701 842 774; 1702 843 793
 584. 1703 844 736; 1704 797 798; 1705 798 799; 1706 799 800; 1707 800 797
 585. 1708 801 802; 1709 802 803; 1710 803 804; 1711 804 801; 1712 805 806
 586. 1713 806 807; 1714 807 808; 1715 808 805; 1716 809 810; 1717 810 811
 587. 1718 811 812; 1719 812 809; 1720 813 814; 1721 814 815; 1722 815 816
 588. 1723 816 813; 1724 817 818; 1725 818 819; 1726 819 820; 1727 820 817
 589. 1728 821 822; 1729 822 823; 1730 823 824; 1731 824 821; 1732 825 826
 590. 1733 826 827; 1734 827 828; 1735 828 825; 1736 829 830; 1737 830 831
 591. 1738 831 832; 1739 832 829; 1740 833 834; 1741 834 835; 1742 835 836
 592. 1743 836 833; 1744 837 838; 1745 838 839; 1746 839 840; 1747 840 837
 593. 1748 841 842; 1749 842 843; 1750 843 844; 1751 844 841; 1752 91 24; 1753 57 60
 594. 1754 58 59; 1755 57 58; 1756 60 59
 595. START GROUP DEFINITION
 596. GEOMETRY

Ejemplo: S. E. VALLE DE MÉXICO

Memoria de cálculo

Instructor: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

D. E. C. F. I. UNAM 25 al 28 de sept'2001

```

597. _PATK1VZ 1 4 5 8 9 12 17 20 117 TO 154 272 TO 309 428 TO 465 584 TO 621
598. _PATK1SV 2 3 6 7 10 11 16 19 21 TO 48 155 TO 192 330 TO 348 369 TO 387 -
599. 486 TO 504 525 TO 543 642 TO 660 681 TO 699
600. _DIAK1VZ 193 TO 212 310 TO 329 466 TO 485 622 TO 641 1752
601. _DIAK1SV 213 TO 271 349 TO 368 388 TO 427 505 TO 524 544 TO 583 661 TO 680 -
602. 700 TO 739
603. _PATK2VZ 13 16 740 TO 765 848 TO 865
604. _PATK2SV 14 15 780 TO 792 807 TO 819 876 TO 884 895 TO 903
605. _DIAK2VZ 766 TO 779 866 TO 875
606. _DIAK2SV 793 TO 806 820 TO 847 885 TO 894 904 TO 923
607. _PACK2VZ 49 52 924 TO 937
608. _PACK2SV 50 51 946 TO 952 961 TO 967
609. _DCAK2VZ 938 TO 945
610. _DCAK2SV 109 TO 112 953 TO 960 968 TO 983
611. _CDAT1VZ 61 63 81 83 93 95 984 TO 1021 1320 TO 1357 1488 TO 1525 1753
612. _CDAT1SV 53 TO 60 62 64 TO 80 82 84 TO 92 94 96 TO 108 1045 TO 1063 -
613. 1084 TO 1102 1358 TO 1395 1526 TO 1563 1754 TO 1756
614. _DIAT1VZ 1022 TO 1041 1396 TO 1415 1564 TO 1583
615. _DIAT1SV 1064 TO 1083 1103 TO 1142 1416 TO 1475 1584 TO 1643
616. _MONT1VZ 1042 TO 1044 1476 TO 1478 1644 TO 1646
617. _MONT1SV 1143 TO 1151 1478 TO 1487 1647 TO 1667 1680 TO 1703
618. _CRUZDT1 1704 TO 1715 1728 TO 1751
619. _CDAT2VZ 113 115 1152 TO 1189
620. _CDAT2SV 114 116 1190 TO 1227
621. _DIAT2VZ 1228 TO 1247
622. _DIAT2SV 1248 TO 1307
623. _MONT2VZ 1308 TO 1310
624. _MONT2SV 1311 TO 1319 1668 TO 1679
625. _CRUZDT2 1716 TO 1727
626. END GROUP DEFINITION
627. START USER TABLE
628. TABLE 1
629. ANGLE
630. L15153
631. 0.0381 0.0381 0.0047625 0.0073 0.0036 0.0036
632. END
633. MEMBER PROPERTY AMERICAN
634. *GPO09 PRIS AX 0 001 AY 0.001 AZ 0.001 IX 0.001 IY 0.001 IZ 0.001
635. _PATK1VZ TABLE ST L30304
636. _PATK1SV TABLE ST L30304
637. _DIAK1VZ UPTABLE 1 L15153
638. _DIAK1SV TABLE ST L20203
639. _PATK2VZ TABLE ST L40406
640. _PATK2SV TABLE ST L40406
641. _DIAK2VZ TABLE ST L25253
642. _DIAK2SV TABLE ST L20203
643. _PACK2VZ TABLE ST L25253
644. _PACK2SV TABLE ST L25253
645. _DCAK2VZ UPTABLE 1 L15153
646. _DCAK2SV UPTABLE 1 L15153
647. _CDAT1VZ TABLE ST L25254
648. _CDAT1SV TABLE ST L25254
649. _DIAT1VZ TABLE ST L20203
650. _DIAT1SV TABLE ST L20203
651. _MONT1VZ TABLE ST L25254
652. _MONT1SV TABLE ST L25254
653. _CRUZDT1 TABLE ST L20203
654. _CDAT2VZ TABLE ST L25256
655. _CDAT2SV TABLE ST L25256
656. _DIAT2VZ TABLE ST L20203
657. _DIAT2SV TABLE ST L20203
658. _MONT2VZ TABLE ST L25254
659. _MONT2SV TABLE ST L25254
660. _CRUZDT2 UPTABLE 1 L15153
661. CONSTANTS
662. E 2.039E+007 ALL
663. DENSITY 7.854 ALL
664. POISSON STEEL ALL
665. SUPPORTS
666. 1 TO 20 PINNED
667. LOAD 1 PESO DEL EQUIPO (PC) Y LA ESTRUCTURA (PE)
668. JOINT LOAD
669. 798 802 806 810 814 818 822 826 830 834 838 842 FY -0.26
670. 798 802 806 810 814 818 822 826 830 834 838 842 FX 0.17
671. SELFWEIGHT Y -1
672. LOAD 2 TENSION EN LOS CABLES (TC)

```

```

673. JOINT LOAD
674. 811 815 819 FZ 0.69
675. 799 803 807 823 827 831 835 839 843 FZ 0.4
676. 61 62 65 66 FX -0.2
677. MEMBER LOAD
678. 110 CON GZ 0.15
679. LOAD 3 HILO ROTO HR (SE SUELTA EL NUDO 811)
680. JOINT LOAD
681. 811 815 819 FZ 0.69
682. 799 803 807 823 827 831 835 839 843 FZ 0.4
683. 61 62 65 66 FX -0.2
684. LOAD 4 VIENTO (VE) SOBRE LA ESTRUCTURA DIRECCIN NORTE-SUR Z-Z
685. MEMBER LOAD
686. _PATK1VZ UNI GZ 0.0045
687. _PATK1SV UNI GZ 0.0044
688. _DIAK1VZ UNI GZ 0.0023
689. _DIAK1SV UNI GZ 0.0022
690. _PATK2VZ UNI GZ 0.0060
691. _PATK2SV UNI GZ 0.0059
692. _DIAK2VZ UNI GZ 0.0030
693. _DIAK2SV UNI GZ 0.0029
694. _PACK2VZ UNI GZ 0.0037
695. _PACK2SV UNI GZ 0.0037
696. _DCAK2VZ UNI GZ 0.0023
697. _DCAK2SV UNI GZ 0.0022
698. _CDAT1VZ UNI GZ 0.0037
699. _CDAT1SV UNI GZ 0.0037
700. _DIAT1VZ UNI GZ 0.0030
701. _DIAT1SV UNI GZ 0.0029
702. _MONT1VZ UNI GZ 0.0037
703. _MONT1SV UNI GZ 0.0037
704. _CDAT2VZ UNI GZ 0.0037
705. _CDAT2SV UNI GZ 0.0037
706. _DIAT2VZ UNI GZ 0.0030
707. _DIAT2SV UNI GZ 0.0029
708. _MONT2VZ UNI GZ 0.0037
709. _MONT2SV UNI GZ 0.0037
710. LOAD COME 5 (PC+PE)+ TC
711. 1 1 0 2 1.0
712. LOAD COME 6 (PC+PE)+HP
713. 1 1.0 3 1.0
714. LOAD COME 7 (PC+PE)+TC+VE
715. 1 1.0 2 1.0 4 1.0
716. LOAD COME 8 (PC+PE)+HR+VE
717. 1 1.0 3 1.0 4 1.0
718. PERFORM ANALYSIS
719. LOAD LIST 5 6
720. PRINT JOINT DISPLACEMENTS LIST 61 62 65 66
    
```

JOINT DISPLACEMENT (CM RADIANS) STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT	LOAD	X-TRANS	Y-TRANS	Z-TRANS	X-ROTAN	Y-ROTAN	Z-ROTAN
61	5	-0.2743	0.1944	12.5452	0.0091	0.0020	0.0019
	6	-0.2742	0.1343	10.4734	0.0070	0.0020	0.0019
62	5	-0.1554	-0.3452	12.5454	0.0091	0.0020	0.0020
	6	-0.1547	-0.2849	10.4734	0.0070	0.0020	0.0020
65	5	-0.4398	0.1953	13.0987	0.0092	0.0020	0.0020
	6	-0.4387	0.1340	10.8927	0.0069	0.0020	0.0021
66	5	-0.3214	-0.3469	13.0986	0.0093	0.0020	0.0022
	6	-0.3206	-0.2854	10.8927	0.0071	0.0020	0.0022

***** END OF LATEST ANALYSIS RESULT *****

721 PRINT SUPPORT REACTION ALL

SUPPORT REACTIONS -UNIT MTON METE STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT	LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM Z
-------	------	---------	---------	---------	-------	-------	-------

Ejemplo: S. E. VALLE DE MÉXICO

Memoria de cálculo

Instructor: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

D. E. C. F. I. UNAM 25 al 28 de sept'2001

1	5	-0.02	-5.77	0.08	0.00	0.00	0.00
	6	-0.02	-5.81	0.08	0.00	0.00	0.00
2	5	0.33	5.70	-0.01	0.00	0.00	0.00
	6	0.33	5.74	-0.01	0.00	0.00	0.00
3	5	-0.02	5.92	-0.65	0.00	0.00	0.00
	6	-0.02	5.97	-0.65	0.00	0.00	0.00
4	5	-0.30	-4.64	-0.01	0.00	0.00	0.00
	6	-0.30	-4.68	-0.01	0.00	0.00	0.00
5	5	-0.04	-13.92	-0.64	0.00	0.00	0.00
	6	-0.04	-13.91	-0.65	0.00	0.00	0.00
6	5	0.12	13.92	-0.04	0.00	0.00	0.00
	6	0.12	13.90	-0.04	0.00	0.00	0.00
7	5	-0.05	14.94	-0.89	0.00	0.00	0.00
	6	-0.05	14.93	-0.88	0.00	0.00	0.00
8	5	-0.09	-12.53	-0.04	0.00	0.00	0.00
	6	-0.09	-12.53	-0.04	0.00	0.00	0.00
9	5	-0.04	-13.39	-0.88	0.00	0.00	0.00
	6	-0.04	-12.95	-0.88	0.00	0.00	0.00
10	5	-0.11	13.27	-0.04	0.00	0.00	0.00
	6	-0.13	12.82	-0.04	0.00	0.00	0.00
11	5	-0.05	14.65	-0.59	0.00	0.00	0.00
	6	-0.05	14.25	-0.55	0.00	0.00	0.00
12	5	0.14	-12.39	-0.03	0.00	0.00	0.00
	6	0.15	-11.98	-0.03	0.00	0.00	0.00
13	5	-0.45	-17.46	-0.97	0.00	0.00	0.00
	6	-0.40	-15.78	-0.92	0.00	0.00	0.00
14	5	-0.15	13.58	0.03	0.00	0.00	0.00
	6	-0.19	11.90	0.03	0.00	0.00	0.00
15	5	-0.48	18.78	-0.73	0.00	0.00	0.00
	6	-0.44	17.09	-0.69	0.00	0.00	0.00
16	5	0.08	-11.61	0.04	0.00	0.00	0.00
	6	0.03	-9.93	0.04	0.00	0.00	0.00
17	5	-0.01	-4.44	-0.41	0.00	0.00	0.00
	6	-0.01	-4.15	-0.37	0.00	0.00	0.00
18	5	-0.21	3.48	-0.01	0.00	0.00	0.00
	6	-0.18	3.20	-0.01	0.00	0.00	0.00
19	5	-0.01	5.30	-0.02	0.00	0.00	0.00
	6	-0.01	4.97	-0.04	0.00	0.00	0.00
20	5	0.12	-3.11	-0.01	0.00	0.00	0.00
	6	0.10	-2.79	-0.01	0.00	0.00	0.00

***** END OF LATEST ANALYSIS RESULT *****

722. LOAD LIST 5 TO 8
 723. PARAMETER
 724. CODE AISC
 725. FYLD 25300 MEMB 1 TO 112 117 TO 1151 1228 TO 1756
 726. FYLD 35150 MEMB 113 TO 116 1152 TO 1227
 727. PATIO 1 333 ALL
 728. BEAM 1 ALL
 729. CHECK CODE ALL

STAAD-III CODE CHECKING - (AISC)

ALL UNITS ARE - MTON METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ M2	LOADING/ LOCATION
1	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.725	8
		9.68 T	0.02	0.00	0.60
2	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.875	8
		9.17 C	0.00	-0.01	0.60
3	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.799	8
		8.89 C	-0.02	0.00	0.60
4	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.696	8
		8.96 T	0.00	0.01	0.60

*	5	ST	L30 304	FAIL	AISC- H2-1	1.427	7
				19.06 T	0.03	0.01	0.60
*	6	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.881	7
				19.69 C	0.00	-0.01	0.60
*	7	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.826	8
				19.77 C	-0.04	-0.01	0.60
*	8	ST	L30 304	FAIL	AISC- H2-1	1.447	7
				18.58 T	0.00	0.01	0.60
*	9	ST	L30 304	FAIL	AISC- H2-1	1.390	7
				18.62 T	0.04	0.01	0.60
*	10	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.875	7
				19.67 C	0.00	-0.01	0.60
*	11	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.869	7
				20.12 C	-0.04	-0.01	0.60
*	12	ST	L30 304	FAIL	AISC- H2-1	1.445	7
				16.52 T	0.00	0.02	0.60
	13	ST	L40 406	PASS	AISC- H2-1	1.056	7
				26.34 T	0.06	-0.01	0.86
	14	ST	L40 406	PASS	AISC- H1-1	1.095	7
				24.79 C	0.13	-0.01	0.86
	15	ST	L40 406	PASS	AISC- H1-1	1.307	7
				27.94 C	-0.07	0.01	0.86
	16	ST	L40 406	PASS	AISC- H2-1	0.836	7
				22.56 T	-0.13	0.01	0.86
	17	ST	L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.558	7
				7.59 T	0.01	0.00	0.60
	18	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.722	7
				7.64 C	0.00	-0.01	0.60
	19	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.839	7
				9.10 C	-0.01	0.00	0.60
	20	ST	L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.544	7
				6.80 T	0.00	0.01	0.60
	21	ST	L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.342	7
				0.17 T	0.05	0.02	0.00
	22	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-3	0.353	8
				0.06 C	0.05	0.02	0.00
	23	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-3	0.456	7
				0.26 C	0.07	0.02	0.00
	24	ST	L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.489	7
				0.28 T	0.09	0.02	0.00
	25	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-3	0.263	7
				0.72 C	-0.03	0.01	0.60
	26	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-2	0.243	7
				0.17 C	-0.03	0.01	0.60
	27	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-3	0.305	7
				0.08 C	-0.04	0.02	0.60
	28	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-3	0.266	7
				0.17 C	-0.04	0.01	0.60
	29	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-3	0.286	7
				0.20 C	-0.04	0.01	0.60
	30	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-3	0.275	7
				0.21 C	-0.05	0.01	0.60
	31	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-3	0.252	7
				0.09 C	-0.04	0.01	0.60
	32	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-3	0.287	7
				0.34 C	-0.04	0.01	0.60
	33	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-2	0.729	8
				2.23 C	0.12	0.01	0.00
	34	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.176	7
				6.45 C	0.15	0.01	0.00
	35	ST	L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.477	6
				3.09 T	-0.04	-0.02	0.60
				1.32 T	0.00	0.00	0.89
260	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.331	8	
				1.32 C	0.00	0.00	0.00
261	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.227	8	
				1.32 T	0.00	0.00	0.89
262	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.330	8	
				1.32 C	0.00	0.00	0.00
263	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.224	8	
				1.32 T	0.00	0.00	0.88
264	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.328	8	
				1.32 C	0.00	0.00	0.00
265	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.226	8	
				1.31 T	0.00	0.00	0.00
266	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.322	8	

Ejemplo: S. E. VALLE DE MÉXICO

Memoria de cálculo

Instructor: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

D. E. C. F. I. UNAM 25.al 28 de sept'2001

267	ST	L20 203	1.31 C PASS	0.00 AISC- H2-1	0.00 0.223	0.00 8
268	ST	L20 203	1.31 T PASS	0.00 AISC- H1-1	0.00 0.325	0.86 8
269	ST	L20 203	1.30 C PASS	0.00 AISC- H2-1	0.00 0.210	0.00 8
270	ST	L20 203	1.28 T PASS	0.00 AISC- H1-1	0.00 0.326	0.00 8
271	ST	L20 203	1.33 C PASS	0.00 AISC- H2-1	0.00 0.412	0.85 8
* 272	ST	L30 304	1.45 T FAIL	0.00 AISC- H2-1	0.01 1.465	0.85 7
* 273	ST	L30 304	18.70 T FAIL	0.01 AISC- H2-1	0.02 1.346	0.60 7
274	ST	L30 304	17.10 T PASS	0.01 AISC- H2-1	0.02 1.285	0.00 7
275	ST	L30 304	16.72 T PASS	-0.01 AISC- H2-1	0.01 1.173	0.00 7
276	ST	L30 304	15.11 T PASS	0.00 AISC- H2-1	0.01 1.133	0.00 7
277	ST	L30 304	14.76 T PASS	0.00 AISC- H2-1	0.01 1.025	0.60 7
278	ST	L30 304	13.13 T PASS	0.00 AISC- H2-1	0.01 0.981	0.00 7
279	ST	L30 304	12.77 T PASS	0.00 AISC- H2-1	0.01 0.871	0.00 7
280	ST	L30 304	11.12 T PASS	0.00 AISC- H2-1	0.01 0.826	0.00 7
			10.76 T	0.00	0.01	0.00
320	ST	L15153	PASS	AISC- H1-3	0.157	7
			0.24 C	0.00	0.00	0.00
321	ST	L15153	PASS	AISC- H2-1	0.134	7
			0.25 T	0.00	0.00	0.78
322	ST	L15153	PASS	AISC- H1-3	0.141	7
			0.24 C	0.00	0.00	0.00
323	ST	L15153	PASS	AISC- H2-1	0.117	7
			0.25 T	0.00	0.00	0.78
324	ST	L15153	PASS	AISC- H1-3	0.129	7
			0.25 C	0.00	0.00	0.78
325	ST	L15153	PASS	AISC- H2-1	0.098	7
			0.26 T	0.00	0.00	0.78
326	ST	L15153	PASS	AISC- H1-3	0.124	7
			0.26 C	0.00	0.00	0.78
327	ST	L15153	PASS	AISC- H2-1	0.088	7
			0.28 T	0.00	0.00	0.78
328	ST	L15153	PASS	AISC- H1-3	0.130	7
			0.26 C	0.00	0.00	0.00
329	ST	L15153	PASS	AISC- H2-1	0.172	7
			0.17 T	0.01	0.00	0.78
* 330	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.752	7
			15.04 C	-0.01	-0.01	0.00
* 331	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-	1.709	7
			17.92 C	0.00	-0.01	0.00

ALL UNITS ARE - MTON METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
* 332	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.555	7
			16.31 C	0.00	-0.01	0.00
* 333	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.514	7
			16.06 C	0.00	-0.01	0.60
* 334	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.384	7
			14.43 C	0.00	-0.01	0.00
* 335	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.339	7
			14.21 C	0.00	-0.01	0.00
336	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.202	7
			12.56 C	0.00	-0.01	0.00
337	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.160	7
			12.33 C	0.00	-0.01	0.00
338	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.021	7
			10.65 C	0.00	-0.01	0.00

339	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.980	7
			10.43 C	0.00	-0.01	0.00
340	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.837	7
			6.72 C	0.00	-0.01	0.00
341	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.796	7
			8.49 C	0.00	-0.01	0.00
342	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.651	7
			6.76 C	0.00	-0.01	0.00
343	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.609	7
			6.52 C	0.00	0.00	0.00
344	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.458	7
			4.76 C	0.00	0.00	0.00
345	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.420	7
			4.51 C	0.00	0.00	0.60
346	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.280	7
			2.73 C	0.00	0.00	0.00
347	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.253	7
			2.44 C	-0.01	0.00	0.60
348	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-3	0.204	7
			0.56 C	-0.02	-0.02	0.60
349	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.287	8
			1.28 T	0.01	0.00	0.92
350	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.326	8
			1.24 C	0.01	0.00	0.00
351	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.239	8
			1.22 T	0.00	0.00	0.91
352	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.333	8
			1.23 C	0.00	0.00	0.91
353	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.239	8
			1.24 T	0.00	0.00	0.90
354	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.321	8
			1.23 C	0.00	0.00	0.90
355	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.235	8
			1.24 T	0.00	0.00	0.90
356	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.318	8
			1.24 C	0.00	0.00	0.89
357	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.230	8
			1.24 T	0.00	0.00	0.89
358	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.313	8
			1.24 C	0.00	0.00	0.89
359	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.226	8
			1.25 T	0.00	0.00	0.88
360	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.309	8
			1.25 C	0.00	0.00	0.88
361	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.221	8
			1.26 T	0.00	0.00	0.88
362	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.304	8
			1.26 C	0.00	0.00	0.87
363	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.214	8
			1.27 T	0.00	0.00	0.87
364	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.302	8
			1.27 C	0.00	0.00	0.86
365	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.219	8
			1.28 T	0.00	0.00	0.86
366	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.280	8
			1.27 C	0.00	0.00	0.86
367	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.213	8
			1.30 T	0.00	0.00	0.00
368	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.381	7
			1.36 C	0.00	0.00	0.85

ALL UNITS ARE - MTON METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
* 369	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.916	7
			19.97 C	-0.01	-0.02	0.60
* 370	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.733	7
			17.86 C	-0.01	-0.02	0.00
* 371	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.705	7
			18.05 C	0.01	-0.01	0.00
* 372	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.520	7

Ejemplo: S. E. VALLE DE MÉXICO

Memoria de cálculo

Instructor: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

D. E. C. F. I. UNAM 25 al 28 de sept:2001

		15.91 C	0.00	-0.01	0.00
*	373	ST L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.515
		16.12 C	0.00	-0.01	0.00
*	374	ST L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.337
		13.95 C	0.00	-0.01	0.00
	375	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.328
		14.16 C	0.00	-0.01	0.00
	376	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.149
		11.95 C	0.00	-0.01	0.00
	377	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.140
		12.17 C	0.00	-0.01	0.00
	378	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.958
		9.94 C	0.00	-0.01	0.00
	379	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.950
		10.16 C	0.00	-0.01	0.00
	380	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.766
		7.90 C	0.00	-0.01	0.00
		1.65 C	0.00	0.00	0.88
	421	ST L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.281
		1.65 T	0.00	0.00	0.87
	422	ST L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.393
		1.65 C	0.00	0.00	0.87
	423	ST L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.280
		1.66 T	0.00	0.00	0.86
	424	ST L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.397
		1.66 C	0.00	0.00	0.86
	425	ST L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.253
		1.66 T	0.00	0.00	0.86
	426	ST L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.367
		1.69 C	0.00	0.00	0.85
	427	ST L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.405
		1.77 T	0.00	0.01	0.85
*	428	ST L30 304	FAIL	AISC- H2-1	1.473
		18.85 T	0.01	0.02	0.60
	429	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	1.324
		16.76 T	0.01	0.02	0.00
	430	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	1.303
		16.97 T	-0.01	0.01	0.00
	431	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	1.157
		14.85 T	0.00	0.01	0.00
	432	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	1.155
		15.08 T	0.00	0.01	0.60
	433	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	1.015
		12.93 T	0.00	0.01	0.00
	434	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	1.008
		13.16 T	0.00	0.01	0.00
	435	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.867
		10.98 T	0.00	0.01	0.00
	436	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.860
		11.22 T	0.00	0.01	0.60
	437	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.717
		9.01 T	0.00	0.01	0.00
	438	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.709
		9.24 T	0.00	0.01	0.60
	439	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.564
		7.00 T	0.00	0.01	0.00
	440	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.556
		7.24 T	0.00	0.00	0.00
	480	ST L15153	PASS	AISC- H2-1	0.093
		0.19 T	0.00	0.00	0.78
	481	ST L15153	PASS	AISC- H1-3	0.105
		0.18 C	0.00	0.00	0.78
	482	ST L15153	PASS	AISC- H2-1	0.078
		0.19 T	0.00	0.00	0.78
	483	ST L15153	PASS	AISC- H1-3	0.090
		0.18 C	0.00	0.00	0.78
	484	ST L15153	PASS	AISC- H2-1	0.061
		0.20 T	0.00	0.00	0.00
	485	ST L15153	PASS	AISC- H1-3	0.108
		0.26 C	0.00	0.00	0.00
*	486	ST L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.708
		17.54 C	0.00	-0.02	0.00
*	487	ST L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.722
		18.00 C	0.01	-0.01	0.00

Ejemplo: S. E. VALLE DE MÉXICO

Memoria de cálculo

Instructor: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

D. E. C. F. I. UNAM 25 al 28 de sept'2001

* 488	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.519	7
			15.89 C	0.00	-0.01	0.00
* 489	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.527	7
			16.22 C	0.00	-0.01	0.00
* 490	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.356	7
			14.07 C	0.00	-0.01	0.00
* 491	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.361	7
			14.44 C	0.00	-0.01	0.00
492	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.181	7
			12.26 C	0.00	-0.01	0.00
493	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.187	7
			12.62 C	0.00	-0.01	0.00
494	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.006	7
			10.41 C	0.00	-0.01	0.00
495	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.012	7
			10.77 C	0.00	-0.01	0.00
496	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.828	7
			8.54 C	0.00	-0.01	0.00
497	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.836	7
			8.90 C	0.00	-0.01	0.00
498	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.649	7
			6.63 C	0.00	-0.01	0.00
499	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.656	7
			7.00 C	0.00	0.00	0.00
500	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.461	7
			4.70 C	0.00	-0.01	0.00
520	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.394	7
			1.66 C	0.00	0.00	0.86
521	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.288	7
			1.66 T	0.00	0.00	0.86
522	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.370	8
			1.65 C	0.00	0.00	0.00
523	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.278	7
			1.68 T	0.00	0.00	0.00
524	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.540	7
			1.80 C	0.00	-0.01	0.85
* 525	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.898	7
			19.74 C	-0.01	-0.02	0.60
* 526	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.898	7
			18.15 C	-0.01	-0.02	0.85
* 527	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.675	7
			17.77 C	0.01	-0.01	0.00
* 528	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.540	7
			16.16 C	0.00	-0.01	0.00
* 529	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.484	7
			15.79 C	0.00	-0.01	0.00
* 530	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.353	7
			14.17 C	0.00	-0.01	0.00
531	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.296	7
			13.81 C	0.00	-0.01	0.00
532	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.162	7
			12.16 C	0.00	-0.01	0.00
533	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.106	7
			11.79 C	0.00	-0.01	0.00
534	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.969	7
			10.13 C	0.00	-0.01	0.00
535	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.913	7
			9.76 C	0.00	-0.01	0.00
536	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.774	7
			8.08 C	0.00	-0.01	0.00
537	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.718	7
			7.70 C	0.00	0.00	0.00
538	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.577	7
			5.99 C	0.00	-0.01	0.00
539	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.522	7
			5.61 C	0.00	0.00	0.00
540	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.384	7
			3.87 C	0.00	-0.01	0.00
			0.36 T	0.00	0.00	0.42
1750	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.053	7
			0.08 T	0.00	0.00	0.42
1751	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-3	0.044	6
			0.08 C	0.00	0.00	0.42
1752	ST	L15153	PASS	AISC- H2-1	0.240	7
			0.72 T	0.01	0.00	0.78
1753	ST	L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.498	7

			0.04 T	-0.03	0.04	0.00
1754	ST	L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.501	7
			0.22 T	-0.03	0.04	0.00
1755	ST	L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.536	7
			0.25 T	-0.02	0.04	0.60
1756	ST	L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.406	7
			0.00 T	-0.03	0.03	0.60

730. STEEL TAKE OFF

STEEL TAKE-OFF

PROFILE	LENGTH(METE)	WEIGHT (MTON)
ST L30 304	208.80	1.521
ST L40 406	69.62	1.009
ST L25 253	39.78	0.182
ST L25 254	242.00	1.457
ST L15153	88.41	0.236
ST L25 256	62.00	0.545
ST L20 203	606.24	2.203
TOTAL =		7.153

***** END OF DATA FROM INTERNAL STORAGE *****

731. *PRINT MAXFORCE ENVELOPE LIST 113 TO 116 1160 1161 1170 1179 1180 1189 1198 -
 732. *1199 1208 1217 1218 1227
 733. *PRINT MAXFORCE ENVELOPE LIST 1228 1237 1238 1247 1248 1257 1258 1267 1268 -
 734. *1277 1278 1287 1288 1297 1298 1397
 735. FINISH

Como puede observarse, los elementos que rebasan la interacción $f / F = 1.466$ son:

Patas de columna 1 / E 5 al 12, 272, 273, 330 ql 334

Patas de columna 1 / G 369 a 367, 428, 486 al 490 y 525 al 529

La propuesta de reforzamiento, es como sigue:

Se adiciona a las patas LI76x6, un ángulo LI51x6, incrementándose el área a

$A = 7.03 + 4.75 = 11.78 \text{ cm}^2$.

Para lograr lo anterior, se sustituyeron los elementos fallados en dichas patas por un ángulo LI 76x8, y los resultados obtenidos son: VMEM!REF.STD y *.ANL

```

.....
*
*          STAAD/Pro
*          Versior 2000   Build 1007
*          Proprietary Program of
*          RESEARCH ENGINEERS, Inc.
*          Date=   AUG 17, 2001
*          Time=   12:15:20
*
*          USER ID: Disec ; Consultoria
.....
    
```

1. STAAD SPACE MARCO EJES 1:C-J S.E VALLE DE MXICO VMEXMREF.STD
2. STAPT JOB INFORMATION
3. JOB NAME S.E VALLE DE M XICO
4. JOB CLIENT ALSTOM-CFE
5. JOB NO 6928-012
6. ENGINEEP NAME DRGUEZP
7. CHECKER NAME BFDEZJ
8. APPROVED NAME JMMONTOYA
9. ENGINEER DATE 13-AGO-01
10. CHECKER DATE 13-AGO-01
11. APPROVED DATE 13-AGO-01
12. END JOB INFORMATION

```

13. INPUT WIDTH 79
14. PAGE LENGTH 85
15. UNIT METER MTON
16. JOINT COORDINATES
17. 1 -0.25 0 -0.35; 2 -0.25 0 0.35; 3 0.25 0 0.35; 4 0.25 0 -0.35
18. 5 15.75 0 -0.35; 6 15.75 0 0.35; 7 16.25 0 0.35; 8 16.25 0 -0.35
19. 9 31.75 0 -0.35; 10 31.75 0 0.35; 11 32.25 0 0.35; 12 32.25 0 -0.35
20. 13 47.35 0 -0.35; 14 47.35 0 0.35; 15 48.65 0 0.35; 16 48.65 0 -0.35
21. 17 63.75 0 -0.35; 18 63.75 0 0.35; 19 64.25 0 0.35; 20 64.25 0 -0.35
22. 21 -0.25 12 -0.3; 22 -0.25 12 0.3; 23 0.25 12 0.3; 24 0.25 12 -0.3
23. 25 15.75 12 -0.3; 26 15.75 12 0.3; 27 16.25 12 0.3; 28 16.25 12 -0.3
24. 29 31.75 12 -0.3; 30 31.75 12 0.3; 31 32.25 12 0.3; 32 32.25 12 -0.3
25. 33 47.65 12 -0.3; 34 47.65 12 0.3; 35 48.35 12 0.3; 36 48.35 12 -0.3
26. 37 63.75 12 -0.3; 38 63.75 12 0.3; 39 64.25 12 0.3; 40 64.25 12 -0.3
27. 41 -0.25 12.6 -0.3; 42 -0.25 12.6 0.3; 43 0.25 12.6 0.3; 44 0.25 12.6 -0.3
28. 45 15.75 12.6 -0.3; 46 15.75 12.6 0.3; 47 16.25 12.6 0.3; 48 16.25 12.6 -0.3
29. 49 31.75 12.6 -0.3; 50 31.75 12.6 0.3; 51 32.25 12.6 0.3; 52 32.25 12.6 -0.3
30. 53 47.65 12.6 -0.3; 54 47.65 12.6 0.3; 55 48.35 12.6 0.3; 56 48.35 12.6 -0.3
31. 57 63.75 12.6 -0.3; 58 63.75 12.6 0.3; 59 64.25 12.6 0.3; 60 64.25 12.6 -0.3
32. 61 47.65 18.6 -0.3; 62 47.65 18.6 0.3; 63 48.35 18.6 0.3; 64 48.35 18.6 -0.3
33. 65 47.65 19.2 -0.3; 66 47.65 19.2 0.3; 67 48.35 19.2 0.3; 68 48.35 19.2 -0.3
34. 69 47.875 22.2 -0.125; 70 47.875 22.2 0.125; 71 48.125 22.2 0.125
35. 72 48.125 22.2 -0.125; 73 -0.25 0.6 -0.3475; 74 -0.25 1.2 -0.345
36. 75 -0.25 1.8 -0.3425; 76 -0.25 2.4 -0.34; 77 -0.25 3 -0.3375
37. 78 -0.25 3.6 -0.335; 79 -0.25 4.2 -0.3325; 80 -0.25 4.8 -0.33
38. 81 -0.25 5.4 -0.3275; 82 -0.25 6 -0.325; 83 -0.25 6.6 -0.3225
39. 84 -0.25 7.2 -0.32; 85 -0.25 7.8 -0.3175; 86 -0.25 8.4 -0.315
40. 87 -0.25 9 -0.3125; 88 -0.25 9.6 -0.31; 89 -0.25 10.2 -0.3075
41. 90 -0.25 10.8 -0.305; 91 -0.25 11.4 -0.3025; 92 0.25 0.6 -0.3475
42. 93 0.25 1.2 -0.345; 94 0.25 1.8 -0.3425; 95 0.25 2.4 -0.34; 96 0.25 3 -0.3375
43. 97 0.25 3.6 -0.335; 98 0.25 4.2 -0.3325; 99 0.25 4.8 -0.33
44. 100 0.25 5.4 -0.3275; 101 0.25 6 -0.325; 102 0.25 6.6 -0.3225
45. 103 0.25 7.2 -0.32; 104 0.25 7.8 -0.3175; 105 0.25 8.4 -0.315
46. 106 0.25 9 -0.3125; 107 0.25 9.6 -0.31; 108 0.25 10.2 -0.3075
47. 109 0.25 10.8 -0.305; 110 0.25 11.4 -0.3025; 111 -0.25 0.6 0.3475
48. 112 -0.25 1.2 0.345; 113 -0.25 1.8 0.3425; 114 -0.25 2.4 0.34
49. 115 -0.25 3 0.3375; 116 -0.25 3.6 0.335; 117 -0.25 4.2 0.3325
50. 118 -0.25 4.8 0.33; 119 -0.25 5.4 0.3275; 120 -0.25 6 0.325
51. 121 -0.25 6.6 0.3225; 122 -0.25 7.2 0.32; 123 -0.25 7.8 0.3175
52. 124 -0.25 8.4 0.315; 125 -0.25 9 0.3125; 126 -0.25 9.6 0.31
53. 127 -0.25 10.2 0.3075; 128 -0.25 10.8 0.305; 129 -0.25 11.4 0.3025
54. 130 0.25 0.6 0.3475; 131 0.25 1.2 0.345; 132 0.25 1.8 0.3425
55. 133 0.25 2.4 0.34; 134 0.25 3 0.3375; 135 0.25 3.6 0.335; 136 0.25 4.2 0.3325
56. 137 0.25 4.8 0.33; 138 0.25 5.4 0.3275; 139 0.25 6 0.325; 140 0.25 6.6 0.3225
57. 141 0.25 7.2 0.32; 142 0.25 7.8 0.3175; 143 0.25 8.4 0.315; 144 0.25 9 0.3125
58. 145 0.25 9.6 0.31; 146 0.25 10.2 0.3075; 147 0.25 10.8 0.305
59. 148 0.25 11.4 0.3025; 149 15.75 0.6 -0.3475; 150 15.75 1.2 -0.345
60. 151 15.75 1.8 -0.3425; 152 15.75 2.4 -0.34; 153 15.75 3 -0.3375
61. 154 15.75 3.6 -0.335; 155 15.75 4.2 -0.3325; 156 15.75 4.8 -0.33
62. 157 15.75 5.4 -0.3275; 158 15.75 6 -0.325; 159 15.75 6.6 -0.3225
63. 160 15.75 7.2 -0.32; 161 15.75 7.8 -0.3175; 162 15.75 8.4 -0.315
64. 163 15.75 9 -0.3125; 164 15.75 9.6 -0.31; 165 15.75 10.2 -0.3075
65. 166 15.75 10.8 -0.305; 167 15.75 11.4 -0.3025; 168 16.25 0.6 -0.3475
66. 169 16.25 1.2 -0.345; 170 16.25 1.8 -0.3425; 171 16.25 2.4 -0.34
67. 172 16.25 3 -0.3375; 173 16.25 3.6 -0.335; 174 16.25 4.2 -0.3325
68. 175 16.25 4.8 -0.33; 176 16.25 5.4 -0.3275; 177 16.25 6 -0.325
69. 178 16.25 6.6 -0.3225; 179 16.25 7.2 -0.32; 180 16.25 7.8 -0.3175
70. 181 16.25 8.4 -0.315; 182 16.25 9 -0.3125; 183 16.25 9.6 -0.31
71. 184 16.25 10.2 -0.3075; 185 16.25 10.8 -0.305; 186 16.25 11.4 -0.3025
72. 187 15.75 0.6 0.3475; 188 15.75 1.2 0.345; 189 15.75 1.8 0.3425
73. 190 15.75 2.4 0.34; 191 15.75 3 0.3375; 192 15.75 3.6 0.335
74. 193 15.75 4.2 0.3325; 194 15.75 4.8 0.33; 195 15.75 5.4 0.3275
75. 196 15.75 6 0.325; 197 15.75 6.6 0.3225; 198 15.75 7.2 0.32
76. 199 15.75 7.8 0.3175; 200 15.75 8.4 0.315; 201 15.75 9 0.3125
77. 202 15.75 9.6 0.31; 203 15.75 10.2 0.3075; 204 15.75 10.8 0.305
78. 205 15.75 11.4 0.3025; 206 16.25 0.6 0.3475; 207 16.25 1.2 0.345
79. 208 16.25 1.8 0.3425; 209 16.25 2.4 0.34; 210 16.25 3 0.3375
80. 211 16.25 3.6 0.335; 212 16.25 4.2 0.3325; 213 16.25 4.8 0.33
81. 214 16.25 5.4 0.3275; 215 16.25 6 0.325; 216 16.25 6.6 0.3225
82. 217 16.25 7.2 0.32; 218 16.25 7.8 0.3175; 219 16.25 8.4 0.315
83. 220 16.25 9 0.3125; 221 16.25 9.6 0.31; 222 16.25 10.2 0.3075
84. 223 16.25 10.8 0.305; 224 16.25 11.4 0.3025; 225 31.75 0.6 -0.3475
85. 226 31.75 1.2 -0.345; 227 31.75 1.8 -0.3425; 228 31.75 2.4 -0.34
86. 229 31.75 3 -0.3375; 230 31.75 3.6 -0.335; 231 31.75 4.2 -0.3325
87. 232 31.75 4.8 -0.33; 233 31.75 5.4 -0.3275; 234 31.75 6 -0.325

