

**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.

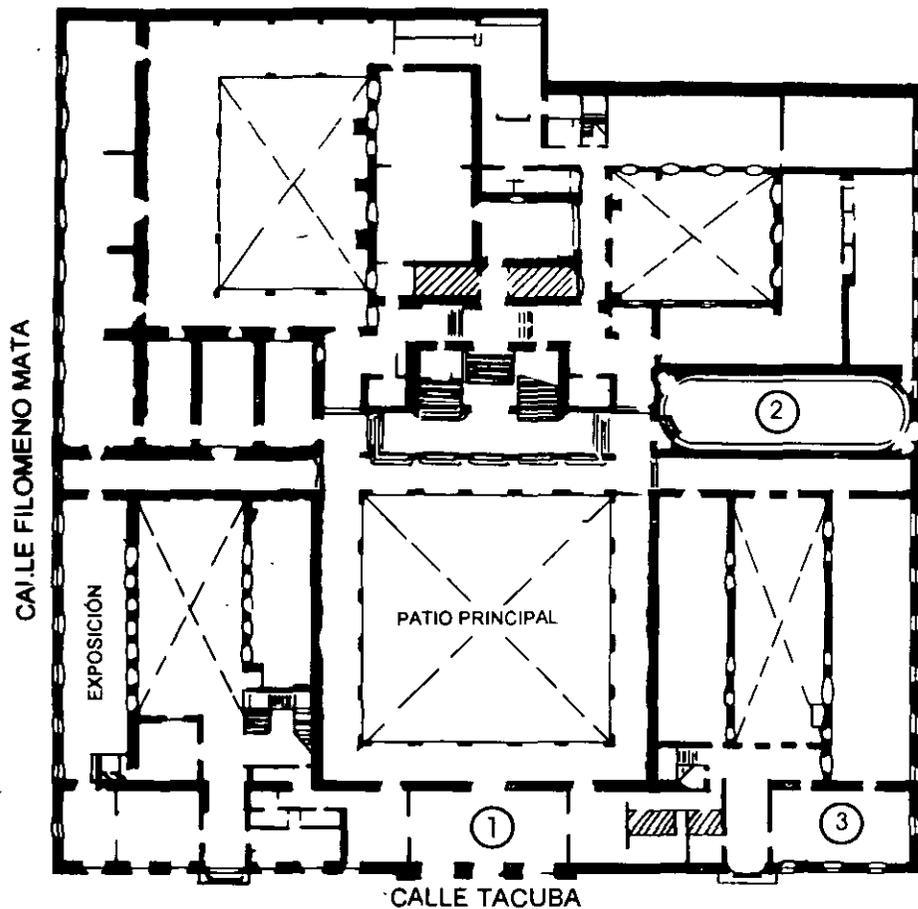
Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

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.

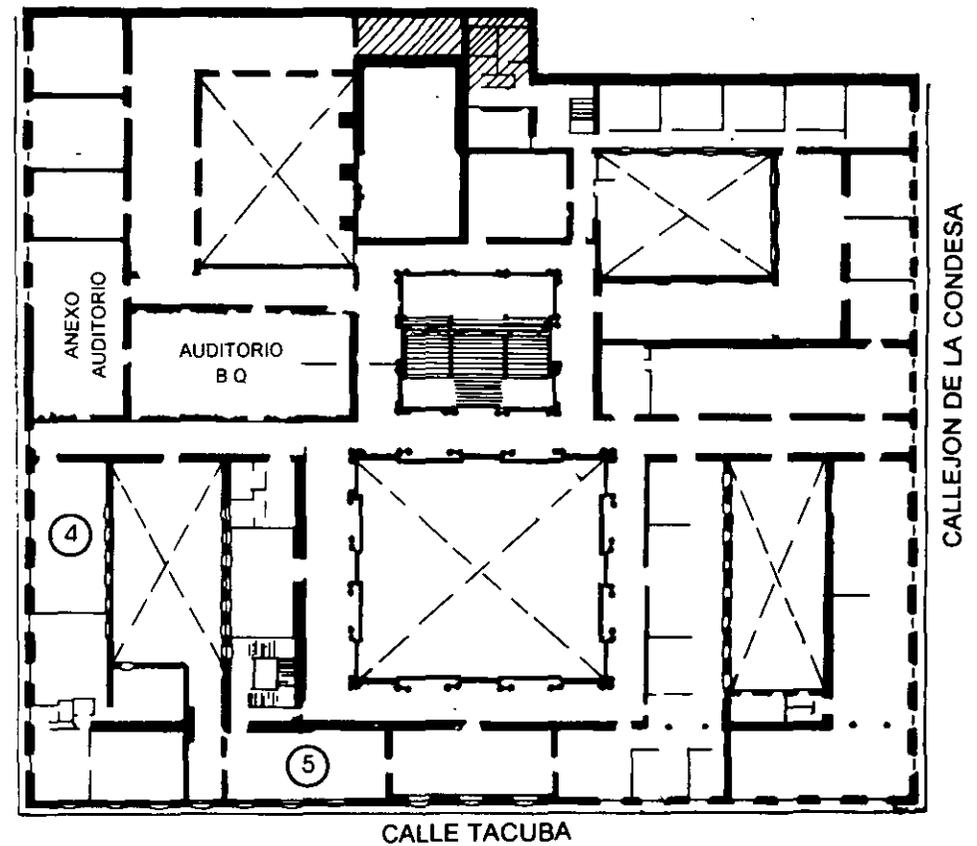
Atentamente

División de Educación Continua.

PALACIO DE MINERIA

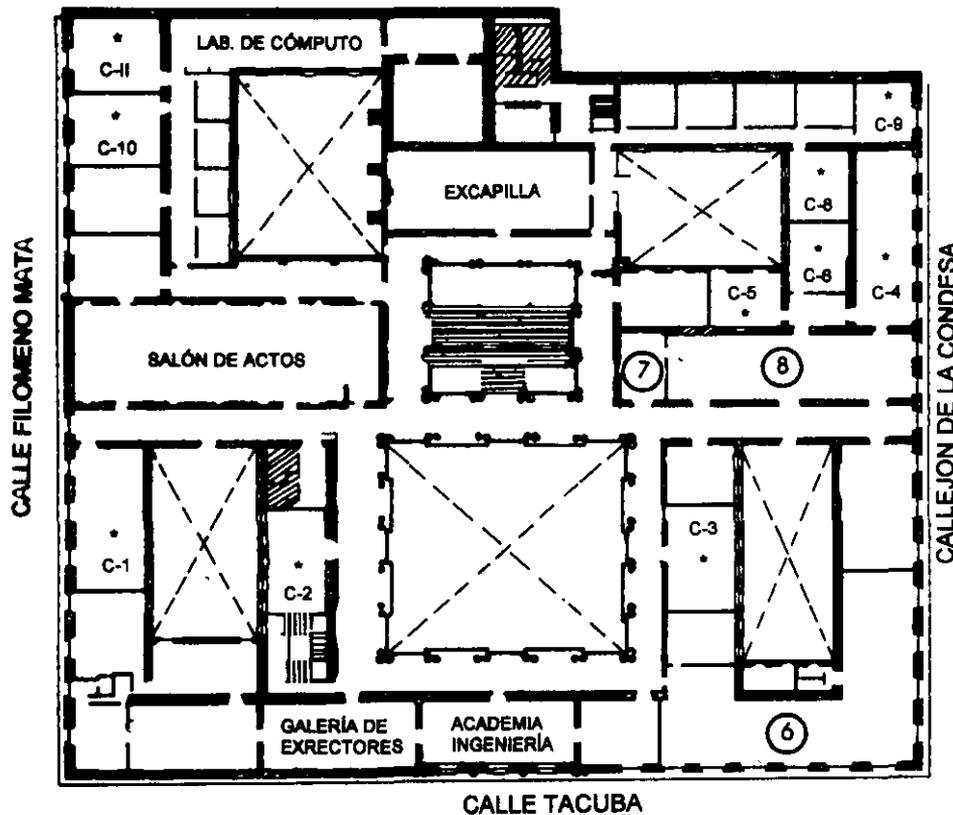


PLANTA BAJA



MEZZANINNE

PALACIO DE MINERIA



1er. PISO

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



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





DIPLOMADO SOBRE GERENCIA DE PROYECTOS ICA - DECFI, UNAM

Módulo V "Pruebas y Puesta en Marcha"
Del 20 al 22 de agosto.