```

86. 235 31.75 6.6 -0.3225; 236 31.75 7.2 -0.32; 237 31.75 7.8 -0.3175
 89. 238 31.75 8.4 -0.315; 239 31.75 9 -0.3125; 240 31.75 9.6 -0.31
 90. 241 31.75 10.2 -0.3075; 242 31.75 10.8 -0.305; 243 31.75 11.4 -0.3025
 91. 244 32.25 0.6 -0.3475; 245 32.25 1.2 -0.345; 246 32.25 1.8 -0.3425
 92. 247 32.25 2.4 -0.34; 248 32.25 3 -0.3375; 249 32.25 3.6 -0.335
 93. 250 32.25 4.2 -0.3325; 251 32.25 4.8 -0.33; 252 32.25 5.4 -0.3275
 94. 253 32.25 6 -0.325; 254 32.25 6.6 -0.3225; 255 32.25 7.2 -0.32
 95. 256 32.25 7.8 -0.3175; 257 32.25 8.4 -0.315; 258 32.25 9 -0.3125
 96. 259 32.25 9.6 -0.31; 260 32.25 10.2 -0.3075; 261 32.25 10.8 -0.305
 97. 262 32.25 11.4 -0.3025; 263 31.75 0.6 0.3475; 264 31.75 1.2 0.345
 98. 265 31.75 1.8 0.3425; 266 31.75 2.4 0.34; 267 31.75 3 0.3375
 99. 268 31.75 3.6 0.335; 269 31.75 4.2 0.3325; 270 31.75 4.8 0.33
 100. 271 31.75 5.4 0.3275; 272 31.75 6 0.325; 273 31.75 6.6 0.3225
 101. 274 31.75 7.2 0.32; 275 31.75 7.8 0.3175; 276 31.75 8.4 0.315
 102. 277 31.75 9 0.3125; 278 31.75 9.6 0.31; 279 31.75 10.2 0.3075
 103. 280 31.75 10.8 0.305; 281 31.75 11.4 0.3025; 282 32.25 0.6 0.3475
 104. 283 32.25 1.2 0.345; 284 32.25 1.8 0.3425; 285 32.25 2.4 0.34
 105. 286 32.25 3 0.3375; 287 32.25 3.6 0.335; 288 32.25 4.2 0.3325
 106. 289 32.25 4.8 0.33; 290 32.25 5.4 0.3275; 291 32.25 6 0.325
 107. 292 32.25 6.6 0.3225; 293 32.25 7.2 0.32; 294 32.25 7.8 0.3175
 108. 295 32.25 8.4 0.315; 296 32.25 9 0.3125; 297 32.25 9.6 0.31
 109. 298 32.25 10.2 0.3075; 299 32.25 10.8 0.305; 300 32.25 11.4 0.3025
 110. 301 63.75 0.6 -0.3475; 302 63.75 1.2 -0.345; 303 63.75 1.8 -0.3425
 111. 304 63.75 2.4 -0.34; 305 63.75 3 -0.3375; 306 63.75 3.6 -0.335
 112. 307 63.75 4.2 -0.3325; 308 63.75 4.8 -0.33; 309 63.75 5.4 -0.3275
 113. 310 63.75 6 -0.325; 311 63.75 6.6 -0.3225; 312 63.75 7.2 -0.32
 114. 313 63.75 7.8 -0.3175; 314 63.75 8.4 -0.315; 315 63.75 9 -0.3125
 115. 316 63.75 9.6 -0.31; 317 63.75 10.2 -0.3075; 318 63.75 10.8 -0.305
 116. 319 63.75 11.4 -0.3025; 320 64.25 0.6 -0.3475; 321 64.25 1.2 -0.345
 117. 322 64.25 1.8 -0.3425; 323 64.25 2.4 -0.34; 324 64.25 3 -0.3375
 118. 325 64.25 3.6 -0.335; 326 64.25 4.2 -0.3325; 327 64.25 4.8 -0.33
 119. 328 64.25 5.4 -0.3275; 329 64.25 6 -0.325; 330 64.25 6.6 -0.3225
 120. 331 64.25 7.2 -0.32; 332 64.25 7.8 -0.3175; 333 64.25 8.4 -0.315
 121. 334 64.25 9 -0.3125; 335 64.25 9.6 -0.31; 336 64.25 10.2 -0.3075
 122. 337 64.25 10.8 -0.305; 338 64.25 11.4 -0.3025; 339 63.75 0.6 0.3475
 123. 340 63.75 1.2 0.345; 341 63.75 1.8 0.3425; 342 63.75 2.4 0.34
 124. 343 63.75 3 0.3375; 344 63.75 3.6 0.335; 345 63.75 4.2 0.3325
 125. 346 63.75 4.8 0.33; 347 63.75 5.4 0.3275; 348 63.75 6 0.325
 126. 349 63.75 6.6 0.3225; 350 63.75 7.2 0.32; 351 63.75 7.8 0.3175
 127. 352 63.75 8.4 0.315; 353 63.75 9 0.3125; 354 63.75 9.6 0.31
 128. 355 63.75 10.2 0.3075; 356 63.75 10.8 0.305; 357 63.75 11.4 0.3025
 129. 358 64.25 0.6 0.3475; 359 64.25 1.2 0.345; 360 64.25 1.8 0.3425
 130. 361 64.25 2.4 0.34; 362 64.25 3 0.3375; 363 64.25 3.6 0.335
 131. 364 64.25 4.2 0.3325; 365 64.25 4.8 0.33; 366 64.25 5.4 0.3275
 132. 367 64.25 6 0.325; 368 64.25 6.6 0.3225; 369 64.25 7.2 0.32
 133. 370 64.25 7.8 0.3175; 371 64.25 8.4 0.315; 372 64.25 9 0.3125
 134. 373 64.25 9.6 0.31; 374 64.25 10.2 0.3075; 375 64.25 10.8 0.305
 135. 376 64.25 11.4 0.3025; 377 47.3714 0.857143 -0.346429
 136. 378 47.3929 1.71429 -0.342857; 379 47.4143 2.57143 -0.339286
 137. 380 47.4357 3.42857 -0.335714; 381 47.4571 4.28571 -0.332143
 138. 382 47.4786 5.14286 -0.328571; 383 47.5 6 -0.325
 139. 384 47.5214 6.85714 -0.321429; 385 47.5429 7.71429 -0.317857
 140. 386 47.5643 8.57143 -0.314286; 387 47.5857 9.42857 -0.310714
 141. 388 47.6071 10.2857 -0.307143; 389 47.6286 11.1429 -0.303571
 142. 390 48.6286 0.857143 -0.346429; 391 48.6071 1.71429 -0.342857
 143. 392 48.5857 2.57143 -0.339286; 393 48.5643 3.42857 -0.335714
 144. 394 48.5429 4.28571 -0.332143; 395 48.5214 5.14286 -0.328571
 145. 396 48.5 6 -0.325; 397 48.4786 6.85714 -0.321429
 146. 398 48.4571 7.71429 -0.317857; 399 48.4357 8.57143 -0.314286
 147. 400 48.4143 9.42857 -0.310714; 401 48.3929 10.2857 -0.307143
 148. 402 48.3714 11.1429 -0.303571; 403 47.3714 0.857143 0.346429
 149. 404 47.3929 1.71429 0.342857; 405 47.4143 2.57143 0.339286
 150. 406 47.4357 3.42857 0.335714; 407 47.4571 4.28571 0.332143
 151. 408 47.4786 5.14286 0.328571; 409 47.5 6 0.325; 410 47.5214 6.85714 0.321429

152. 411 47.5429 7.71429 0.317857; 412 47.5643 8.57143 0.314286
 153. 413 47.5857 9.42857 0.310714; 414 47.6071 10.2857 0.307143
 154. 415 47.6286 11.1429 0.303571; 416 48.6286 0.857143 0.346429
 155. 417 48.6071 1.71429 0.342857; 418 48.5857 2.57143 0.339286
 156. 419 48.5643 3.42857 0.335714; 420 48.5429 4.28571 0.332143
 157. 421 48.5214 5.14286 0.328571; 422 48.5 6 0.325; 423 48.4786 6.85714 0.321429
 158. 424 48.4571 7.71429 0.317857; 425 48.4357 8.57143 0.314286
 159. 426 48.4143 9.42857 0.310714; 427 48.3929 10.2857 0.307143
 160. 428 48.3714 11.1429 0.303571; 429 47.65 13.2 -0.3; 430 47.65 13.8 -0.3
 161. 431 47.65 14.4 -0.3; 432 47.65 15 -0.3; 433 47.65 15.6 -0.3
 162. 434 47.65 16.2 -0.3; 435 47.65 16.8 -0.3; 436 47.65 17.4 -0.3
 163. 437 47.65 18 -0.3; 438 48.35 13.2 -0.3; 439 48.35 13.8 -0.3
 164. 440 48.35 14.4 -0.3; 441 48.35 15 -0.3; 442 48.35 15.6 -0.3
 165. 443 48.35 16.2 -0.3; 444 48.35 16.8 -0.3; 445 48.35 17.4 -0.3
 166. 446 48.35 18 -0.3; 447 47.65 13.2 0.3; 448 47.65 13.8 0.3; 449 47.65 14.4 0.3
 167. 450 47.65 15 0.3; 451 47.65 15.6 0.3; 452 47.65 16.2 0.3; 453 47.65 16.8 0.3
 168. 454 47.65 17.4 0.3; 455 47.65 18 0.3; 456 48.35 13.2 0.3; 457 48.35 13.8 0.3
 169. 458 48.35 14.4 0.3; 459 48.35 15 0.3; 460 48.35 15.6 0.3; 461 48.35 16.2 0.3
 170. 462 48.35 16.8 0.3; 463 48.35 17.4 0.3; 464 48.35 18 0.3
 171. 465 47.6781 19.575 -0.278125; 466 47.7063 19.95 -0.25625
 172. 467 47.7344 20.325 -0.234375; 468 47.7625 20.7 -0.2125
 173. 469 47.7906 21.075 -0.190625; 470 47.8188 21.45 -0.16875
 174. 471 47.8469 21.825 -0.146875; 472 48.3219 19.575 -0.278125
 175. 473 48.2938 19.95 -0.25625; 474 48.2656 20.325 -0.234375
 176. 475 48.2375 20.7 -0.2125; 476 48.2094 21.075 -0.190625
 177. 477 48.1812 21.45 -0.16875; 478 48.1531 21.825 -0.146875
 178. 479 47.6781 19.575 0.278125; 480 47.7063 19.95 0.25625
 179. 481 47.7344 20.325 0.234375; 482 47.7625 20.7 0.2125
 180. 483 47.7906 21.075 0.190625; 484 47.8188 21.45 0.16875
 181. 485 47.8469 21.825 0.146875; 486 48.3219 19.575 0.278125
 182. 487 48.2938 19.95 0.25625; 488 48.2656 20.325 0.234375
 183. 489 48.2375 20.7 0.2125; 490 48.2094 21.075 0.190625
 184. 491 48.1812 21.45 0.16875; 492 48.1531 21.825 0.146875; 493 1.025 12.6 -0.3
 185. 494 1.8 12.6 -0.3; 495 2.575 12.6 -0.3; 496 3.35 12.6 -0.3
 186. 497 4.125 12.6 -0.3; 498 4.9 12.6 -0.3; 499 5.675 12.6 -0.3
 187. 500 6.45 12.6 -0.3; 501 7.225 12.6 -0.3; 502 8 12.6 -0.3; 503 8.775 12.6 -0.3
 188. 504 9.55 12.6 -0.3; 505 10.325 12.6 -0.3; 506 11.1 12.6 -0.3
 189. 507 11.875 12.6 -0.3; 508 12.65 12.6 -0.3; 509 13.425 12.6 -0.3
 190. 510 14.2 12.6 -0.3; 511 14.975 12.6 -0.3; 512 1.025 12 -0.3; 513 1.8 12 -0.3
 191. 514 2.575 12 -0.3; 515 3.35 12 -0.3; 516 4.125 12 -0.3; 517 4.9 12 -0.3
 192. 518 5.675 12 -0.3; 519 6.45 12 -0.3; 520 7.225 12 -0.3; 521 8 12 -0.3
 193. 522 8.775 12 -0.3; 523 9.55 12 -0.3; 524 10.325 12 -0.3; 525 11.1 12 -0.3
 194. 526 11.875 12 -0.3; 527 12.65 12 -0.3; 528 13.425 12 -0.3; 529 14.2 12 -0.3
 195. 530 14.975 12 -0.3; 531 1.025 12 0.3; 532 1.8 12 0.3; 533 2.575 12 0.3
 196. 534 3.35 12 0.3; 535 4.125 12 0.3; 536 4.9 12 0.3; 537 5.675 12 0.3
 197. 538 6.45 12 0.3; 539 7.225 12 0.3; 540 8 12 0.3; 541 8.775 12 0.3
 198. 542 9.55 12 0.3; 543 10.325 12 0.3; 544 11.1 12 0.3; 545 11.875 12 0.3
 199. 546 12.65 12 0.3; 547 13.425 12 0.3; 548 14.2 12 0.3; 549 14.975 12 0.3
 200. 550 1.025 12.6 0.3; 551 1.8 12.6 0.3; 552 2.575 12.6 0.3; 553 3.35 12.6 0.3
 201. 554 4.125 12.6 0.3; 555 4.9 12.6 0.3; 556 5.675 12.6 0.3; 557 6.45 12.6 0.3
 202. 558 7.225 12.6 0.3; 559 8 12.6 0.3; 560 8.775 12.6 0.3; 561 9.55 12.6 0.3
 203. 562 10.325 12.6 0.3; 563 11.1 12.6 0.3; 564 11.875 12.6 0.3
 204. 565 12.65 12.6 0.3; 566 13.425 12.6 0.3; 567 14.2 12.6 0.3
 205. 568 14.975 12.6 0.3; 569 17.025 12.6 -0.3; 570 17.8 12.6 -0.3
 206. 571 18.575 12.6 -0.3; 572 19.35 12.6 -0.3; 573 20.125 12.6 -0.3
 207. 574 20.9 12.6 -0.3; 575 21.675 12.6 -0.3; 576 22.45 12.6 -0.3
 208. 577 23.225 12.6 -0.3; 578 24 12.6 -0.3; 579 24.775 12.6 -0.3
 209. 580 25.55 12.6 -0.3; 581 26.325 12.6 -0.3; 582 27.1 12.6 -0.3
 210. 583 27.875 12.6 -0.3; 584 28.65 12.6 -0.3; 585 29.425 12.6 -0.3
 211. 586 30.2 12.6 -0.3; 587 30.975 12.6 -0.3; 588 17.025 12 -0.3; 589 17.8 12 -0.3
 212. 590 18.575 12 -0.3; 591 19.35 12 -0.3; 592 20.125 12 -0.3; 593 20.9 12 -0.3
 213. 594 21.675 12 -0.3; 595 22.45 12 -0.3; 596 23.225 12 -0.3; 597 24 12 -0.3
 214. 598 24.775 12 -0.3; 599 25.55 12 -0.3; 600 26.325 12 -0.3; 601 27.1 12 -0.3
 215. 602 27.875 12 -0.3; 603 28.65 12 -0.3; 604 29.425 12 -0.3; 605 30.2 12 -0.3
 216. 606 30.975 12 -0.3; 607 17.025 12 0.3; 608 17.8 12 0.3; 609 18.575 12 0.3
 217. 610 19.35 12 0.3; 611 20.125 12 0.3; 612 20.9 12 0.3; 613 21.675 12 0.3
 218. 614 22.45 12 0.3; 615 23.225 12 0.3; 616 24 12 0.3; 617 24.775 12 0.3
 219. 618 25.55 12 0.3; 619 26.325 12 0.3; 620 27.1 12 0.3; 621 27.875 12 0.3
 220. 622 28.65 12 0.3; 623 29.425 12 0.3; 624 30.2 12 0.3; 625 30.975 12 0.3
 221. 626 17.025 12.6 0.3; 627 17.8 12.6 0.3; 628 18.575 12.6 0.3
 222. 629 19.35 12.6 0.3; 630 20.125 12.6 0.3; 631 20.9 12.6 0.3
 223. 632 21.675 12.6 0.3; 633 22.45 12.6 0.3; 634 23.225 12.6 0.3; 635 24 12.6 0.3
 224. 636 24.775 12.6 0.3; 637 25.55 12.6 0.3; 638 26.325 12.6 0.3
 225. 639 27.1 12.6 0.3; 640 27.875 12.6 0.3; 641 28.65 12.6 0.3
 226. 642 29.425 12.6 0.3; 643 30.2 12.6 0.3; 644 30.975 12.6 0.3

Ejemplo: S. E. VALLE DE MÉXICO

Memoria de cálculo

Instructor: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

D. E. C. F. I. UNAM 25 al 28 de sept'2001

227. 645 33.02 12.6 -0.3; 646 33.79 12.6 -0.3; 647 34.56 12.6 -0.3
 228. 648 35.33 12.6 -0.3; 649 36.1 12.6 -0.3; 650 36.87 12.6 -0.3
 229. 651 37.64 12.6 -0.3; 652 38.41 12.6 -0.3; 653 39.18 12.6 -0.3
 230. 654 39.95 12.6 -0.3; 655 40.72 12.6 -0.3; 656 41.49 12.6 -0.3
 231. 657 42.26 12.6 -0.3; 658 43.03 12.6 -0.3; 659 43.8 12.6 -0.3
 232. 660 44.57 12.6 -0.3; 661 45.34 12.6 -0.3; 662 46.11 12.6 -0.3
 233. 663 46.88 12.6 -0.3; 664 33.02 12 -0.3; 665 33.79 12 -0.3; 666 34.56 12 -0.3
 234. 667 35.33 12 -0.3; 668 36.1 12 -0.3; 669 36.87 12 -0.3; 670 37.64 12 -0.3
 235. 671 38.41 12 -0.3; 672 39.18 12 -0.3; 673 39.95 12 -0.3; 674 40.72 12 -0.3
 236. 675 41.49 12 -0.3; 676 42.26 12 -0.3; 677 43.03 12 -0.3; 678 43.8 12 -0.3
 237. 679 44.57 12 -0.3; 680 45.34 12 -0.3; 681 46.11 12 -0.3; 682 46.88 12 -0.3
 238. 683 33.02 12 0.3; 684 33.79 12 0.3; 685 34.56 12 0.3; 686 35.33 12 0.3
 239. 687 36.1 12 0.3; 688 36.87 12 0.3; 689 37.64 12 0.3; 690 38.41 12 0.3
 240. 691 39.18 12 0.3; 692 39.95 12 0.3; 693 40.72 12 0.3; 694 41.49 12 0.3
 241. 695 42.26 12 0.3; 696 43.03 12 0.3; 697 43.8 12 0.3; 698 44.57 12 0.3
 242. 699 45.34 12 0.3; 700 46.11 12 0.3; 701 46.88 12 0.3; 702 33.02 12.6 0.3
 243. 703 33.79 12.6 0.3; 704 34.56 12.6 0.3; 705 35.33 12.6 0.3; 706 36.1 12.6 0.3
 244. 707 36.87 12.6 0.3; 708 37.64 12.6 0.3; 709 38.41 12.6 0.3; 710 39.18 12.6 0.3
 245. 711 39.95 12.6 0.3; 712 40.72 12.6 0.3; 713 41.49 12.6 0.3; 714 42.26 12.6 0.3
 246. 715 43.03 12.6 0.3; 716 43.8 12.6 0.3; 717 44.57 12.6 0.3; 718 45.34 12.6 0.3
 247. 719 46.11 12.6 0.3; 720 46.88 12.6 0.3; 721 49.12 12.6 -0.3
 248. 722 49.89 12.6 -0.3; 723 50.66 12.6 -0.3; 724 51.43 12.6 -0.3
 249. 725 52.2 12.6 -0.3; 726 52.97 12.6 -0.3; 727 53.74 12.6 -0.3
 250. 728 54 51 12.6 -0.3; 729 55.28 12.6 -0.3; 730 56.05 12.6 -0.3
 251. 731 56.82 12.6 -0.3; 732 57.59 12.6 -0.3; 733 58.36 12.6 -0.3
 252. 734 59.13 12.6 -0.3; 735 59.9 12.6 -0.3; 736 60.67 12.6 -0.3
 253. 737 61.44 12.6 -0.3; 738 62.21 12.6 -0.3; 739 62.98 12.6 -0.3
 254. 740 49.12 12 -0.3; 741 49.89 12 -0.3; 742 50.66 12 -0.3; 743 51.43 12 -0.3
 255. 744 52.2 12 -0.3; 745 52.97 12 -0.3; 746 53.74 12 -0.3; 747 54.51 12 -0.3
 256. 748 55.28 12 -0.3; 749 56.05 12 -0.3; 750 56.82 12 -0.3; 751 57.59 12 -0.3
 257. 752 58.36 12 -0.3; 753 59.13 12 -0.3; 754 59.9 12 -0.3; 755 60.67 12 -0.3
 258. 756 61.44 12 -0.3; 757 62.21 12 -0.3; 758 62.98 12 -0.3; 759 49.12 12 0.3
 259. 760 49.89 12 0.3; 761 50.66 12 0.3; 762 51.43 12 0.3; 763 52.2 12 0.3
 260. 764 52.97 12 0.3; 765 53.74 12 0.3; 766 54.51 12 0.3; 767 55.28 12 0.3
 261. 768 56.05 12 0.3; 769 56.82 12 0.3; 770 57.59 12 0.3; 771 58.36 12 0.3
 262. 772 59.13 12 0.3; 773 59.9 12 0.3; 774 60.67 12 0.3; 775 61.44 12 0.3
 263. 776 62.21 12 0.3; 777 62.98 12 0.3; 778 49.12 12.6 0.3; 779 49.89 12.6 0.3
 264. 780 50.66 12.6 0.3; 781 51.43 12.6 0.3; 782 52.2 12.6 0.3; 783 52.97 12.6 0.3
 265. 784 53.74 12.6 0.3; 785 54.51 12.6 0.3; 786 55.28 12.6 0.3; 787 56.05 12.6 0.3
 266. 788 56.82 12.6 0.3; 789 57.59 12.6 0.3; 790 58.36 12.6 0.3; 791 59.13 12.6 0.3
 267. 792 59.9 12.6 0.3; 793 60.67 12.6 0.3; 794 61.44 12.6 0.3; 795 62.21 12.6 0.3
 268. 796 62.98 12.6 0.3; 797 3.35 12.3 -0.3; 798 3.35 12 0; 799 3.35 12.3 0.3
 269. 800 3 35 12.6 0; 801 8 12.3 -0.3; 802 8 12 0; 803 8 12.3 0.3; 804 8 12.6 0
 270. 805 12 65 12.3 -0.3; 806 12.65 12 0; 807 12.65 12.3 0.3; 808 12.65 12.6 0
 271. 809 19.35 12.3 -0.3; 810 19.35 12 0; 811 19.35 12.3 0.3; 812 19.35 12.6 0
 272. 813 24 12.3 -0.3; 814 24 12 0; 815 24 12 3 0.3; 816 24 12.6 0
 273. 817 28.65 12.3 -0.3; 818 28.65 12 0; 819 28 65 12.3 0.3; 820 28.65 12.6 0
 274. 821 35.33 12.3 -0.3; 822 35.33 12 0; 823 35.33 12.3 0.3; 824 35.33 12.6 0
 275. 825 39.95 12.3 -0.3; 826 39.95 12 0; 827 39.95 12.3 0.3; 828 39.95 12.6 0
 276. 829 44.57 12.3 -0.3; 830 44.57 12 0; 831 44.57 12.3 0.3; 832 44.57 12.6 0
 277. 833 51 43 12.3 -0.3; 834 51.43 12 0; 835 51.43 12.3 0.3; 836 51.43 12.6 0
 278. 837 56 05 12.3 -0.3; 838 56.05 12 0; 839 56 05 12.3 0.3; 840 56.05 12.6 0
 279. 841 60.67 12.3 -0.3; 842 60.67 12 0; 843 60.67 12.3 0.3; 844 60.67 12.6 0
 280. MEMBER INCIDENCES
 281. 1 1 73; 2 2 111; 3 3 130; 4 4 92; 5 5 145; 6 6 187; 7 7 206; 8 8 168; 9 9 225
 282. 10 10 263; 11 11 282; 12 12 244; 13 13 377; 14 14 403; 15 15 416; 16 16 390
 283. 17 17 301; 18 18 339; 19 19 358; 20 20 320; 21 21 41; 22 22 42; 23 23 43
 284. 24 24 44; 25 25 45; 26 26 46; 27 27 47; 28 28 48; 29 29 49; 30 30 50; 31 31 51
 285. 32 32 52; 33 33 53; 34 34 54; 35 35 55; 36 36 56; 37 37 57; 38 38 58; 39 39 59
 286. 40 40 60; 41 53 429; 42 54 447; 43 55 456; 44 56 438; 45 61 65; 46 62 66
 287. 47 63 67; 48 64 68; 49 65 465; 50 66 479; 51 67 486; 52 68 472; 53 21 22
 288. 54 22 23; 55 23 24; 56 24 21; 57 41 42; 58 42 43; 59 43 44; 60 44 41
 289. 61 24 512; 62 23 531; 63 44 493; 64 43 550; 65 25 26; 66 26 27; 67 27 28
 290. 68 28 25; 69 45 46; 70 46 47; 71 47 48; 72 48 45; 73 29 30; 74 30 31; 75 31 32
 291. 76 32 29; 77 49 50; 78 50 51; 79 51 52; 80 52 49; 81 32 664; 82 31 683
 292. 83 52 645; 84 51 702; 85 33 34; 86 34 35; 87 35 36; 88 36 33; 89 53 54
 293. 90 54 55; 91 55 56; 92 56 53; 93 36 740; 94 35 759; 95 56 721; 96 55 778
 294. 97 37 38; 98 38 39; 99 39 40; 100 40 37; 101 61 62; 102 62 63; 103 63 64
 295. 104 64 61; 105 65 66; 106 66 67; 107 67 68; 108 68 65; 109 69 70; 110 70 71
 296. 111 71 72; 112 72 69; 113 28 588; 114 27 607; 115 48 569; 116 47 626
 297. 117 73 74; 118 74 75; 119 75 76; 120 76 77; 121 77 78; 122 78 79; 123 79 80
 298. 124 80 81; 125 81 82; 126 82 83; 127 83 84; 128 84 85; 129 85 86; 130 86 87
 299. 131 87 88; 132 88 89; 133 89 90; 134 90 91; 135 91 21; 136 92 93; 137 93 94
 300. 138 94 95; 139 95 96; 140 96 97; 141 97 98; 142 98 99; 143 99 100; 144 100 101
 301. 145 101 102; 146 102 103; 147 103 104; 148 104 105; 149 105 106; 150 106 107
 302. 151 107 108; 152 108 109; 153 109 110; 154 110 24; 155 111 112; 156 112 113

Ejemplo: S. E. VALLE DE MÉXICO

Memoria de cálculo

Instructor: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

D. E. C. F. I. UNAM 25 al 28 de sept'2001

303. 157 113 114; 158 114 115; 159 115 116; 160 116 117; 161 117 118; 162 118 119
304. 163 119 120; 164 120 121; 165 121 122; 166 122 123; 167 123 124; 168 124 125
305. 169 125 126; 170 126 127; 171 127 128; 172 128 129; 173 129 22; 174 130 131
306. 175 131 132; 176 132 133; 177 133 134; 178 134 135; 179 135 136; 180 136 137
307. 181 137 138; 182 138 139; 183 139 140; 184 140 141; 185 141 142; 186 142 143
308. 187 143 144; 188 144 145; 189 145 146; 190 146 147; 191 147 148; 192 148 23
309. 193 4 73; 194 73 93; 195 93 75; 196 75 95; 197 95 77; 198 77 97; 199 97 79
310. 200 79 99; 201 99 81; 202 81 101; 203 101 83; 204 83 103; 205 103 85
311. 206 85 105; 207 105 87; 208 87 107; 209 107 89; 210 89 109; 211 109 91
312. 212 1 111; 213 111 74; 214 74 113; 215 113 76; 216 76 115; 217 115 78
313. 218 78 117; 219 117 80; 220 80 119; 221 119 82; 222 82 121; 223 121 84
314. 224 84 123; 225 123 86; 226 86 125; 227 125 88; 228 88 127; 229 127 90
315. 230 90 129; 231 129 21; 232 2 130; 233 130 112; 234 112 132; 235 132 114
316. 236 114 134; 237 134 116; 238 116 136; 239 136 118; 240 118 138; 241 138 120
317. 242 120 140; 243 140 122; 244 122 142; 245 142 124; 246 124 144; 247 144 126
318. 248 126 146; 249 146 128; 250 128 148; 251 148 22; 252 3 92; 253 92 131
319. 254 131 94; 255 94 133; 256 133 96; 257 96 135; 258 135 98; 259 98 137
320. 260 137 100; 261 100 139; 262 139 102; 263 102 141; 264 141 104; 265 104 143
321. 266 143 106; 267 106 145; 268 145 108; 269 108 147; 270 147 110; 271 110 23
322. 272 149 150; 273 150 151; 274 151 152; 275 152 153; 276 153 154; 277 154 155
323. 278 155 156; 279 156 157; 280 157 158; 281 158 159; 282 159 160; 283 160 161
324. 284 161 162; 285 162 163; 286 163 164; 287 164 165; 288 165 166; 289 166 167
325. 290 167 25; 291 168 169; 292 169 170; 293 170 171; 294 171 172; 295 172 173
326. 296 173 174; 297 174 175; 298 175 176; 299 176 177; 300 177 178; 301 178 179
327. 302 179 180; 303 180 181; 304 181 182; 305 182 183; 306 183 184; 307 184 185
328. 308 185 186; 309 186 28; 310 8 149; 311 149 169; 312 169 151; 313 151 171
329. 314 171 153; 315 153 173; 316 173 155; 317 155 175; 318 175 157; 319 157 177
330. 320 177 159; 321 159 179; 322 179 161; 323 161 181; 324 181 163; 325 163 183
331. 326 183 165; 327 165 185; 328 185 167; 329 167 28; 330 187 188; 331 188 189
332. 332 189 190; 333 190 191; 334 191 192; 335 192 193; 336 193 194; 337 194 195
333. 338 195 196; 339 196 197; 340 197 198; 341 198 199; 342 199 200; 343 200 201
334. 344 201 202; 345 202 203; 346 203 204; 347 204 205; 348 205 26; 349 5 187
335. 350 187 150; 351 150 189; 352 189 152; 353 152 191; 354 191 154; 355 154 193
336. 356 193 156; 357 156 195; 358 195 158; 359 158 197; 360 197 160; 361 160 199
337. 362 199 162; 363 162 201; 364 201 164; 365 164 203; 366 203 166; 367 166 205
338. 368 205 25; 369 206 207; 370 207 208; 371 208 209; 372 209 210; 373 210 211
339. 374 211 212; 375 212 213; 376 213 214; 377 214 215; 378 215 216; 379 216 217
340. 380 217 218; 381 218 219; 382 219 220; 383 220 221; 384 221 222; 385 222 223
341. 386 223 224; 387 224 27; 388 6 206; 389 206 188; 390 188 208; 391 208 190
342. 392 190 210; 393 210 192; 394 192 212; 395 212 194; 396 194 214; 397 214 196
343. 398 196 216; 399 216 198; 400 198 218; 401 218 200; 402 200 220; 403 220 202
344. 404 202 222; 405 222 204; 406 204 224; 407 224 26; 408 7 168; 409 168 207
345. 410 207 170; 411 170 209; 412 209 172; 413 172 211; 414 211 174; 415 174 213
346. 416 213 176; 417 176 215; 418 215 178; 419 178 217; 420 217 180; 421 180 219
347. 422 219 182; 423 182 221; 424 221 184; 425 184 223; 426 223 186; 427 186 27
348. 428 225 226; 429 226 227; 430 227 228; 431 228 229; 432 229 230; 433 230 231
349. 434 231 232; 435 232 233; 436 233 234; 437 234 235; 438 235 236; 439 236 237
350. 440 237 238; 441 238 239; 442 239 240; 443 240 241; 444 241 242; 445 242 243
351. 446 243 29; 447 244 245; 448 245 246; 449 246 247; 450 247 248; 451 248 249
352. 452 249 250; 453 250 251; 454 251 252; 455 252 253; 456 253 254; 457 254 255
353. 458 255 256; 459 256 257; 460 257 258; 461 258 259; 462 259 260; 463 260 261
354. 464 261 262; 465 262 32; 466 12 225; 467 225 245; 468 245 227; 469 227 247
355. 470 247 229; 471 229 249; 472 249 231; 473 231 251; 474 251 233; 475 233 253
356. 476 253 235; 477 235 255; 478 255 237; 479 237 257; 480 257 239; 481 239 259
357. 482 259 241; 483 241 261; 484 261 243; 485 243 32; 486 263 264; 487 264 265
358. 488 265 266; 489 266 267; 490 267 268; 491 268 269; 492 269 270; 493 270 271
359. 494 271 272; 495 272 273; 496 273 274; 497 274 275; 498 275 276; 499 276 277
360. 500 277 278; 501 278 279; 502 279 280; 503 280 281; 504 281 30; 505 9 263
361. 506 263 226; 507 226 265; 508 265 228; 509 228 267; 510 267 230; 511 230 269
362. 512 269 232; 513 232 271; 514 271 234; 515 234 273; 516 273 236; 517 236 275
363. 518 275 238; 519 238 277; 520 277 240; 521 240 279; 522 279 242; 523 242 281
364. 524 281 29; 525 282 283; 526 283 284; 527 284 285; 528 285 286; 529 286 287
365. 530 287 288; 531 288 289; 532 289 290; 533 290 291; 534 291 292; 535 292 293
366. 536 293 294; 537 294 295; 538 295 296; 539 296 297; 540 297 298; 541 298 299
367. 542 299 300; 543 300 31; 544 11 244; 545 244 283; 546 283 246; 547 246 285
368. 548 285 248; 549 248 287; 550 287 250; 551 250 289; 552 289 252; 553 252 291
369. 554 291 254; 555 254 293; 556 293 256; 557 256 295; 558 295 258; 559 258 297
370. 560 297 260; 561 260 299; 562 299 262; 563 262 31; 564 10 282; 565 282 264
371. 566 264 284; 567 284 266; 568 266 286; 569 286 268; 570 268 288; 571 288 270
372. 572 270 290; 573 290 272; 574 272 292; 575 292 274; 576 274 294; 577 294 276
373. 578 276 296; 579 296 278; 580 278 298; 581 298 280; 582 280 300; 583 300 30
374. 584 301 302; 585 302 303; 586 303 304; 587 304 305; 588 305 306; 589 306 307
375. 590 307 308; 591 308 309; 592 309 310; 593 310 311; 594 311 312; 595 312 313
376. 596 313 314; 597 314 315; 598 315 316; 599 316 317; 600 317 318; 601 318 319
377. 602 319 37; 603 320 321; 604 321 322; 605 322 323; 606 323 324; 607 324 325
378. 608 325 326; 609 326 327; 610 327 328; 611 328 329; 612 329 330; 613 330 331

Ejemplo: S. E. VALLE DE MÉXICO

Memoria de cálculo

Instructor: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

D. E. C. F. I. UNAM 25 al 28 de sept'2001

379. 614 331 332; 615 332 333; 616 333 334; 617 334 335; 618 335 336; 619 336 337
380. 620 337 338; 621 338 40; 622 20 301; 623 301 321; 624 321 303; 625 303 323
381. 626 323 305; 627 305 325; 628 325 307; 629 307 327; 630 327 309; 631 309 329
382. 632 329 311; 633 311 331; 634 331 313; 635 313 333; 636 333 315; 637 315 335
383. 638 335 317; 639 317 337; 640 337 319; 641 319 40; 642 339 340; 643 340 341
384. 644 341 342; 645 342 343; 646 343 344; 647 344 345; 648 345 346; 649 346 347
385. 650 347 348; 651 348 349; 652 349 350; 653 350 351; 654 351 352; 655 352 353
386. 656 353 354; 657 354 355; 658 355 356; 659 356 357; 660 357 38; 661 17 339
387. 662 339 302; 663 302 341; 664 341 304; 665 304 343; 666 343 306; 667 306 345
388. 668 345 308; 669 308 347; 670 347 310; 671 310 349; 672 349 312; 673 312 351
389. 674 351 314; 675 314 353; 676 353 316; 677 316 355; 678 355 318; 679 318 357
390. 680 357 37; 681 358 359; 682 359 360; 683 360 361; 684 361 362; 685 362 363
391. 686 363 364; 687 364 365; 688 365 366; 689 366 367; 690 367 368; 691 368 369
392. 692 369 370; 693 370 371; 694 371 372; 695 372 373; 696 373 374; 697 374 375
393. 698 375 376; 699 376 39; 700 18 358; 701 358 340; 702 340 360; 703 360 342
394. 704 342 362; 705 362 344; 706 344 364; 707 364 346; 708 346 366; 709 366 348
395. 710 348 368; 711 368 350; 712 350 370; 713 370 352; 714 352 372; 715 372 354
396. 716 354 374; 717 374 356; 718 356 376; 719 376 38; 720 19 320; 721 320 359
397. 722 359 322; 723 322 361; 724 361 324; 725 324 363; 726 363 326; 727 326 365
398. 728 365 328; 729 328 367; 730 367 330; 731 330 369; 732 369 332; 733 332 371
399. 734 371 334; 735 334 373; 736 373 336; 737 336 375; 738 375 338; 739 338 39
400. 740 377 378; 741 378 379; 742 379 380; 743 380 381; 744 381 382; 745 382 383
401. 746 383 384; 747 384 385; 748 385 386; 749 386 387; 750 387 388; 751 388 389
402. 752 389 33; 753 390 391; 754 391 392; 755 392 393; 756 393 394; 757 394 395
403. 758 395 396; 759 396 397; 760 397 398; 761 398 399; 762 399 400; 763 400 401
404. 764 401 402; 765 402 36; 766 16 377; 767 377 391; 768 391 379; 769 379 393
405. 770 393 381; 771 381 395; 772 395 383; 773 383 397; 774 397 385; 775 385 399
406. 776 399 387; 777 387 401; 778 401 389; 779 389 36; 780 403 404; 781 404 405
407. 782 405 406; 783 406 407; 784 407 408; 785 408 409; 786 409 410; 787 410 411
408. 788 411 412; 789 412 413; 790 413 414; 791 414 415; 792 415 34; 793 13 403
409. 794 403 378; 795 378 405; 796 405 380; 797 380 407; 798 407 382; 799 382 409
410. 800 409 384; 801 384 411; 802 411 386; 803 386 413; 804 413 388; 805 388 415
411. 806 415 33; 807 416 417; 808 417 418; 809 418 419; 810 419 420; 811 420 421
412. 812 421 422; 813 422 423; 814 423 424; 815 424 425; 816 425 426; 817 426 427
413. 818 427 428; 819 428 35; 820 14 416; 821 416 404; 822 404 418; 823 418 406
414. 824 406 420; 825 420 408; 826 408 422; 827 422 410; 828 410 424; 829 424 412
415. 830 412 426; 831 426 414; 832 414 428; 833 428 34; 834 15 390; 835 390 417
416. 836 417 392; 837 392 419; 838 419 394; 839 394 421; 840 421 396; 841 396 423
417. 842 423 398; 843 398 425; 844 425 400; 845 400 427; 846 427 402; 847 402 35
418. 848 429 430; 849 430 431; 850 431 432; 851 432 433; 852 433 434; 853 434 435
419. 854 435 436; 855 436 437; 856 437 61; 857 438 439; 858 439 440; 859 440 441
420. 860 441 442; 861 442 443; 862 443 444; 863 444 445; 864 445 446; 865 446 64
421. 866 56 429; 867 429 439; 868 439 431; 869 431 441; 870 441 433; 871 433 443
422. 872 443 435; 873 435 445; 874 445 437; 875 437 64; 876 447 448; 877 448 449
423. 878 449 450; 879 450 451; 880 451 452; 881 452 453; 882 453 454; 883 454 455
424. 884 455 62; 885 53 447; 886 447 430; 887 430 449; 888 449 432; 889 432 451
425. 890 451 434; 891 434 453; 892 453 436; 893 436 455; 894 455 61; 895 456 457
426. 896 457 458; 897 458 459; 898 459 460; 899 460 461; 900 461 462; 901 462 463
427. 902 463 464; 903 464 63; 904 54 456; 905 456 446; 906 448 458; 907 458 450
428. 908 450 460; 909 460 452; 910 452 462; 911 462 454; 912 454 464; 913 464 62
429. 914 55 438; 915 438 457; 916 457 440; 917 440 459; 918 459 442; 919 442 461
430. 920 461 444; 921 444 463; 922 463 446; 923 446 63; 924 465 466; 925 466 467
431. 926 467 468; 927 468 469; 928 469 470; 929 470 471; 930 471 69; 931 472 473
432. 932 473 474; 933 474 475; 934 475 476; 935 476 477; 936 477 478; 937 478 72
433. 938 68 465; 939 465 473; 940 473 467; 941 467 475; 942 475 469; 943 469 477
434. 944 477 471; 945 471 72; 946 475 480; 947 480 481; 948 481 482; 949 482 483
435. 950 483 484; 951 484 485; 952 485 70; 953 65 479; 954 479 466; 955 466 481
436. 956 481 468; 957 468 482; 958 482 470; 959 470 485; 960 485 69; 961 486 487
437. 962 487 488; 963 488 489; 964 489 490; 965 490 491; 966 491 492; 967 492 71
438. 968 66 486; 969 486 480; 970 480 488; 971 488 482; 972 482 490; 973 490 484
439. 974 484 492; 975 492 70; 976 67 472; 977 472 487; 978 487 474; 979 474 489
440. 980 489 476; 981 476 491; 982 491 478; 983 478 71; 984 493 494; 985 494 495
441. 986 495 496; 987 496 497; 988 497 498; 989 498 499; 990 499 500; 991 500 501
442. 992 501 502; 993 502 503; 994 503 504; 995 504 505; 996 505 506; 997 506 507
443. 998 507 508; 999 508 509; 1000 509 510; 1001 510 511; 1002 511 45
444. 1003 512 513; 1004 513 514; 1005 514 515; 1006 515 516; 1007 516 517
445. 1008 517 518; 1009 518 519; 1010 519 520; 1011 520 521; 1012 521 522
446. 1013 522 523; 1014 523 524; 1015 524 525; 1016 525 526; 1017 526 527
447. 1018 527 528; 1019 528 529; 1020 529 530; 1021 530 25; 1022 44 512
448. 1023 512 494; 1024 494 514; 1025 514 496; 1026 496 516; 1027 516 498
449. 1028 498 518; 1029 518 500; 1030 500 520; 1031 520 502; 1032 502 522
450. 1033 522 504; 1034 504 524; 1035 524 506; 1036 506 526; 1037 526 508
451. 1038 508 528; 1039 528 510; 1040 510 530; 1041 530 45; 1042 502 801
452. 1043 496 797; 1044 508 805; 1045 531 532; 1046 532 533; 1047 533 534
453. 1048 534 535; 1049 535 536; 1050 536 537; 1051 537 538; 1052 538 539
454. 1053 539 540; 1054 540 541; 1055 541 542; 1056 542 543; 1057 543 544

Ejemplo: S. E. VALLE DE MÉXICO

Memoria de cálculo

Instructor: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

D. E. C. F. I. UNAM 25 al 28 de sept'2001

455. 1058 544 545; 1059 545 546; 1060 546 547; 1061 547 548; 1062 548 549
456. 1063 549 26; 1064 24 531; 1065 531 513; 1066 513 533; 1067 533 515
457. 1068 515 535; 1069 535 517; 1070 517 537; 1071 537 519; 1072 519 539
458. 1073 539 521; 1074 521 541; 1075 541 523; 1076 523 543; 1077 543 525
459. 1078 525 545; 1079 545 527; 1080 527 547; 1081 547 529; 1082 529 549
460. 1083 549 25; 1084 550 551; 1085 551 552; 1086 552 553; 1087 553 554
461. 1088 554 555; 1089 555 556; 1090 556 557; 1091 557 558; 1092 558 559
462. 1093 559 560; 1094 560 561; 1095 561 562; 1096 562 563; 1097 563 564
463. 1098 564 565; 1099 565 566; 1100 566 567; 1101 567 568; 1102 568 46
464. 1103 23 550; 1104 550 532; 1105 532 552; 1106 552 534; 1107 534 554
465. 1108 554 536; 1109 536 556; 1110 556 538; 1111 538 558; 1112 558 540
466. 1113 540 560; 1114 560 542; 1115 542 562; 1116 562 544; 1117 544 564
467. 1118 564 546; 1119 546 566; 1120 566 548; 1121 548 568; 1122 568 26
468. 1123 43 493; 1124 493 551; 1125 551 495; 1126 495 553; 1127 553 497
469. 1128 497 555; 1129 555 499; 1130 499 557; 1131 557 501; 1132 501 559
470. 1133 559 503; 1134 503 561; 1135 561 505; 1136 505 563; 1137 563 507
471. 1138 507 565; 1139 565 509; 1140 509 567; 1141 567 511; 1142 511 46
472. 1143 515 798; 1144 534 799; 1145 553 800; 1146 521 802; 1147 540 803
473. 1148 559 804; 1149 527 806; 1150 546 807; 1151 565 808; 1152 569 570
474. 1153 570 571; 1154 571 572; 1155 572 573; 1156 573 574; 1157 574 575
475. 1158 575 576; 1159 576 577; 1160 577 578; 1161 578 579; 1162 579 580
476. 1163 580 581; 1164 581 582; 1165 582 583; 1166 583 584; 1167 584 585
477. 1168 585 586; 1169 586 587; 1170 587 49; 1171 588 589; 1172 589 590
478. 1173 590 591; 1174 591 592; 1175 592 593; 1176 593 594; 1177 594 595
479. 1178 595 596; 1179 596 597; 1180 597 598; 1181 598 599; 1182 599 600
480. 1183 600 601; 1184 601 602; 1185 602 603; 1186 603 604; 1187 604 605
481. 1189 605 606; 1189 606 29; 1190 607 608; 1191 608 609; 1192 609 610
482. 1193 610 611; 1194 611 612; 1195 612 613; 1196 613 614; 1197 614 615
483. 1198 615 616; 1199 616 617; 1200 617 618; 1201 618 619; 1202 619 620
484. 1203 620 621; 1204 621 622; 1205 622 623; 1206 623 624; 1207 624 625
485. 1208 625 30; 1209 626 627; 1210 627 628; 1211 628 629; 1212 629 630
486. 1213 630 631; 1214 631 632; 1215 632 633; 1216 633 634; 1217 634 635
487. 1218 635 636; 1219 636 637; 1220 637 638; 1221 638 639; 1222 639 640
488. 1223 640 641; 1224 641 642; 1225 642 643; 1226 643 644; 1227 644 50
489. 1228 48 588; 1229 588 570; 1230 570 590; 1231 590 572; 1232 572 592
490. 1233 592 574; 1234 574 594; 1235 594 576; 1236 576 596; 1237 596 578
491. 1238 578 598; 1239 598 580; 1240 580 600; 1241 600 582; 1242 582 602
492. 1243 602 584; 1244 584 604; 1245 604 586; 1246 586 606; 1247 606 49
493. 1248 28 607; 1249 607 589; 1250 589 609; 1251 609 591; 1252 591 611
494. 1253 611 593; 1254 593 613; 1255 613 595; 1256 595 615; 1257 615 597
495. 1258 597 617; 1259 617 599; 1260 599 619; 1261 619 601; 1262 601 621
496. 1263 621 603; 1264 603 623; 1265 623 605; 1266 605 625; 1267 625 29
497. 1268 27 628; 1269 628 608; 1270 608 628; 1271 628 610; 1272 610 630
498. 1273 630 612; 1274 612 632; 1275 632 614; 1276 614 634; 1277 634 616
499. 1278 616 636; 1279 636 618; 1280 618 638; 1281 638 620; 1282 620 640
500. 1283 640 622; 1284 622 642; 1285 642 624; 1286 624 644; 1287 644 30
501. 1288 47 569; 1289 569 627; 1290 627 571; 1291 571 629; 1292 629 573
502. 1293 573 631; 1294 631 575; 1295 575 633; 1296 633 577; 1297 577 635
503. 1298 635 579; 1299 579 637; 1300 637 581; 1301 581 639; 1302 639 583
504. 1302 583 641; 1304 641 585; 1305 585 643; 1306 643 587; 1307 587 50
505. 1308 578 813; 1309 572 809; 1310 584 817; 1311 603 818; 1312 622 819
506. 1313 641 820; 1314 597 814; 1315 616 815; 1316 635 816; 1317 591 810
507. 1318 610 811; 1319 629 812; 1320 645 646; 1321 646 647; 1322 647 648
508. 1323 648 649; 1324 649 650; 1325 650 651; 1326 651 652; 1327 652 653
509. 1328 653 654; 1329 654 655; 1330 655 656; 1331 656 657; 1332 657 658
510. 1333 658 659; 1334 659 660; 1335 660 661; 1336 661 662; 1337 662 663
511. 1338 663 53; 1339 664 665; 1340 665 666; 1341 666 667; 1342 667 668
512. 1343 668 669; 1344 669 670; 1345 670 671; 1346 671 672; 1347 672 673
513. 1348 673 674; 1349 674 675; 1350 675 676; 1351 676 677; 1352 677 678
514. 1353 678 679; 1354 679 680; 1355 680 681; 1356 681 682; 1357 682 33
515. 1358 683 684; 1359 684 685; 1360 685 686; 1361 686 687; 1362 687 688
516. 1363 688 689; 1364 689 690; 1365 690 691; 1366 691 692; 1367 692 693
517. 1368 693 694; 1369 694 695; 1370 695 696; 1371 696 697; 1372 697 698
518. 1373 698 699; 1374 699 700; 1375 700 701; 1376 701 34; 1377 702 703
519. 1378 703 704; 1379 704 705; 1380 705 706; 1381 706 707; 1382 707 708
520. 1383 708 709; 1384 709 710; 1385 710 711; 1386 711 712; 1387 712 713
521. 1388 713 714; 1389 714 715; 1390 715 716; 1391 716 717; 1392 717 718
522. 1393 718 719; 1394 719 720; 1395 720 54; 1396 52 664; 1397 664 646
523. 1398 646 666; 1399 666 648; 1400 648 668; 1401 668 650; 1402 650 670
524. 1403 670 652; 1404 652 672; 1405 672 654; 1406 654 674; 1407 674 656
525. 1408 656 676; 1409 676 658; 1410 658 678; 1411 678 660; 1412 660 680
526. 1413 660 662; 1414 662 682; 1415 682 53; 1416 32 683; 1417 683 665
527. 1418 665 685; 1419 685 667; 1420 667 687; 1421 687 669; 1422 669 689
528. 1423 689 671; 1424 671 691; 1425 691 673; 1426 673 693; 1427 693 675
529. 1428 675 695; 1429 695 677; 1430 677 697; 1431 697 679; 1432 679 699
530. 1433 699 681; 1434 681 701; 1435 701 33; 1436 31 702; 1437 702 684

Ejemplo: S. E. VALLE DE MÉXICO

Memoria de cálculo

Instructor: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

D. E. C. F. I. UNAM 25 al 28 de sept'2001

531. 1438 684 704; 1439 704 686; 1440 686 706; 1441 706 688; 1442 688 708
 532. 1443 708 690; 1444 690 710; 1445 710 692; 1446 692 712; 1447 712 694
 533. 1448 694 714; 1449 714 696; 1450 696 716; 1451 716 698; 1452 698 718
 534. 1453 718 700; 1454 700 720; 1455 720 34; 1456 51 645; 1457 645 703
 535. 1458 703 647; 1459 647 705; 1460 705 649; 1461 649 707; 1462 707 651
 536. 1463 651 709; 1464 709 653; 1465 653 711; 1466 711 655; 1467 655 713
 537. 1468 713 657; 1469 657 715; 1470 715 659; 1471 659 717; 1472 717 661
 538. 1473 661 719; 1474 719 663; 1475 663 54; 1476 654 825; 1477 648 821
 539. 1478 660 829; 1479 667 822; 1480 686 823; 1481 705 824; 1482 673 826
 540. 1483 692 827; 1484 711 828; 1485 679 830; 1486 698 831; 1487 717 832
 541. 1488 721 722; 1489 722 723; 1490 723 724; 1491 724 725; 1492 725 726
 542. 1493 726 727; 1494 727 728; 1495 728 729; 1496 729 730; 1497 730 731
 543. 1498 731 732; 1499 732 733; 1500 733 734; 1501 734 735; 1502 735 736
 544. 1503 736 737; 1504 737 738; 1505 738 739; 1506 739 57; 1507 740 741
 545. 1508 741 742; 1509 742 743; 1510 743 744; 1511 744 745; 1512 745 746
 546. 1513 746 747; 1514 747 748; 1515 748 749; 1516 749 750; 1517 750 751
 547. 1518 751 752; 1519 752 753; 1520 753 754; 1521 754 755; 1522 755 756
 548. 1523 756 757; 1524 757 758; 1525 758 37; 1526 759 760; 1527 760 761
 549. 1528 761 762; 1529 762 763; 1530 763 764; 1531 764 765; 1532 765 766
 550. 1533 766 767; 1534 767 768; 1535 768 769; 1536 769 770; 1537 770 771
 551. 1538 771 772; 1539 772 773; 1540 773 774; 1541 774 775; 1542 775 776
 552. 1543 776 777; 1544 777 38; 1545 778 779; 1546 779 780; 1547 780 781
 553. 1548 781 782; 1549 782 783; 1550 783 784; 1551 784 785; 1552 785 786
 554. 1553 786 787; 1554 787 788; 1555 788 789; 1556 789 790; 1557 790 791
 555. 1558 791 792; 1559 792 793; 1560 793 794; 1561 794 795; 1562 795 796
 556. 1563 796 58; 1564 56 740; 1565 740 722; 1566 722 742; 1567 742 724
 557. 1568 724 744; 1569 744 726; 1570 726 746; 1571 746 728; 1572 728 748
 558. 1573 748 730; 1574 730 750; 1575 750 732; 1576 732 752; 1577 752 734
 559. 1578 734 754; 1579 754 736; 1580 736 756; 1581 756 738; 1582 738 758
 560. 1583 758 57; 1584 36 759; 1585 759 741; 1586 741 761; 1587 761 743
 561. 1588 743 763; 1589 763 745; 1590 745 765; 1591 765 747; 1592 747 767
 562. 1593 767 749; 1594 749 769; 1595 769 751; 1596 751 771; 1597 771 753
 563. 1598 753 773; 1599 773 755; 1600 755 775; 1601 775 757; 1602 757 777
 564. 1603 777 37; 1604 35 778; 1605 778 760; 1606 760 780; 1607 780 762
 565. 1608 762 782; 1609 782 764; 1610 764 784; 1611 784 766; 1612 766 786
 566. 1613 786 768; 1614 768 788; 1615 788 770; 1616 770 790; 1617 790 772
 567. 1618 772 792; 1619 792 774; 1620 774 794; 1621 794 776; 1622 776 796
 568. 1623 796 38; 1624 55 721; 1625 721 779; 1626 779 723; 1627 723 781
 569. 1628 781 725; 1629 725 783; 1630 783 727; 1631 727 785; 1632 785 729
 570. 1633 729 787; 1634 787 731; 1635 731 789; 1636 789 733; 1637 733 791
 571. 1638 751 735; 1639 735 793; 1640 793 737; 1641 737 795; 1642 795 739
 572. 1643 739 59; 1644 730 837; 1645 724 833; 1646 736 841; 1647 743 834
 573. 1648 762 835; 1649 781 836; 1650 749 838; 1651 768 839; 1652 787 840
 574. 1653 755 842; 1654 774 843; 1655 793 844; 1656 797 515; 1657 798 534
 575. 1658 799 553; 1659 800 496; 1660 801 521; 1661 802 540; 1662 803 559
 576. 1663 804 502; 1664 805 527; 1665 806 546; 1666 807 565; 1667 808 508
 577. 1668 809 591; 1669 810 610; 1670 811 629; 1671 812 572; 1672 813 597
 578. 1673 814 616; 1674 815 635; 1675 816 578; 1676 817 603; 1677 818 622
 579. 1678 819 641; 1679 820 584; 1680 821 667; 1681 822 686; 1682 823 705
 580. 1683 824 648; 1684 825 673; 1685 826 692; 1686 827 711; 1687 828 654
 581. 1688 829 679; 1689 830 698; 1690 831 717; 1691 832 660; 1692 833 743
 582. 1693 834 762; 1694 835 781; 1695 836 724; 1696 837 749; 1697 838 768
 583. 1698 839 787; 1699 840 730; 1700 841 755; 1701 842 774; 1702 843 793
 584. 1703 844 736; 1704 757 798; 1705 798 799; 1706 799 800; 1707 800 797
 585. 1708 801 802; 1709 802 803; 1710 803 804; 1711 804 801; 1712 805 806
 586. 1713 806 807; 1714 807 808; 1715 808 805; 1716 809 810; 1717 810 811
 587. 1718 811 812; 1719 812 809; 1720 813 814; 1721 814 815; 1722 815 816
 588. 1723 816 813; 1724 817 818; 1725 818 819; 1726 819 820; 1727 820 817
 589. 1728 821 822; 1729 822 823; 1730 823 824; 1731 824 821; 1732 825 826
 590. 1733 826 827; 1734 827 828; 1735 828 825; 1736 829 830; 1737 830 831
 591. 1738 831 822; 1739 832 829; 1740 833 834; 1741 834 835; 1742 835 836
 592. 1743 836 833; 1744 837 838; 1745 838 839; 1746 839 840; 1747 840 837
 593. 1748 841 842; 1749 842 843; 1750 843 844; 1751 844 841; 1752 91 24; 1753 57 60
 594. 1754 58 59; 1755 57 58; 1756 60 59
 595. START GROUP DEFINITION
 596. GEOMETRY
 597. _PATK1VZ 5 TO 12 272 273 330 TO 334 369 TO 373 428 486 TO 490 525 TO 529
 598. _PATK1SV 1 4 17 20 117 TO 154 274 TO 309 429 TO 465 584 TO 621 -
 599. _J 3 18 19 21 TO 48 155 TO 192 335 TO 348 374 TO 387 -
 600. 491 TO 504 530 TO 543 642 TO 660 681 TO 699
 601. _DIAK1VZ 193 TO 212 310 TO 329 466 TO 485 622 TO 641 1752
 602. _DIAK1SV 213 TO 271 349 TO 368 388 TO 427 505 TO 524 544 TO 583 661 TO 680 -
 603. 700 TO 739
 604. _PATK2VZ 13 16 740 TO 765 848 TO 865
 605. _PATK2SV 14 15 760 TO 792 807 TO 819 876 TO 884 895 TO 903
 606. _DIAK2VZ 766 TO 779 866 TO 875

Ejemplo: S. E. VALLE DE MÉXICO

Memoria de cálculo

Instructor: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

D. E. C. F. I. UNAM 25 al 28 de sept'2001

```

607. _DIAK2SV 793 TO 806 820 TO 847 885 TO 894 904 TO 923
608. _PACK2VZ 49 52 924 TO 937
609. _PACK2SV 50 51 946 TO 952 961 TO 967
610. _DCAK2VZ 938 TO 945
611. _DCAK2SV 109 TO 112 953 TO 960 968 TO 983
612. _CDAT1VZ 61 63 81 83 93 95 984 TO 1021 1320 TO 1357 1488 TO 1525 1753
613. _CDAT1SV 53 TO 60 62 64 TO 80 82 84 TO 92 94 96 TO 108 1045 TO 1063 -
614. _I084 TO 1102 1358 TO 1395 1526 TO 1563 1754 TO 1756
615. _DIAT1VZ 1022 TO 1041 1396 TO 1415 1564 TO 1583
616. _DIAT1SV 1064 TO 1083 1103 TO 1142 1416 TO 1475 1584 TO 1643
617. _MONT1VZ 1042 TO 1044 1476 TO 1478 1644 TO 1646
618. _MONT1SV 1143 TO 1151 1479 TO 1487 1647 TO 1667 1680 TO 1703
619. _CRUZDT1 1704 TO 1715 1728 TO 1751
620. _CDAT2VZ 113 115 1152 TO 1189
621. _CDAT2SV 114 116 1190 TO 1227
622. _DIAT2VZ 1228 TO 1247
623. _DIAT2SV 1248 TO 1307
624. _MONT2VZ 1308 TO 1310
625. _MONT2SV 1311 TO 1319 1668 TO 1679
626. _CRUZDT2 1716 TO 1727
627. END GROUP DEFINITION
628. START USER TABLE
629. TABLE 1
630. ANGLE
631. L15153
632. 0.0381 0.0381 0.0047625 0.0073 0.0036 0.0036
633. END
634. MEMBER PROPERTY AMERICAN
635. * _GPO09 PRIS AX 0.001 AY 0.001 AZ 0.001 IX 0.001 IY 0.001 IZ 0.001
636. _PATK1VZ TABLE ST L30305
637. _PATK1SV TABLE ST L30304
638. _DIAK1VZ UPTABLE 1 L15153
639. _DIAK1SV TABLE ST L20203
640. _PATK2VZ TABLE ST L40406
641. _PATK2SV TABLE ST L40406
642. _DIAK2VZ TABLE ST L25253
643. _DIAK2SV TABLE ST L20203
644. _PACK2VZ TABLE ST L25253
645. _PACK2SV TABLE ST L25253
646. _DCAK2VZ UPTABLE 1 L15153
647. _DCAK2SV UPTABLE 1 L15153
648. _CDAT1VZ TABLE ST L25254
649. _CDAT1SV TABLE ST L25254
650. _DIAT1VZ TABLE ST L20203
651. _DIAT1SV TABLE ST L20203
652. _MONT1VZ TABLE ST L25254
653. _MONT1SV TABLE ST L25254
654. _CRUZDT1 TABLE ST L20203
655. _CDAT2VZ TABLE ST L25256
656. _CDAT2SV TABLE ST L25256
657. _DIAT2VZ TABLE ST L20203
658. _DIAT2SV TABLE ST L20203
659. _MONT2VZ TABLE ST L25254
660. _MONT2SV TABLE ST L25254
661. _CRUZDT2 UPTABLE 1 L15153
662. CONSTANTS
663. E 2.039E+007 ALL
664. DENSITY 7.854 ALL
665. POISSON STEEL ALL
666. SUPPORTS
667. 1 TO 20 PINNED
668. LOAD 1 PESO DEL EQUIPO (PC) Y LA ESTRUCTURA (PE)
669. JOINT LOAD
670. 798 802 806 810 814 818 822 826 830 834 838 842 FY -0.26
671. 798 802 806 810 814 818 822 826 830 834 838 842 FX 0.17
672. SELFWEIGHT Y -1
673. LOAD 2 TENSION EN LOS CABLES (TC)
674. JOINT LOAD
675. 811 815 819 FZ 0.69
676. 799 803 807 823 827 831 835 839 843 FZ 0.4
677. 61 62 65 66 FX -0.2
678. MEMBER LOAD
679. 110 CON GZ 0.15
680. LOAD 3 HILO ROTO HR (SE SUELTA EL NUDO 811)
681. JOINT LOAD
682. 811 815 819 FZ 0.69

```

```

683. 799 803 807 823 827 831 835 839 843 FZ 0.4
684. 61 62 65 66 FX -0.2
685. LOAD 4 VIENTO (VE) SOBRE LA ESTRUCTURA DIRECCIN NORTE-SUR Z-Z
686. MEMBEF LOAD
687. _PATK1VZ UNI GZ 0.0045
688. _PATK1SV UNI GZ 0.0044
689. _DIAK1VZ UNI GZ 0.0023
690. _DIAK1SV UNI GZ 0.0022
691. _PATK2VZ UNI GZ 0.006
692. _PATK2SV UNI GZ 0.0059
693. _DIAK2VZ UNI GZ 0.003
694. _DIAK2SV UNI GZ 0.0029
695. _PACK2VZ UNI GZ 0.0037
696. _PACK2SV UNI GZ 0.0037
697. _DCAK2VZ UNI GZ 0.0023
698. _DCAK2SV UNI GZ 0.0022
699. _CDAT1VZ UNI GZ 0.0037
700. _CDAT1SV UNI GZ 0.0037
701. _DIAT1VZ UNI GZ 0.003
702. _DIAT1SV UNI GZ 0.0029
703. _MONT1VZ UNI GZ 0.0037
704. _MONT1SV UNI GZ 0.0037
705. _CDAT2VZ UNI GZ 0.0037
706. _CDAT2SV UNI GZ 0.0037
707. _DIAT2VZ UNI GZ 0.003
708. _DIAT2SV UNI GZ 0.0029
709. _MONT2VZ UNI GZ 0.0037
710. _MONT2SV UNI GZ 0.0037
711. LOAD COMB 5 (PC+PE)+ TC
712. 1 1.0 2 1 0
713. LOAD COMB 6 (PC+PE)+HR
714. 1 1 0 3 1.0
715. LOAD COMB 7 (PC+PE)+TC+VE
716. 1 1.0 2 1.0 4 1.0
717. LOAD COMB 8 (PC+PE)+HR+VE
718. 1 1.0 3 1.0 4 1 0
719. PERFORM ANALYSIS
720. LOAD LIST 5 6
721. PPINT JOINT DISPLACEMENTS LIST 61 62 65 66
    
```

JOINT DISPLACEMENT (CM RADIANS) STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT	LOAD	Y-TRANS	Z-TRANS	X-ROTAN	Y-ROTAN	Z-ROTAN
61	5	-0.3104	0.1884	12.2942	0.0089	0.0017
	6	-0.3104	0.1285	10.2302	0.0068	0.0017
62	5	-0.2084	-0.3414	12.2944	0.0099	0.0017
	6	-0.2073	-0.2813	10.2301	0.0068	0.0017
65	5	-0.4769	0.1894	12.8379	0.0090	0.0017
	6	-0.4767	0.1282	10.6400	0.0068	0.0017
66	5	-0.3763	-0.3431	12.8378	0.0091	0.0017
	6	-0.3750	-0.2817	10.6400	0.0069	0.0017

722. PPINT SUPPORT REACTION ALL

SUPPORT REACTIONS -UNIT MTON METE STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT	LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM Z
1	5	-0.01	-5.56	0.06	0.00	0.00	0.00
	6	-0.01	-5.60	0.06	0.00	0.00	0.00
2	5	0.30	5.54	-0.01	0.00	0.00	0.00
	6	0.31	5.58	-0.01	0.00	0.00	0.00
3	5	-0.02	5.75	-0.61	0.00	0.00	0.00
	6	-0.02	5.79	-0.62	0.00	0.00	0.00
4	5	-0.27	-4.51	-0.01	0.00	0.00	0.00
	6	-0.27	-4.55	-0.01	0.00	0.00	0.00
5	5	-0.04	-14.53	-0.66	0.00	0.00	0.00
	6	-0.04	-14.53	-0.67	0.00	0.00	0.00
6	5	0.12	14.15	-0.04	0.00	0.00	0.00
	6	0.11	14.14	-0.04	0.00	0.00	0.00
7	5	-0.05	15.13	-0.88	0.00	0.00	0.00

Ejemplo: S. E. VALLE DE MÉXICO

Memoria de cálculo

Instructor: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

D. E. C. F. I. UNAM 25 al 28 de sept'2001

	6	-0.05	15.14	-0.88	0.00	0.00	0.00
8	5	-0.11	-12.33	-0.04	0.00	0.00	0.00
	6	-0.10	-12.34	-0.04	0.00	0.00	0.00
9	5	-0.04	-13.80	-0.88	0.00	0.00	0.00
	6	-0.04	-13.33	-0.87	0.00	0.00	0.00
10	5	-0.09	13.47	-0.04	0.00	0.00	0.00
	6	-0.11	13.00	-0.04	0.00	0.00	0.00
11	5	-0.05	14.87	-0.61	0.00	0.00	0.00
	6	-0.05	14.45	-0.57	0.00	0.00	0.00
12	5	0.11	-12.38	-0.04	0.00	0.00	0.00
	6	0.13	-11.96	-0.03	0.00	0.00	0.00
13	5	-0.44	-17.03	-0.93	0.00	0.00	0.00
	6	-0.39	-15.36	-0.89	0.00	0.00	0.00
14	5	-0.13	13.34	0.03	0.00	0.00	0.00
	6	-0.18	11.67	0.03	0.00	0.00	0.00
15	5	-0.47	18.40	-0.73	0.00	0.00	0.00
	6	-0.43	16.72	-0.69	0.00	0.00	0.00
16	5	0.06	-11.42	0.04	0.00	0.00	0.00
	6	0.01	-9.74	0.04	0.00	0.00	0.00
17	5	-0.01	-4.49	-0.41	0.00	0.00	0.00
	6	-0.01	-4.20	-0.37	0.00	0.00	0.00
18	5	-0.21	3.59	-0.01	0.00	0.00	0.00
	6	-0.18	3.30	-0.01	0.00	0.00	0.00
19	5	-0.01	5.34	-0.03	0.00	0.00	0.00
	6	-0.01	5.01	-0.04	0.00	0.00	0.00
20	5	0.12	-3.22	-0.01	0.00	0.00	0.00
	6	0.10	-2.89	-0.01	0.00	0.00	0.00

***** END OF LATEST ANALYSIS RESULT *****

- 723. LOAD LIST 5 TO 8
- 724. PARAMETER
- 725. CODE AISC
- 726. FYLD 25300 MEMB 1 TO 112 117 TO 1151 1228 TO 1756
- 727. FYLD 35150 MEMB 113 TO 116 1152 TO 1227
- 728. RATIO 1.333 ALL
- 729. BEAM 1 ALL
- 730. CHECK CODE ALL

STAAD-III CODE CHECKING - (AISC)

ALL UNITS ARE - MTON METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
1	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.700	8
		9.35 T	0.01	0.00	0.60
2	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.854	8
		8.96 C	0.00	-0.01	0.60
3	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.780	8
		8.67 C	-0.02	0.00	0.60
4	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.678	8
		8.72 T	0.00	0.01	0.60
5	ST L30 305	PASS	AISC- H2-1	1.203	7
		19.88 T	0.04	0.01	0.60
6	ST L30 305	FAIL	AISC- H1-1	1.449	7
		20.03 C	0.00	-0.01	0.60
7	ST L30 305	FAIL	AISC- H1-1	1.408	8
		20.00 C	-0.04	-0.01	0.60
8	ST L30 305	PASS	AISC- H2-1	1.149	7
		18.30 T	0.00	0.01	0.60
9	ST L30 305	PASS	AISC- H2-1	1.158	7
		19.23 T	0.04	0.01	0.60
10	ST L30 305	FAIL	AISC- H1-1	1.438	7
		19.97 C	0.00	-0.01	0.60
11	ST L30 305	FAIL	AISC- H1-1	1.439	7
		20.36 C	-0.04	-0.01	0.60
12	ST L30 305	PASS	AISC- H2-1	1.166	7
		18.55 T	0.00	0.01	0.60
13	ST L40 406	PASS	AISC- H2-1	1.035	7

14	ST	L40 406	25.79 T PASS	0.06 AISC- H1-1	-0.01 1.077	0.86 7
15	ST	L40 406	24.40 C PASS	0.12 AISC- H1-1	-0.01 1.282	0.86 7
16	ST	L40 406	27.39 C PASS	-0.06 AISC- H2-1	0.01 0.826	0.86 7
17	ST	L30 304	22.27 T PASS	-0.13 AISC- H2-1	0.01 0.564	0.86 7
18	ST	L30 304	7.66 T PASS	0.01 AISC- H1-1	0.00 0.734	0.60 7
19	ST	L30 304	7.77 C PASS	0.00 AISC- H1-1	-0.01 0.844	0.60 7
20	ST	L30 304	9.15 C PASS	-0.01 AISC- H2-1	0.00 0.554	0.60 7
270	ST	L20 203	6.94 T PASS	0.00 AISC- H1-1	0.01 0.306	0.60 8
271	ST	L20 203	1.21 T PASS	0.00 AISC- H2-1	0.00 0.390	0.07 8
272	ST	L30 305	1.25 C PASS	0.00 AISC- H2-1	0.00 1.236	0.85 7
273	ST	L30 305	1.37 T PASS	0.00 AISC- H2-1	0.01 1.141	0.85 7
274	ST	L30 304	19.49 T PASS	0.01 AISC- H2-1	0.02 1.141	0.60 7
275	ST	L30 304	17.83 T PASS	0.01 AISC- H2-1	0.02 1.326	0.00 7
276	ST	L30 304	17.37 T PASS	-0.01 AISC- H2-1	0.01 1.205	0.00 7
327	ST	L15153	15.70 T PASS	0.00 AISC- H2-1	0.01 1.172	0.00 7
328	ST	L15153	15.30 T PASS	0.00 AISC- H2-1	0.01 0.093	0.60 7
329	ST	L15153	0.29 T PASS	0.00 AISC- H1-3	0.00 0.133	0.78 7
330	ST	L30 305	0.27 C PASS	0.00 AISC- H2-1	0.00 0.178	0.00 7
331	ST	L30 305	0.18 T FAIL	0.01 AISC- H1-1	0.00 1.347	0.78 7
332	ST	L30 305	16.34 C PASS	0.00 AISC- H1-1	-0.02 1.318	0.00 7
333	ST	L30 305	18.21 C PASS	0.00 AISC- H1-1	-0.01 0.00	0.00 0.00

ALL UNITS ARE - MTON METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
--------	-------	---------------	----------------------	--------------	----------------------

333	ST	L30 305	PASS	AISC- H1-1	1.201	7
334	ST	L30 305	15.54 C PASS	0.00 AISC- H1-1	-0.01 1.181	0.00 7
335	ST	L30 305	16.29 C PASS	0.00 AISC- H1-1	-0.01 1.080	0.60 7
336	ST	L30 304	14.60 C FAIL	0.00 AISC- H1-1	-0.01 1.357	0.00 7
337	ST	L30 304	14.37 C PASS	0.00 AISC- H1-1	-0.01 1.213	0.00 7
338	ST	L30 304	12.67 C PASS	0.00 AISC- H1-1	-0.01 1.033	0.00 7
339	ST	L30 304	10.74 C PASS	0.00 AISC- H1-1	-0.01 0.990	0.00 7
340	ST	L30 304	10.53 C PASS	0.00 AISC- H1-1	-0.01 0.846	0.00 7
367	ST	L20 203	6.79 C PASS	0.00 AISC- H2-1	-0.01 0.219	0.00 8
368	ST	L20 203	1.32 T PASS	0.00 AISC- H1-1	0.00 0.396	0.00 7
369	ST	L20 203	1.39 C PASS	0.00 AISC- H1-1	0.00 0.00	0.85 0.85

ALL UNITS ARE - MTON METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
--------	-------	---------------	----------------------	--------------	----------------------

* 369	ST	L30 305	FAIL	AISC- H1-1	1.481	7
		20.20 C	-0.01	-0.02	0.60	
* 370	ST	L30 305	FAIL	AISC- H1-1	1.344	8
		18.10 C	-0.01	-0.02	0.00	
371	ST	L30 305	PASS	AISC- H1-1	1.324	7
		18.29 C	0.01	-0.01	0.00	
372	ST	L30 305	PASS	AISC- H1-1	1.178	8
		16.16 C	0.01	-0.01	0.00	
373	ST	L30 305	PASS	AISC- H1-1	1.178	7
		16.37 C	0.00	-0.01	0.00	
* 374	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.361	7
		14.20 C	0.00	-0.01	0.00	
* 375	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.354	7
		14.41 C	0.00	-0.01	0.00	
376	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.169	7
		12.21 C	0.00	-0.01	0.00	
377	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.163	7
		12.41 C	0.00	-0.01	0.00	
378	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.978	7
		10.17 C	0.00	-0.01	0.00	
379	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.970	7
		10.37 C	0.00	-0.01	0.00	
380	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.783	7
		8.10 C	0.00	-0.01	0.00	
427	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.416	7
		1.79 T	0.00	0.01	0.85	
428	ST	L30 305	PASS	AISC- H2-1	1.220	7
		19.38 T	0.01	0.01	0.60	
* 429	ST	L30 304	FAIL	AISC- H2-1	1.356	7
		17 29 T	0.01	0.01	0.00	
430	ST	L30 304	PASS	AISC- H2-1	1.325	7
		17 40 T	-0.01	0.01	0.00	

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ M2	LOADING/ LOCATION
--------	-------	---------------	----------------------	--------------	----------------------

480	ST	L15153	PASS	AISC- H2-1	0.084	8
		0.14 T	0.00	0.00	0.78	
481	ST	L15153	PASS	AISC- H1-3	0.091	8
		0.14 C	0.00	0.00	0.78	
482	ST	L15153	PASS	AISC- H2-1	0.069	8
		0.14 T	0.00	0.00	0.78	
483	ST	L15153	PASS	AISC- H1-3	0.078	8
		0.13 C	0.00	0.00	0.78	
484	ST	L15153	PASS	AISC- H2-1	0.054	8
		0.16 T	0.00	0.00	0.00	
485	ST	L15153	PASS	AISC- H1-3	0.096	6
		0.24 C	0.00	0.00	0.00	
486	ST	L30 305	PASS	AISC- H1-1	1.310	7
		17 85 C	0.00	-0.02	0.00	
487	ST	L30 305	PASS	AISC- H1-1	1.323	7
		16.25 C	0.01	-0.01	0.00	
488	ST	L30 305	PASS	AISC- H1-1	1.184	7
		16.14 C	0.00	-0.01	0.00	
489	ST	L30 305	PASS	AISC- H1-1	1.185	7
		16.42 C	0.00	-0.01	0.60	
490	ST	L30 305	PASS	AISC- H1-1	1.058	7
		14.29 C	0.00	-0.01	0.00	
* 491	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.379	7
		14.53 C	0.00	-0.01	0.00	
492	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.194	7
		12.42 C	0.00	-0.01	0.00	
493	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.197	7
		12.74 C	0.00	-0.01	0.00	
494	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.020	7
		10.55 C	0.00	-0.01	0.00	
495	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.021	7
		10.86 C	0.00	-0.01	0.00	
496	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.839	7
		8.65 C	0.00	-0.01	0.00	
497	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.842	7
		8.97 C	0.00	-0.01	0.00	

Ejemplo: S. E. VALLE DE MÉXICO

Memoria de cálculo

Instructor: M. en C. © Ing. Delfino Rodríguez Peña

D. E. C. F. I. UNAM 25 al 28 de sept'2001

498	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.657	7
		6.72 C		0.00	-0.01	0.00
499	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.661	7
		7.05 C		0.00	0.00	0.00
500	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.467	7
		4.77 C		0.00	-0.01	0.00
520	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.390	7
		1.64 C		0.00	0.00	0.86
521	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.287	7
		1.65 T		0.00	0.00	0.86
522	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.364	8
		1.63 C		0.00	0.00	0.00
523	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.278	7
		1.67 T		0.00	0.00	0.00
524	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-1	0.541	7
		1.78 C		0.00	-0.01	0.85
525	ST	L30 305	FAIL	AISC- H1-1	1.473	7
		20.04 C		-0.01	-0.02	0.60
526	ST	L30 305	FAIL	AISC- H1-1	1.362	7
		18.40 C		-0.01	-0.02	0.00
527	ST	L30 305	PASS	AISC- H1-1	1.308	7
		18.07 C		0.01	-0.01	0.00
528	ST	L30 305	PASS	AISC- H1-1	1.192	7
		16.41 C		0.01	-0.01	0.00
529	ST	L30 305	PASS	AISC- H1-1	1.156	7
		16.10 C		0.00	-0.01	0.00
530	ST	L30 304	FAIL	AISC- H1-1	1.378	7
		14.41 C		0.00	-0.01	0.00
531	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.324	7
		14.09 C		0.00	-0.01	0.00
532	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.181	7
		12.39 C		0.00	-0.01	0.00
533	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	1.131	7
		12.06 C		0.00	-0.01	0.00
534	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.987	7
		10.33 C		0.00	-0.01	0.00
535	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.936	7
		10.00 C		0.00	-0.01	0.00
536	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.790	7
		8.24 C		0.00	-0.01	0.00
537	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.738	7
		7.90 C		0.00	0.00	0.00
538	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.589	7
		6.12 C		0.00	-0.01	0.00
539	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.537	7
		5.78 C		0.00	0.00	0.00
540	ST	L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.394	7
		3.96 C		0.00	-0.01	0.00
		0.08 T		0.00	0.00	0.00
1745	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.075	7
		0.29 T		0.00	0.00	0.42
1746	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.054	7
		0.15 T		0.00	0.00	0.00
1747	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-3	0.044	6
		0.12 C		0.00	0.00	0.42
1748	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.032	6
		0.04 T		0.00	0.00	0.00
1749	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.081	7
		0.36 T		0.00	0.00	0.00
1750	ST	L20 203	PASS	AISC- H2-1	0.052	7
		0.09 T		0.00	0.00	0.42
1751	ST	L20 203	PASS	AISC- H1-3	0.045	6
		0.08 C		0.00	0.00	0.42
1752	ST	L15153	PASS	AISC- H2-1	0.226	7
		0.67 T		0.01	0.00	0.78
1753	ST	L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.491	7
		0.04 T		-0.03	0.04	0.00
1754	ST	L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.495	7
		0.21 T		-0.03	0.04	0.00
1755	ST	L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.532	7
		0.25 T		0.02	-0.04	0.00
1756	ST	L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.404	7
		0.00 T		-0.03	0.03	0.60

731. STEEL TAKE OFF

```

732. *PRINT MAXFORCE ENVELOPE LIST 113 TO 116 1160 1161 1170 1179 1180 1189 1198 -
733. *1199 1208 1217 1218 1227
734. *PRINT MAXFORCE ENVELOPE LIST 1228 1237 1238 1247 1248 1257 1258 1267 1268 -
735. *1277 1276 1287 1288 1297 1298 1397
736. FINISH

```

6.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS:

6.1 Desplazamientos transversales máximos:

$$\Delta_x = 18.50 \text{ cms.} \quad \text{Nudo 89} \quad \text{CC6} \quad \text{Viento.}$$

$$\Delta_z \text{ perm.} = 0.010 h = 0.010 \times 1830 = 18.30 \text{ cms.} \cong 18.50 \text{ cms.} \quad \text{¡correcto!}$$

6.2 Revisión al diseño:

6.2.1 Diseño de conexiones:

Elementos mecánicos:

Tensión Barra 1512 $T = 7.46 \text{ ton.}$ Diagonal de columna.