Apuntes Generales

Palacio de Minería
1998.

PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA

CONTENIDO

1. OBJETIVOS
2. ORGANIZACIÓN
 - ALCANCE DEL TRABAJO
 - PROGRAMAS DE EJECUCION Y DE RECURSOS
 - ORGANIGRAMA
 - AVANCE, COSTOS Y RECURSOS
3. BASES PARA EL DESARROLLO
 - APOYO DE LOS FABRICANTES DE EQUIPOS
 - REFACCIONES Y CONSUMIBLES
 - PROCEDIMIENTOS EN CASO DE PRUEBAS NO SATISFACTORIAS
 - SEGURIDAD EN EL PROCESO DE PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA
4. PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA Y PUESTA EN MARCHA
 - INSTALACION ELECTRICA
 - INSTALACION HIDRAULICA
 - INSTALACION SANITARIA
 - INSTALACION CONTRA INCENDIO
 - SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO
 - ELEVADORES
 - SISTEMA INTELIGENTE

5. CONTROL

- MARCO DE REFERENCIA (PLANEACION)
- ELEMENTOS DE CONTROL
- CALIDAD
- COSTO
- TIEMPO
- DESVIACIONES CON RESPECTO AL MARCO DE REFERENCIA
- INFORME DE SEGUIMIENTO

6. MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

7. APOYO DE LA COMPUTACION

- BASES DE DATOS

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. OBJETIVOS

La fase de pruebas y puesta en marcha de un proyecto constituye la verificación necesaria de la correcta operación de todos los componentes del proyecto y la óptima integración de todos sus elementos, asimismo constituye la transición de la etapa de construcción a la etapa de operación y mantenimiento. Sus principales objetivos los enlistamos a continuación:

- Garantizar la correcta operación de todos y cada uno de los componentes del proyecto y su integración adecuada para lograr la operación óptima del mismo.
- Verificar a través de inspecciones minuciosas y rutinas de pruebas establecidas para tal efecto, que la operación de los componentes del proyecto y su conjunto, será de acuerdo con lo planeado y establecido en el diseño y especificaciones del proyecto.
- Iniciar la operación del proyecto en condiciones seguras y eficientes.
- Establecer los mecanismos de inicio de operación del proyecto y las rutinas correspondientes, efectuando la capacitación del personal responsable de la operación de las instalaciones.
- Implantar el programa de operación y mantenimiento.

Como en la administración de cualquiera de las fases del proyecto, para el caso de la pruebas y puesta en marcha de un proyecto de edificación, se debe proceder a enumerar de manera exhaustiva todo lo necesario para su ejecución siguiendo las tres medidas fundamentales de la calidad, el tiempo y el costo. A continuación estudiaremos dicho proceso.

2. ORGANIZACION

El proceso de la realización de pruebas para la verificación de la calidad de las instalaciones, equipos y sistemas de una edificación, como paso previo a la puesta en marcha, deberá quedar establecido dentro de la planeación de la calidad, cuyo objetivo es asegurar que el proyecto funcionará de acuerdo con lo esperado. Dentro del plan de calidad se deberán establecer los criterios de ejecución, las especificaciones del proyecto, y como sustento fundamental, el ensayo y la inspección

De acuerdo con lo anterior, las pruebas constituyen el factor de control en el cumplimiento de la ejecución y en consecuencia afectan directamente tanto el presupuesto como la planeación global del proyecto. De ahí la importancia de establecer durante el desarrollo del diseño del proyecto, las especificaciones, incluyendo todos los requisitos de calidad, los materiales a emplear, las características de las instalaciones y equipos y los ensayos que se efectuarán.

La realización de ensayos y pruebas perfectamente establecidas, dentro de un plan de verificación de calidad, es la única forma de asegurar la exitosa puesta en marcha y la operación adecuada de los equipos, materiales y sistemas que forman parte del proyecto.

Para efecto de su implementación y estudio en general, podemos efectuar la siguiente división en las pruebas:

- Pruebas de calidad
- Pruebas de Operación

Las primeras constituyen las pruebas y ensayos que deben efectuarse a los materiales empleados en la construcción de una edificación y que en términos generales están establecidas por distintas instituciones que emiten especificaciones que deben cumplir los materiales o incluso por normatividad particular del contratante, o del proyectista y en algunos casos del propio fabricante, como pueden ser: ACI, AWS, ASHTTO, Reglamento de Construcciones del DDF, Reglamento de Instalaciones de la SECOFI, etc.

En el caso anterior se encuentran la mayoría de los materiales empleados para la infraestructura y la superestructura, como son concreto y sus componentes, acero de refuerzo, acero estructural, materiales propios de los trabajos de albañilería y acabados e instalaciones en general.

Para el caso de las Pruebas de Operación se efectúan análisis, mediciones y simulacros en condiciones reales de operación de los equipos, verificando que tanto individualmente como en conjunto o por sistema operen de acuerdo con las especificaciones del diseño del proyecto, del fabricante del equipo e incluso también de instituciones públicas o privadas.

En este caso se encuentran las instalaciones y equipos electromecánicos que forman parte de una edificación, como son redes contra incendio con sus equipos de bombeo, sistemas de generación de energía (plantas de emergencia), tableros de distribución de energía, transformadores, subestaciones, sistemas de monitoreo y control, etc. Cabe señalar que las primeras pueden considerarse un subconjunto de las pruebas de operación.

Basándonos en la planeación de la construcción del proyecto, procedemos a la planeación detallada de la ejecución de las pruebas, así como de la participación del personal directamente involucrado en la inspección de la construcción del proyecto, ya sea una empresa de supervisión externa o un área responsable del control de calidad y puesta en marcha de las instalaciones.