Tornillos de 16 ϕ

$$Tr = FC \times Ft \times At = 1.333 \times 3.09 \times 1.98 = 8.2 \text{ tn.} > 7.46 \text{ tn.} \quad \text{¡correcto!}$$

Cortante Barra 1525 $V = 6.78 \text{ tn.}$ Diagonal de columna.

$$Vr = T.C. \times Fv \times Av = 2 \times 1.48 \times 1.98 = 7.82 \text{ tn.} > 6.78 \text{ tn.} \quad \text{¡correcto!}$$

6.3 Diseño de la cimentación Z-1/D-1

6.3.1 Elementos mecánicos máximos:

$$\text{CC6} \quad P = -45.36 - 8.86 + 11.46 + 47.84 = 5.08 \text{ tn.} \quad \text{Soportes 5 al 8}$$

$$V = 1.36 \text{ tn.}$$

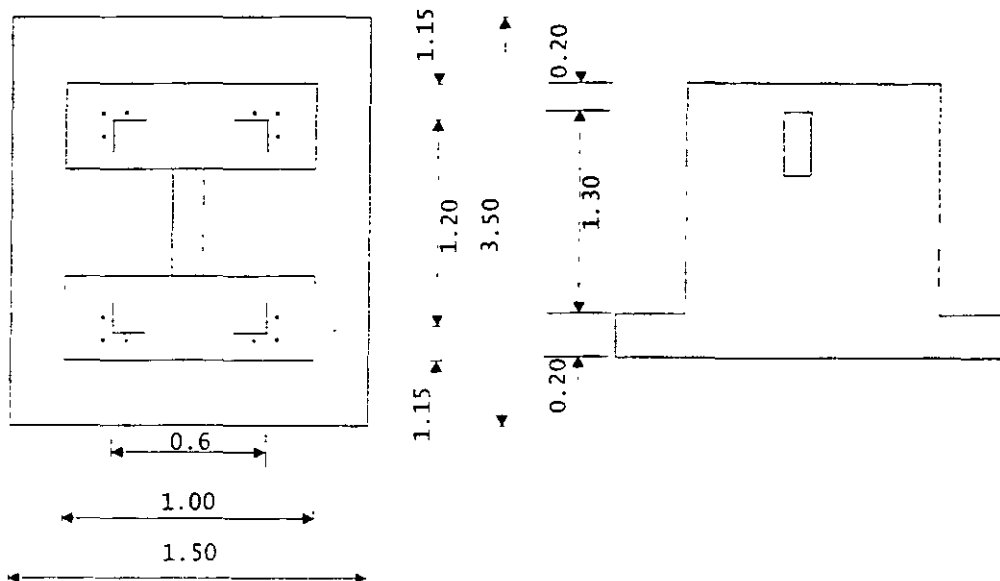
$$\text{Z-1} \quad 3.50 \times 1.50 \quad \text{D-1} \quad 1.0 \times 0.40$$

$$P = 5.08 \text{ T.}$$

$$Mx = 5.08 \times 1.2 = 6.10 \text{ T-m}$$

$$My = 5.08 \times 0.6 = 3.05 \text{ T}$$

6.3.2 Arreglo de la cimentación:



6.3.3 Cargas axiales:

P axial		= 5.08 T
DADOS	$2.4 \times 0.40 \times 1.0 \times 1.5 \times 2$	= 2.88 T
TL - 1	$2.4 \times 0.20 \times 0.4 \times 0.80$	= 0.15 T
ZAP	$2.4 \times 0.20 \times 3.5 \times 1.50$	= 2.52 T
RELLENO	$1.6(3.5 \times 1.5 \times 1.3 - 0.2 \times 0.4 \times 0.8 - 2 \times .40 \times 1 \times 1.3)$	= <u>9.15 T</u>
		19.78 Tons

6.3.4 Factores de seguridad:

FS _{Vx}	=	$19.78 \times 1.75 / 6.10 =$	5.67	>	1.50
FS _{Vy}	=	$19.78 \times 0.75 / 3.05 =$	4.86	>	1.50
FS _D	=	$19.78 \times 0.3 / 1.36 =$	4.36	>	1.00

6.3.5 Esfuerzos sobre el terreno:

$$\begin{aligned}
 A_T &= 1.50 \times 3.50 = 5.25 \text{ m}^2 \\
 S_x &= 1.50 \times 3.5^2 / 12 = 3.06 \text{ m}^3 \\
 S_y &= 1.5^2 \times 3.5 / 12 = 1.31 \text{ m}^3 \\
 f &= P / A \pm M_x / S_x \pm M_y / S_y \\
 f &= 19.78 / 5.25 \pm 6.10 / 3.06 \pm 3.05 / 1.31 = 21.80 \text{ tn/m}^2 < 50 \text{ tn/m}^2 \\
 &= -0.55 \text{ tn/m}^2 \\
 \% &= (0.55 / 21.80) 100 = 2.5 \% \ll 20\% \quad F_{C_{LRFD}} \leftarrow
 \end{aligned}$$

6.3.6 Diseño de la Zapata

$$w = 1.7 \times 0.75 \times 21.8 = 27.8 \text{ T/m}^2 < 50 \text{ T/m}^2$$

$$M_1 = w L^2 / 8 = 27.8 \times (0.8 - 0.08)^2 / 8 = 1.80 \text{ tn-m}$$

$$M_2 = w L^2 / 2 = 27.8 \times (0.95 - 0.08)^2 / 2 = 10.52 \text{ tn-m}$$

$$M \text{ lecho inf} = M_2 / b = 10.52 / 1.5 = 7.01 \text{ tn-m}$$

$$M \text{ lecho sup} = (M_2 - M_1) / b = (10.52 - 1.8) / 1.5 = 5.81 \text{ tn-m}$$

$$701000 = 0.9 \times 250 \times 100 \times 16^2 w (1 - 0.59 w)$$

$$\therefore w = 0.132 ; p = 0.132 \times 250 / 4200 = 0.00786$$

$$A_s = 0.00786 \times 100 \times 16 = 12.58 \text{ cm}^2 \quad \# 5 @ 15$$

En la otra dirección y arriba: # 5 @ 20

$$P = A_s / (b d) = 198 / (20 \times 100 \times 16) = 0.00619$$

$$w = p f_y / f_c = 0.00619 \times 4200 / 250 = 0.104$$

$$M_R = \phi f_c b d^2 w (1 - 0.59 w)$$

$$= 0.9 \times 250 \times 100 \times 16^2 \times 0.104 (1 - 0.59 \times 0.104)$$

$$= 5.62 \text{ tn-m} > 5.81 \text{ tn-m}$$

En la otra dirección, se refuerza con # 4 @ 20

6.3.7 Diseño de Dados 100 x 40 cms d= 35 cm

$$M_u = FC (M + V \times h) = 1.7 \times 0.75 (6.1 + 1.36 \times 1.7) = 10.72 \text{ tn-m}$$

$$1072000 = 0.9 \times 250 \times 100 \times 35^2 w (1 - 0.59 w)$$

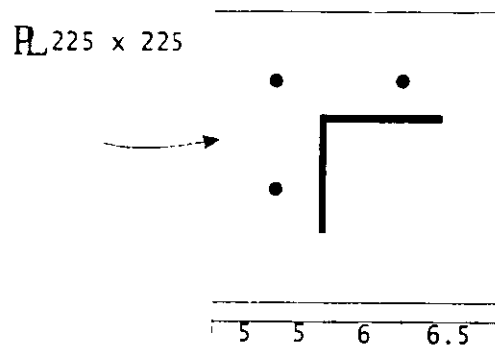
$$w = 0.040 ; p = 0.040 \times 250 / 4200 = 0.00238 < 14 / f_y$$

$$A_s = 0.00333 \times 35 \times 100 = 11.65 \text{ cm}^2 \quad \# 5 @ 17$$

Chequeo como columna: sean 20 vars. # 5

$$p = 20 \times 1.98 / (35 \times 100) = 0.0113 > 0.01 \quad ; \text{correcto !}$$

6.3.8 Diseño de la Placa base y Anclaje



$$T = -45.36 \text{ Tons} \quad \text{Nudo 5} \quad \text{CC 6}$$

Sean 4 anclas 1''φ

$$T_R = 4 \times 5.04 \text{ cm}^2 \times 0.6 \times 4.2 \text{ T/cm}^2 = 51.00 > 45.36 \text{ Tons}$$

$$w = 1.7 \times 0.75 \times [(47.84 / (0.23 \times 0.23))] 12.5^2 / 2 \times 0.23 = 20718.75 \text{ kg-cm}$$

$$t = \sqrt{(6 \text{ Mu} / \text{Fb b})} = \sqrt{[6 \times 20718.75 / (0.75 \times 2530 \times 23)]} = 1.69 \text{ cm}$$

usar PL 19 min

Nota.- El procedimiento de diseño para las demás cimentaciones no se indica, pero es el mismo.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

MODULO III: DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE LINEAS DE TRANSMISION

TEMA

COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO

**EXPOSITOR: ING. ANTONIO PANIAGUA SILVA
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DE 2001**

1. OBJETIVOS

Considere primeramente la definición de coordinación de aislamiento en su forma más simple y fundamental:

1. Coordinación de aislamiento es la selección del nivel de aislamiento.

Si se desea, podría ser agregada a la definición un criterio de confiabilidad y algo sobre los esfuerzos aplicados al aislamiento. En este caso, la definición sería:

2. Coordinación de aislamiento es la "selección del nivel de aislamiento de acuerdo con las sobretensiones esperadas, para obtener un riesgo de falla aceptable" [1].

En algunos casos, los ingenieros prefieren agregar algo referente a los apartarrayos y por lo tanto, la definición se aumenta a:

3. Coordinación de aislamiento es el "proceso de determinar el nivel de aislamiento del equipo eléctrico en relación a las sobretensiones esperadas y las características de los dispositivos de protección." [2].

La definición pudiera aumentar a:

4. Coordinación de aislamiento es la "selección del nivel de aislamiento del equipo en relación a las tensiones que pueden presentarse en el sistema para las cuales está pensado dicho equipo, tomando en cuenta el ambiente de servicio y las características de los dispositivos de protección disponibles" [3].

ó

5. "La coordinación de aislamiento comprende la selección del nivel de aislamiento del equipo y su aplicación en relación a las tensiones que se pueden presentar en el sistema, para las cuales está pensado dicho equipo, tomando en cuenta las características de los dispositivos de protección disponibles, de manera que se reduzca a un nivel operacional y

económicamente aceptable la probabilidad de que las tensiones debidas a los esfuerzos aplicados al equipo, causen daño a este o afecten la continuidad de servicio" [4].

Hasta ahora, la definición ha llegado a ser compleja, de manera que no es entendida por cualquiera, excepto por los ingenieros que han realizado estudios y participado en comités en los cuales se ha intentado definir el objetivo y han elaborado guías de aplicación. Por lo tanto, es preferible regresar a la definición simple y fundamental : la selección del nivel de aislamiento. Cabe señalar que el nivel de aislamiento se selecciona sobre las bases de algún grado de confiabilidad cuantitativo o estimado y de alguna manera, no se puede seleccionar a menos que se conozca el esfuerzo aplicado al aislamiento. Asimismo, el ingeniero deberá examinar los métodos para reducir los esfuerzos ya sea con apartarrayos o a través de otros medios. Por lo tanto, la definición fundamental queda como: es la selección del nivel de aislamiento.

El objetivo, no solamente es seleccionar el nivel de aislamiento, sino también seleccionar el *mínimo* nivel de aislamiento o el claro mínimo, ya que el nivel de aislamiento mínimo puede ser equivalente al costo mínimo. En su forma fundamental, el proceso debe iniciarse con la selección del criterio de confiabilidad, seguido de algún tipo de estudio para determinar los esfuerzos eléctricos aplicados al equipo o a los claros en aire. Dichos esfuerzos son entonces comparados con las características de la rigidez del aislamiento, de las cuales se selecciona una de ellas. Si el nivel de aislamiento o del claro en aire se considera excesivo, entonces se pueden reducir los esfuerzos con algunos medios como apartarrayos, gaps de protección, hilos de guarda y resistencias de pre-inserción en los interruptores.

Como se puede notar, después de la selección del criterio de confiabilidad, el proceso es simplemente una comparación entre el esfuerzo y la rigidez.

Generalmente, la coordinación de aislamiento se clasifica en dos partes principales:

1. Coordinación de aislamiento de la línea, que puede ser separada en líneas de transmisión y distribución.
2. Coordinación de aislamiento de la subestación, la cuál incluye las subestaciones de generación, transmisión y distribución.

A estas dos categorías principales se debe agregar las correspondientes a otras áreas tales como coordinación de aislamiento de máquinas rotatorias y bancos de capacitores en serie o en derivación. Examinemos las dos categorías principales.

2. COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO DE LA LÍNEA

En la coordinación de aislamiento de la línea, el objetivo es especificar todas las dimensiones o características de la torre de la línea de transmisión o distribución, que afecten la confiabilidad de estas:

1. Distancias de flameo entre el conductor de fase y los elementos a tierra de la torre así como a la cruceta.
2. Longitud de la cadena de aisladores

3. Número y tipo de aisladores
4. Necesidades y tipo de aterrizamiento adicional de la torre
5. Localización y número de hilos de guarda
6. Distancia fase-tierra a mitad de claro
7. Distancia de flameo fase-fase
8. Necesidades, selección y localización de apartarrayos de línea.

Para ilustrar las diferentes distancias de flameo, en la figura 1 se muestra una torre típica de 500-kV. Considerando la fase central, la caída del conductor de fase desde el centro de la torre hacia la orilla de la torre es considerable. Asimismo, generalmente se colocan amortiguadores de vibración en la torre. Estos dos factores determinan la distancia mínima de flameo desde el amortiguador a la orilla de la torre. La distancia de flameo desde el yugo del conductor a la cruceta normalmente es mayor. En este diseño, la distancia de flameo de las fases externas excede a la de la fase central. La longitud de la cadena de aisladores es alrededor de 2,921 m (11,5 pies), aproximadamente 3% mayor que la distancia mínima de flameo de la fase central.

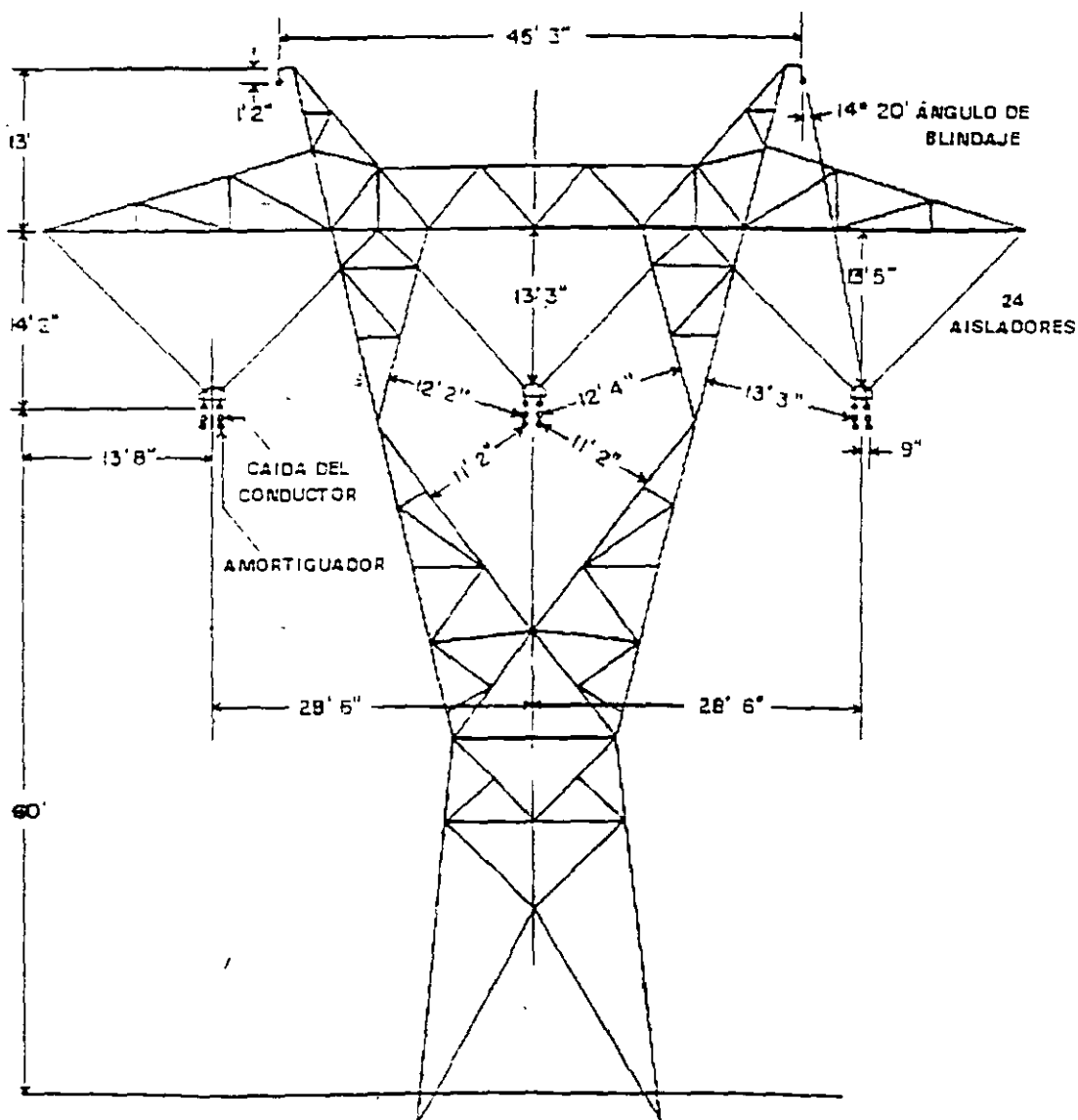


Figura 1 Torre de 500 kV de la compañía Allergheny

3. COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO DE LA SUBESTACIÓN

Para la coordinación de aislamiento de la subestación, el objetivo es similar en naturaleza y consiste en especificar:

1. El nivel de aislamiento del equipo, es decir, el BIL y BSL del equipo.
2. Los claros ó distancias de flameo fase-tierra y fase-fase. La figura 2, ilustra las diferentes distancias de flameo ó claros que deben considerarse en la subestación.
3. Las necesidades, localización, características y cantidad de apartarrayos.
4. Las necesidades, localización, configuración y espaciamiento de gaps de protección.
5. Las necesidades, localización y tipo (pararrayos ó hilos de guarda) de el blindaje de la subestación.
6. Las necesidades, cantidad y método para lograr un mejoramiento del comportamiento a la descarga atmosférica, de la línea que sale de la subestación.

En estas listas, no se ha establecido el método para determinar los parámetros a especificar, es decir, las especificaciones. Para la persona que recibe esa información, no es de importancia primordial saber cómo decidió el ingeniero los valores establecidos en las especificaciones, solo que de dichas especificaciones se deriva el grado de confiabilidad deseado.

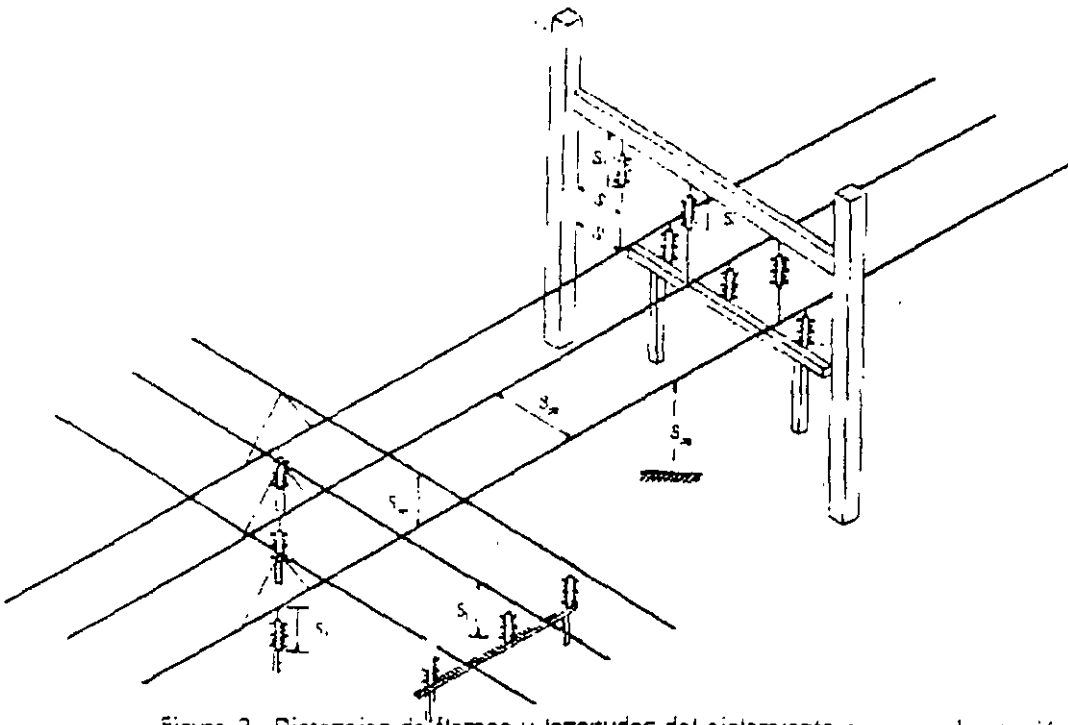


Figura 2 Distancias de flameo y longitudes del aislamiento en una subestación

El ingeniero debe considerar todos los orígenes de los esfuerzos que pueden ser aplicados al equipo o a la torre, es decir, debe considerar:

1. Sobretensiones por rayo (SFR), producidas por las descargas atmosféricas.
2. Sobretensiones por maniobra (SFL), producidas por la operación de interruptores ó cuchillas desconectoras.
3. Sobretensiones temporales (ST), producidas por fallas, sobrevelocidad de generadores, ferresonancia, etc.
4. Tensión normal de operación a la frecuencia del sistema con la presencia de contaminación.

Para algunos valores que se requieren especificar, solo uno de estos esfuerzos es de importancia. Por ejemplo, considere la línea de transmisión; la descarga atmosférica dictará la localización y número de hilos de guarda y las necesidades adicionales para el aterrizamiento. Considere la subestación; la descarga atmosférica dictará la localización de los hilos de guarda o pararrayos. Sin embargo, se debe utilizar un juicio subjetivo para decidir si se utilizan pararrayos ó hilos de guarda. La tensión nominal del apartarrayos está dictada por las sobretensiones temporales, sin embargo su cantidad y localización estará dictada principalmente por la descarga atmosférica. Asimismo, para la línea y la subestación, el número y tipo de aisladores lo dictará la contaminación.

Sin embargo, en muchas de las especificaciones se deben considerar dos ó más sobretensiones. Por ejemplo, para la línea de transmisión las sobretensiones por maniobra, por rayo y la contaminación pueden dictar la distancia de flameo y la longitud de la cadena de aisladores, pero en las subestaciones, dichos esfuerzos dictan el BIL, BSL y los claros.

Ya que el objetivo primordial es especificar la rigidez mínima del aislamiento, ninguna de las sobretensiones debe dominar el diseño, es decir, si la distancia de flameo de una torre se determinó en base a la sobretensión de maniobra, se deben investigar los métodos para disminuir dichas sobretensiones. En esta área, el objetivo es no permitir que una de las sobretensiones dicte el diseño. Llevando esta filosofía al extremo, resulta como objetivo que el nivel de aislamiento estará dictada solamente por la tensión a la frecuencia del sistema. Aunque esto parezca ridículo, lo anterior se ha logrado esencialmente con respecto a los transformadores para los cuales la prueba a la frecuencia 1 hr es considerada por muchos la prueba más severa para el aislamiento.

Adicionalmente, en la mayoría de los casos, las sobretensiones por maniobra son importantes solo para los sistemas de 345 kV y mayores, es decir, para las tensiones menores, la descarga atmosférica da como resultado claros y longitudes de cadenas de aisladores mayores que las sobretensiones de maniobra. Esto puede no ser cierto en el caso de diseños "compactos".

4. MODIFICACIÓN DE LOS ESFUERZOS

Como previamente se mencionó, si la especificación del nivel de aislamiento resulta en un claro ó una rigidez mayores a lo deseado, se pueden disminuir los esfuerzos producidos por la descarga atmosférica y la operación de interruptores. Algunos métodos obvios son la instalación de

apartarrayos ó las resistencias de pre-inserción en los interruptores. Adicionalmente, el uso de hilos de guarda adicionales también reducen los esfuerzos y en este mismo contexto otros métodos son el uso de aterrizamiento adicional de las torres y blindaje adicional en las subestaciones.

5. DOS MÉTODOS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO

Actualmente están en uso dos métodos de coordinación de aislamiento, el método convencional ó determinístico y el método probabilístico. El método convencional consiste en especificar la rigidez mínima igual al esfuerzo (sobretensión) máximo. De esta manera, la regla es *rigidez mínima = esfuerzo máximo*. El método probabilístico consiste en seleccionar el nivel de aislamiento o el claro, basados en un criterio de confiabilidad específico. El ingeniero puede seleccionar el nivel de aislamiento de una línea en base a un índice de flameo por descarga atmosférica de 1 flameo/100 km-año o de una subestación en base a un tiempo medio entre fallas (MTBF) de 100 ó 500 años.

La selección del método está basada no solamente en el deseo del ingeniero sino también en las características del aislamiento. Por ejemplo, la rigidez del aire generalmente está descrita por una distribución acumulada Gaussiana y por lo tanto, se puede realizar la convolución de la distribución de la rigidez con la distribución de los esfuerzos para determinar la probabilidad de flameo. Sin embargo, el nivel de aislamiento interno de un transformador está especificada por un único valor para rayo y uno para maniobra, llamados el BIL y BSL respectivamente. Para probar el BIL ó el SIL, generalmente solo se realiza una aplicación de la tensión de prueba, por lo cual no se dispone de una distribución estadística de la rigidez y se debe usar el método convencional.

Se debe enfatizar que aún cuando se utilice el método convencional, existe una probabilidad de falla ó de flameo, es decir, existe una probabilidad ligada al método convencional aunque ésta no sea evaluada.

El criterio de confiabilidad seleccionado es una función primordial de la consecuencia de la falla y la vida del equipo. Por ejemplo, el criterio de confiabilidad para una subestación puede ser más severo que para una línea debido a que un flameo en la subestación es de mayores consecuencias. Aún dentro de la subestación, el criterio de confiabilidad puede cambiar de acuerdo al tipo de equipos. Por ejemplo, en virtud de las consecuencias de una falla en el transformador, éste puede ser seleccionado con un mayor grado de protección. Otro ejemplo, el índice de flameo para diseño de líneas de extra alta tensión (EHV) generalmente es menor que el correspondiente a las líneas de baja tensión, asimismo, el criterio MTBF para subestaciones de baja tensión (distribución) es menor que para subestaciones de alta tensión.

6. REFERENCIAS

1. IEEE Standard 131.1-1996, IEEE standard for insulation coordination-definitions, principles, and rules.

2. ANSI C92.1-1982, American national standard for power systems-insulation coordination.
3. IEC 71-1-1993-12, Insulation coordination Part 1: Definitions, principles and rules.
4. IEC Publication 71-1-1976, Insulation coordination, Part 1: Terms , definitions and rules.

Especificación del Nivel de Aislamiento

Como se discutió en la introducción, la coordinación de aislamiento es la selección del nivel de aislamiento. Por lo tanto, para especificar el nivel de aislamiento, se deben conocer las condiciones normales y normalizadas que se usan. También existen muchos métodos que describen la rigidez tales como el **BIL**, **BSL** y el **CFO** los cuales deben ser también definidos. El propósito de este capítulo es describir los métodos alternativos para definir a la rigidez del aislamiento y presentar los métodos de prueba alternativos usados para determinarla. Adicionalmente, se incluye una breve sección relacionada con la generación de impulsos en un laboratorio.

1.- CONDICIONES ATMOSFÉRICAS NORMALIZADAS

Todas las especificaciones del nivel de aislamiento están basadas en las siguientes condiciones atmosféricas:

1. Temperatura ambiente: 20°C
2. Presión del aire: 101,3 kPa ó 760 mm Hg
3. Humedad absoluta: 11 g de agua/m³ de aire
4. Para pruebas en húmedo: 1 a 1,5 mm de agua/ min.

Si las condiciones atmosféricas reales difieren de estos valores, la rigidez de aislamiento en términos de la tensión, se corrige a dichos valores normalizados. Posteriormente se discutirán los métodos empleados para corregir esas tensiones.

2 TIPOS DE AISLAMIENTO

El aislamiento se puede clasificar en interno y externo y también como autorecuperable y no autorecuperable. ANSI C92.1 (IEEE 1313.1) [1,2].

2.1 Aislamiento externo

El aislamiento externo consiste de las distancias en aire o a través de las superficies del aislamiento sólido en contacto con el aire, que están sujetas a esfuerzos dieléctricos y a los

efectos de la atmósfera. Ejemplos de aislamiento externo son los *faldones* de porcelana de una boquilla, aisladores soporte y desconectores.

2.2 Aislamiento interno

El aislamiento interno consiste de las partes internas sólidas, líquidas o gaseosas del aislamiento del equipo, las cuales están protegidas por las cubiertas del equipo de los efectos de la atmósfera, por ejemplo, el aislamiento del transformador y el aislamiento interno de las boquillas. El equipo puede ser una combinación de aislamiento interno y externo, por ejemplo, la boquilla y el interruptor.

2.3 Aislamiento autorecuperable (SR)

El aislamiento que recupera completamente sus propiedades aislantes después de una descarga disruptiva (flameo) causada por la aplicación de una tensión es llamado aislamiento autorecuperable. Este tipo de aislamiento es generalmente aislamiento externo.

2.4 Aislamiento no autorecuperable

Este es lo opuesto de los aislamientos autorecuperables y es el aislamiento que pierde sus propiedades o no las recupera completamente después de una descarga disruptiva causada por la aplicación de una tensión. Este tipo de aislamiento generalmente es aislamiento interno.

3 DEFINICIONES DE LA RIGIDEZ DE LOS EQUIPOS, EL BIL Y EL BSL

3.1 BIL-Nivel Básico de Aislamiento al Impulso de Rayo

El BIL o nivel básico de aislamiento al impulso de rayo es el nivel de aislamiento de aislamiento expresado en términos del valor cresta del "impulso de rayo normalizado", es decir, el BIL está ligado a una forma de onda específica y de igual manera a las condiciones atmosféricas normalizadas. El BIL puede ser BIL estadístico o BIL convencional. El BIL estadístico es aplicable solamente a aislamientos autorecuperables, mientras que el BIL convencional es aplicable a aislamientos no autorecuperables. *Los BIL's universalmente son a condiciones en seco.*

El *BIL estadístico* es el valor cresta del impulso de rayo normalizado para el cual el aislamiento no presenta descarga disruptiva cuando se somete a un número específico de aplicaciones del impulso.

En la norma IEC 71 [3], el BIL es conocido como la tensión de aguante al impulso de rayo, es decir, está definido de la misma manera pero llamado de manera diferente. Sin embargo, En IEC, no se define como convencional y estadístico.

3.2 BSL-Nivel Básico de Aislamiento al Impulso de Maniobra

El BSL es el nivel de aislamiento expresado en términos del valor cresta de un impulso de maniobra normalizada. El BSL puede ser BSL estadístico o BSL convencional. Al igual que el BIL, el BSL estadístico es aplicable solo a los aislamientos autorecuperables mientras que el BSL

convencional es aplicable a los aislamientos no autorecuperables *Los BSL 's' universalmente son a condiciones en húmedo.*

El *BSL estadístico* es el valor cresta de un impulso de maniobra normalizado para el cual el aislamiento presenta una probabilidad de aguante del 90% ó una probabilidad de flameo del 10%.

El *BSL convencional* es el valor cresta de un impulso de maniobra convencional para el cual el aislamiento no presenta descarga disruptiva cuando se somete a un número específico de aplicaciones de dicho impulso.

En la norma IEC 71[3], el BSL es llamada la tensión de aguante al impuso de maniobra y la definición es la misma. Sin embargo, al igual que la tensión de aguante al impulso de rayo, no se divide en convencional y estadística.

3.3 Formas de onda normalizadas

Como se ha mencionado, el BIL y el BSL están especificados para impulso de rayo e impulso de maniobra normalizados respectivamente. Lo anterior se establece mejor como formas de onda

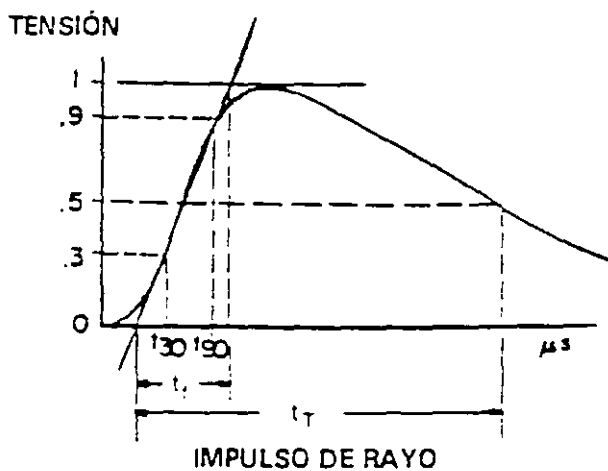


FIGURA 1. Forma de onda del impulso de rayo

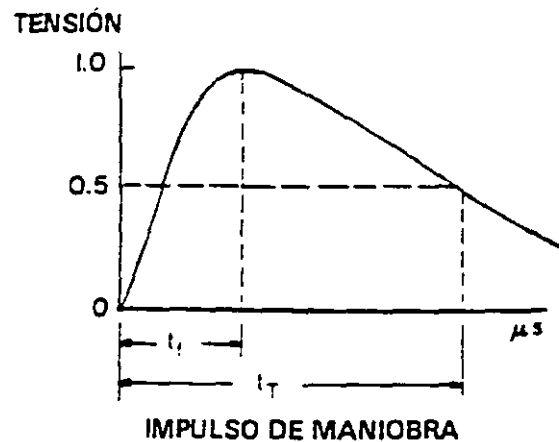


FIGURA 2. Forma de onda del impulso de maniobra

normalizadas de impulso de rayo e impulso de maniobra. Las formas de onda generales de impulso de rayo y de maniobra se ilustran en las figuras 1 y 2; se describen por su tiempo a la cresta y su tiempo al valor medio de la cola. Desafortunadamente, la definición del tiempo a la cresta difiere entre estas dos formas de onda normalizadas. Para la forma de onda del impulso de rayo, el tiempo a la cresta se determina trazando una recta entres dos puntos, los cuales se localizan al 30% y al 90% de su valor cresta. El punto en el cual la línea intersecta el origen o cero de tensión, se llama el origen virtual y todos los tiempos se miden desde este punto; enseguida, se traza una recta horizontal al valor cresta de manera que intersecte la línea trazada entre el 30% y el 90%. El tiempo desde el origen virtual a esta intersección, se denota como el tiempo a la cresta o como el tiempo a la cresta virtual t_c . El tiempo al valor medio es simplemente el tiempo entre el origen virtual y el punto al cual la tensión disminuye al 50% después del valor

cresta, t_r . En general, la forma de onda se denota como un impulso de t_f / t_r . Por ejemplo, para un impulso de 1000-kV, 2,0/100- μ s en donde la tensión cresta es de 1000 kV, el tiempo a la cresta

virtual o simplemente el tiempo a la cresta es 2 μ s y el tiempo al valor medio es 100 μ s. En el argot de la industria, t_f es llamado simplemente el frente y t_r es llamada la cola. El frente se define mejor con la siguiente ecuación:

$$t_f = 1.67(t_{90} - t_{30}) \quad (1)$$

Donde t_{90} es el tiempo real al 90% de la tensión cresta y t_{30} es el tiempo real al 30% de la cresta de la tensión.

La forma de onda del impulso de rayo normalizado es 1,2/50 μ s. Existe muy poca duda de que en el sistema real, esta forma de onda nunca ha aparecido a través de alguna parte de alguna pieza de aislamiento. Por ejemplo, la tensión real en un transformador tiene una forma de onda oscilatoria. Por lo tanto, es propio preguntarse ¿porqué se seleccionó la onda de 1,2/50 μ s?. Es cierto que en general, las sobretensiones por descarga atmosférica tienen frentes cortos y colas relativamente cortas de manera que los tiempos de la forma de onda normalizada reflejan esta observación. Sin embargo en el proceso de normalización es importante que todos los laboratorios puedan producir fácilmente esta forma de onda.

Aunque la cola de la forma de onda del impulso de maniobra está definida como el tiempo al valor medio, el tiempo se mide desde el cero de tiempo real y no desde el cero de tiempo virtual. El tiempo a la cresta o frente se mide desde el cero de tiempo real hasta la cresta real del impulso. La forma de onda se denota de la misma manera que para el impulso de rayo. Por ejemplo, un impulso de maniobra de 1000 kV, 200/3000 μ s, tiene una tensión cresta de 1000 kV, un frente de 200 μ s y una cola de 3000 μ s. La forma de onda del impulso de maniobra normalizado es 250/2500 μ s. Por conveniencia, las formas de onda normalizadas de los impulsos de rayo y de maniobra se muestran en la tabla 1.

Tabla 1 formas de onda normalizadas de impulso y sus tolerancias

Impulso Tipo	Rayo	Maniobra
Forma de onda Nominal	1,2/50 μ s	250/2500 μ s
Tolerancias		
Frente	30%	20%
cola	20%	60%

3.4 BIL/BSL Estadístico vs convencional

Como se ha indicado, el BIL o BSL estadístico está definido estadística o probabilísticamente. Para cada aplicación de un impulso que tenga la forma de onda normalizada y cuya cresta sea igual al BIL o al BSL, la probabilidad de un flameo o falla es 10%. En general, la característica del

nivel de aislamiento se puede representar por una distribución acumulada Gaussiana como se muestra en la figura 3. La media de esta distribución o característica, está definida como la tensión crítica de flameo o CFO. Aplicando el CFO al aislamiento, resulta una probabilidad de 50% de flameo, es decir, la mitad de los impulsos producen flameo. Localizando el BIL o el BSL en el punto del 10%, entonces el BIL o el BSL se definen como 1,28 desviaciones estándar, σ , por debajo del CFO. En forma de ecuación:

$$BIL = CFO \left(1 - 1,28 \frac{\sigma_f}{CFO} \right)$$

$$BSL = CFO \left(1 - 1,28 \frac{\sigma_f}{CFO} \right) \quad (2)$$

Sigma(σ) en por unidad del CFO, es propiamente llamado el coeficiente de variación. Sin embargo, en el argot, es simplemente conocido como sigma. Así, una σ de 5% se interpreta como una desviación estándar de 5% del CFO. La desviación estándar para impulsos de rayo y maniobra difieren. Para rayo, la desviación estándar o σ es de 2% a 3% mientras que para impulso de maniobra, σ varía desde 5% para aislamiento de la torre hasta aproximadamente 7% para aislamientos de la subestación.

El BIL o BSL convencionales son definidos en forma más simple, pero tienen menos significado respecto al nivel de aislamiento. Se aplican al aislamiento uno ó más impulsos que tengan la forma de onda normalizada y un valor de cresta igual al BIL ó al BSL. Así, se supone que la característica dieléctrica del aislamiento, como se muestra en la figura 4, aumenta desde una probabilidad de flameo ó de falla cero que es igual al BIL ó al BSL hasta una probabilidad de flameo de 100% a este mismo BIL ó BSL.

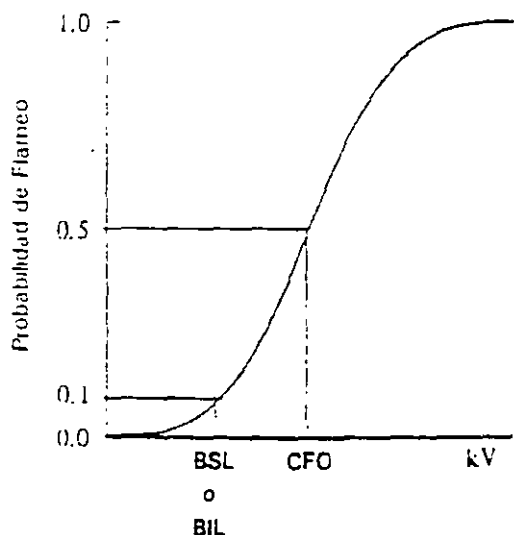


Figura 3. Característica de la rigidez del aislamiento para aislamiento autorecuperable

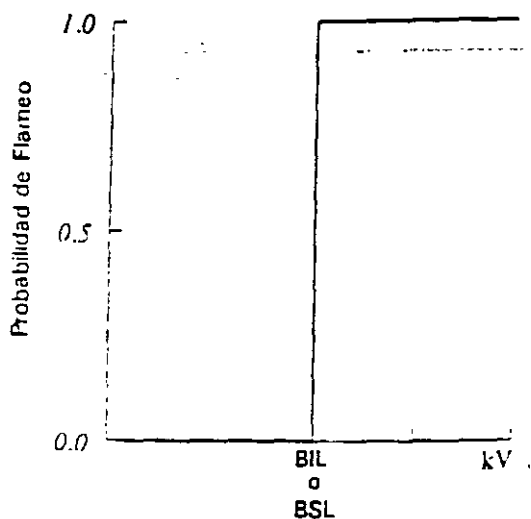


Figura 4. Característica de la Rigidez del aislamiento para aislamientos no autorecuperables

3.5 Pruebas para "probar" el BIL y el BSL

Las pruebas para establecer el BIL ó el BSL se dividen en convencionales y estadísticas. El BIL ó el BSL convencionales están ligados al aislamiento no autorecuperable y es más que deseable que la prueba sea no destructiva. Por lo tanto, la prueba consiste en aplicar simplemente uno ó más impulsos que tienen una forma de onda normalizada y cuya cresta es igual al BIL ó al BSL. Si no se presenta falla, pasa la prueba. Aunque es verdad que ocurren fallas en el piso de pruebas, el índice de fallas es extremadamente bajo, es decir, un fabricante no puede arriesgarse a tener por ejemplo en el caso de transformadores de potencia índices de falla que excedan el 1%. Si esto ocurre, se para la producción y se revisan todos los diseños.

Considerando que se establezca un BIL o un BSL estadístico, teóricamente ninguna prueba puede probar conclusivamente que el aislamiento tiene una probabilidad de falla del 10%. Asimismo, ya que el aislamiento es autorecuperable, se permiten flameos del aislamiento. Son posibles algunos tipos de pruebas para establecer una estimación del BIL y del BSL y con las cuales teóricamente puede ser determinada la característica dieléctrica total del aislamiento, como se muestra en la figura 3, de la cual se puede obtener el BIL ó el BSL, sin embargo, esas pruebas no se realizan excepto tal vez en la etapa de diseño del equipo. Más bien por normalización, existen dos tipos de prueba, los cuales son:

1. La prueba n/m : se aplican m impulsos. Se pasa la prueba si no se presentan más de n flameos. Actualmente, la prueba preferente en las normas IEC es la prueba 2/15, es decir, se aplican 15 impulsos al equipo, con forma de onda normalizada y de un valor de cresta igual al BIL ó al BSL. Si dos ó menos impulsos producen flameo, se pasa la prueba y se dice que el equipo tiene el BIL ó el BSL designado.
2. La prueba $n + m$: se aplican n impulsos. Si ninguno de los impulsos producen flameo se pasa la prueba. Si existen dos ó más flameos, la prueba falla. Si se presenta solo un flameo, se aplican m impulsos adicionales y se pasa la prueba si ninguno de los impulsos producen flameo. La prueba actual en interruptores es la prueba 3 + 3 [5]. En las normas IEC, una prueba alternativa pero menos preferida es la prueba 3 + 9 [6].

Esta prueba alternativa puede analizarse estadísticamente para determinar su característica. Se traza una curva de probabilidad de pasar la prueba en función de la probabilidad de flameo real pero desconocida como si se aplicara un solo impulso. Las características de las tres pruebas mencionadas con anterioridad se muestran en la figura 5. Estas deben ser comparadas con la característica ideal representada por la línea punteada, como se muestra en la figura.

Idealmente, si la probabilidad de flameo es menor a 0,10, se pasa la prueba, e idealmente si la probabilidad de flameo es mayor de 0,10, la prueba falla. Las ecuaciones para estas curvas donde P es la probabilidad de pasar, p la probabilidad de flameo al aplicar un solo impulso y q es $(1 - p)$, son:

$$\begin{aligned}
 \text{Para la prueba 2/15} & P = q^{15} + 15pq^{14} + 105p^2q^{13} \\
 \text{Para la prueba 2 + 3} & P = q^3 + 3pq^2 \\
 \text{Para la prueba 3 + 9} & P = q^3 + 9pq^2
 \end{aligned} \tag{3}$$

De la figura 5, si la probabilidad de flameo real (pero desconocida) para un solo impulso es 0,20, entonces, aun pensando que esta probabilidad de flameo es dos veces la definida para el BIL ó el BSL, las probabilidades de pasar las pruebas son 0,71 para la prueba 3 + 3, 0,56 para la prueba 3 + 9 y 0,40 para la prueba 2/15, es decir, aún para una muestra de equipo no aceptable, existe una probabilidad de que pase la prueba. De manera similar, existe una probabilidad de que no pase la prueba aún cuando se piense que el equipo es "bueno". Por ejemplo, si la probabilidad de flameo para un solo impulso es 0,05 la probabilidad de que no pase la prueba es 0,027 para la prueba 3 + 3, 0,057 para la prueba 3 + 9 y 0,036 para la prueba 2/15. Por lo tanto, como se muestra en la figura 6, en general existe un riesgo para el fabricante de que tenga un equipo aceptable que no pase la prueba y un riesgo para el usuario de tener un equipo no aceptable que pase la prueba. Una característica deseada es la de discriminación, discriminar entre lo "bueno" y lo "malo". La mejor prueba debe tener una pendiente alrededor de la probabilidad de flameo de 0,10. Aparentemente como se visualiza, la prueba 2/15 es la mejor de las tres y la prueba 3 + 3 la peor. Por lo tanto, no es extraño que la prueba preferida en IEC sea la 2/15. La prueba 3 + 9 es un compromiso entre las pruebas 3 + 3 y la 2/15, incluidas en la norma IEC a requerimiento del grupo de trabajo de interruptores de ANSI. El acuerdo no establecido es que se cambiará a la prueba 3 + 9.

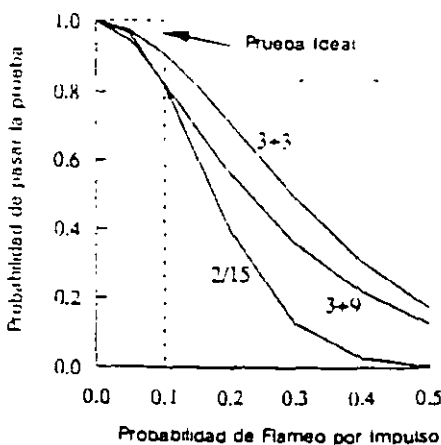


Figura 5. Características para alternativas de series de pruebas

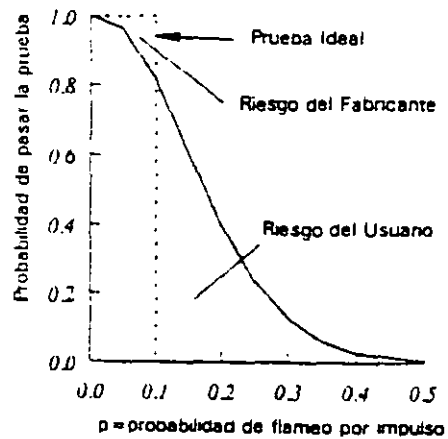


Figura 6. Riesgo del fabricante y del Usuario

3.6 BIL's y BSL's normalizados

Existen una serie de valores normalizados tanto para los BIL's como para los BSL's que han sido fomentados por las normas de equipo para su uso. En los EUA, ANSI C92 e IEEE 1313 enumeran los valores mostrados en la Tabla 2, mientras que en la Tabla 3 se enumeran los valores de IEC.

Estos valores son valores "sugeridos" para que los utilicen otras normas de equipo; en otras palabras, las normas de equipo pueden usar estos valores o cualquier otro que consideren necesario. Sin embargo, en general se utilizan estos valores. Existen excepciones, para algún tipo específico de equipo ó tipo de aislamiento, existe una conexión entre el BIL y el BSL. Por ejemplo, para transformadores, el BSL es aproximadamente 83% del BIL. Así, dado un valor normalizado del BIL, el BSL puede ser un valor que no esté incluido en las tablas. Adicionalmente, en IEC, se especifican pruebas fase-fase para verificar el BSL fase-fase. El BSL fase-fase está normalizado como 1,5 a 1,7 veces el BSL fase-tierra. Por lo tanto, en este caso, no se listan los valores del BSL.

Tabla 2 Valores normalizados del BIL Y BSL de acuerdo a ANSI C92, IEEE1313.1

30	300	825	1925
45	350	900	2050
60	400	975	2175
75	450	1050	2300
95	500	117	2425
110	550	100	250
125	600	1425	2675
150	650	1550	2800
200	700	1675	2925
250	750	1800	3050

Fuente: Ref. 7.

Tabla 3 Valores normalizados del BIL Y BSL de acuerdo a IEC 71.1

20	325	1300	2550
40	450	1425	2700
65	550	1550	2900
75	650	1675	
95	750	1800	
125	850	1950	
145	950	2100	
170	1050	2250	
250	1175	2400	

Fuente: Ref. 7.

En la norma ANSI de coordinación de aislamiento C92, no se indican valores requeridos para tensiones alternas, es decir, el usuario es libre de seleccionar el BIL y el BSL deseado. Sin embargo, en la práctica existe solamente un número limitado de BIL's y BSL's utilizados en

cada tensión del sistema. Para los EUA, estos valores se presentan en las tablas 4 y 5 para transformadores, interruptores y seccionadores respectivamente. Para los transformadores de potencia de la Clase I, los BIL's disponibles son 45,60,75,95,110,150,200,250 y 350 kV. Para transformadores de distribución los BIL's disponibles son 30,45,60,75,95,125,150,200,250 y 350 kV.

Para seccionadores, las normas ANSI no indican BSL's. Nótese también que los BSL's para interruptores solamente se indican para tensiones del sistema de 345 kV ó mayores. Esto está basado en la consideración general de que las sobretensiones de maniobra son importantes solamente para estas tensiones del sistema. Asimismo, para interruptores y para cada tensión del sistema, se indican dos BSL nominales. Por ejemplo, para un sistema de 550-kV, el BSL del interruptor en posición cerrada es 1175 kV mientras que para la posición abierta el BSL se incrementa a 1300 kV.

En la tabla 6, se presentan los BIL's y BSL's para subestaciones aisladas en gas y en la tabla 7 los correspondientes a los cables. En IEC, los BIL's y BSL's están especificados para cada tensión del sistema; estos valores se presentan en las tablas 8 y 9, donde el BSL_g es el BSL fase-tierra y el BSL_f es el BSL fase-fase. Nótese que como en ANSI, los BSL's están especificados solamente para tensiones máximas del sistema igual y mayores a 300 kV. Los BSL's fase-fase no están normalizados en los EUA.

3.7 CFO y σ_1 /CFO-"Pruebas probabilísticas"

Un método alternativo para especificar la rigidez del aislamiento, es indicar los parámetros CFO y σ_1 /CFO de la característica del aislamiento. Este método solamente se usa para los aislamientos autorecuperables ya que se permiten flameos, lo cual ocurre. El método para describir la característica del aislamiento es principalmente utilizado para impulsos de maniobra. Por ejemplo, la rigidez dieléctrica al impulso de maniobra del aislamiento de torres, aisladores soporte de buses y gaps, está generalmente especificada de esta manera.

El procedimiento para estas pruebas se puede clarificar con un ejemplo. Supóngase que en un laboratorio, se aplican impulsos de maniobra a un aislador tipo columna. Primero se aplica 100 veces un impulso de 900 kV, 250/2500 μ s y dos de estos impulsos causan un flameo, esto es, la probabilidad estimada de flameo cuando se aplica un impulso de 900 kV es 0,02. Aumentando la tensión pico a 1000 kV y aplicando 40 impulsos resultan 20 flameos, es decir, existe una probabilidad de flameo del 50%. Se incrementa y disminuye la tensión de prueba para obtener los puntos de prueba cuyos datos se indican en la tabla siguiente.

Tensión pico aplicada kV	No de impulsos	No de flameos	porcentaje de flameos
900	100	2	2
1000	40	20	50
1050	40	33	82,5
1075	100	93	93
960	40	7	17,5
980	40	16	40
960	40	10	25

Estos resultados de prueba se grafican en papel probabilístico normal o Gaussiano y se traza la mejor recta a través de los puntos, como se indica en la figura 7. El valor medio a la probabilidad del 50%, obtenido de esta gráfica, es el CFO. La desviación estándar es la diferencia de tensión entre los puntos correspondientes al 16% y 50% entre los puntos correspondientes al 50% y 84%. En la figura 7, el CFO es 1000 kV y la desviación estándar σ , es 50 kV. Así, σ/CFO es 5%. Si se desea el BSL, que no es este el caso, dicho valor pudiera leerse a la probabilidad 10% o sea 936 kV. Estos dos parámetros, el CFO y la desviación estándar, describen completamente la característica del aislamiento utilizando la suposición de que la distribución acumulada Gaussiana se aproxima adecuadamente a la característica del aislamiento. Para comparación, véase la característica del aislamiento de la figura 8.

Tabla 4 BIL's y BSL's de transformadores y boquillas

Tensión nominal del sistema/tensión máxima del sistema, kV	BIL del transformador, kV	BSIL del transformador, kV	BIL de las boquillas de transformador, kV	BSL de las boquillas de transformador, kV
1,2/-	30, 45		45	
2,5/-	45, 60		60	
5,0/-	60, 75		75	
8,7/-	75, 95		95	
15,0/-	95, 110		110	
25,0/-	150		150	
34,5/-	200		200	
46/48,3	200, 250		250	
69/72,5	250, 350		350	
115/121	350	280	450	
	*450	375	50	
	550	460		
138/145	450	375	450	
	*550	460	550	
	650	540	650	
161/169	550	460	550	
	*650	540	650	
	750	620	750	
230	650	540	650	
	*750	620	750	
	825	685	825	
	900	745	900, 1050	
	900	745	900	700
345/362	*1050	870	1050	825
	1175	975	1175, 1300	825
	1300	1080	1300	1050
500/550	*1425	1180	1425	1110
	1550	1290	1550	1175
	1675	1390	1675	1175
	1800	1500	1800	1360
	1925	1600	1925	-
765/800	2050	1700	2050	-

* Utilizado comúnmente

Fuente: Ref.

Tabla 5 Niveles de aislamiento para subestaciones y equipo intemperie.

Tensión máxima nominal kV	NEMA Estandar-6		Interruptores		Desconectores	
	Subestaciones intemperie					
	BIL kV	Tensión a la frecuencia del sistema, 10 s kV	BIL kV	BSL kV	BIL kV	BSL, estimado kV
8.25	95	30	95		95	
15.5	110	45	110		110	
25.8	150	60	150		150	
38.0	200	80	200		200	
48.3	250	100	250		250	
72.5	350	145	350		350	
121	550	230	550		550	
145	650	275	650		650	
169	750	315	750		750	
242	900	385	900		900	
	1050	455			1050	
362	1050	45	1300	825	1050	820
	1300	525		900	1300	960
550	1550	620	1800	1175	1550	1090
	1800	710		1300	1800	1210
800	2050	830	2050	1425	2050	1320
				1500		

Fuente: Ref. 5, 9.

Tabla 6 BIL's/BSL's de subestaciones aisladas en gas

Tensión máxima del sistema, kV		IEC [10]		ANSI [1]	
IEC	ANSI	BIL kV	BSL kV	BIL kV	BSL kV
72.5	72.5	325	-	300, 350	-
100		450	-		
123	121	550	-	450, 550	-
145	145	650	-	550, 650	-
170	169	750	-	650, 750	-
245	242	950	-	750, 900	- 720
300		1050	80		
362	362	1175	950	900, 1050	720, 825
420		1300	1050		
525	550	1425	1175	1300, 1550	1050, 1175
765	800	1800	1425	1800	1425

**Tabla 7 BIL's de cables (BSL's no suministrados),
AIEC C54-79**

Tensión nominal kV	BIL kV
115, 120, y 130	550
138	650
161	750
230	1050
345	1300
500	1800

Fuente: Ref. 12.

Tabla 8 IEC 71.1: BIL's ligados a las tensiones máximas del sistema para tensiones máximas del sistema de 1 a 245 kV

Tensión máxima del sistema kV	BIL's kV	Tensión máxima del sistema kV	BIL's kV
3.6	20 o 40	52	250
7.2	40 o 60	72.5	325
12	60, 75 o 90	123	450 o 550
17.7	75 o 90	145	450, 550 o 650
24	95, 125 o 145	170	550, 650 o 750
36	145 o 170	245	650, 750, 850, 950 o 1050

Fuente: Ref. 3.

Tabla 9 BIL/BSL's IEC de la norma IEC 71.1

Tension maxima del sistema kV	BSL, BSL ₂ , Fase-tierra kV	Relación BSL ₂ /BSL ₁ kV	BIL kV
300	750	1.50	850 o 950
	850	1.50	950 o 1050
362	850	1.50	950 o 1050
	950	1.50	1050 o 1175
420	850	1.60	1050 o 1175
	950	1.50	1175 o 1300
	1050	1.50	1300 o 1425
550	950	1.70	1175 o 1300
	1050	1.60	1300 o 1425
	1175	1.50	1425 o 1550
800	1300	1.70	1675 o 1800
	1425	1.70	1800 o 1950
	1550	1.60	1950 o 2100

Fuente: Ref. 3.

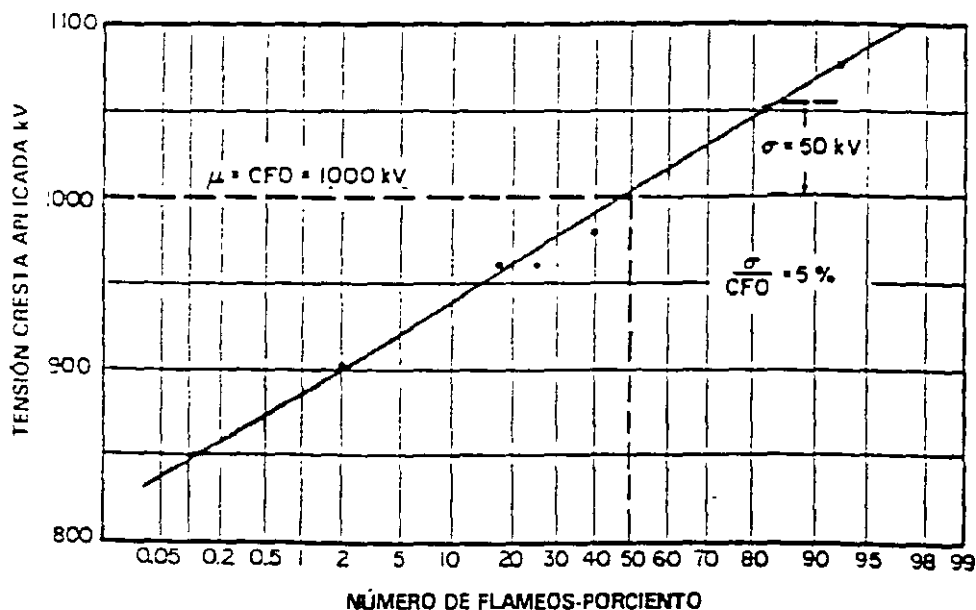


Figura 7. Característica de la rigidez del aislamiento trazada en papel probalístico Gaussiano

Debe notarse y cuestionarse, que la distribución acumulada Gaussiana supone que la característica del aislamiento no está limitada a la izquierda. Desde luego, esto no es cierto, ya que existe una tensión a la cual la probabilidad de flameo es cero. Sin embargo, la característica del aislamiento parece válida a aproximadamente 4 desviaciones estándar abajo del CFO, lo cual es adecuado para todas las aplicaciones. Recientemente, se ha sugerido la distribución de Weibull en lugar de la distribución Gaussiana ya que puede ser limitada a la izquierda. Sin embargo, todos los datos disponibles se han obtenido utilizando la distribución Gaussiana y existen hasta ahora pocas razones para cambiarla.

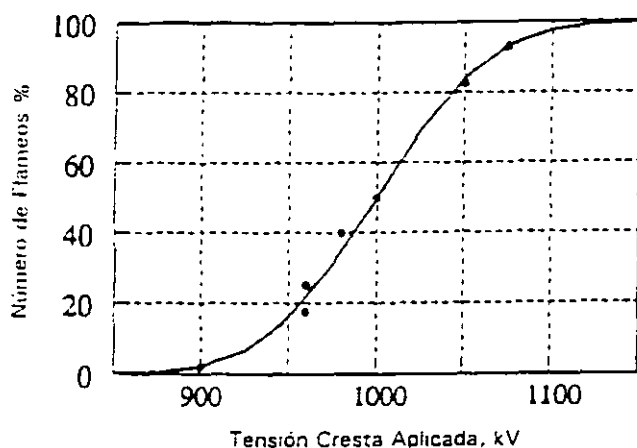


Figura 8. Datos Graficados en papel lineal

En teoría se pueden realizar estos tipos de pruebas para el aislamientos no autorecuperable. Sin embargo, cada flameo o falla resulta en la destrucción de la muestra bajo prueba. Así, la muestra debe reemplazarse y por lo tanto la subposición de que todas las muestras probadas son idénticas. Por lo tanto, el empleo de esta técnica para aislamientos no autorecuperables, está limitada exclusivamente a pruebas prototipo de investigación.

El número de disparos o aplicaciones de la tensión para cada punto, es una función del porcentaje de flameo o probabilidad de flameo resultante. Por ejemplo, utilizando el mismo número de disparos por punto, el nivel de confianza del punto correspondiente al 2% es mucho menor que el correspondiente al 50%. Por lo tanto, el número de disparos utilizado para baja o alta probabilidad es generalmente mucho mayor que para en el rango de 35% a 65%. Frecuentemente se usan de 20 a 40 disparos para el rango de 35% a 65% y 100 a 200 disparos por punto fuera de este rango.

Como se mencionó previamente, este tipo de pruebas se realiza normalmente solo para impulsos de maniobra. La prueba limitada para impulso de rayo indica que σ_1/CFO es mucho menor que para impulsos de maniobra, estando en el rango de 2% a 3%.

3.8 CFO

En muchos casos, el investigador solo desea obtener el CFO. Esto es cierto especialmente cuando se prueba con impulsos de rayo. El procedimiento empleado se llama el *método "up and down"*:

1. Se estima el CFO y se aplica un impulso. Si se presenta flameo, se disminuye la tensión en aproximadamente un 3%. Si no ocurre un flameo, se incrementa la tensión en aproximadamente un 3%. Si con la aplicación de esta tensión se presenta un flameo se disminuye la tensión en 3% o si no se presenta flameo se aumenta la tensión en 3%.
2. Se continua por aproximadamente 50 disparos. Se descartan los disparos hasta antes de que ocurra el primer flameo. El CFO es la tensión aplicada promedio utilizada en los disparos no descartados.

Este método up and down se puede utilizar también en una forma modificada para determinar un punto de baja probabilidad, por ejemplo, considere la prueba siguiente:

1. Se aplican 4 disparos. Denotaremos F para el flameo y N para el no flameo.
2. Si se presentan NNNN, se aumenta la tensión en 3%.
3. Si ocurre F en el primer disparo o en cualquier otro, e inmediatamente que ocurra, se disminuya la tensión en 3%. Así, si ocurre F, NF, NNF o NNNF, se disminuye la tensión.
4. Continúe por 50 o 100 pruebas.

La probabilidad de incrementar la tensión es $(1-p)^4$, donde p es la probabilidad de flameo a una tensión específica. Por lo tanto, para un número grande de series de 4 disparos,

$$(1-p)^4 = 0,5 \quad \text{o} \quad p = 0,16 \quad (4)$$

Así, la tensión promedio aplicada, es el punto de probabilidad de flameo 16%. Se ha encontrado que este método tiene un nivel de confianza bajo y no se utiliza normalmente.

3.9 Pruebas con onda cortada o curvas v-t.

En general, adicionalmente a las pruebas para determinar el BIL, también se realizan pruebas de impulso de rayo cortado. El procedimiento de prueba consiste en aplicar un impulso de rayo normalizado cuyo valor de cresta exceda el BIL. Se coloca un gap en paralelo al equipo ajustado de tal manera que flamee a 2 o 3 μs , dependiendo de la tensión cresta aplicada. El equipo deberá "aguantar" esta prueba, es decir, no debe ocurrir ningún flameo o falla. En los transformadores de potencia se aplica un impulso que tenga una tensión cresta de 1,10 veces el BIL, el cual se corta a 3 μs . Para transformadores de distribución, la tensión cresta es de mínimo 1,15 veces el BIL y el tiempo al corte varía de 1 a 3 μs . Para un interruptor, se usan dos tipos de prueba con onda cortada: (1) 1,29 veces el BIL, cortado a 2 μs y (2) 1,15 veces el BIL cortado a 3 μs . Las boquillas deben aguantar una onda cortada igual a 1,15 veces el BIL, cortada a 3 μs .

Estas pruebas solo están especificadas en las normas ANSI pero no en las IEC. Originalmente, la base para las pruebas fue que una onda cortada podría incidir en los equipos a causa de un flameo de algún otro aislamiento de la subestación por ejemplo, un aislador soporte. Hoy en día este escenario no parece válido, sin embargo, la prueba es severa en el caso del aislamiento entre espiras de un transformador, debido a la rapidez del corte y de la caída de la tensión a cero en este tipo de aislamiento, pero es considerada excelente en el caso de transformadores utilizado en subestaciones aisladas en gas (GIS), ya que ahí se pueden generar sobretensiones de frente muy rápido durante maniobras de desconexión de los interruptores. Adicionalmente, estas pruebas de onda cortada proporcionan una indicación de que el nivel de aislamiento a impulsos

de duración corta sea mayor que el BIL. Las pruebas también se utilizan en la evaluación del CFO para impulsos que no tienen formas de onda normalizadas. Adicionalmente, la rigidez a onda cortada a $2 \mu s$, se usa para evaluar la necesidad de protección del "interruptor abierto".

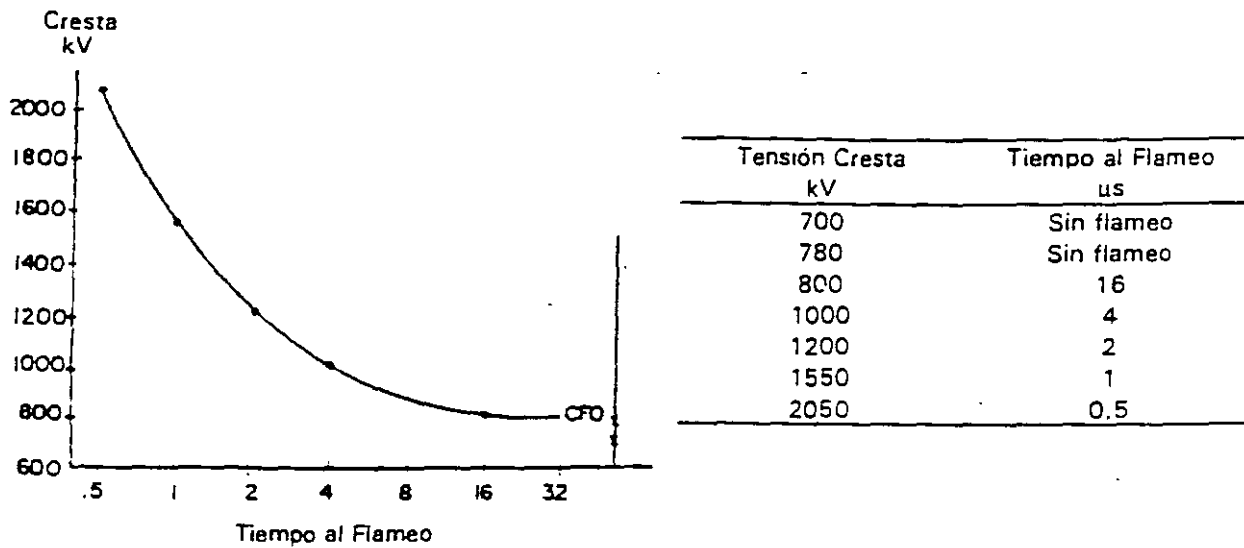


Figura 9. Ejemplo de curva Tensión-Tiempo

Para establecer más completamente el nivel de aislamiento para corta duración, se puede obtener una curva tensión-tiempo. Estas curvas son obtenidas universalmente usando la forma de onda de impulso de rayo normalizada y solo se prueba de esta manera el aislamiento autorecuperable. El procedimiento es simplemente aplicar mayores magnitudes de tensión y registrar el tiempo al flameo, por ejemplo los resultados de prueba mostrados en la figura 9. Los resultados se grafican normalmente en papel semi-logarítmico como se ilustra en la figura. Nótese que la curva tiende a aplanarse a aproximadamente $16 \mu s$. El valor asintótico es igual al CFO, es decir, para aislamientos en aire, el CFO ocurre a aproximadamente un tiempo al flameo de $16 \mu s$. Otros tiempos al flameo pueden exceder dicho tiempo, pero la tensión cresta es aproximadamente igual a la correspondiente para el punto de $16 \mu s$ correspondiente al CFO (los datos de la figura 9 no son típicos ya que normalmente se presentan datos más dispersos. Curvas tensión-tiempo se presentarán en el capítulo 2).

4 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS NO NORMALIZADAS

BIL's Y BLS's están especificados para condiciones atmosféricas normalizadas, sin embargo, las condiciones atmosféricas en el laboratorio raramente son las normalizadas. Por lo tanto, se necesitan factores de corrección para determinar la tensión cresta del impulso que debe aplicarse de manera que se validen el BIL y el BSL a condiciones normalizadas. Para profundizar, considérese que en un laboratorio existen condiciones atmosféricas no normalizadas. Para establecer el BIL, es decir, la tensión cresta a aplicar, la cual debe ser igual al BIL a condiciones normalizadas, se debe incrementar o disminuir de manera que a condiciones normalizadas la tensión cresta pueda ser igual al BIL. De manera opuesta, para la coordinación de aislamiento, se conoce el BIL, el BSL o el CFO para condiciones no normalizadas, en donde se construirá la línea o la subestación, por lo que se necesita un método para obtener el BIL, BBSL o CFO a

condiciones normalizadas. En un artículo reciente [3], se sugieren factores de corrección nuevos y mejorados, los cuales están basados en pruebas a nivel de mar (Italia) y comparadas con pruebas a 1540 metros en Sudáfrica y a 1800 metros en México. Denotando la tensión medida a condiciones no normalizadas como V_A y la tensión a condiciones normalizadas como V_S , la ecuación sugerida y adoptada posteriormente en IEC 42 es

$$V_A = \delta^m H_C^w V_S \quad (5)$$

Donde δ es la densidad relativa del aire, H_C el factor de corrección por humedad, m y w son constantes dependientes del factor G_0 el cual está definido como

$$G_0 = \frac{CFO_S}{500S} \quad (6)$$

Donde S es la distancia de flameo o claro en metros y CFO_S es el CFO a condiciones normalizadas.

Por definición, la ecuación 5 puede ser escrita en términos del CFO, BIL o BSL, es decir

$$\begin{aligned} CFO_A &= \delta^m H_C^w CFO_S \\ BIL_A &= \delta^m H_C^w BIL_S \\ BSL_A &= \delta^m H_C^w BSL_S \end{aligned} \quad (7)$$

El factor de corrección por humedad, de acuerdo a la figura, está dado por la ecuación

$$H_C = 1 + 0.0096 \left[\frac{H}{\delta} - 11 \right] \quad (8)$$

donde H es la humedad absoluta en gramos por litro. Para condiciones en húmedo o lluvia artificial, $H_C = 1.0$. Los valores de m y w se pueden obtener de la figura 11 o de la tabla 10.

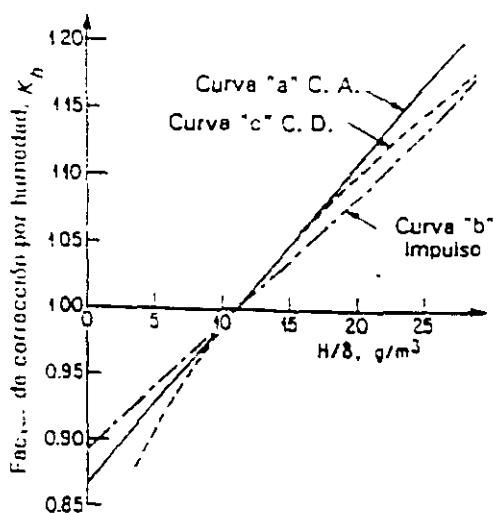


Figura 10. Factores de Corrección por humedad (D. R. IEEE 1989[13])

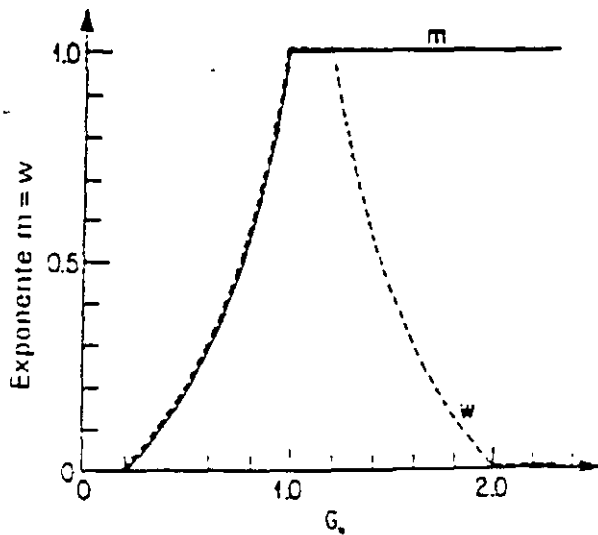


Figura 11. Valores de m y w (D. R. 1989 IEEE [13])

Impulso de rayo

Para impulsos de rayo, G_o está entre 1,0 y 1,2, por lo tanto

$$\begin{aligned}
 V_A &= \delta H_C V_S \\
 CFO_A &= \delta H_C CFO_S \\
 BIL_A &= \delta H_C BIL_S
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

En el diseño o selección del nivel de aislamiento, se suponen condiciones de lluvia y por lo tanto $H_c = 1,0$ de manera que para diseño

$$\begin{aligned}
 V_A &= \delta V_S \\
 CFO_A &= \delta (CFO_S) \\
 BIL_A &= \delta (BIL_S)
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

Impulso de maniobra

Para impulsos de maniobra, G_o está entre 0,2 y 1, por lo tanto

$$m = w = 1,25 G_o (G_o - 0,2)
 \tag{11}$$

Tabla 10 Valores de m y w

G_o	m	w
$G_o < 0.2$	0	0
$0.2 < G_o < 1.0$	$m = w = 1,25G_o(G_o - 0.2)$	
$1.0 < G_o < 1.2$	1	1
$1.2 < G_o < 2.0$	1	$w = 1,25G_o(G_o - 0.2)(2 - G_o)$
$G_o > 2.0$	1	0

Para condiciones de seco

$$V_A = (\delta H_C)^m V_S \quad (12)$$

Sin embargo, en la prueba de equipo, el BSL siempre está definido para las condiciones de húmedo o lluvia. Asimismo, en el diseño para sobretensiones de maniobra, se suponen condiciones de húmedo o lluvia, $H_C = 1$ por lo tanto:

$$\begin{aligned} V_A &= \delta^m V_S \\ CFO_A &= \delta^m CFO_S \\ BIL_A &= \delta^m BIL_S \end{aligned} \quad (13)$$

El único factor que permanece en las ecuaciones para la corrección anteriores es la densidad relativa del aire, la cual está definida como

$$\delta = \frac{PT_0}{P_0T} \quad (14)$$

donde P_0 y T_0 son la presión y temperatura normalizadas con la temperatura en grados Kelvin, es decir, grados centígrados más 273, P y T son la presión y la temperatura ambiente. La humedad absoluta se obtiene de las lecturas de la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo; ver IEEE Estándar 4.

De la ecuación (14), ya que la densidad relativa del aire es una función de la presión y la temperatura, es también una función de la altitud. A cualquier altitud específica, la presión del aire y la temperatura y por lo tanto la densidad del aire, no son constantes sino que varían con el tiempo. Un estudio reciente [14] utilizó las variaciones horarias de 10 estaciones climatológicas por un periodo de 10 a 16 años para examinar la distribución de la estadística del clima. La altitud máxima fue la del aeropuerto de Denver a 1610 metros (5282 pies). Las estadísticas se separaron en tres clases; tormentas, no tormentas y buen clima. Los resultados del estudio mostraron que la variación de la temperatura, la humedad absoluta, la corrección por humedad y por densidad relativa del aire se pueden aproximar a una distribución Gaussiana, más aún, la variación del producto del factor de corrección por humedad y por densidad relativa del aire δH_C se puede también aproximar a una distribución Gaussiana.