A partir de la obtención del listado de pruebas a realizar y su programación basada en el programa de ejecución de la construcción, se debe proceder a la determinación de los recursos necesarios para su ejecución, desglosados en los siguientes rubros:

- Materiales
- Equipos y Herramientas
- Personal

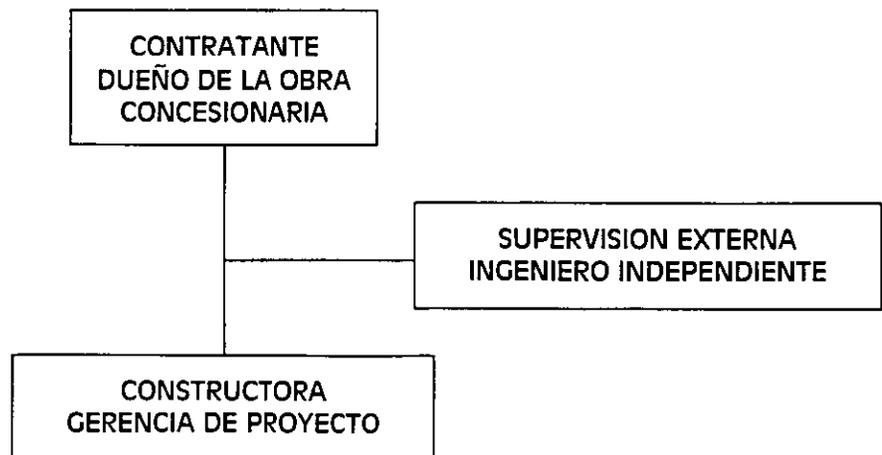
Es importante considerar que por su especialización es necesario planear correctamente en qué casos se debe proceder a la contratación de un laboratorio especializado para la ejecución de ciertas pruebas, como pueden

ser pruebas de radiografías y ultrasonido en uniones soldadas de una estructura metálica, pruebas de capacidad de carga para verificar el desplante de algunos elementos de la cimentación, etc.

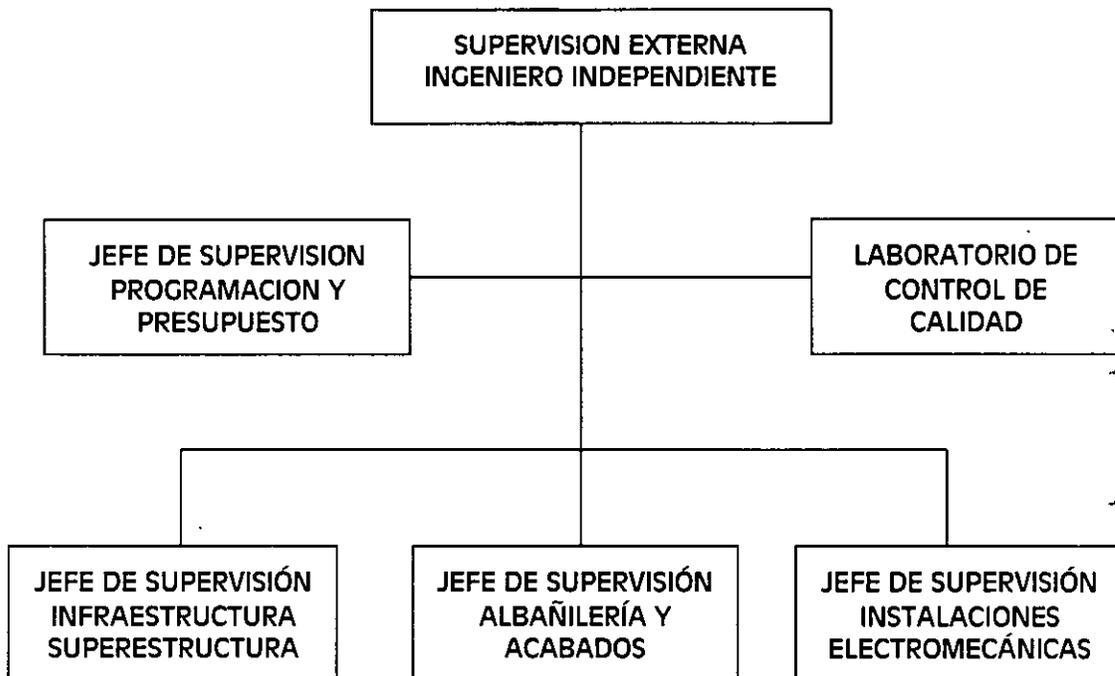
De acuerdo a lo anterior clasificaremos para qué pruebas se tomarán muestras y los ensayos se efectuarán en laboratorios externos, qué pruebas serán elaboradas por un laboratorio de campo y qué pruebas por sus características particulares serán efectuadas directamente en la obra.

Por último dentro de este proceso se debe obtener el listado detallado de recursos a emplear con sus costos asociados. De la combinación del programa de ejecución y de la obtención de recursos y su valuación respectiva, podemos obtener el programa financiero o de aplicación de recursos.

La organización para la realización de la fase de pruebas y puesta en marcha debe estar integrada dentro de la construcción e inspección de la obra, consideramos que la estructura ideal para la ejecución de las pruebas debe ser a partir de una entidad independiente de la constructora como puede ser una empresa externa de supervisión, sin embargo de acuerdo al esquema de contratación puede residir directamente en representantes de la contratante o en un área de la constructora específicamente creada para tal efecto. A continuación estableceremos un organigrama ejemplo, considerando el primer caso, sin embargo consideramos que es aplicable a cualquiera de los casos aquí señalados con ligeras adecuaciones.

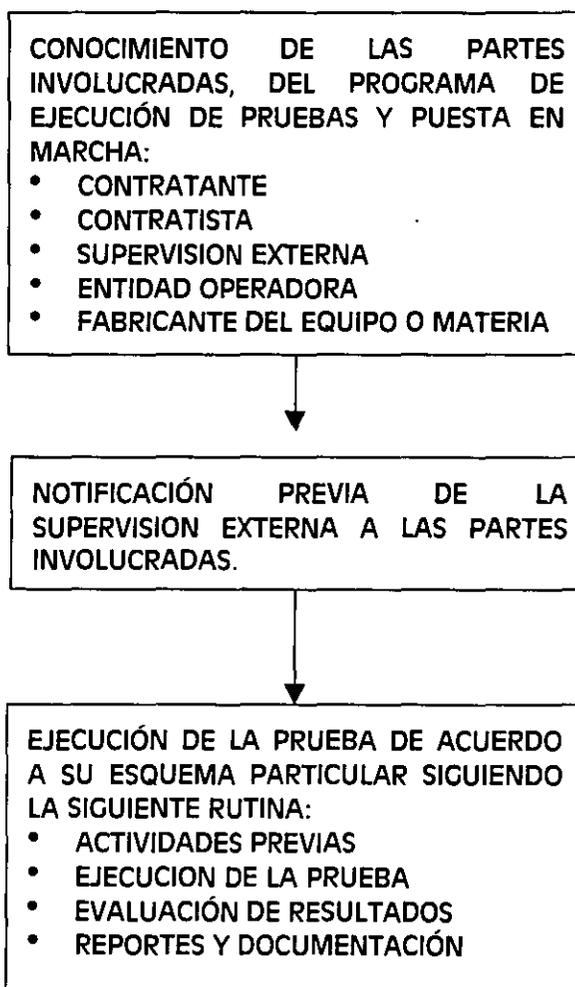


Asimismo como complemento al esquema organizacional previo, presentamos un desglose de una organización de ejemplo para la supervisión de los trabajos de construcción y la ejecución de pruebas y puesta en marcha de un proyecto de edificación:



De acuerdo a lo anterior el esquema de supervisión estaría dividido en estructura, albañilería y acabados e instalaciones y dentro de cada una de estas áreas, los titulares, se sugiere sean, los responsables de la ejecución de pruebas y puesta en marcha, con el apoyo de un laboratorio externo, de la contratista como proveedor de los materiales y equipos e incluso de los subcontratistas y proveedores que para el efecto haya contratado la entidad responsable de la construcción o de la coordinación de los trabajos.