El autor de la referencia [14] realizó la regresión del valor medio de la densidad relativa del aire δ y del valor medio de δH_c contra la altitud. Seleccionó una ecuación lineal como un modelo apropiado y encontró las ecuaciones de la tabla 11. Sin embargo, en retrospectiva la ecuación lineal es de alguna manera no satisfactoria ya que muestra que la densidad relativa del aire puede ser negativa o más prácticamente, la ecuación lineal se debe limitar a altitudes de aproximadamente 2 km. Una ecuación de regresión más satisfactoria es de la forma exponencial, la cual aproxima a δ asintóticamente. Re-analizando los datos, las formas exponenciales de las ecuaciones se incluyen también en la tabla 11.

Estas ecuaciones pueden ser comparadas con las ecuaciones sugeridas en la norma 71,2 de la IEC la cual es

$$\delta = e^{-A/8,15} \quad (15)$$

Tabla 11 Ecuaciones de regresión. A en km.

Estadística	Ecuación lineal para el valor medio	Ecuación exponencial para el valor medio	Desviación estándar promedio
Densidad relativa del aire δ			
Tormenta	0,997-0,106A	1,000e ^{-A/8,59}	0,019
No tormenta	1,025-0,090A	1,025e ^{-A/9,92}	0,028
Buen clima	1,023-0,103A	1,030e ^{-A/8,65}	0,037
δH_c			
Tormenta	1,035-0,147A	1,034e ^{-A/8,22}	0,025
No tormenta	1,023-0,122A	1,017e ^{-A/8,00}	0,031
Buen clima	1,025-0,132A	1,013e ^{-A/7,06}	0,034

Se puede utilizar cualquier forma de ecuación de la tabla 11, aunque la forma lineal debe restringirse a altitudes menores de aproximadamente 2 km. La forma exponencial es más satisfactoria ya que parece ser un mejor modelo.

No solamente el CFO, BIL y BSL son alterados por la altitud, sino que también la desviación estándar σ_f . Hagamos x igual a δH_c ; el coeficiente de variación (σ_f/CFO) es

$$\left(\frac{\sigma_f}{\text{CFO}} \right) = \sqrt{\left(\frac{\sigma_f}{\text{CFO}} \right)^2 + \left(\frac{m\sigma_x}{\mu_x} \right)^2} \quad (16)$$

Considerando que para sobretensiones de maniobra, el diseño normal es para condiciones de húmedo, es aplicable la ecuación (13), con la media dada por la primera ecuación de la tabla 11, donde la desviación estándar promedio es 0,019. Para una distancia de flama S de 2 a 6 metros, a una altitud de 0 a 4 km., el nuevo coeficiente modificado de variación se incrementa entre 5,1 a 5,3% considerando un σ_f/CFO original de 5%. Para buen clima, es aplicable la ecuación 12 y la última ecuación de la tabla 11 se usa conjuntamente con la desviación estándar de 0,034. Para las mismas condiciones anteriores, el nuevo coeficiente de variación está entre 5,4 a 5,8%. Considerando los resultados anteriores, parece justificado el uso de 5% aún a pesar de la precisión de la medición de la desviación estándar y que el 5% es un valor conservador para el aislamiento de torres, es decir, el coeficiente de variación esencialmente permanece sin cambio con la altitud.

En resumen, para propósitos de coordinación de aislamiento, el diseño se realiza para condiciones de húmedo. Se sugieren las siguientes ecuaciones:

(1) Para rayo

$$\begin{aligned} BIL_A &= \delta(BIL_S) \\ CFO_A &= \delta(CFO_S) \end{aligned} \quad (17)$$

(2) Para sobretensiones de maniobra

$$\begin{aligned} BSL_A &= \delta^m(BSL_S) \\ CFO_A &= \delta^m(CFO_S) \end{aligned}$$

ya sea $\delta = 0.997 - 1.06 A$ o $\delta = e^{-0.004178.61}$ (18)

$$m = 1.25G_0(G_0 - 0.2)$$

$$G_0 = \frac{CFO_S}{500S}$$

Donde el subíndice S está referido a condiciones atmosféricas normalizadas y el subíndice A es el nivel de aislamiento a una altitud A en km. Algunos ejemplos pueden aclarar el procedimiento.

Ejemplo 1. Un desconectador se probará a su BIL de 1300 kV y su BSL de 1050 kV. En el laboratorio, la densidad relativa del aire es 0,90 y la humedad absoluta es 14 g/m^3 , por lo tanto, el factor de corrección por humedad es 1,0437. De acuerdo a las normas, la prueba para el BIL es a condiciones en seco y la prueba del BSL es para condiciones de húmedo. El σ_f/CFO es 0,07. Por lo tanto, la tensión aplicada para el BIL es

$$BIL_A = (\delta H_0) BIL_S = 1221 \text{ kV} \quad (19)$$

Por lo anterior, para probar el BIL de 1300 kV, la cresta del impulso debe ser de 1221 kV. Para probar el BSL, supongamos que la distancia de flameo es S igual a 3,5 m, por lo tanto

$$BSL_A = \delta^m BSL_S$$

$$CFO_S = \frac{BIL_S}{1 - \frac{1.28\sigma_f}{CFO_S}} = 1153 \text{ kV}$$

$$G_0 = \frac{CFO_S}{500S} = 0,6591 \quad (20)$$

$$m = 1.25G_0(G_0 - 0.2) = 0,3782$$

$$BSL_A = 0.90^{0.3782} (1050) = 1009 \text{ kV}$$

por lo que para la prueba de un BSL de 1050 kV, la cresta del impulso debe ser de 1009 kV.

Ocurre un problema interesante si en este ejemplo se considera una boquilla con un BIL de la porcelana y del aislamiento interno iguales de 1300 kV y un BSL de 1050 kV iguales también. Mientras que las tensiones determinadas anteriormente pueden ser adecuadas para probar el aislamiento externo podrían no serlo para probar el aislamiento interno. No existe solución para este problema, excepto incrementando el BIL y el BSL del aislamiento de porcelana externo, de manera que se puedan probar ambos aislamientos, o bien, realizar la prueba en otro laboratorio que esté cerca del nivel de mar.

Ocurre un problema opuesto si la cubierta de la boquilla tiene el BIL y BSL mayores que el aislamiento interno y el laboratorio está a nivel de mar. En este caso, la cubierta de la boquilla no se puede probar a su BIL y BSL ya que el nivel de aislamiento interno es menor. La solución en este caso podría ser probar solamente la cubierta de la boquilla después de lo cual se probaría el aislamiento interno a su BIL y BSL.

Ejemplo 2. El CFO de polaridad positiva para impulso de maniobra a condiciones atmosféricas normalizadas es 1400 kV para una distancia de flameo de 4,0 metros. Determine el CFO para una altitud de 2000 metros donde $\delta = 0,7925$. Supóngase condiciones de humedad $H_c = 1$.

$$G_0 = \frac{1400}{4,0(500)} = 0,700$$

$$m = 1,25G_0(G_0 - 0,2) = 0,4375 \quad (21)$$

$$CFO_A = (1400)0,7925^{0,4375} = 1265 \text{ kV}$$

Ejemplo 3. Supóngase que el CFO, polaridad positiva, a condiciones atmosféricas normalizadas es igual a 2240 kV para una distancia de flameo de 4 metros. Supóngase también condiciones de humedad $H_c = 1$. Para una densidad relativa del aire de 0,7925 el CFO es

$$CFO_A = 0,7925(2240) = 1775 \text{ kV} \quad (22)$$

Ejemplo 4. A una altitud de 2000 metros, $d = 0,7925$ y el CFO positivo al impulso de maniobra en húmedo es 1265 kV para un espaciamiento de gap de 4 metros. Determinar el CFO_S. Este problema no se puede resolver directamente, ya que m es una función de G_0 y G_0 es una función del CFO normalizado. Por lo tanto, el CFO para condiciones normalizadas se debe determinar por iteración como se muestra en la tabla. Nótese que este es exactamente el problema opuesto al del ejemplo 2 y por lo tanto la respuesta de 1400 kV concuerda con él. Este ejemplo representa el problema típico de diseño. El CFO requerido se conoce para el lugar en donde se instalará la línea o la subestación, por ejemplo, 2000 metros. El problema es determinar el CFO a condiciones normalizadas. Alternativamente, el BIL y el BSL requeridos se conocen a la altitud de la subestación y el BIL y BSL que se debe especificar debe determinarse a condiciones normalizadas.

CFO _s Supuesto. kV	G ₀	m	δ ^m	CFO _s = 1265! δ ^m
1300	0.650	0.3656	0.9185	1377
1377	0.689	0.4204	0.9069	1395
1395	0.698	0.4338	0.9040	1399
1399	0.700	0.4368	0.9034	1400
1400	0.700	0.4375	0.9033	1400

5 GENERACIÓN DE TENSIONES EN EL LABORATORIO

Los impulsos de rayo se generan utilizando un generador Marx como se muestra esquemáticamente en la figura 12. El mismo generador se utiliza para generar impulsos de maniobra excepto en la antigua URSS en donde los impulsos de maniobra se generan con la descarga de un capacitor en el lado de baja tensión d un transformador.

El Generador Marx consiste de varios pasos, cada uno de los cuales consiste de dos resistencias de carga R_c , un capacitor C_s y una resistencia serie R_s . Se alimenta con una tensión de CD controlable del lado de CA de un transformador. El circuito de carga de la figura 13, muestra que el papel de las resistencias de carga es el de limitar la corriente de inrush de los capacitores. La polaridad del impulso resultante se cambia invirtiendo los cables de conexión a los capacitores.

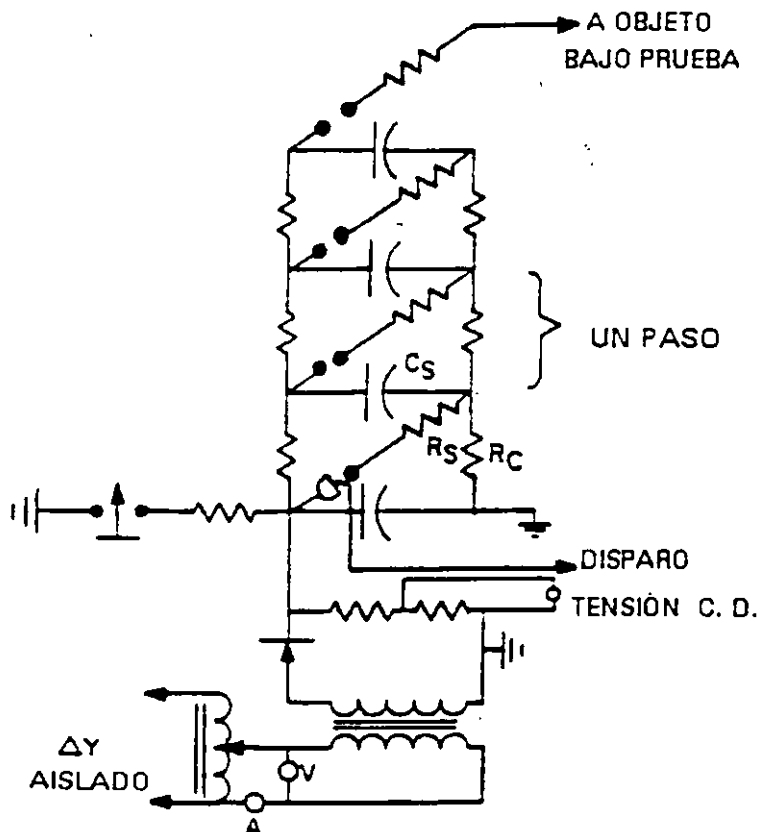


Figura 12. El Generador de Impulso Tipo Marx

Después de que se han cargado los capacitores, esencialmente a la misma tensión, el generador se dispara por medio de un trigatron. Se aplica un impulso pequeño al trigatron el cual dispara o descarga el primer gap, es decir, el de mas abajo. En la figura 14 se muestra este circuito de descarga, despreciando por el momento las resistencias de carga de valor ohmico alto. Para ilustrar este procedimiento, supóngase que los capacitores se cargan a 100 kV. Si el gap 1 descarga, la tensión en el gap 2 es aproximadamente 200 kV, es decir, el doble de la tensión normal a través del gap. Suponiendo que esta tensión doble es suficiente para causar una descarga, aparecerán 300 kV a través del gap 3, lo cual provoca que se establezcan 400 kV a través del gap 4. De esta manera la descarga en cascada de todo el circuito conecta a los capacitores en serie, produciendo una tensión que es aproximadamente el producto del número de pasos y la tensión de carga.

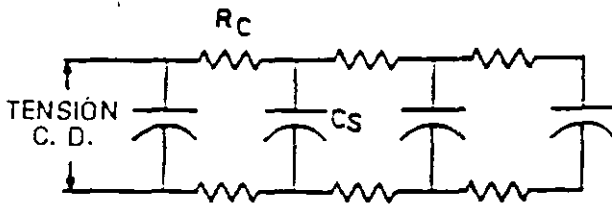


Figura 13. El circuito de carga

El circuito equivalente simplificado del circuito de descarga se muestra en la figura 15, en donde n es el número de pasos y L es la inductancia inherente del generador. El capacitor C_s representa la capacitancia del objeto bajo prueba y el divisor de tensión se representa ya sea por medio de un divisor resistivo puro R_D , el cual se puede usar para medir impulsos de rayo o por medio de un divisor capacitivo C_D , el cual puede ser utilizado para medir impulsos de maniobra.

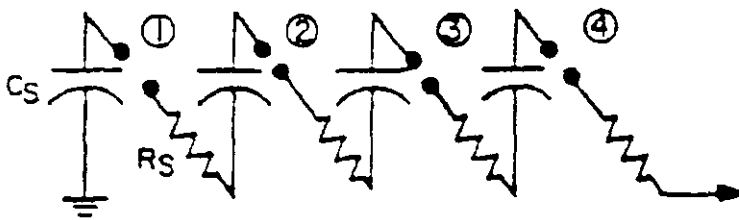


Figura 14. El Circuito de descarga

Primeramente, examinemos el circuito equivalente utilizando el divisor resistivo y suponiendo que la inductancia es cero. El valor de $n R_c/2$ y R_D son mucho mayores que $n R_s$. Por lo tanto, el circuito para describir la descarga inicial es simplemente un circuito RC como se ilustra en la figura 16. La tensión a través del objeto bajo prueba E_0 está dada por la ecuación

$$E_0 = \frac{C_s}{C_b + \left(\frac{C_s}{n}\right)} E(1 - e^{-t/\alpha}) \quad (23)$$

donde

$$(24) \quad \alpha = \frac{R_s C_b C_s}{C_b + \left(\frac{C_s}{n}\right)}$$

Lo cual ilustra que la forma del frente es de forma exponencial y está controlada principalmente por las resistencias serie del circuito.

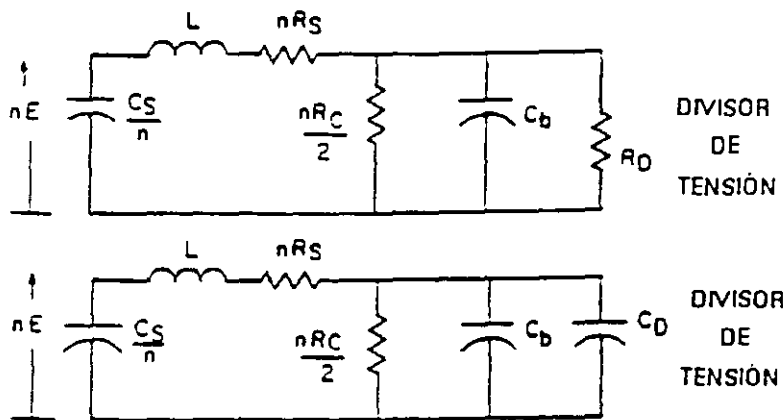


Figura 15. Circuito de descarga equivalente

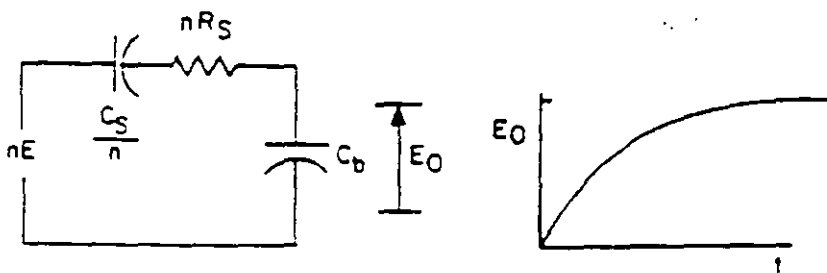


Figura 16. Circuito de descarga simplificado y Tensión Inicial

La cola del impulso, también de forma exponencial, ocurre por la acción de la descarga de la capacitancia a través de la resistencia del divisor de tensión y de la resistencia de carga $n R_c/2$. Despreciando la inductancia, la tensión a través del objeto bajo prueba tiene la forma llamada doble exponencial, es decir,

$$E_0 = A(e^{-at} - e^{-bt}) \quad (25)$$

El análisis del circuito inferior de la figura 15 con el divisor capacitivo, es similar en naturaleza al circuito anterior, excepto que la cola del impulso es mas larga.

La inductancia del generador y cualquier inductancia de las conexiones entre el generador y el objeto bajo prueba, pueden originar oscilaciones en el frente de la onda si nR_s es pequeño, por lo tanto, cuando se intenta producir ondas con frentes cortos, se ajusta nR_s para minimizar las oscilaciones.

Las resistencias serie pueden complementarse con resistencias externas al generador, para producir frentes de onda largos, es decir, impulsos de maniobra.

En el antiguo laboratorio de Westinghouse en Trafford, PA, el generador de impulso tipo intemperie tenía las siguientes constantes: 31 pasos, 200 kV por paso, $C_s = 0,25 \mu\text{F}$, $L = 200 \mu\text{H}$ y $R_s = 40 \text{k}\Omega$, el cual producía una tensión máxima en vacío de 6200 kV y una energía de 165 kJ.

Para obtener un frente de $1,2 \mu\text{s}$ y un tiempo al valor medio de $50 \mu\text{s}$, nR_s se ajustaba a aproximadamente 400Ω . La tabla 12, ilustra la resistencia total nR_s requerida para otros frentes. La eficiencia del generador es la cresta de la tensión de salida dividida por la tensión en vacío nE . Como se observa en la tabla 12, la eficiencia disminuye suavemente para frentes largos.

Tabla 12 Resistencias serie requeridas v Eficiencia del Generador

Frente μs	Resistencia interna, Ω	Resistencia Externa Ω	Eficiencia del Generador, %
10	930	0	80
150	15.275	0	77
630	116.250	0	66
1200	116.250	150.000	59

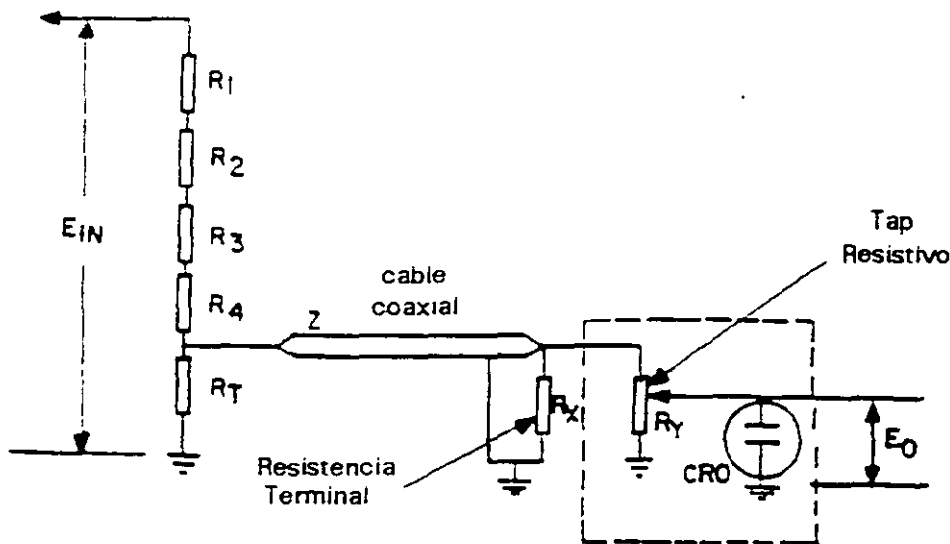


Figura 17. Divisor y Circuito de medición para Impulso de rayo

Las tensiones de impulso se miden con un divisor de tensión, el cual reduce la tensión a un nivel medible. Para impulsos de rayo, se utiliza normalmente un divisor resistivo. La resistencia de este divisor en combinación con las resistencias de carga, producen una cola de 50 μ s. El divisor de tensión y el circuito de medición se muestran en la figura 17. La resistencia R_x se acopla a la impedancia del cable para eliminar las reflexiones. La tensión a través de la resistencia terminal es

$$\frac{R_T Z}{R_T Z + R_s R_T + R_s Z} E_{IN} \quad (26)$$

Esta relación es llamada la relación de división, donde R_s es la suma de las resistencias $R_1, R_2, R_3,$ etc. o la resistencia de la unidad superior del divisor. La tensión que llega al osciloscopio se varía con el tap resistivo.

Para medir impulsos de maniobra, se utiliza un divisor capacitivo, con lo que se disminuye la carga al generador. En este caso, el cable coaxial no tiene terminación. La capacitancia del cable se agrega a la capacitancia de la unidad inferior del divisor para determinar la relación de división.

Frecuentemente, se utiliza otro tipo de divisor para medir tanto impulsos de rayo, de maniobra así como tensiones a la frecuencia del sistema. Este divisor RC, consiste de resistencias y capacitancias en serie. Las resistencias para mediciones de alta frecuencia y los capacitores para mediciones de baja frecuencia.

6 OTROS PUNTOS IMPORTANTES

6.1 Impulso de corriente normalizado

Los impulsos de corriente se utilizan para probar apartarrayos para determinar su tensión de descarga y su durabilidad. Las formas de onda son 8/20 μ s y 4/10 μ s. Los frentes se determinan de manera similar que para los impulsos de rayo, excepto que se usan los puntos al 10% y al 90% [15].

6.2 Normas de equipo y efectos de la altitud

Todas las normas de equipos establecen que el equipo mantiene su rigidez dieléctrica hasta altitudes de 1000 metros, sin embargo, las pruebas especificadas por estas normas, requieren que el BIL y el BSL se den a condiciones de nivel de mar, esto es, no se especifica un incremento en el BIL o en el BSL para 1000 metros, por lo tanto, se concluye que lo establecido en las normas de equipo concerniente a la altitud es incorrecto y que el BIL y el BSL disminuyen a 1000 metros.

7 RESÚMEN

7.1 BIL/BSL

1. El BIL y el BSL están definidos por

- (1.) Las condiciones atmosféricas normalizadas, es decir, nivel de mar, densidad relativa del aire $\delta = 1$.
- (2.) Formas de onda de impulso de rayo e impulso de maniobra normalizadas, 1,2/50 μ s y 250/2500 μ s respectivamente.

2. El BIL y el BSL son iguales al valor cresta del impulso normalizado.

3. El BIL está definido para condiciones en seco.

4. El BSL está definido para condiciones de lluvia.

5. Hay dos tipos de BIL y de BSL:

- (1.) Estadístico: La probabilidad de flameo o falla es 10% para un solo impulso aplicado. Se utiliza para aislamiento autorecuperable. El BIL o el BSL están a 1,28 veces la desviación estándar abajo del CFO, es decir:

$$BSL = CFO \left(1 - 1,28 \frac{\sigma_f}{CFO} \right)$$
$$BIL = CFO \left(1 - 1,28 \frac{\sigma_f}{CFO} \right) \quad (27)$$

- (2.) Convencional: El aislamiento debe aguantar de una a tres aplicaciones de un impulso cuya cresta es igual al BIL o al BSL. Utilizado principalmente para aislamientos no autorecuperables. La característica probabilística del aislamiento no se conoce.

6. Las pruebas para establecer el BIL o el BSL estadísticos son las series de pruebas (1) 3 + 3, (2) 3 + 9, (3) 2/15. La prueba 2/15 es una prueba de IEC y es la mejor. La prueba 3 + 3 es la prueba IEEE para interruptores y es la peor; la prueba 3 + 9 es una prueba compuesta.

7.2 CFO y σ_f/CFO

1. El CFO está definido universalmente a condiciones atmosféricas normalizadas.
2. La característica de la rigidez del aislamiento para aislamientos autorecuperables puede aproximarse a una distribución acumulada Gaussiana la cual tiene una media definida como el CFO y un coeficiente de variación σ_f/CFO .
3. Se pueden realizar pruebas para obtener la característica completa o solamente el CFO.
4. Estas pruebas se utilizan principalmente para establecer el CFO al impulso de maniobra, de gaps en aire o aislamientos de porcelana como una función de la distancia de flameo y otras variables.

5. El coeficiente de variación es diferente para impulsos de rayo y maniobra. Para impulsos de maniobra es aproximadamente 5% para torres, 6% a 7% para aislamientos de subestaciones. Para impulsos de rayo es de aproximadamente de 2% a 3%.

7.3 Ondas cortadas

1. Un impulso de 1,2/50 μ s, cortado a un tiempo específico, se aplica a transformadores e interruptores. Estos equipos deben aguantar los siguientes impulsos: Para interruptores, 1,15 veces el BIL cortado a 3 μ s y 1,29 veces el BIL cortado a 2 μ s. Para transformadores de potencia, 1,10 veces el BIL cortado a 3 μ s. Para transformadores de distribución, aproximadamente 1,15 veces el BIL cortado de 1 a 3 μ s.
2. Las curvas tensión-tiempo se usan para verificar el aislamiento con impulsos de corta duración.

7.4 FACTORES DE CORRECCIÓN POR CONDICIONES ATMOSFÉRICAS

1. Con el subíndice A se denotará la rigidez a una altitud A en km o el nivel de aislamiento a condiciones atmosféricas no normalizadas y el subíndice S indicará el nivel de aislamiento a condiciones normalizadas

$$V_A = \delta^m H_C^w V_S \quad (28)$$

donde δ es la densidad relativa del aire y H_C es el factor de corrección por humedad, el cual es

$$H_C = 1 + 0,0096 \left[\frac{H}{\delta} - 11 \right] \quad (29)$$

donde H es la humedad absoluta en gramos de agua por litro de aire.

2. m y w son constantes que dependen de G_0 definido como

$$G_0 = \frac{CFO_S}{500S} \quad (30)$$

donde S es la distancia de flameo en metros.

3. Para condiciones de húmedo $H_C = 1$. Para el diseño de líneas y subestaciones se suponen condiciones de húmedo.
4. Utilizando los exponentes m y w , para diseño por descarga atmosférica

$$V_A = \delta V_S \quad (31)$$

5. Utilizando los exponentes m y w , para diseño por sobretensiones de maniobra

$$V_A = \delta^m V_S$$

$$m = w = 1,25 G_0 (G_0 - 0,2) \quad (32)$$

6. El valor medio de la densidad relativa del aire δ está relacionada con la altitud A en km, por medio de la ecuación

$$\delta = e^{-A/8.6} \quad (33)$$

o por la ecuación lineal

$$\delta = 0.997 - 0.106A \quad (34)$$

La última ecuación se limita a altitudes de 2 km y por lo tanto, la ecuación (33) es más adecuada. Ambas ecuaciones se refieren a condiciones de tormenta.

7. σ_1/CFO es ligeramente afectada por la altitud, sin embargo, puede ser despreciada. Solo se considera el valor medio de las ecuaciones (33) y (34).
8. V_s puede ser el BIL, el BSL o el CFO normalizados. V_A son las mismas cantidades anteriores a una altitud A .

8 REFERENCIAS

1. ANSI C92.1-1982, "Insulation Coordination," en revisión.
2. IEEE 1313.1 "IEEE Standard for Insulation Coordination, Principles and rules," 1996.
3. IEC Publication 71.1, "Insulation Coordination Part I, Definitions, Principles and Rules," 1993-12.
4. IEC Publication 60, "High Voltage Test Techniques" and IEEE 4-1978, "IEEE Standard Techniques for High-Voltage Testing,"
5. ANSI/IEEE C37.04-1979, "IEEE Standard Rating Structure for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical basis,"
6. IEC Publication 71.2, "Insulation Coordination Part II, Application Guide, 1996-12.
7. ANSI/IEEE C57.12.00-1987, "IEEE Standard General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power and Regulating Transformers,"
8. IEEE C37.12.14, "Trial Use Standard for Dielectric Test requirements for Power Transformers for Operation at System Voltages from 115 k through 230 kV,"
9. ANSI/IEEE C37.32-1972, "Schedules of Preferred Ratings Manufacturing Specifications, and Applications Guide for Air Switches, Bus Supports, and Switch Accessories,"
10. IEC Publication 517, "Gas Insulated Stations,"
11. ANSI/IEEE C37.122-1983, "IEEE Standard for Gas-Insulated Stations,"
12. AEIC C54-79, "Cables,"
13. C. Menemenlis, G. Carrara, and P. J. Lambeth, "Applications of Insulators to Withstand Switching surges I: Switching Impulse Insulation Strength," *IEEE Trans. on Power Delivery*, Jan. 1989, pp. 545-60
14. A. R. Hileman, "Weather and Its Effects on Air Insulation Specifications," *IEEE Trans. on PA&S*, Oct. 1984, pp. 3104-3116.
15. IEEE C62.11, "IEEE Standard for Metal-Oxide Surge Arresters for AC Power Circuits,"

9 PROBLEMAS

1. En un laboratorio de alta tensión, las condiciones atmosféricas ambiente en el instante de la prueba de un gap de 3-metros son $H_c = 14\text{g/m}^3$, temperatura = 15°C , presión = 600 mm H_g .
 - (A) Se determina que el CFO para un impulso de $1,2/50 \mu\text{s}$ en condiciones de seco es 1433 kV. Determinar el CFO a condiciones atmosféricas normalizadas.
 - (B) Lo mismo que en (A) excepto que el CFO en condiciones de seco para un impulso de $250/2500 \mu\text{s}$ es 1000 kV.
 - (C) Un aislador tipo poste tiene un BSL nominal de 1175 kV en condiciones de húmedo y una distancia de flameo de 4,23 metros. ¿Que magnitud de tensión se debe aplicar al aislador para probar el BSL nominal?.
 - (D) Lo mismo que en (C) excepto que el BSL es para el aislamiento interno de un transformador.
2. El BIL y el BSL nominales para una boquilla de transformador, tanto para la porcelana externa como para la parte interna de la boquilla son 1300 kV y 1050 kV respectivamente. Supónganse condiciones de seco para el BIL y de húmedo para el BSL. Determinar el BIL y el BSL de la boquilla a una altitud de 1500 metros. Supóngase que la distancia de flameo de la boquilla es 2,3 metros y que δ_i/CFO es 0,06 para impulsos de maniobra y 0,03 para impulsos de rayo. La densidad relativa del aire es 0,838 y $\delta H_c = 0,814$.
3. Supóngase que se utiliza un generador de impulso Trafford para generar un impulso de maniobra. Se utilizan todos los 31 pasos los cuales se cargan a 200 kV. Supóngase que la inductancia es cero y que la resistencia serie es de 400 W por paso. La combinación paralelo de la capacitancia del divisor de tensión y la capacitancia del objeto bajo prueba es 2000 pF.
 - (A) Determinar la tensión cresta, el tiempo de cresta y el tiempo al valor medio reales del impulso de maniobra.
 - (B) Determinar la eficiencia del generador.
 - (C) Calcular el tiempo de frente virtual si el impulso se supone de rayo.
 - (D) Utilice aproximaciones para calcular las constantes de tiempo de frente y de cola así como la eficiencia del generador. Compare los resultados con el valor calculado en (A). Muestre los dos circuitos.
4. Se ha sugerido utilizar la distribución Weibull en lugar de la distribución Gaussiana para aproximar la distribución de la rigidez, Utilizando la distribución Weibull de la forma

$$F(V) = p = 1 - e^{-\left(\frac{V - \alpha_0}{\alpha}\right)^{\beta}} \quad (35)$$

encontrar los parámetros suponiendo

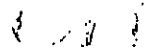
(1) $\rho = 0,5$ para $V = CFO$

(2) $\rho = 0$ para $V = CFO - 4\sigma$

(3) $\rho = 0,16$ para $V = CFO - \sigma$

(4)
$$z = \frac{V - CFO}{\sigma}$$

CAPÍTULO 2
CARACTERÍSTICAS DE LA RESISTENCIA
DE AISLAMIENTO



1. Introducción

La resistencia de aislamiento se describe por:

- ▶ *La resistencia dieléctrica de los aislamientos ante los esfuerzos de:*
 - ▶ Los impulsos de descargas atmosféricas (Rayo).
 - ▶ Los impulsos de maniobra de interruptores.
 - ▶ Las sobretensiones temporales a la frecuencia del sistema.
 - ▶ La tensión nominal a la frecuencia del sistema.

El propósito de este Capítulo es calcular las características de los aislamientos.

- ❖ Porcelana - aire, sometidos a impulsos de descarga atmosférica e impulsos de maniobra de interruptores.**
- ❖ Madera o fibra de vidrio en serie con los aislamientos porcelana - aire, sometidos a impulsos de rayo.**

Antes de la llegada de los sistemas de transmisión a 500 kV a principios de los años 1960's, la resistencia de aislamiento se definía únicamente por los impulsos de rayo y las tensiones a la frecuencia del sistema.

A partir de los sistemas de transmisión de 500 kV y aún para tensiones menores y desde luego para tensiones superiores, la resistencia de aislamiento también se evalúa con los impulsos de maniobra de interruptores.

2. Resistencia de aislamiento de los aislamientos de una torre de línea de transmisión ante los impulsos de maniobra de interruptores.

Para determinar la resistencia de aislamiento se realizaron pruebas experimentales en una torre simulada a escala 1 a 1 como se muestra en la figura 1.

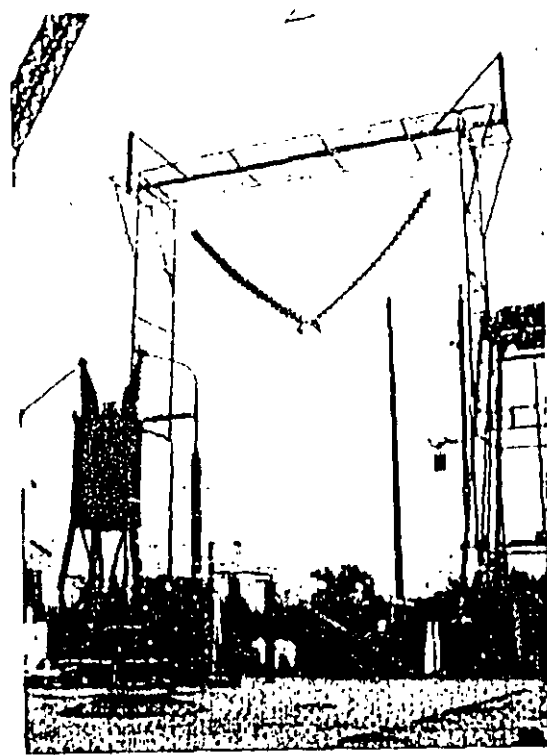


Figure 1 Tower test set-up.

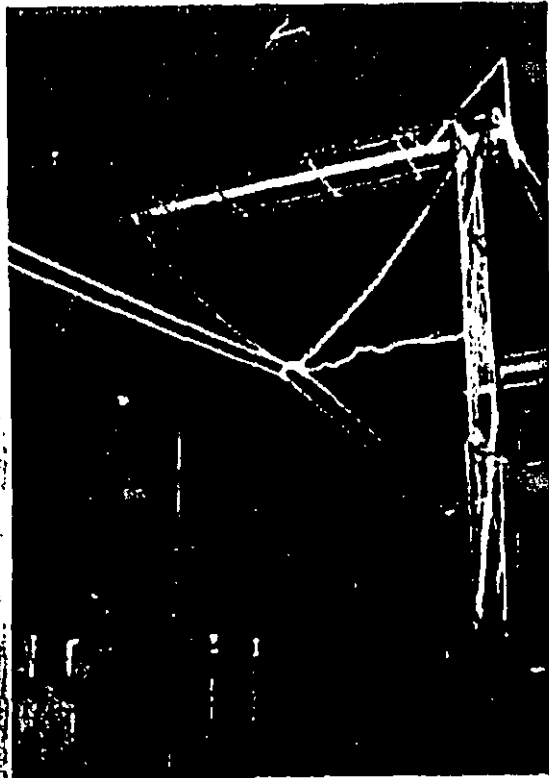


Figure 2 Switching impulse flashover.

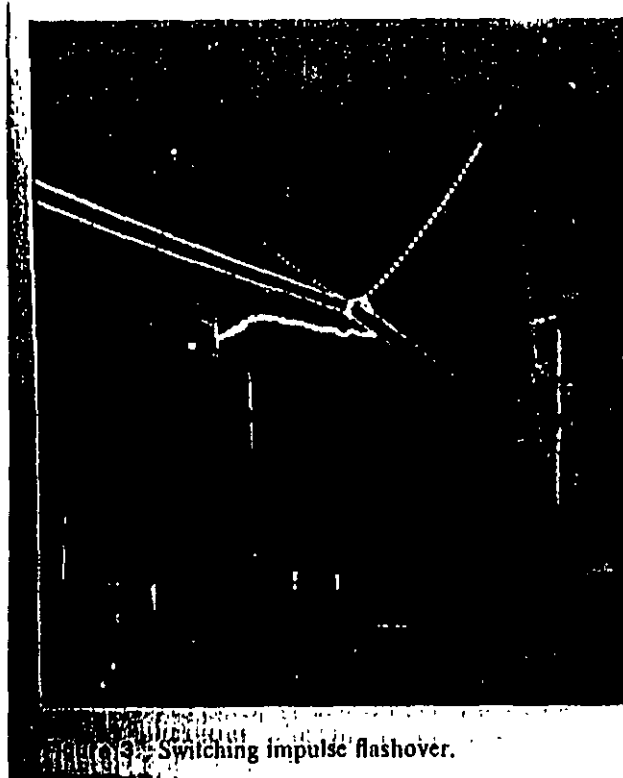


Figure 3 Switching impulse flashover.

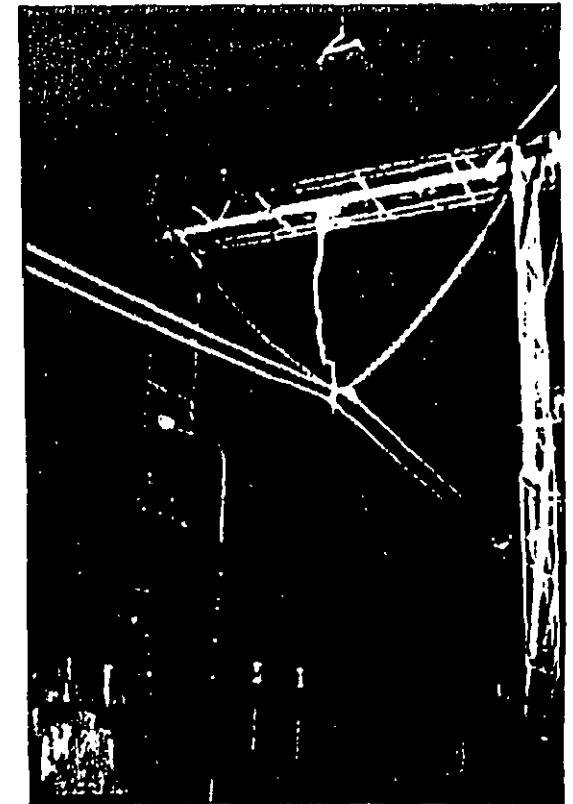


Figure 4 Switching impulse flashover.

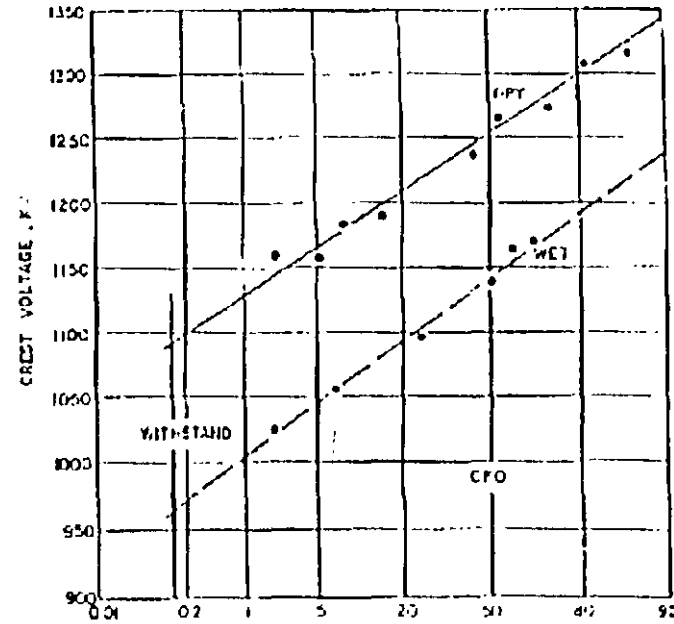
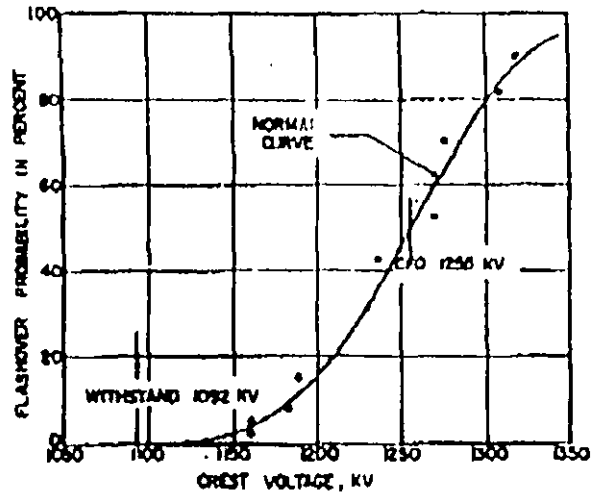


Figure 5 Switching impulse flashover.



Figure 6 Lightning impulse flashover.

De las pruebas experimentales de laboratorio se obtuvieron valores de voltajes de descarga contra la probabilidad de descarga disruptiva como se muestra en las figuras 7 y 8.



En la Fig. 8, que es una gráfica en papel probabilístico Gaussiano, se ve que la característica de la resistencia de aislamiento se puede aproximar; a una distribución Gaussiana teniendo un valor medio o 50% de probabilidad de descarga disruptiva, al cual se le llama Voltaje Crítico de Flameo VCF y por la desviación estándar σ ,

Usualmente la desviación estándar se expresa en unidad o por un porcentaje del VCF y se le conoce formalmente como coeficiente de variación.

En la práctica de la ingeniería los ingenieros pueden establecer un sigma de 5%, el cual se interpreta como el 5% del valor del VCF.

El voltaje de aguante o mejor dicho el “voltaje de aguante estadístico” se puede definir a partir de las pruebas experimentales con la expresión:

$$V_1 = VCF - 3\sigma_f = VCF \left(1 - 3 \frac{\sigma_f}{VCF} \right) \quad (1)$$

Donde: VCF = Tensión crítica de descarga disruptiva o Voltaje Crítico de Flameo.

σ_f = Desviación estandar de las descargas disruptivas.

Otra forma de expresarlo es:

$$p = F(V) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_f} \int_{-\infty}^V e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{V - VCF}{\sigma_f} \right)^2} dV \quad (2)$$

Donde p = probabilidad de descarga cuando se aplica una tensión V al aislamiento.

2.1 Frente de onda

En la figura 9 se presenta el efecto del frente de onda o tiempo de cresta, sobre el VCF para una configuración con 5 m de distancia de descarga

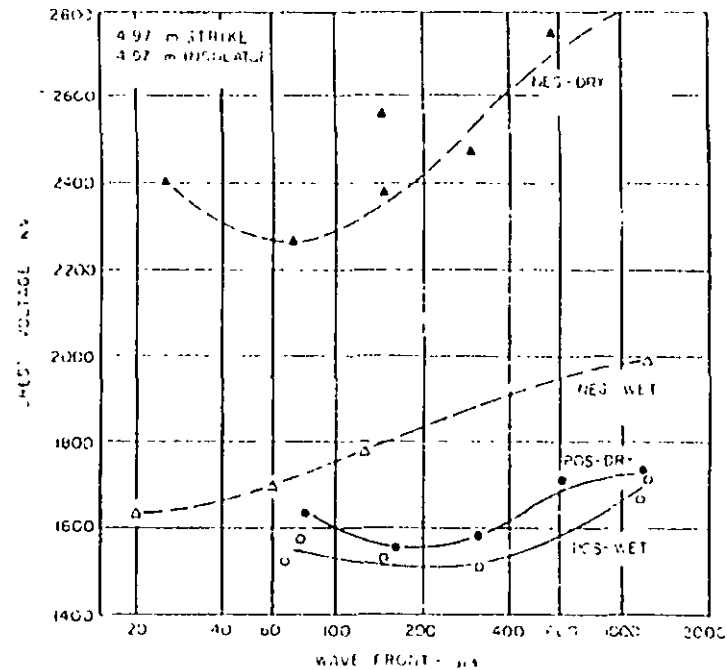


Figura 9 Effect of wave front on the CTO [11]

También en la figura 9 se muestran los resultados experimentales para condiciones en seco y en húmedo, así como los correspondientes para ondas de polaridad positiva y polaridad negativa.

Se observa que las curvas tienen la forma de U y que existe un valor de tiempo de frente de la onda de impulso de maniobra que produce un valor menor de descarga disruptiva.

A este valor se le conoce como FOC (Frente de Onda Crítico).

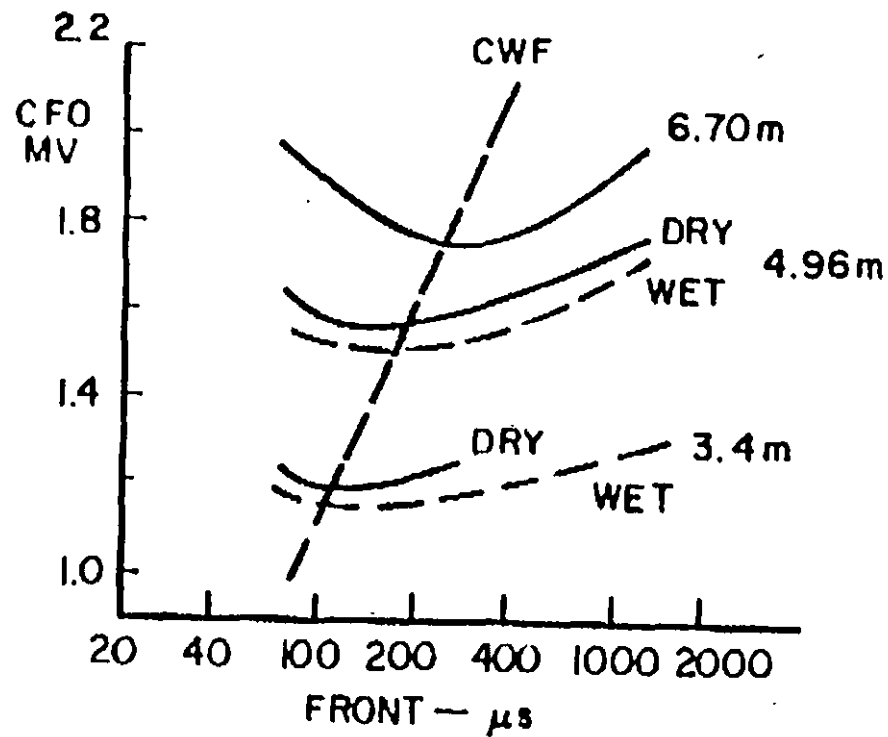
Se observa también que en condiciones en húmedo el VCF decrece más para polaridad negativa que para la polaridad positiva.

De los resultados experimentales de laboratorio, para el diseño de torres, la resistencia de aislamiento para polaridad negativa (tanto en seco como en húmedo) es muy superior a la resistencia de aislamiento para ondas de impulso de maniobra de interruptores de polaridad positiva (tanto para seco como para húmedo).

“Únicamente se considera la polaridad positiva para el diseño de aislamiento de las torres”.

Así entonces se da mayor importancia a las pruebas con impulsos de polaridad positiva.

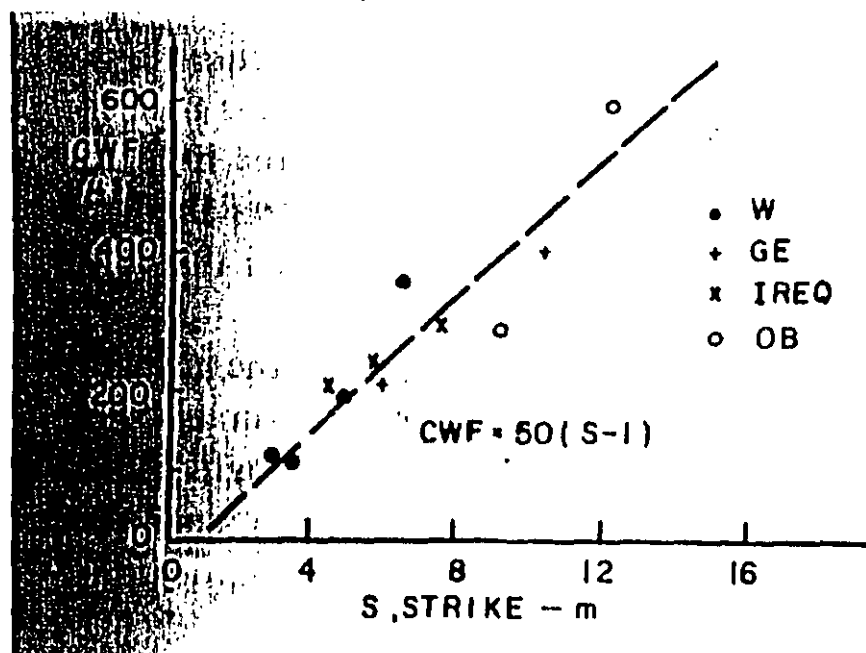
En la figura 10 se muestran las curvas U para varias distancias de descarga en función del VCF y del frente de Onda Crítica FOC.



Subdirección Técnica

En la figura 11 se muestra la relación de distancia de descarga con respecto al Frente de Onda Crítico obtenidos experimentalmente en varios laboratorios.

Esta curva, se puede ajustar a la siguiente ecuación:

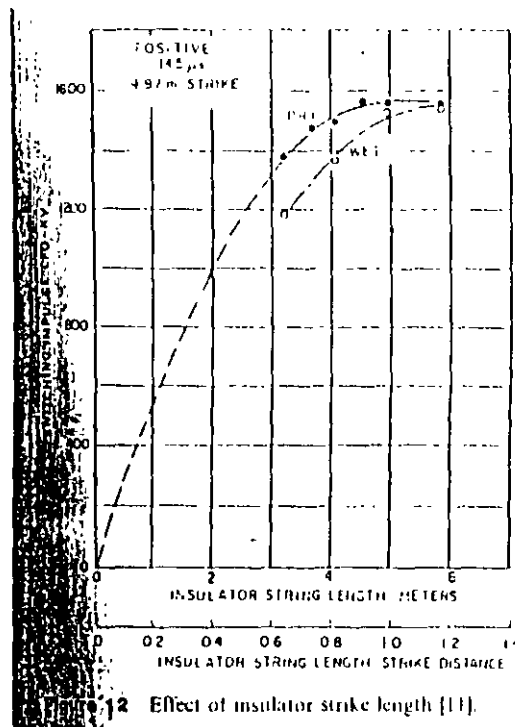


$$FOC^+ = 50(S - 1) \approx 50S$$

Para polaridad negativa $FOC^- = 10S$

2.2 Longitud de la cadena de aisladores

En la Fig. 12 se presenta el efecto en el Voltaje Crítico de Flameo debido a la longitud de la cadena de aisladores, manteniendo la distancia de descarga constante de 4.97 metros.



Para las pruebas en seco, cuando la longitud del aislador se incrementa, el VCF se incrementa hasta que la longitud del aislador es igual a la distancia de descarga.

Cuando la longitud de la cadena de aisladores es menor que la distancia de descarga, la descarga disruptiva ocurre en el aislador y por tanto la resistencia dieléctrica de la torre queda definida por la longitud de la cadena de aisladores.

Cuando la longitud de la cadena de aisladores es mayor que la distancia de descarga, la resistencia dieléctrica de la torre queda definida por la distancia de descarga.

Para condiciones de prueba en húmedo, se presenta un punto de saturación en el nivel donde la longitud de la cadena de aisladores es de 1.05 a 1.10 veces la distancia de descarga.

“Para obtener el máximo VCF en la ventana de la torre la longitud de la cadena de aisladores debe ser de 5 a 10% mayor que la distancia de descarga”.

En condiciones de humedad el VCF se degrada más en la cadena de aisladores que en la distancia de descarga.

2.3 Distancia de descarga

Usando los resultados de las pruebas con los cuales se dibujó las gráficas de la Fig. 13, se trazó la curva de la Fig. 14 en donde se determina el VCF para cada distancia de descarga en la torre y se compara con las pruebas para un gap PUNTA - PLANO.

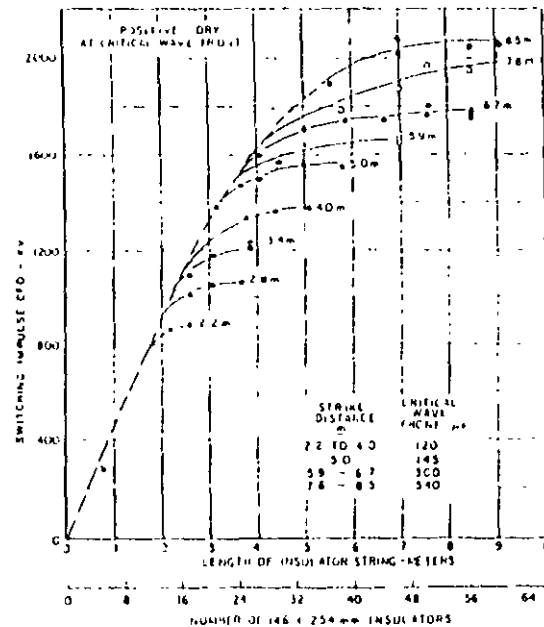


Figure 13 Effect of insulator string length [11]

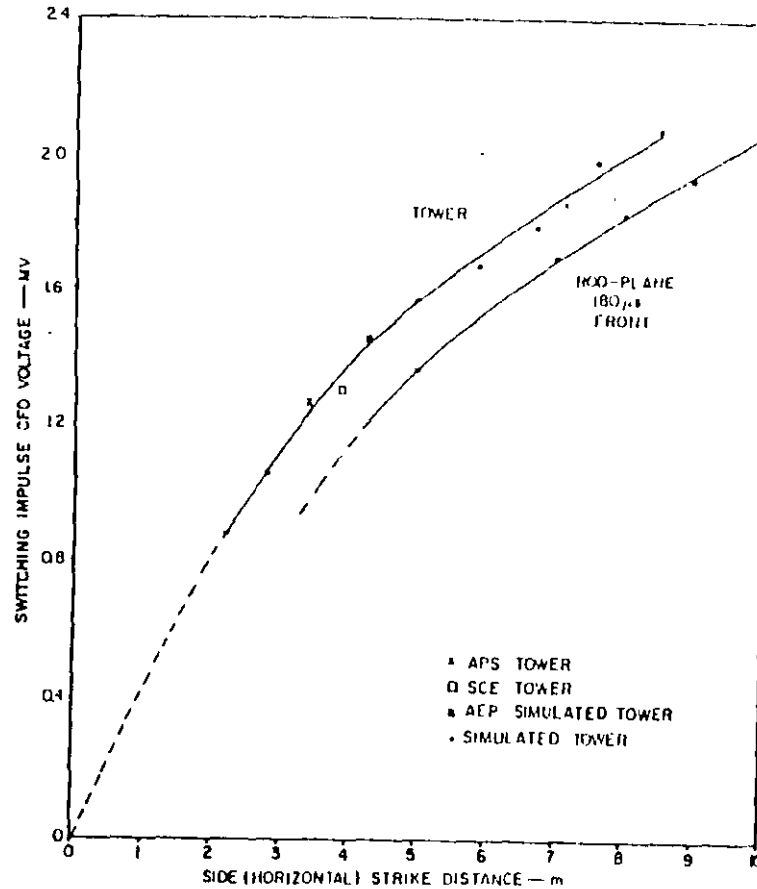


Figure 14 Maximum CFO of a tower window [11]

Los puntos superiores de la gráfica de la Fig. 14 se obtuvieron para un ancho de torre de 3.6 m y el resto de los valores con una torre de ancho igual a 1.9 m.

El Dr. Gallet propuso la expresión matemática que relaciona el VCF y la distancia de descarga (S), como sigue:

$$VCF = Kg \frac{3400}{1 + \left(\frac{8}{S}\right)} \quad (7)$$

Donde:

S = distancia de descarga en metros

VCF = En kV

Kg = factor de gap

Los investigadores Paris y Cortina propusieron una expresión para calcular el factor de gap, para la fase central en una torre, como sigue:

$$kg = 1.25 + 0.005 \left(\frac{h}{S} - 6 \right) + 0.25 \left(e^{-\frac{81V}{S}} - 0.20 \right) \quad (8)$$

Donde:

h = altura del conductor en metros.

W = ancho de la torre en metros

De la experiencia y de las pruebas experimentales de Laboratorio, el factor de gap es:

$Kg \approx 1.20$ para torres autosoportadas.

$Kg \approx 1.25$ para postes de acero, donde el ancho de la torre es muy pequeño comparado con la distancia descarga.

En la expresión de Paris y Cortina

Si $w_s = 0.20$ y $h_s = 6$

$$kg = 1.25 + 0.005(6 - 6) + 0.25(e^{-8 \times 0.2} - 0.20) = 1.25$$

En la Fig. 16 se muestra una gráfica, comparando los valores de VCF de la Fig. 14 con los valores obtenidos con las ecuaciones 7 y 8.

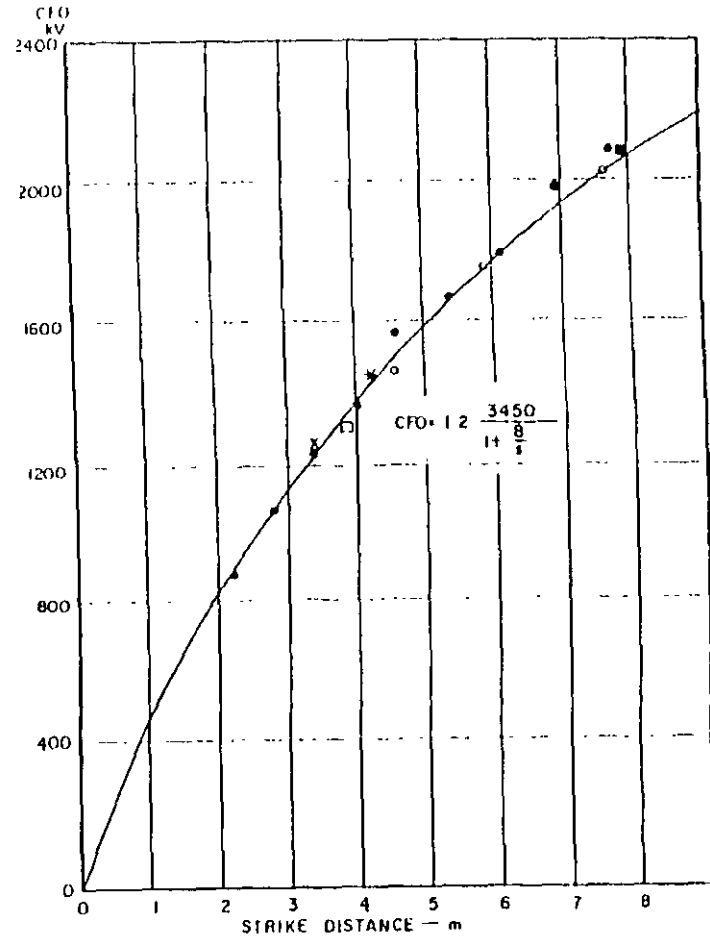


Figure 16 Comparison of data with equation, tower window

2.4 Desviación estándar de la descarga disruptiva

En la Fig. 17 se muestra el efecto de la distancia de descarga sobre la desviación estándar de la descarga disruptiva.

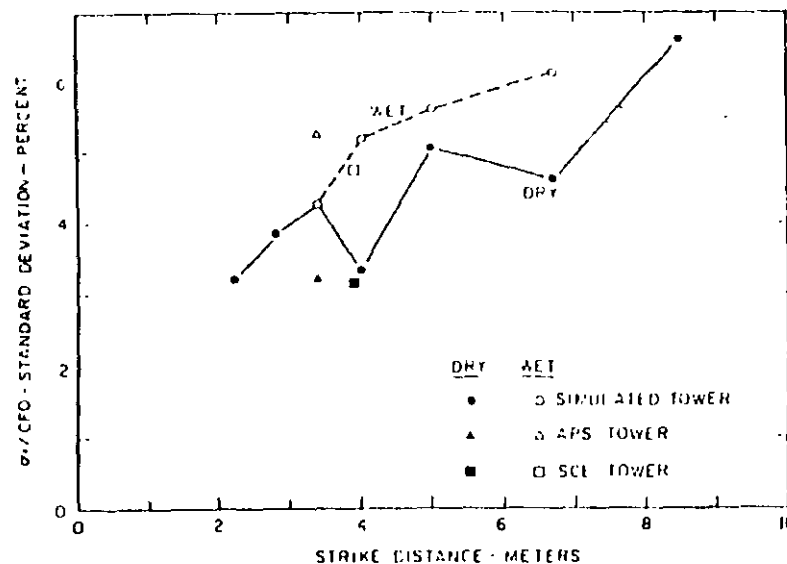


Figure 17 Effect of strike distance on σ_f/CFO [11]

El valor promedio de σ_f/CFO es de aproximadamente 5% para condiciones en seco y en húmedo.

De manera más exacta se tiene:

$$\frac{\sigma_f}{CFO} = 4.3\% \quad \text{Para condiciones en seco.}$$

$$\frac{\sigma_f}{CFO} = 4.9\% \quad \text{Para condiciones en húmedo.}$$

Menemenlis y Harbec, mostraron que σ_1 / CFO también varía con el Frente de Onda Crítico como se muestra en la fig. 18.

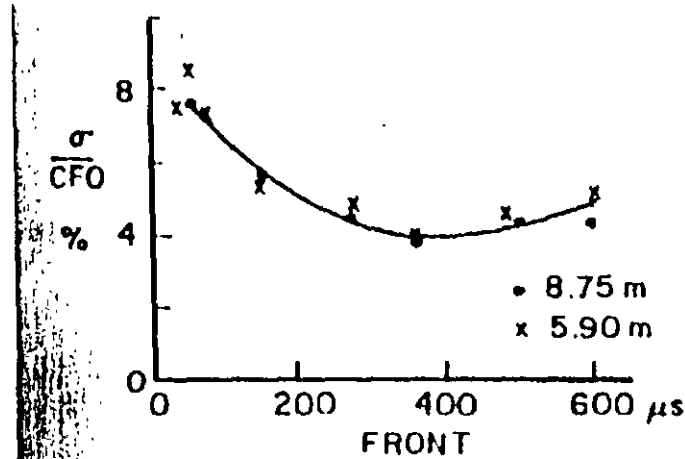


Figure 18 Effect of wave front on σ_1 / CFO [16]. (Copyright IEEE, 1974.)

Se observa que el σ_1 / CFO se incrementa también en aproximadamente 10% tomando como referencia el FOC para onda con tiempo de tiente de aproximadamente 600us.

En general y para las aplicaciones de diseño, se sugiere incrementar en 10% el Valor de V_3 , esto es multiplicar la ecuación (7) por 1.1 para frentes de onda grandes.

2.5 Condiciones húmedo/seco

En la Fig. 19 se puede observar que existe mayor número de descargas en los aisladores en condiciones en húmedo comparado con las condiciones en seco.

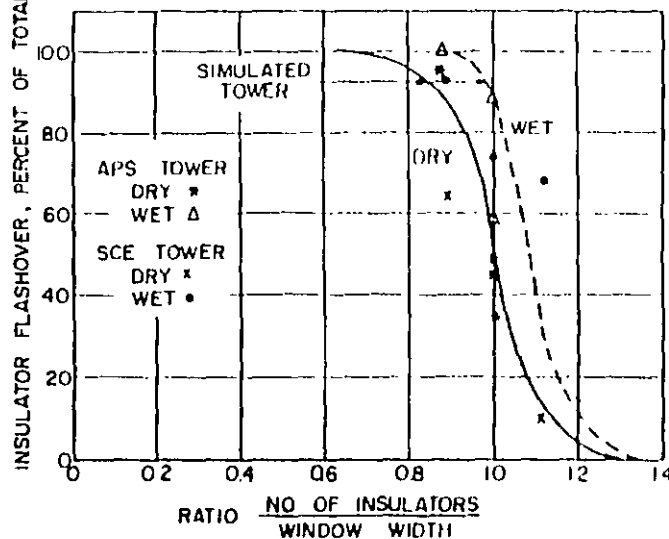


Figure 19 Effect of wet conditions [17].

En la fig. 20 se observa el porcentaje de decrecimiento del VCF en condiciones en húmedo.

Para las aplicaciones de diseño se sugiere aplicar un 4% de decrecimiento en el valor del VCF. O también multiplicar la ecuación (7) por 0.96.

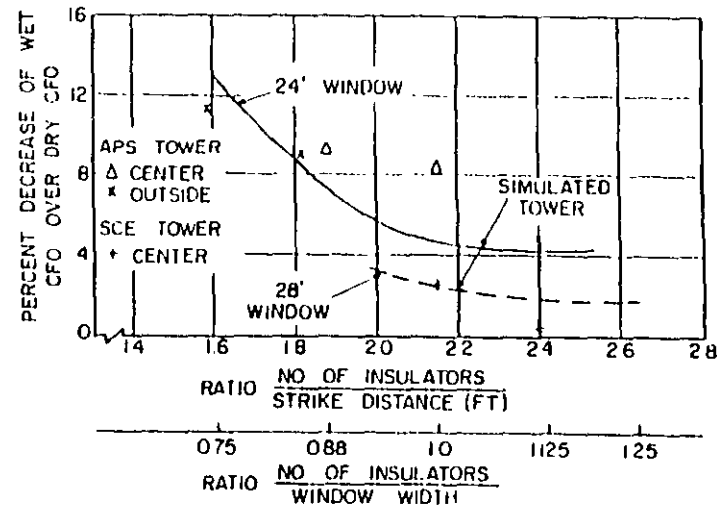


Figure 20 Effect of wet conditions [9]

2.6 Resistencia de Aislamiento de la fase exterior a la ventana de la torre.

De las pruebas experimentales en el laboratorio se obtiene que el VCF en la fase exterior con cadenas en V, es mayor en aproximadamente 8% que el VCF obtenido para la fase central.

Esto se debe a que en la fase exterior sólo se tiene la influencia de la estructura metálica sólo por un lado.

Para aplicaciones de diseño, cuando se calcula la resistencia de aislamiento de la fase exterior se multiplica la ecuación (7) por 1.08.

2.7 Cadenas en V versus cadenas verticales o I

Para cadenas de aisladores en I los resultados de las pruebas en seco son muy consistentes, sin embargo, para las pruebas en húmedo los resultados son extremadamente variables.

En las cadenas en I el agua de la lluvia artificial forma un hilo conductor por el cual se presentan las descargas disruptivas y entonces no se puede asegurar que se esté probando a la cadena de aisladores.

Cuando la cadena de aisladores se inclina en aproximadamente 20% de su posición vertical la prueba se hace más consistente (en las cadenas en V los aisladores están normalmente en un ángulo de 45°)

Para aplicaciones de diseño se sugiere calcular el VCF de la ecuación (7) por 1.08 y siendo la distancia de descarga S la más pequeña de las 3 distancias de la Fig. 21.

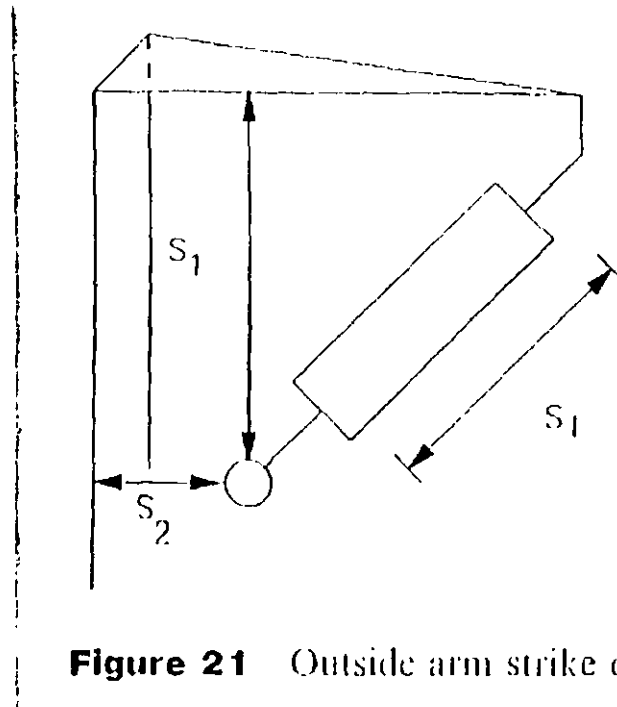


Figure 21 Outside arm strike distances.

3. Resumen de los cálculos para determinar la resistencia de aislamiento de una torre de línea de transmisión.

3.1 La resistencia de aislamiento es el voltaje de aguante estadístico, de acuerdo a:

$$V_3 = VCF - 3\sigma_f = VCF \left(1 - 3 \frac{\sigma_f}{VCF} \right) \quad (9)$$

Para

$$\frac{\sigma_f}{VCF} = 5\%$$

3.2 El VCF para la fase central para condiciones en seco, considerando la onda de maniobra de interruptores con Frente de Onda Crítico, para polaridad positiva y para cadenas de aisladores en V, se tiene

$$VCF_s = Kg \frac{3400}{1 + \left(\frac{8}{S}\right)} \quad (10)$$

$$Kg = 1.25 + 0.005 \left(\frac{h}{S} - 6\right) + 0.25 \left(e^{-\frac{8W}{S}} - 0.2\right) \quad (11)$$

Donde:

S= distancia de descarga en metros

VCF_s = Voltaje Crítico de Flameo en kV bajo condiciones atmosféricas estándar.

h = altura del conductor en metros.

W = ancho de la estructura de la torre en metros.

3.3 Para otras condiciones

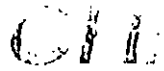
- a) Para condiciones en húmedo del VCF_S decrece 4% entonces; multiplicar la ecuación (10) por 0.96.
- b) Para el cálculo de la resistencia de aislamiento de la fase exterior (fase lateral) el VCF_S es mayor 8% entonces; multiplicar la ecuación (10) por 1.08.
- c) El VCF_S y por consiguiente el V_3 se incrementa 10% para tiempos de frente de onda de 1000 us o mayores.
Entonces; multiplicar la ecuación (10) por 1.1.
- d) La longitud de la cadena de aisladores debe ser por lo menos 1.05 veces el valor de la distancia de descarga.
- e) Para cadenas de aisladores en I, el VCF_S se multiplica por 1.08 y la distancia S es la más corta de las 3 distancias de la Fig.21.

3.4 El diseño de las líneas de transmisión se hace para condiciones críticas, así entonces se debe considerar el cálculo de la resistencia de aislamiento en condiciones de tormenta o sea para condiciones de húmedo.

También se debe considerar el efecto de la altitud sobre los aislamientos.

El Voltaje Crítico de Flameo para cualquier altitud diferente del nivel del mar, lo denominaremos como VCF_A y su relación con el VCF_S es:

$$VCF_A = \delta^m VCF_S \quad (12)$$



Para las aplicaciones de diseño tenemos:

a) VCF_s considerando condiciones en húmedo

$$VCF_s = 0.96kg \frac{3400}{1 + \frac{8}{S}} \quad (13)$$

$$VCF_A = \delta^m VCF_s = \delta^m \times 0.96kg \frac{3400}{1 + \frac{8}{S}} \quad (14)$$

b) Si lo que se desea calcular es la distancia de descarga S es:

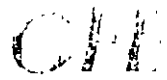
$$S = \frac{8}{3400 \times 0.96 \times kg \delta^m - 1} \quad (15)$$

$$m = 1.25Go(Go - 0.2) \quad (16)$$

$$Go = \frac{VCF_s}{500S}$$

$$\delta = e^{-A/86} \approx 0.997 - 0.106A$$

A = Altitud sobre el nivel del mar en km



4. Diseño Determinístico de Líneas de Transmisión

Para desarrollar las ecuaciones simples del "Diseño Determinístico" se supone en primera instancia que se conocen las sobretensiones de maniobra máximas que se presentan en el sistema. Estas sobretensiones se pueden calcular con el programa EMTP o con el TNA.

Si la sobretensión de maniobra máximas es E_m

La primera regla de este método es, igual E_M CON V_3

Esto es
$$V_3 = E_m \tag{18}$$

Así
$$VCF_1 = \frac{E_m}{1 - 3 \left(\sigma_1 VCF \right)} \tag{19}$$

Para ilustrar el método se considera el siguiente ejemplo.

Ejemplo:

Determinar la distancia de descarga S de la fase central y el número de aisladores de suspensión estandar para una línea de transmisión de 500 kV (550 kV_{max}) que operará a una altitud de 1000 m. Se supone una sobretensión de maniobra de W 2.0 p.u., 2=1.5m, h = 15m. Suponer que se tienen sobretensiones de Frente de Onda Crítico. Considerar el diseño para condiciones en húmedo y considerar que σ_f , CFO = 5%

Solución:

1.) Cálculo del VCF_A para altitud de 1000 msnm

Con la ecuación 19:

$$VCF_A = \frac{E_m}{1 - 3\left(\sigma_f VCF\right)} = \frac{2.0 \times \frac{2 \times 550}{3}}{1 - 3 \times 0.05} = \frac{2 \times 450}{1 - 0.15} =$$

$$VCF_A = 1059 kV$$

2. Cálculo de la densidad relativa del aire

Con la ecuación (17)

$$\delta \approx 0.997 - 0.106A = 0.997 - 0.106 \times 1.0 = 0.8910$$

3. Cálculo de la distancia S

Dado que el factor m depende del factor G_o y éstos son función S, los cálculos no se pueden hacer en forma directa y entonces se usa un proceso iterativo.

a) Se supone inicialmente $kg=1.2$ y $m=0.5$ para calcular S con la ecuación (15)

$$S = \frac{8}{3400(0.96)1.2 \times 0.8910^{0.5} - 1} = 3.21130m$$

$$VCF_s = Kg \frac{3400}{1 + \left(\frac{8}{S}\right)} = 1.2 \frac{3400}{1 + \left(\frac{8}{3.21130}\right)} = 1168.6537$$

$$G_o = \frac{VCF_s}{(500)S} = \frac{1168.6537}{500 \times 3.21130} = 0.72783$$

2a. Iteración $m = 1.25 G_o (G_o - 0.2) = 0.48022$

$$kg = 1.25 + 0.05 \left(\frac{h}{S} - 6 \right) + 0.25 \left(e^{-8 \frac{h}{S}} - 0.2 \right)$$

$$= 1.25 + 0.05 \left(\frac{1.5}{3.2113} - 6 \right) + 0.25 \left(e^{-8 \frac{1.5}{3.2113}} - 0.2 \right) = 1.1993$$

m (MD)	Kg (FGAP)	S (DISTA)	VCF _s (GALLET)	G _o (GALT)
0.48022	1.1993	3.20362	1165.9894	0.727918
0.48035	1.1993	3.20368	1166.00667	0.727916
0.48034	1.1993	3.20368		

La distancia de descarga es entonces $S = 3.20368 \text{ m} \Rightarrow 3.20 \text{ m}$

4. Cálculo de la longitud de la cadena de aisladores

La cadena es como mínimo 5% mayor que S

$$L = 3.20368 \times 1.05 = 3.3639 \text{ m} \Rightarrow 132.437 \text{ plg.}$$

$$\text{Número de aisladores} = \frac{132.437}{5 \frac{3}{4}} = 23.032 = \mathbf{23 \text{ aisladores}}$$

5. Cálculo de la distancia de descarga para la fase externa

$$S_{ext} = \frac{3.20368}{1.08} = 2.9664m$$

Calculando de esta manera es haber supuesto que la relación es lineal, lo cual no es exactamene correcto. La forma más adecuada es, calcular la distancia por medio del factor de gap, incrementándolo en 8% del gap de la fase central, esto es $kg_{ext} = 1.08 \times 1.1993 = 1.2952$

Calculando la S con la ecuación (15) tenemos

$$S_{ext} = \frac{3400(0.96)^{\frac{8}{1059}} (1.2952 \times 0.8910^{0.1011})}{-1} = 2.88109m \Rightarrow 2.88m$$

El número de aisladores es

$$N_{ext} = \frac{2.88109 \times 1.05}{2.54 \times 5^{\frac{3}{4}}} = 20.713 = 21 \text{ aisladores}$$

Subdirección Técnica

Problema No. 1

Línea de Transmisión con los siguientes datos:

$$V_n = 500kV, \quad V_{max} = 550kV, \quad \text{altitud} = 1000 \text{ msnm}$$

Cadenas en V las 3 fases, Longitud 200 km con 3 torres por km., sobretensión de maniobra con Frente de Onda Crítico, 2.052 pu. σ_f CFO = 5% , ancho de la torre 1.8 m, altura de conductores 20 m. En húmedo se reduce el VCF en 4%.

Calcular S y longitud de las cadenas de aisladores.

Solución

1) Para la fase central

$$kV_{pu} = \sqrt{2} \frac{550}{\sqrt{3}} \approx 450kV; \quad VCF_A = \frac{Em}{1 - 3 \left(\sigma_f VCF \right)} = \frac{2.052 \times 450}{1 - 3 \times 0.05} = 1086.4kV$$

$$\delta = 0.997 - 0.106A = 0.997 - 0.106 \times 1.0 = 0.891$$

$$VCF_s = 0.96kg \frac{3400}{1 + \frac{8}{S}}, \quad G_o = \frac{VCF_s}{500S}, \quad m = 1.25G_o(G_o - 0.2) \quad S = \frac{8}{3400(0.96)kg\sigma^m - 1} VCF_A$$

Aplicando un proceso iterativo, iniciando con $m=0.5$ y $kg = 1.2$

m MD	Kg FGAP	S DISTA	VCF _s GALLET	G ₀ GALT	VCFA
0.5	1.2	3.32897	1150.935	0.691466	1086.4
0.42479	1.2033	3.27548	1140.9883	0.696682	1086.4
0.43253	1.2036	3.27860	1142.00	0.696638	1086.4
0.43247	1.2035	3.27862			

Entonces $S=3.2786$ m

Longitud de los aisladores: $1.05 \times 3.2786 = 3.4426 \rightarrow 24$ aisladores.

2. Fase exterior

$$VCF_s = 0.96 \times 1.08 kg \frac{3400}{1 + \frac{8}{S}}$$

$$S = \frac{3400(0.96)(1.08)kg \delta^m}{VCFA} - 1$$

Del proceso iterativo se obtiene

$S = 3.00$ m, y 22 aisladores

5. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE AISLADORES TIPO COLUMNA

En 1988 el Comité Técnico IEC36 propuso una revisión de la publicación IEC273 que se resume en la tabla 1 (IEC273-1990)

Table 1 BIL/BSLs of Post Insulators, IEC 273-1990

			Creep distance, m	
			Class I	Class II
850	NA	1.90	3.10	4.40
950	750	2.10	3.40	4.90
1050	750	2.30	4.00	5.65
1175	850	2.65	4.60	6.50
1300	950	2.90	5.10	7.00
1425	950	3.15	5.60	7.80
1550	1050	3.35	6.20	8.50
1675	1050	3.65	6.35	9.40
1800	1175	4.00	6.90	10.25
1950	1300	4.40	7.65	11.35
2100	1300	4.70	8.25	12.25
2250	1425	5.00	8.70	13.20
2400	1425	5.30	9.20	14.10
2550	1550	5.70	9.80	15.00

En la columna 1 se dan los valores del nivel básico para rayo.