Los procedimientos administrativos a seguir para la realización de las pruebas trataremos de explicarlos mediante el siguiente esquema:



3. BASES PARA EL DESARROLLO

Las bases para el desarrollo de las pruebas han sido identificadas a través de la normatividad aplicable, las especificaciones particulares del proyecto y la planeación desarrollada en los capítulos previos, por lo cual ya contamos con la infraestructura básica para el desarrollo de nuestros objetivos, en consecuencia en el presente capítulo efectuaremos una serie de recomendaciones generales para el mejor desarrollo y alcance de los objetivos planteados:

Durante el desarrollo de las pruebas y puesta en marcha de los equipos y sistemas es indispensable contar con el apoyo de las empresas subcontratistas responsables de la instalación en particular, en caso de que existan, así como de los fabricantes de los equipos, los cuales permitirán lograr la operación óptima de las instalaciones y de acuerdo al conocimiento profundo de sus equipos, podrán proporcionar información muy valiosa en el proceso.

La participación de los fabricantes y/o distribuidores de equipos será de importancia para obtener un listado de refacciones y consumibles que permitan asegurar la operación del equipo de manera continua en condiciones razonables, mismo que deberá ser proporcionado a la entidad operadora con su respectiva cotización con la finalidad de que sean adquiridos de acuerdo al esquema de contratación que se maneje y sean entregados a la entidad responsable de la operación, que deberá manejar sus inventarios y estadísticas de fallas para retroalimentar el proceso. Dentro de este proceso se reflejará evidentemente la buena selección que se haya hecho de los equipos para el proyecto, así como la calidad del servicio post venta de los proveedores seleccionados.

En ocasiones pueden obtenerse resultados no satisfactorios en las pruebas de operación de ciertos sistemas, por lo que en estos casos es de suma importancia la participación de todos los involucrados en la construcción del sistema en cuestión, ya que esto nos llevará a establecer de la manera más rápida las razones de la obtención de un resultado no satisfactorio y poder efectuar las correcciones procedentes en la instalación, el ajuste o la sustitución de los materiales y equipos que así lo requieran, sin afectar el

costo planeado, sino efectuarlo con cargo a las garantías del responsable, evitando que la responsabilidad se diluya entre diversos participantes, afectando la puesta en marcha del proyecto y el costo programado.

En esta etapa y con el apoyo mencionado, además de la determinación de las refacciones y consumibles que deban considerarse para su manejo en el almacén, debe analizarse el esquema de mantenimiento y operación de los equipos con que cuenta nuestro proyecto, es decir, analizar y determinar cómo se efectuará la operación y el mantenimiento de dichos equipos. En este momento debe considerarse la posibilidad de que algunos de los equipos les sea contratada una póliza de mantenimiento con alguna empresa especializada, esto es común en equipos de transporte vertical como ascensores y escaleras mecánicas, contando con la ventaja en algunos casos de servicio de atención de llamadas de emergencia durante veinticuatro horas al día y extensión de las garantías de los equipos. En el caso de que se decida efectuar el mantenimiento directamente con personal contratado de tiempo completo para estas labores, programarse la capacitación dentro del desarrollo de las pruebas y puesta en marcha, así como además de la adquisición de las refacciones y consumibles, deberá considerarse la adquisición de herramientas especiales y equipos de medición y pruebas. La característica más común durante la operación y mantenimiento de proyectos de edificación, corresponde a una combinación de las opciones explicadas previamente.

Consideramos importante haber definido de manera previa a la ejecución de las pruebas finales de operación y puesta en marcha, el esquema de manejo, con la finalidad de que dichas pruebas se efectúen con la participación del personal designado a las labores en cuestión.

Es importante mencionar el caso de instalaciones y sistemas de seguridad y protección del inmueble como son:

- Sistemas de Rociadores Automáticos
- Revestimiento contra incendio de estructuras
- Sistemas de alarmas
- Etc.

En estos casos cuando se efectúan las pruebas y puesta en marcha es conveniente notificar a la empresa responsable de los seguros del propietario o con quien se tenga previsto contratar los seguros correspondientes del proyecto, con la finalidad de que participe en la elaboración de dichas pruebas, así como entregar copias de la documentación satisfactoria del resultado de las pruebas, ya que es común que estos sistemas tengan influencia significativa en el costo de la prima del seguro del proyecto.

Absolutamente todo el desarrollo del proceso de pruebas y puesta en marcha debe efectuarse en base a un reglamento de seguridad previamente establecido y que deberá regir toda la construcción del proyecto y que debe considerar en particular la ejecución de pruebas y puesta en marcha, esto resulta de particular importancia porque la puesta en marcha implica el manejo de recursos peligrosos como son energía eléctrica, equipos electromecánicos, etc.

Debe darse particular importancia a la utilización del equipo de protección adecuado a través de la capacitación del personal y la inspección minuciosa de las instalaciones de protección con que debe contar el proyecto, como por ejemplo tarimas aislantes en la subestación, etc.

El conocimiento del personal en general que labora en el proyecto de la puesta en marcha de los sistemas la consideramos de suma importancia, ya que por la magnitud de algunos proyectos de edificación puede existir personal efectuando labores complementarias en zonas que pueden considerarse de peligro para la puesta en marcha de algunos equipos y sistemas, como por ejemplo efectuar labores de detallado de impermeabilización o pintura en fosos de elevadores cuando pretendan hacerse pruebas de operación de los mismos. Con la finalidad de evitar circunstancias de este tipo, dentro de las actividades previas a la ejecución de las pruebas debe contemplarse la notificación a todo el personal y la inspección de los lugares afectados.

4. PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA DE LAS INSTALACIONES EN EDIFICIOS

A continuación se establecerá de manera somera la descripción de los sistemas que usualmente integran la compleja unidad de una edificación y se sugieren una serie de pruebas a realizar, con el objeto de que la puesta en marcha se lleve de una manera exitosa:

- **INSTALACION ELECTRICA**
- **INSTALACION HIDRAULICA**
- **INSTALACION SANITARIA**
- **INSTALACION CONTRA INCENDIO**
- **SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO**
- **ELEVADORES**
- **SISTEMA INTELIGENTE**

INSTALACION ELECTRICA

INSTALACION ELECTRICA

Introducción

En primera instancia se explicarán brevemente los elementos que componen la instalación eléctrica en los edificios. (Ver fig. 1)

Para la mayoría de los usuarios, la compañía que suministra la energía lo hace en bajo voltaje por medio de transformadores ubicados en la calle, sin embargo estos aparatos limitan su capacidad a 125 kw. En los edificios cuya demanda es mayor, la energía se suministra en alta tensión y el usuario tendrá internamente la necesidad de colocar una subestación y un transformador para llevar a cabo la conversión.

Cuando se recibe en un edificio energía eléctrica en alta tensión se hace por medio de una subestación, la cuál consta de diferentes secciones para medidores, cuchillas, interruptores , fusibles, y transformadores (Ver fig. 2).

Una vez convertida la energía eléctrica de alta a baja tensión, se procederá a su distribución dentro del edificio, para lo cual se deberá contar con los llamados centros de distribución, es decir los tableros principales, tableros secundarios, tableros de fuerza y centros de control de motores. Los tableros constan de un interruptor que protege la red contra sobrecargas y corto circuitos, y en el caso de los centros de control de motores cuentan adicionalmente con arrancadores para controlar los motores del sistema de aire acondicionado, bombas, etc. (Ver figs. 3 y 4)

Los circuitos derivados son aquellos que desde el último tablero llevan directamente la energía al sitio donde es necesario su empleo para alumbrado, contactos o fuerza.

Por otro lado en muchos edificios se cuenta con plantas de emergencia para la generación de energía eléctrica alterna en caso de falla del suministro por parte de la compañía de luz y fuerza. Del tablero general normal se alimenta el tablero de transferencia de la planta de emergencia, el cual al censar una falta de suministro de energía eléctrica arranca de manera automática la planta , la cual alimenta a su vez el tablero general de servicio en emergencia (Ver figs. 5 y 6)

Pruebas

Parte del trabajo en la colocación de instalaciones nuevas consiste en probarlas y asegurarse que todas las conexiones se han hecho de manera adecuada. Si existen errores en la instalación, deben aplicarse procedimientos para su detección con el fin de localizarlos y corregirlos.

❖ Antecedentes

Es necesario mencionar que una correcta supervisión de los trabajos a lo largo del desarrollo de la obra evitará en gran medida la ocurrencia de errores finales que pueden generar gastos importantes, como por ejemplo, si se tuvieran que sustituir cableados completos por falta de un correcto control de calidad. Para tal efecto, a continuación se enlistan algunos de los puntos en los que deberá tenerse cuidado durante la ejecución de los trabajos:

➤ Canalizaciones

- Verificar que el trabajo se haga de acuerdo con los planos, especificaciones y normas correspondientes.
- Tuberías correctamente acopladas para contar con continuidad mecánica.
- Factor de relleno de las tuberías de acuerdo con especificaciones.
- Factor de relleno en las cajas de conexión de acuerdo con especificaciones.
- Verificar especificaciones con relación a las separaciones de tuberías respetando al menos una distancia igual al diámetro mayor de los tubos que se coloquen paralelos.
- Verificar que la soportería debe de estar a no más de 90 cm. de las cajas de conexiones, en cambios de dirección, y a lo largo de la tubería cuando más a 1.50 m. de separación.

➤ Cableados

- Verificar que el trabajo se haga de acuerdo con los planos , especificaciones y normas.
- Verificar que la forma del cableado sea adecuada, es decir proteger los cables de posibles raspaduras (daño mecánico) especialmente al momento de la colocación.
- En alimentadores nuevos no deben existir empalmes. En caso de tener empalmes estos deben ser registrables y deben ser con los conectores mecánicos apropiados, además de que deben estar estañados y que la cantidad de cinta que se utiliza debe ser proporcional al forro del conductor de que se trate.
- Verificar que se respete el código de colores de la norma.

➤ Tableros

- Deben de instalarse a una altura de 1.50 m. medidos al centro del tablero.
- No deben de utilizarse como registros de paso
- Deben de utilizarse las preparaciones para acoplar la tubería
- Toda la tubería que se remate en tablero debe contar con su respectiva contra para una buena conexión mecánica.
- Todos los conductores que lleguen al tablero deberán estar perfectamente peinados por medio de cinturones de plástico.
- Todas las conexiones a los interruptores termomagnéticos deben estar perfectamente atornilladas para evitar falsos contactos.
- Los cables de alimentación al tablero deberán de contar con una coca de por lo menos 60 cm.

- Todos los conductores de fase, neutro y tierra física deben estar identificados con el número de circuito
- Los tableros deben tener en el frente indicada la tensión de servicio (220, 440), número de fases (1 ó 3), frecuencia (60 hz.)
- Los tableros deben de estar correctamente balanceados, es decir que el desbalanceo máximo sea menor al 5 % según la norma.

➤ Obras nuevas y obras en operación

Respecto a la localización de fallas, los procedimientos para las obras nuevas y aquellas que ya se encuentran en operación requieren diferentes enfoques.

En las obras nuevas, se puede probar la instalación antes de cerrar muros y plafones, por lo que un trabajo de supervisión continua de estas actividades es deseable. Si se descubren fallas, por lo común se pueden corregir fácil y rápidamente, porque toda la instalación es visible y accesible, y además se cuenta con los planos de la instalación completa.

En las adiciones o modificaciones a obras en operación, la localización de fallas es más difícil porque generalmente la instalación está por lo menos parcialmente oculta. Además, si se han agregado tomas de corriente a un circuito existente, los apagadores, contactos, lamparas, etc. o el alambrado de las partes antiguas del circuito pueden provocar fallas por aumento de energía (sobrecargas) que aparentemente se deben a la obra nueva.

La importancia de asentar en el proceso de la obra los cambios que se presenten en trayectorias, cables, interruptores, etc., es de gran relevancia para llevar a cabo la revisión final de la obra , al contar con los planos as-built, es decir los planos que reflejen fielmente el estado final real de las instalaciones. Por otro lado en el caso de remodelaciones o adaptaciones de edificios existentes, el contar con los planos as-built proporciona información valiosa para llevar a cabo estos proyectos, además de que para efectos de mantenimiento son muy útiles.

❖ Pruebas en circuitos y tableros

La secuencia de las pruebas se divide generalmente en dos partes. Las Pruebas de Baja Tensión que permiten verificar el alambrado sin peligro para el personal analizando las conexiones, su continuidad, resistencia al aislamiento, los tableros y los circuitos completos, induciendo señales y probando con instrumentos sencillos sin necesidad de contar con la energía de trabajo. Las Pruebas de Baja Tensión pueden descubrir muchos, pero no todos los errores en el alambrado y fallas en el material.

Las Pruebas a Pleno Voltaje se realizan una vez que se han llevado a cabo sin problema las de Baja Tensión, consistiendo en realizar mediciones y chequeos ahora con la corriente de trabajo.

➤ Pruebas a Baja Tensión

Deberán hacerse pruebas en los diferentes elementos que integran los circuitos. La primera prueba a baja tensión se debe hacer tan pronto como se pueda, después de que se hayan instalado todas las cajas de conexiones y de haber colocado todo el alambrado desde el tablero hasta el final del tendido en todos los circuitos, pero antes de instalar los apagadores, contactos, lámparas, etc. y, por supuesto, antes de conectar las líneas de potencia de la compañía de luz.

Prueba del alambrado

Antes de realizar la prueba deberá verificarse todo el alambrado. Deberá comprobarse la ejecución de todas las conexiones permanentes entre los conductores y la ejecución temporal de las conexiones entre conductores en donde se colocarán posteriormente contactos, apagadores, lámparas, etc.

La prueba detecta la existencia de una interrupción en la continuidad para el paso de la corriente entre los conductores de prueba, es decir se verifican las conexiones, la integridad del alambrado y su correcta instalación.

Para la realización de esta prueba se pueden utilizar probadores de continuidad, ohmmetros o bien probadores simples de batería y timbre para circuitos de mayores dimensiones.

El probador de continuidad (Ver figura 7) contiene una batería y un foco, y tiene también dos conductores de prueba. Este probador sólo se utiliza en los circuitos en los que se ha eliminado toda la energía eléctrica. Al colocar los conductores de prueba en dos puntos cualesquiera de un circuito, el foco se encenderá si la corriente puede fluir entre los puntos. El foco iluminado indica que existe una trayectoria continua para el flujo de corriente (continuidad) en el circuito que se está probando.

De manera similar puede utilizarse un ohmetro (Ver figura 8) para efectuar pruebas de continuidad, ya que al colocar el ohmetro en dos puntos cualesquiera de un circuito, la escala marcará infinito al no existir una trayectoria continua en el flujo de corriente.

Los probadores de continuidad y los ohmetros, aun cuando son muy útiles para realizar un gran número de pruebas, tienen dos desventajas cuando se utilizan para probar circuitos completos. En los dos dispositivos se usan generalmente una o dos baterías pequeñas. En tendidos largos la caída normal de tensión puede producir el mismo resultado que un circuito abierto. Otra limitación es que en los dos dispositivos sólo se proporciona una indicación visual del resultado.

Los probadores simples de batería y timbre (Ver figura 9), que se utilizan para circuitos de mayores dimensiones, proporcionan una indicación audible del resultado de la prueba, con lo cual se puede ahorrar trabajo y tiempo en el proceso de las pruebas.

Resistencia de Aislamiento en conductores, contactos y equipos en general.

Una prueba de la resistencia de aislamiento es una medición de la resistencia eléctrica del material aislante que rodea a un conductor. La resistencia de aislamiento depende de la temperatura, humedad y del polvo o suciedad, por lo tanto, indica el grado de deterioro y humedecimiento del material aislante. La variación local de esas condiciones hacen que difieran los resultados de la prueba realizada en distintos días.

La tendencia en la variación de la resistencia de aislamiento suele ser más importante que su valor exacto en un momento determinado. Lo que importa es ver si se mantiene constante o si va disminuyendo.

Cuando se trata de una obra nueva es importante efectuar esta prueba debido a que se puede verificar si durante la instalación del cable, es decir al momento de deslizarlo a través de las tuberías conduit del sistema, su aislamiento no sufrió daño mecánico al comparar el resultado obtenido contra el esperado en función de las características del cable.

Para medir directamente la resistencia de aislamiento de sistemas conductores, máquinas y aparatos eléctricos se emplean los megóhmetros, llamados frecuentemente meggers. Un instrumento de este tipo es una combinación de un generador manual y un ohmmetro que indica directamente el valor de la resistencia en ohms

Una regla general de seguridad es que la resistencia de un aislamiento debe ser, aproximadamente, de 1 megohm por cada 1000v. de voltaje nominal de operación, siendo tal valor de 1 megohm el mínimo aceptable.

Pruebas para tableros

Para efectuar la prueba en los tableros, en primera instancia se colocan todos los interruptores termomagnéticos en su posición de apagado y se coloca un puente temporal entre las terminales de los alambres de fases. Uno de los conductores del probador de timbre se conecta al puente mencionado anteriormente y el otro a la barra de neutro. El probador no debe sonar al conectarse entre las barras de distribución de las fases y el neutro. Si suena, existe corto circuito en el alambrado del tablero, entonces deberá quitarse el puente y probar cada fase conectando el probador precisamente entre ésta y el neutro para localizar la falla.

Una vez que se ha logrado un resultado positivo, se deberá continuar con la segunda etapa de la prueba, en la que se deberá de colocar nuevamente el puente entre las fases y el neutro y se deberá colocar en posición de encendido cada interruptor de los circuitos derivados, uno por uno. El probador no debe sonar en ningún momento de la prueba.

Prueba de continuidad para los circuitos derivados

Para efectuar esta prueba se coloca uno de los conductores de la batería de prueba a la barra neutra y el otro a una de las barras de las fases. Posteriormente se colocan todos los interruptores termomagnéticos en su posición de encendido, lo cuál proporciona voltaje a todos los circuitos conectados a la barra de la fase. La presencia de este voltaje en cada toma de corriente alimentada por la barra indica que el alambrado es correcto.

Prueba del circuito completo

Una vez que se hayan pasado con éxito todas las pruebas del alambrado, se pueden instalar todos los apagadores y contactos , y entonces es conveniente realizar una prueba de baja tensión del circuito completo con todos los dispositivos instalados, sin que haya lámparas o focos instalados ni clavijas enchufadas (sin carga).

Posteriormente se deberá colocar en el tablero un puente entre las barras de las fases y conectar el probador a éste y a la barra de neutro. Deberán colocarse en posición de encendido uno por uno los interruptores termomagnéticos. En ningún instante debe sonar el timbre. Si suena, existe un corto circuito en aquel que se encendió al iniciarse el sonido, y ya que el circuito pasó la prueba de alambrado anteriormente descrita, la causa del problema debe ser un error al conectar los dispositivos o un defecto en los mismos.

➤ Prueba a Pleno Voltaje

Una instalación que ha pasado todas la pruebas a baja tensión puede probarse a pleno voltaje. Debe tenerse en cuenta que la razón de efectuarse es que la instalación todavía puede tener fallas, y alguno de estos errores puede provocar un shock eléctrico.

Las Pruebas a Pleno Voltaje se dividen a su vez en una prueba sin carga en la cual se lleva a cabo la revisión del voltaje entre fases, entre fase y neutro, fase y tierra física, y por otro lado la prueba con carga, la cual consiste en

colocar en posición de encendido cada uno de los interruptores derivados sucesivamente. Durante esta operación no debe dispararse ningún interruptor termomagnético. También se verifica con un amperímetro de gancho (Ver fig. 10)la corriente que circula a través del neutro y de la tierra física y el correcto balanceo de las fases. (Ver fig. 11)

➤ Pruebas en Equipos, Sistemas y Aditamentos

En general en lo referente a los equipos será necesario exigir a las compañía que los suministran los protocolos de prueba correspondientes. Estos protocolos de prueba se refieren a las verificaciones a las que fueron sometidos en la planta donde fueron fabricados o armados antes de ser entregados en la obra.

Los protocolos de prueba deben cumplir con lo establecido por las normas oficiales correspondientes. Estos documentos forman parte del archivo de obra que deberá entregarse al cliente durante el proceso de recepción de la misma.

En algunos casos es muy conveniente la presencia del fabricante en el momento de probar y poner en marcha los equipos y sistemas.

Subestación eléctrica y transformador

Un equipo que debe verificarse antes de recibir la energía eléctrica de la Compañía de Luz y Fuerza es la subestación y el transformador.

En primer término se deberá verificar que cumpla con los requisitos del proyecto, además de que el espacio en donde se colocará en la obra esté totalmente terminado, a efecto de evitar daños y polvo en exceso, y que cuente con una ventilación adecuada.

Posteriormente se procede a verificar la conexión del gabinete de la subestación y transformador al sistema de tierras.

Se verificará el acoplamiento mecánico del gabinete de la subestación al transformador

Se deberá revisar físicamente el equipo para verificar que no existan desajustes en el mecanismo de cuchillas y del interruptor de la subestación, además de verificar que el equipo esté limpio.

Se deberá verificar el nivel de aceite del transformador.

Adicionalmente se deberán verificar las conexiones entre las diferentes secciones de la subestación y el transformador.

Una vez realizadas todas la verificaciones anteriores, se procede a la puesta en marcha del equipo, es decir se energiza. Se deberá entonces verificar el voltaje de salida del transformador, el cuál deberá de ser de acuerdo con el proyecto.

Si el voltaje resultara diferente al proyectado, se procederá a la desconexión del equipo para ajustar la palanca de regulación de voltaje del transformador.

Planta de emergencia

En primer término para la recepción de la planta de emergencia, se deberá verificar que cumpla con los requisitos del proyecto, además de que el espacio en donde se colocará en la obra esté totalmente terminado, a efecto de evitar daños y polvo en exceso, y que cuente con una ventilación adecuada.

Deberá verificarse que las conexiones entre el tablero general normal y el transfer, entre el transfer y la planta, y entre el transfer y el tablero general de emergencia estén correctamente instaladas.

Se deberá verificar también que la alimentación del tanque de diesel de la planta, y el mismo tanque no presenten fugas.

Posteriormente se procede a conectar el envolvente metálico del generador de la planta de emergencia al sistema de tierras.

Se deberá verificar que la planta quede montada y nivelada sobre amortiguadores del tipo resorte o neopreno.

Para los gases de combustión del motor de la planta de emergencia se deberá verificar que la prolongación del tubo de escape hacia el exterior sea al menos del mismo diámetro que aquel con el que cuenta la planta, además de verificar que por cada cambio de dirección ó por cada diez metros de longitud el diámetro de la tubería se incremente a la siguiente medida comercial.

Una vez realizadas las verificaciones anteriores, deberá simularse la falla en el suministro de energía eléctrica, verificando el tiempo de respuesta de la planta para compararlo con el que se especifica en el proyecto.

Adicionalmente se realizan otras pruebas, simulando las siguientes situaciones de falla en el equipo:

- Bajo nivel de aceite
- Exceso de demanda eléctrica de la planta (sobrecarga)
- Alta temperatura en el sitio de la planta
- Sobrevelocidad (Limitar la revoluciones por minuto en el motor de la planta)

Las anteriores pruebas se simulan por medio del tablero de transferencia en donde se verifica el encendido de las luces piloto que indiquen la falla correspondiente a la situación simulada, además de corroborar que la planta se apague al suceder cualquiera de ellas.

Tableros Generales

Previa la puesta en operación de los tableros generales deberá verificarse lo siguiente:

- Que estén montados sobre una base de concreto de al menos 10 cm.
- Que no hayan sido utilizados como registros de paso
- Toda la tubería que se remate en el tablero debe contar con su respectiva contra para tener una buena conexión mecánica.
- Todos los conductores que lleguen al tablero deberán estar perfectamente peinados por medio de cinturones de plástico.
- Todas las conexiones a los interruptores termomagnéticos deben estar perfectamente atornilladas para evitar falsos contactos.
- Los cables de alimentación al tablero deberán de contar con una "coca" de por lo menos 60 cm.
- Todos los conductores de fase, neutro y tierra física deben estar identificados con el número de circuito
- Los tableros deben tener en el frente indicada la tensión de servicio (220, 440), número de fases (1 ó 3) y frecuencia (60 hz.)
- Se deberán tener los circuitos identificados en la tapa del tablero.

Una vez efectuadas las verificaciones anteriores se deberá verificar que los tableros estén correctamente balanceados, es decir que el desbalanceo máximo sea menor al 5 %.

Prueba de los contactos

Para realizar pruebas en los contactos existen los analizadores de contactos (Ver Fig.12). Estos aditamentos sirven para comprobar la instalación y localizar las fuentes de los problemas. Cuando se enchufa en un contacto de 120 v., las luces del analizador indican si la instalación es correcta o si existe alguna falla. Los defectos de la instalación que se indican son: fase y neutro invertidos, fase abierta, neutro abierto, fase y tierra invertidos y tierra abierto.

Sistema de Tierras

En primera instancia se debe revisar que el conductor desnudo utilizado para el sistema de tierras sea cuando menos de 4/0. Este conductor debe estar a una profundidad mínima de 60 cm. con relación al nivel del piso terminado del firme.

Se deberá verificar que las conexiones de este sistema sean preferentemente soldables, y en el caso de conexiones mecánicas verificar que estén correctamente ejecutadas.

Por otro lado se deberá verificar que las varillas de tierra del sistema estén enterradas en su totalidad, y que su separación mínima sea de 1 m.

Una vez verificado lo anterior, se procede a medir el nivel de resistencia del sistema, el cual no debe exceder los 3 ohms, o en su defecto lo especificado en el proyecto.

Sistema de Pararrayos

Verificar que las puntas de cobre localizadas en las azoteas de los edificios estén instaladas entre sí a distancias no mayores de 6 m., y deben estar interconectadas con cable desnudo suave de 29 hilos.

Deberá contar además con bajadas suficientes a tierra, debiendo estar como máximo a 15 m. de separación.

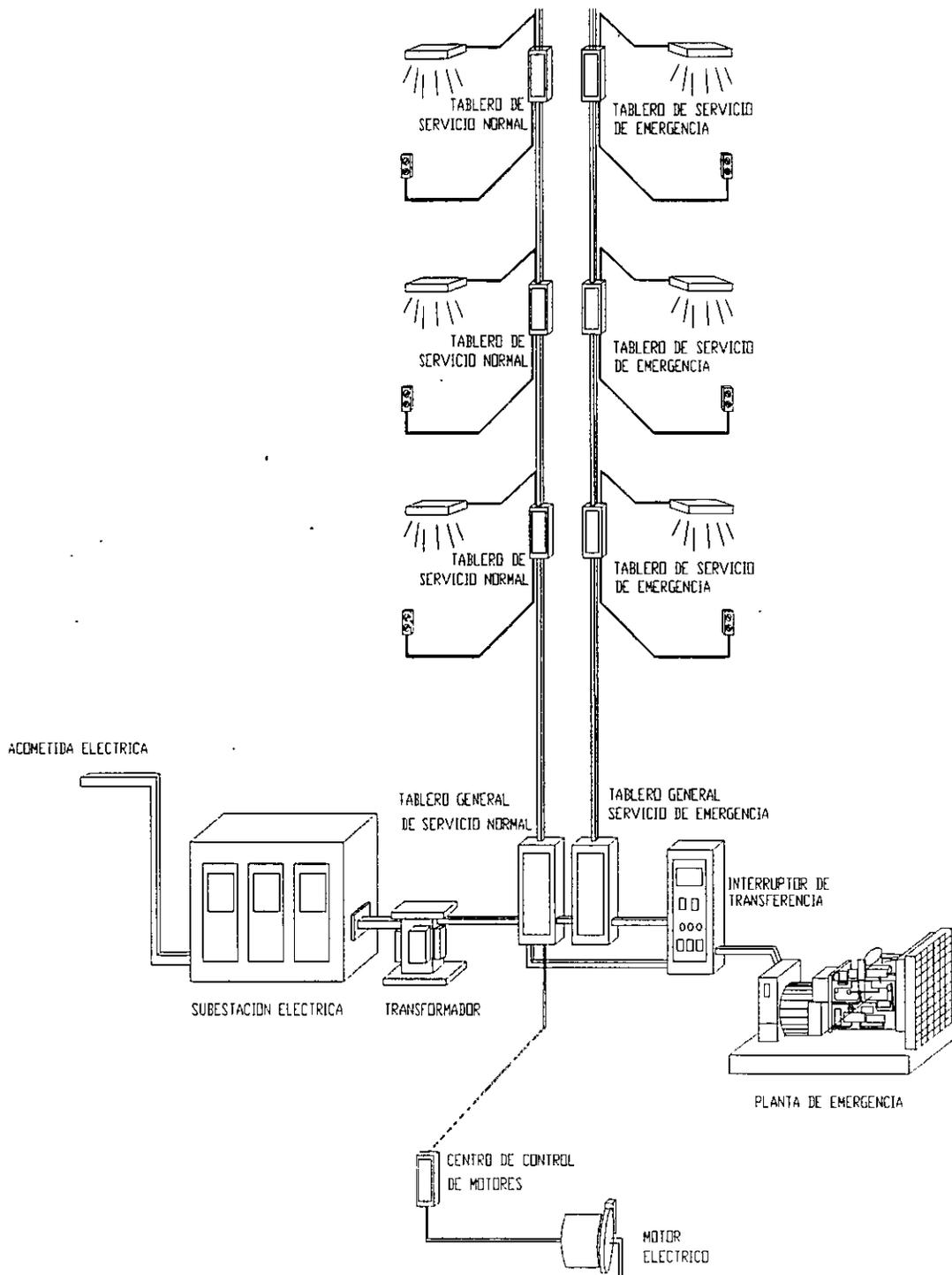
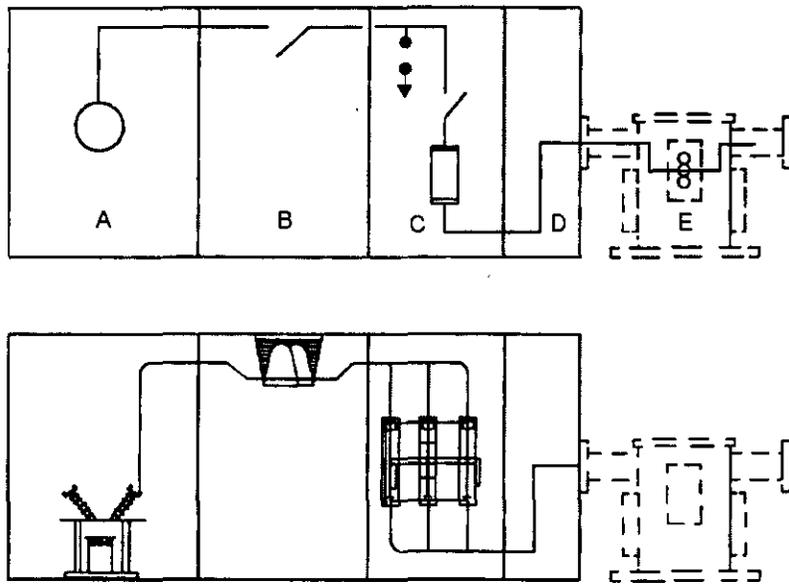


Fig. 1 Elementos que componen la instalación eléctrica.



- A. Sección de medición
- B. Sección de cuchillas de paso
- C. Sección de cortocircuitos fusibles y apartarrayos.
- D. Sección de acoplamiento.
- E. Transformador

Fig. 2 Partes de una subestación

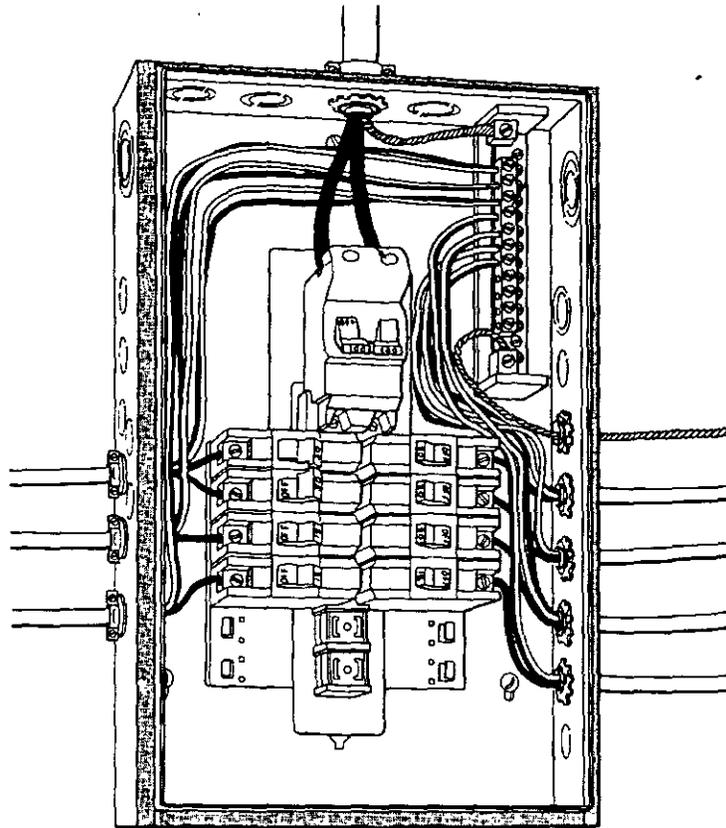


Fig. 3 Tablero de distribución.

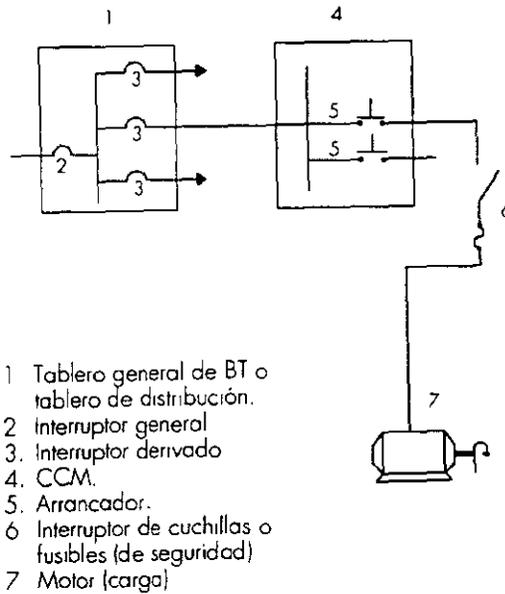


Fig. 4 Esquema de servicio del centro de control de motores.

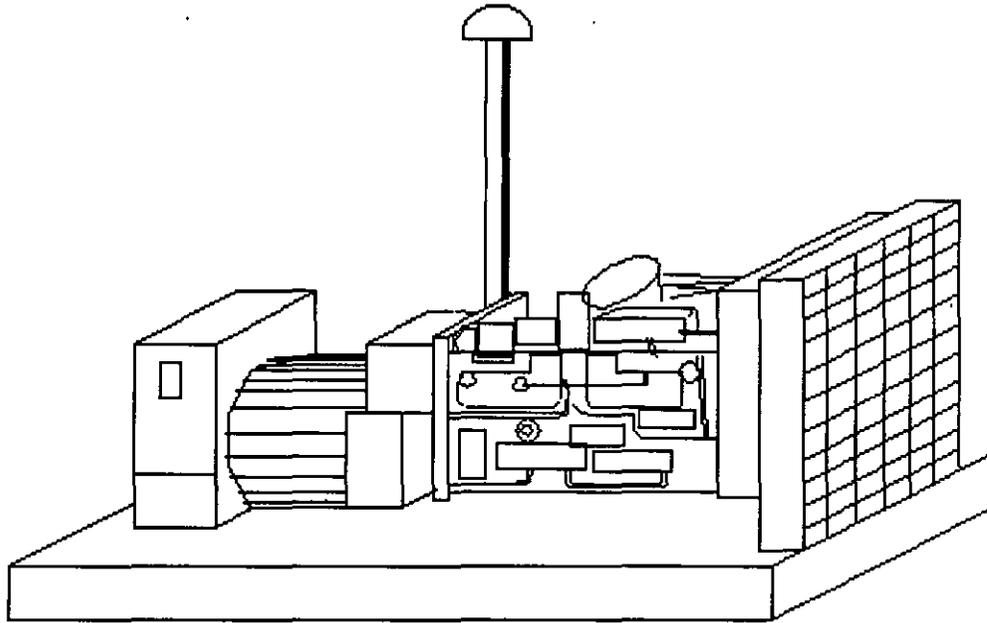


Fig. 5 Planta de emergencia