En la columna 2 se dan los valores de nivel básico para maniobra.

En la columna 3 se dan los valores de altura del aislador.

Para la clase I y II de distancias de fuga.

De las pruebas experimentales se pueden establecer las siguientes ecuaciones:

a) Para sobretensiones de maniobra de interruptores

$$BSL_s = NBIM_s = 1.07 \frac{3400}{1 + \left(\frac{8}{S}\right)} \quad (22)$$

ó

$$VCF_s = 1.18 \frac{3400}{1 + \left(\frac{8}{S}\right)} \quad (23)$$

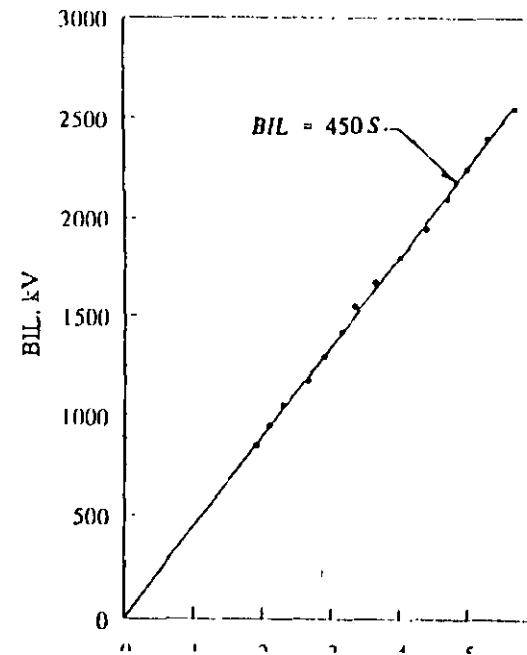
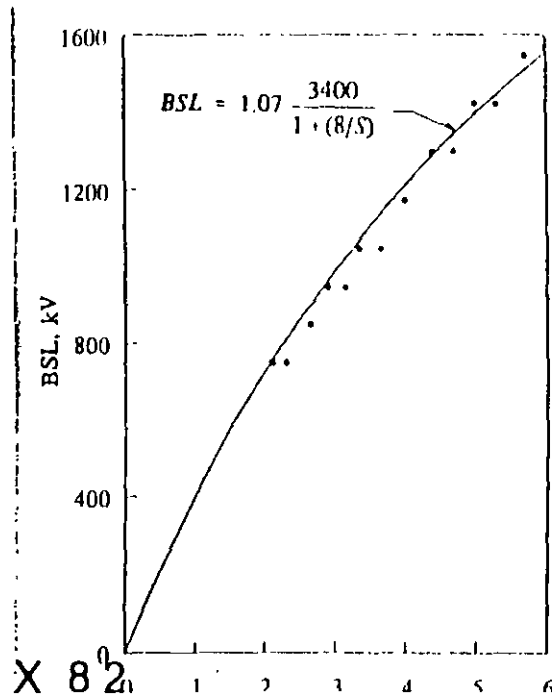
Bajo las siguientes condiciones de prueba

- Tiempo de frente crítico de aproximadamente 120 μ s
- Columna de aisladores montada en un pedestal de acero de 2.4 m de altura.
- Kg = 1.4 para polaridad positiva.
- Kg = 1.7 para polaridad negativa.
- Coeficiente de variación σ_f $VCF \approx 7\%$
- Condiciones en húmedo.

b) Para sobretensiones de rayo $NBIA = 450S$ (24)

En todas las expresiones S= Altura del aislador o distancia de descarga en metros.

En las figuras 24 y 25 se muestran las gráficas para calcular los valores de nivel básico al impulso de maniobra y de impulso de rayo en función de la altura del aislador.



6. Método general para calcular la resistencia de aislamiento para sobretensiones de maniobra de interruptores.

A) Paris y Cortina $VCF = 500kgS^{0.6}$ (25)

Condiciones:

- Polaridad positiva y condiciones en seco
- kg factores de gap de acuerdo a la tabla 2
- Forma de onda con tiempo de frente 250 us

B) Gallet $VCF = kg \frac{3400}{1 + \left(\frac{8}{S}\right)}$ (26)

Condiciones:

- Polaridad positiva y condiciones en seco.
- Kg factores de gap de acuerdo a la tabla 3
- Forma de onda con tiempo de frente crítico
- Aplicable al cálculo de aislamiento de la torre y también para aislamientos tipo columna con kg=1.18 como se vio en el inciso anterior.
- Válida para espacimientos de gap en el rango hasta de 15 metros.

C) Pignini, Rizzl y Brambilla

$$VCF = 1400 + 55 S \quad (27)$$

Para espaciamentos de Gap en el rango de 13 a 30 m

D) IEC 71

D.1 Polaridad positiva

$$VCF = 1080 \text{ kg} \ln (0.46 S + 1) \quad (28)$$

- Aplicable a Gaps punta plano - plano hasta 25 m.
- Desviación estándar de 5% a 6% del VCF

D.2 Polaridad negativa

$$VCF = 1180 \text{ kg} S^{0.15} \quad (29)$$

- Aplicable a Gaps entre 2 y 14 metros.
- Desviación estándar de 8% del VCF

Comparando resultados para $kg = 1.0$

S en m	Ec. 26 Gallet kV	Ec. 27 Piggin kV	Ec. 28 IEC 71 Pos. KV
3	927	-	936
6	1457	-	1430
9	1800	-	1768
12	2040	-	2025
15	2217	2225	2232
18	2353	2390	2406
21	2462	2555	2556
24	2550	2720	2687
27	2622	2885	(2804)
30	2684	3050	(2910)

En la tabla 2 se muestran los factores de Gap propuestos por Paris y Cortina

Table 2 Gap Factors Proposed in Ref. 11 for Use with the Paris-Cortina Equation

Electrode configurations	Diagram	k_g
Rod-plane		1.00
Rod-structure (under)		1.05
Conductor-plane		1.15
Conductor-window		1.20
Conductor-structure (under)		1.30
Rod-rod ($h = 6$ m, under)		1.30
Conductor-structure (over and laterally)		1.35
Conductor-rope		1.40
Conductor crossarm end		1.55
Conductor-rod ($h = 3$ m, under)		1.65
Conductor-rod ($h = 6$ m, under)		1.90
Conductor-rod (over)		1.90

$$VCF = 500kgS^{0.6} \quad (25)$$

En la tabla 3 se muestran los factores de Gap propuestos por Gallet

Table 3 Gap Factors for Gullet Equation

Configuration	Diagram	k_g
Rod-plane		1.00
Rod-rod		$1 + 0.6 \frac{h}{h+S}$ or $\frac{h}{h+S} e^{0.5}$
Conductor-plane		1.10
Conductor-rod		$1.1 + 1.4 \left(\frac{h}{h+S}\right)^{1.62}$ or $1.1 \frac{h}{h+S} e^{0.7}$
Conductor-structure		$1.1 + \frac{0.3}{1 + \frac{w}{S}}$
Conductor-large structure		1.30
Conductor-guy wire		1.45
Rod-structure		1.05

$$VCF = kg \frac{3400}{1 + 8 \frac{h}{S}} \quad (26)$$

6.1 Configuración Conductor - Ventana. Fase central.

El factor de gap se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$kg = 1.25 + 0.005 \left(\frac{h}{s} - 6 \right) + 0.25 \left(e^{-\frac{8w}{s}} - 0.2 \right) \quad (30)$$

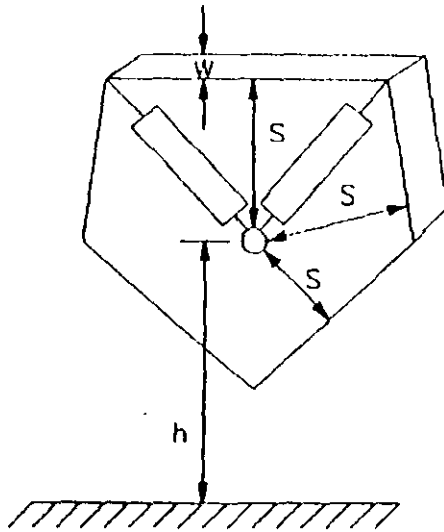


Figure 26 Tower window.

Aplicable a:

- S = 2 a 10 metros
- $\frac{w}{s} = 0.1$ a 1.0
- $\frac{h}{s} = 2$ a 10
- S = mínimo valor de S de la fig. 26. La distancia mínima es la porción más baja de la torre donde el conductor sale de la ventana. Si se tienen amortiguadores y acortan la distancia esta es la que hay que considerar.

6.2 Configuración Conductor - Cruceta - Fase central.

El factor de Gap se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$kg = 1.45 + 0.015 \left(\frac{h}{s_1} - 6 \right) + 0.35 \left(e^{-\frac{8w}{s_1}} - 0.2 \right) + 0.135 \left(\frac{s_2}{s_1} - 1.5 \right) \quad (31)$$

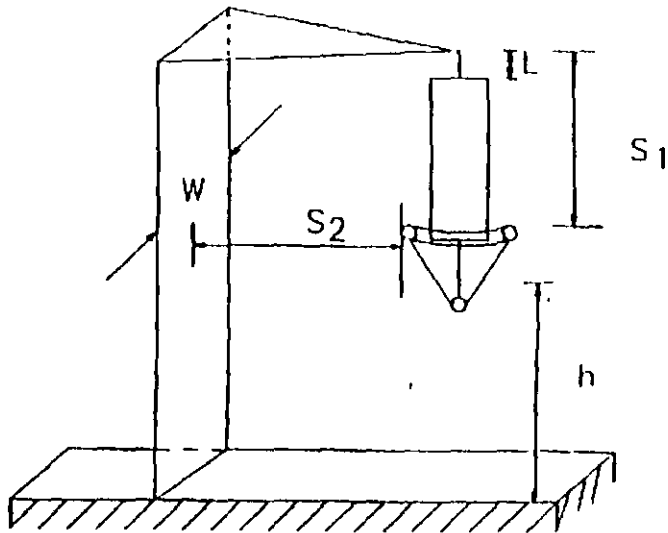


Figure 27 Conductor-crossarm.

Aplicable a:

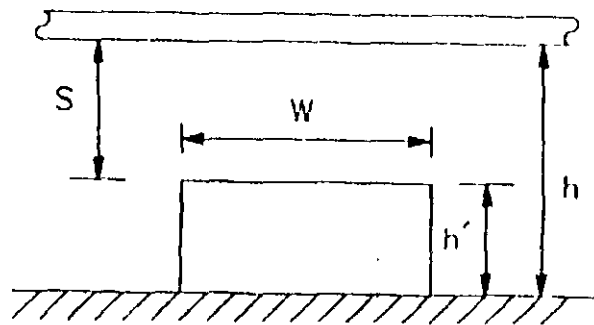
- $S_1 = 2$ a 10 metros
- $\frac{s_2}{s_1} = 1$ a 2
- $w_{s_1} = 0.01$ a 1.0
- $\frac{h}{s_1} = 2$ a 10

El supuesto hecho con anterioridad de multiplicar el factor de Gap por 1.08 de la fase central para obtener el factor de Gap de la fase externa es válido en términos generales.

6.3 Configuración Conductor - estructura abajo del conductor

El factor de Gap se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$kg = 1.15 + 0.81 \left(\frac{h'}{h} \right)^{1.167} + 0.02 \left(\frac{h'}{s} \right) - A \left[1.209 \left(\frac{h'}{h} \right)^{1.167} + 0.03 \left(\frac{h'}{s} \right) \right] \left(0.67 - e^{-2 \frac{w}{s}} \right) \quad (32)$$



Aplicable a:

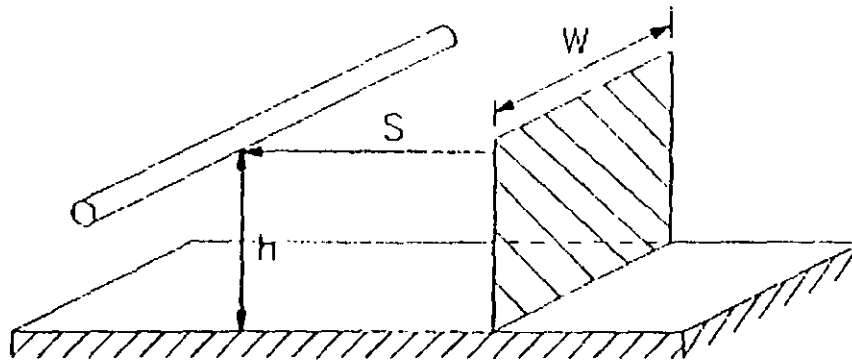
- $A=0$ si $\frac{w'}{s} < 0.2$; $A=1$ para cualquier otro valo
- $S=2$ a $10m$
- $\frac{w'}{s} = 0$ a infinito
- $\frac{h'}{h} = 0$ a 1

Figure 28 Conductor-lower structure.

6.4 Configuración Conductor - estructura lateral

El factor Gap se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$kg = 1.45 + 0.024 \left(\frac{h}{s} - 6 \right) + 0.35 \left(e^{-\frac{8w}{s}} - 0.2 \right) \quad (33)$$



Aplicable a:

- $S = 2$ a 10 m
- $w/s = 0.1$ a 1
- $h/s = 2$ a 10

Figure 29 Conductor-lateral structure.

6.5 Configuración barra - barra con estructura abajo

El factor Gap se calcula de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$k_{g1} = 1.35 - 0.1 \frac{h'}{h} - \left(\frac{S_1}{h} - 0.5 \right) \tag{34}$$

$$k_{g2} = 1 + 0.6 \frac{h'}{h} - 1.093A \frac{h'}{h} \left(0.549 - e^{-\frac{w}{S_2}} \right)$$

Aplicable a:

- $A = 0$ si $w_{S_2} < 0.2$; $A = 1$ para cualquier otro valor
- Para el factor kg_1 , $S_2 > S_1$
 - * $S_1 = 2$ a $10m$ y $\frac{S_1}{h} = 0.1$ a 0.8
- Para el factor kg_2 , $S_1 > S_2$
 - * $S_2 = 2$ a $10 m$ y $w_{S_2} = 0$ a infinito.

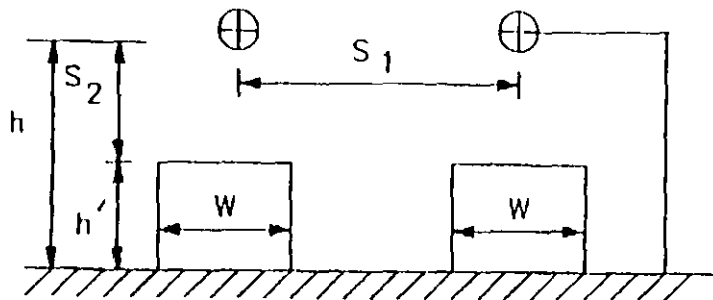


Figure 30 Rod-rod with lower structures.

7. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO A LOS IMPULSOS DE RAYO

- La característica de resistencia de aislamiento a los impulsos de rayo también se puede representar por una curva gaussiana con un valor medio conocido por el VCF y una desviación estándar.
- En comparación con los impulsos de maniobra la desviación estándar es mucho más pequeña, usualmente está en el rango de 1 a 3% del VCF, aunque en algunos casos específicos se han obtenido valores de hasta 3.6%.
- En general la curva del VCF en función de la distancia de descarga es lineal. Por lo tanto, el VCF se puede expresar por un valor simple de gradiente de potencial en términos de kV/metro.
- Para impulsos de rayo el VCF es primordialmente una función de la cola de la onda. El tiempo de frente es más importante únicamente cuando se consideran ondas de impulso con tiempos de cola muy cortos.

7.1 VCF DE AISLADORES Y GAPS - Datos de McAuley

En 1938, Mc Auley publicó un conjunto de curvas de resistencia de aislamiento para impulsos de rayo de aisladores de suspensión, aisladores de equipos y gaps. A continuación se muestran las expresiones propuestas por Mc Auley.

A) Para gaps punta - punta

Para polaridades positiva y negativa con $S = 0.25$ a 2.5 metros.

$$VCF^+ = 60 + 581 S \quad (35)$$

$$VCF^- = 87 + 623 S$$

B) Para aisladores de suspensión

Para polaridades positiva y negativa, de 3 a 20 aisladores, con S en metros.

$$VCF^+ = 130 + 561 S \quad (36)$$

$$VCF^- = 171 + 489 S$$

7.2 VCF DE AISLADORES Y GAPS - Datos Actualizados

De acuerdo con recientes estudios de CIGRE, se tienen los siguientes resultados.

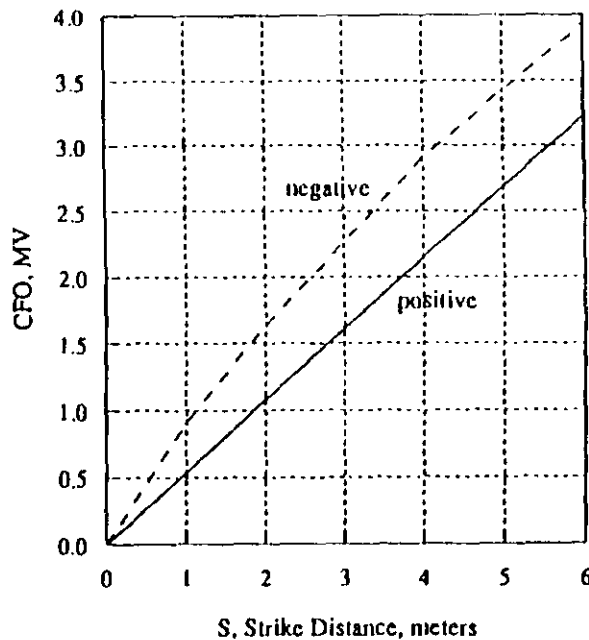


Figure 31 LI CFO for rod-plane gaps without insulators [15].

- Estas puntas se obtuvieron para Gap punta-plano para condiciones en seco y en húmedo.
- En seco y en húmedo los resultados son prácticamente los mismos.
- Para polaridad positiva la curva es prácticamente lineal.
- Para polaridad negativa la curva es lineal por arriba de un Gap de 2 metros.

Subdirección Técnica

En la figura 32 se muestran las curvas para la configuración conductor - estructura, para ondas positivas y negativas con y sin aisladores en el espacio entre el conductor y la estructura.

Los resultados son para condiciones en seco.

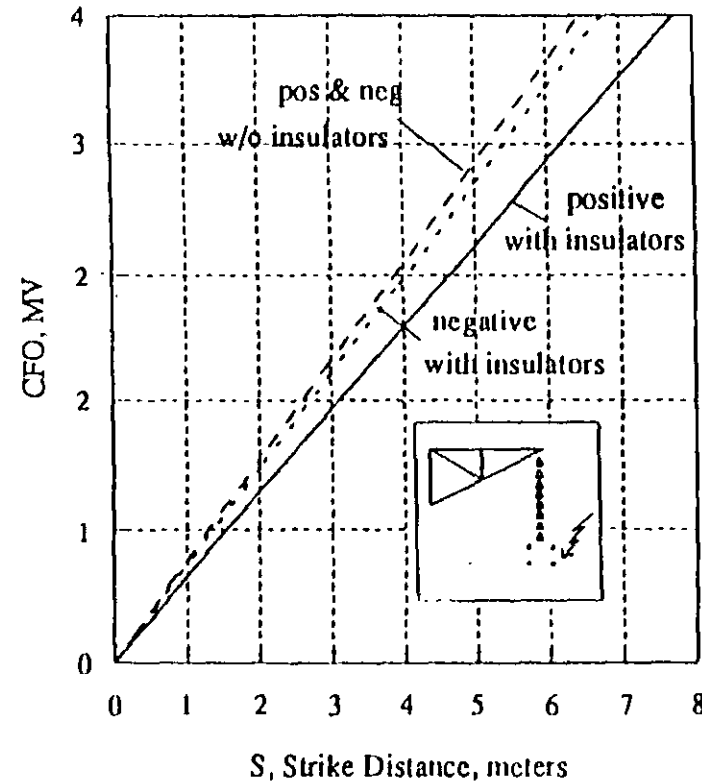
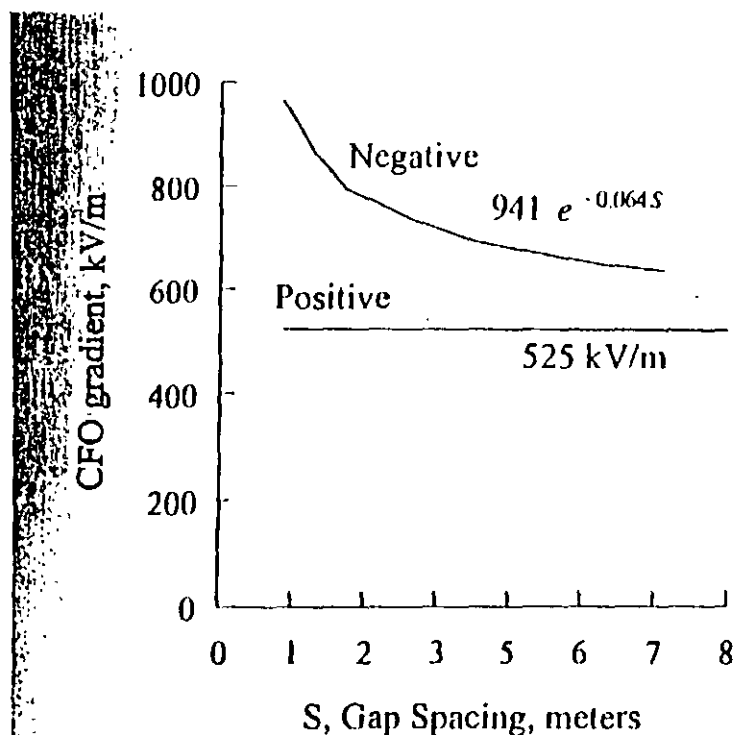


Figure 32 LI CFO of conductor-crossarm [15].

En la Fig. 33 se muestra el VCF como una gradiente de potencial contra la distancia de descarga para Gaps punta - plano.



Mientras que para polaridad positiva el gradiente es constante en 525 kV/m para polaridad negativa el gradiente varía en función del espaciado del Gap.

Figure 33 CFO gradient of rod-plane gaps [15].

En la Fig. 34 se muestra la variación del gradiente contra los diversos factores de Gap dados para maniobra de interruptores tomando como referencia el factor de Gap punta - plano. Para polaridades positiva y negativa.

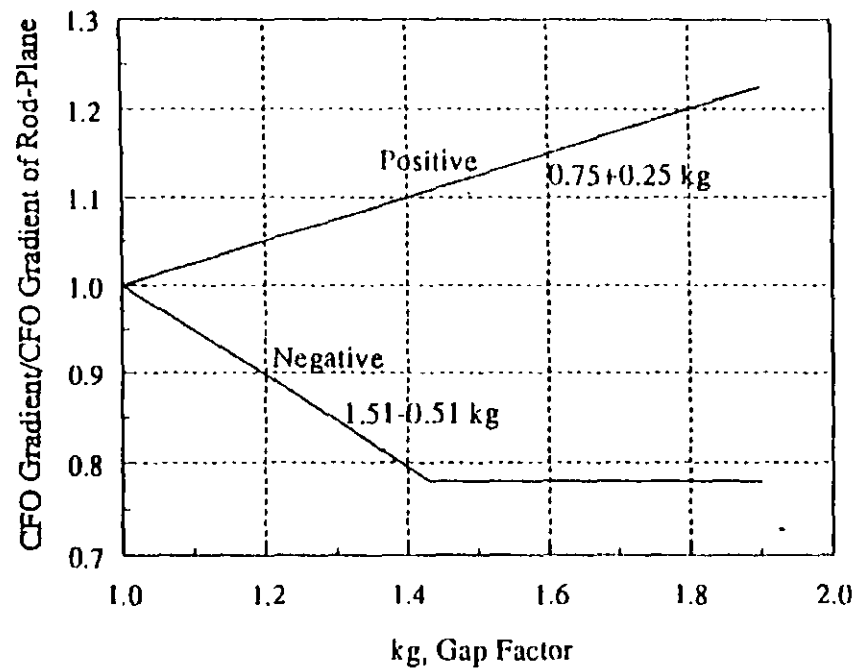


Figure 34 CFO gradient in per unit of CFO gradient for a rod-plane gap [15].

En la Fig. 35 se tiene una combinación de los resultados de las gráficas de las figuras 33 y 34 para espaciamientos de gap de 2, 3 y 5 metros.

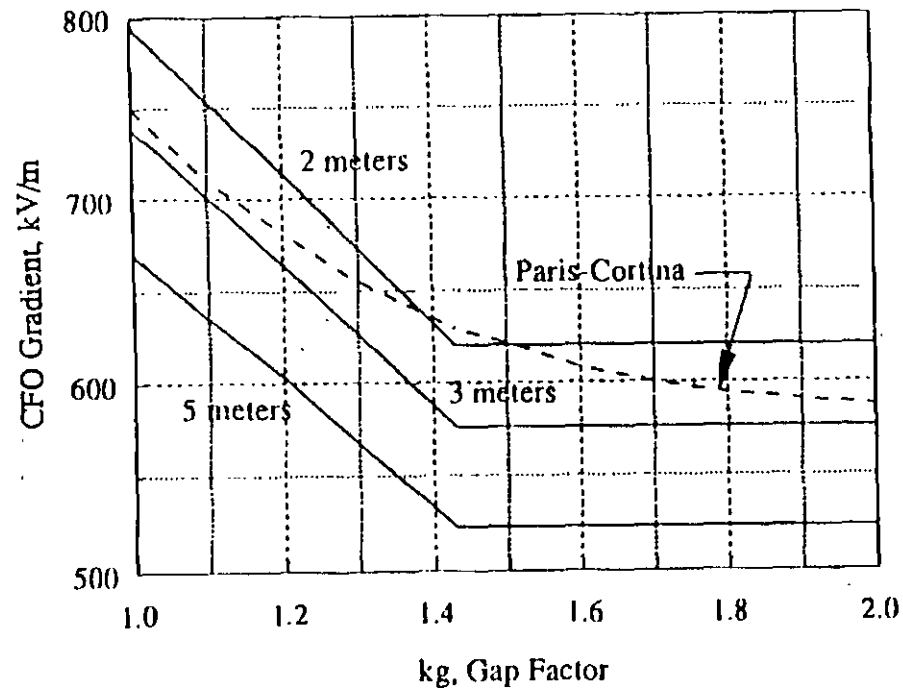


Figure 35 CFO gradient, negative polarity.

En la Fig. 36 se hace un resumen de las curvas de gradientes de potencial propuestas por Paris - Cortina y por el grupo de trabajo CIGRE TB 72

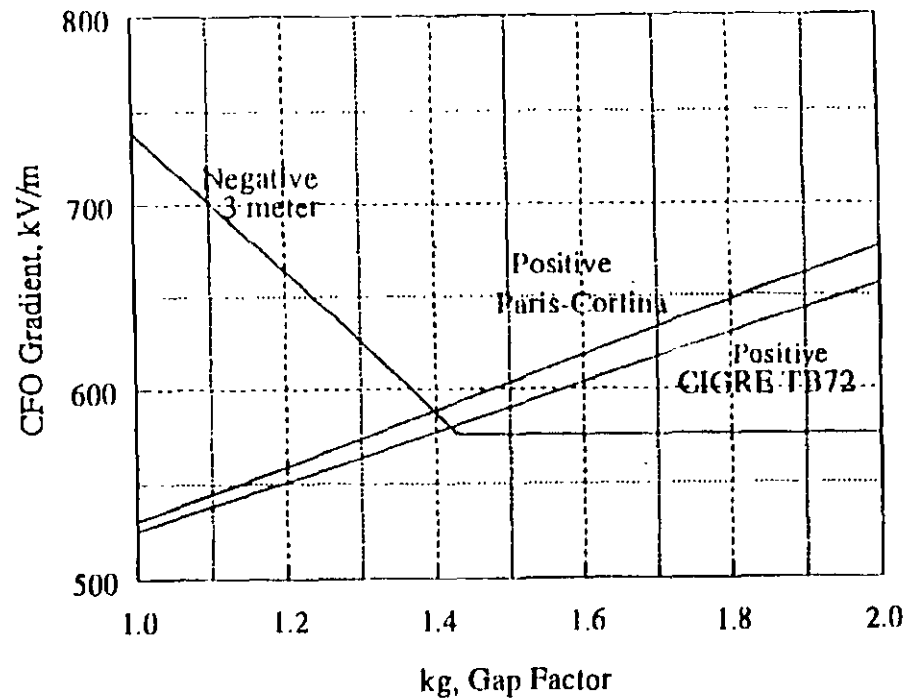


Figure 36 CFO gradient, positive polarity with a single negative polarity curve.

Las ecuaciones de las curvas de la Fig. 36 son:

A.) Paris - Cortina

$$VCF^+ = 383 + 147kg \quad (37)$$

B) CIGRE TB72

$$VCF^+ = 394 + 131kg \quad (38)$$

$$VCF^+ = 354 + 154kg \quad (39)$$

C) IEC 71

$$VCF^+ = 530S(0.74 + 0.26kg) \quad (40)$$

Para S = hasta 10 metros

Con una desviación estándar de 3% del VCF


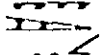

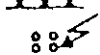

$$VCF^- = 950S^{0.8}(1.5 - 0.5kg) \quad (41)$$

y para kg mayores de 1.44

$$VCF^- = 741S^{0.8} \quad (42)$$

En la tabla 4 se presenta una guía para el cálculo de resistencia de aislamiento por rayo para diferentes configuraciones del Gap.

Table 4 Lightning Impulse CFOs for Gaps with and without Insulators

Gap configuration	Diagram	Positive polarity CFO, kV/m		Negative polarity CFO, kV/m	
		w/o ins.	with ins.	w/o ins.	with ins.
Rod plane		540	520	660	*375
Outside arm			540		*500
		600	500	600	595
Conductor-upper structure		625	520	625	620
		575	560	625	610
Conductor-upper rod		655	*500	595	585
Rod-rod					
		560	500	640	*425
					*475

* CFO vs. distance curve nonlinear. Value given is for 4m.

For gaps with insulators, all flashovers occur across the insulator, i.e., the insulation strength is limited by the insulators.

7.4 Valores sugeridos para distancias en aire y aisladores

A) Para distancias en aire de torres en condición de húmedo para la fase central o la fase lateral.

* Polaridad positiva 560 kV/m

* Polaridad negativa 605 kV/m

- Para cadenas en V en la fase central, la longitud de la cadena de aisladores es cuando menos 1.05 veces mayor que la distancia de descarga.
- Para las fases externas usando cadenas en V o cadenas I la distancia en aire puede ser igual a la longitud de la cadena.

B) Las configuraciones de Gap dentro de una Subestación varía de tal forma que para polaridad positiva está en el rango de 575 a 625 kV/m y para polaridad negativa está en el rango de 600 a 625 kV/m

Los valores sugeridos para subestaciones son los mismos que para las torres, esto es:

* Polaridad positiva 560 kV/m

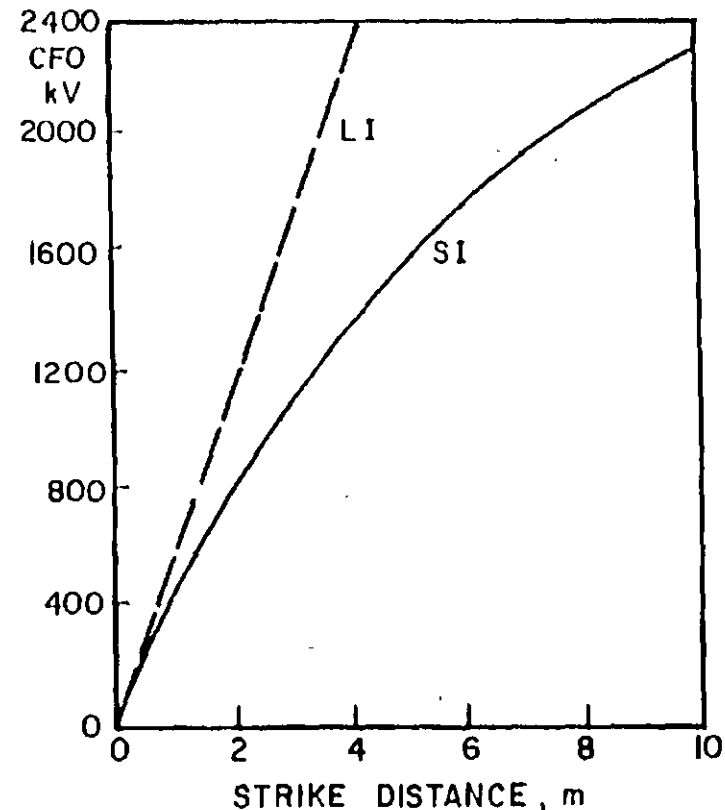
* Polaridad negativa 605 kV/m

12. Voltajes a la frecuencia del Sistema

En líneas de transmisión o subestaciones, la resistencia de aislamiento para voltajes de frecuencia fundamental en condiciones limpias o no contaminadas, rara vez son determinantes para el diseño de aislamiento.

Sin embargo, el comportamiento de aislamientos externos bajo condiciones de contaminación son los que determinan el diseño de aislamiento.

En la Fig. 51 se muestra una comparación de las curvas para rayo y maniobra de interruptores.



En la Fig. 52 se muestran las curvas para voltajes a la frecuencia fundamental

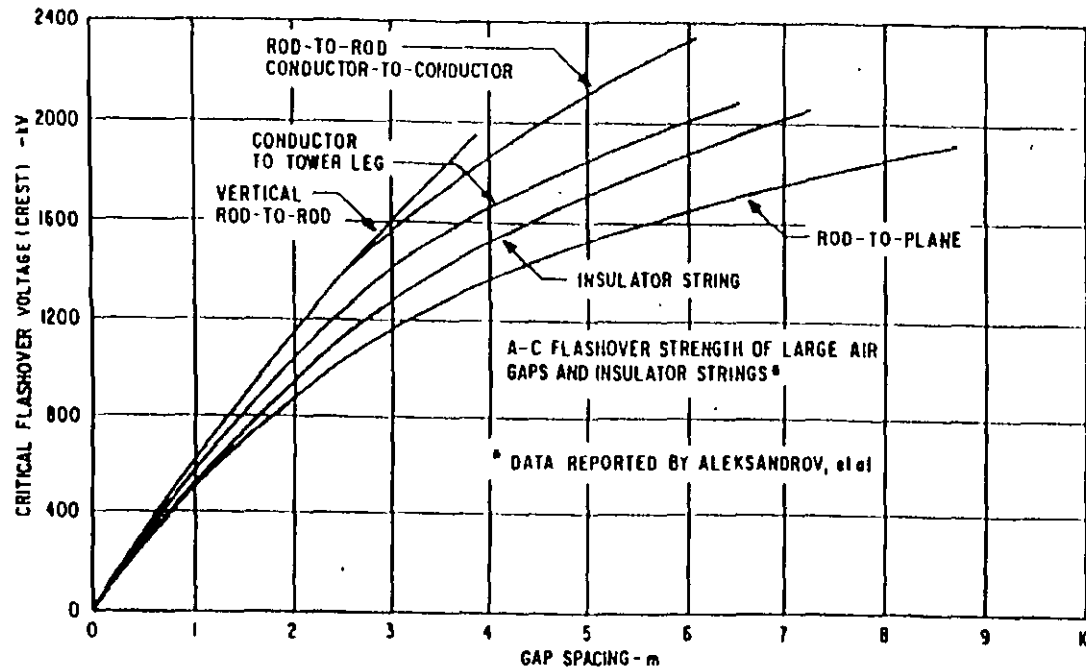


Figure 52 Power frequency CFO of large gaps and insulators [46].

- Para condiciones en seco
- Desviación estándar de 2%

La IEC71 presenta la siguiente ecuación para voltajes de frecuencia fundamental

$$VCF_{PF} = 750(1.35kg - 0.35kg^2) \ln(1 + 0.55S^{1.2})$$

- Válida para:
- Distancias hasta 2 metros.
 - El VCF está en kV, rms

En la siguiente tabla se comparan los valores de VCF para los Voltajes de Rayo, Maniobra y Frecuencia Fundamental para un gap de 3 metros y un factor de gap de 1.2

VCF, kV	Por Unidad
$VCF_M^+ = 113$	1.00
$VCF_M^- = 1935$	1.74
$VCF_R^+ = 1680$	1.51
$VCF_R^- = 1815$	1.63
$VCF_{FF} = 1322$ pico	1.19

Se observa que el VCF de Frecuencia Fundamental es 19% mayor que el VCF de maniobra para polaridad positiva

14. RESUMEN DE DISEÑO DE AISLAMIENTO

1. Para los aislamientos auto-recuperables tales como el aislamiento de las torres, su característica de resistencia dieléctrica se puede representar matemáticamente con una curva de distribución gaussiana acumulada, teniendo un valor medio identificado como VCF y una desviación estándar identificado como σ_f

* Para impulsos de maniobra

$$\sigma_f / VCF = 0.05 \quad \text{para aislamiento de torres}$$

$$\sigma_f / VCF = 0.06 \text{ a } 0.07 \quad \text{para aislamiento de subestaciones}$$

* Para impulsos de rayo

$$\sigma_f / VCF = 0.01 \text{ a } 0.03 \quad \text{y generalmente se desprecia}$$

en este caso sólo se usa el VCF

2. PARA SOBRETENSIONES DE MANIOBRA

$$VCF_s = kg \frac{3400}{1 + \left(\frac{8}{S}\right)} \quad \text{en seco} \quad (64)$$

$$VCF = 0.96kg \frac{3400}{1 + \left(\frac{8}{S}\right)} \quad \text{en húmedo} \quad (65)$$

$$kg = 1.25 + 0.005 \left(\frac{h}{s} - 6 \right) + 0.25 \left(e^{-\frac{8W}{s}} \right) \quad (66)$$

Donde:

S = distancia de descarga en metros

W = ancho de la torre en m

h = altura del conductor en m.

- kg=1.2 para torres de celosía
- kg = 1.25 para postes de acero
- El factor de gap para la fase externa es mayor en 8%
- Para subestaciones el factor de gap práctico es kg=1.3 aunque algunas veces se sugiere kg = 1.1
- Para aisladores soporte (columna) el factor de gap en condiciones en húmedo es 1.18 aplicado a la ecuación (64)

Para condiciones no normalizadas

El VCF se altera por la densidad relativa del aire.

$$VCF_A = \delta^M VCF_S \quad (67)$$

$$G_o = \frac{VCF_S}{500(S)} \quad y \quad m = 1.25G_o(G_o - 0.2) \quad (68)$$

3. La resistencia de aislamiento para polaridad negativa de los impulsos de maniobra es muy grande comparada con la polaridad positiva y entonces no se toma en consideración para los cálculos de diseño de aislamiento.

4. Para el diseño determinístico, los aislamientos de la torre se calculan igualando la máxima sobretensión de maniobra que se presenta en el sistema E_m con la mínima resistencia de aislamiento definida por V_3

Esto es

$$V_3 = E_m \quad (69)$$

$$V_3 = VCF_A \left(1 - \frac{3\sigma_f}{VCF_A} \right)$$

5. Para sobretensiones por rayo

$$VCF^+ = 560(S) \quad (70)$$

$$VCF^- = 605(S)$$

- Para distancias de aislamiento
- Para longitud de cadenas de aisladores

6. Para sobretensiones por rayo de madera en serie con aisladores de porcelana, el VCF depende de la longitud crítica de la madera, la cual es igual a dos veces la longitud de la cadena de aisladores.

Para esta longitud crítica de madera aumentar 100 kV/m de madera al VCF de los aisladores.

Por arriba de esta longitud, la madera actúa como aislador y el VCF total es igual al VCF de la madera sola, esto es, 300 kV/m.

Por debajo de la longitud crítica la madera no es efectiva y solamente hay que aumentar alrededor de 40 kV/m de madera.

7. En aislamientos de fibra de vidrio para sobretensiones de rayo se tiene el mismo VCF que para porcelana-aire y se puede usar la Eq. 70, dando S es la longitud combinada de la cadena de aisladores y la fibra de vidrio: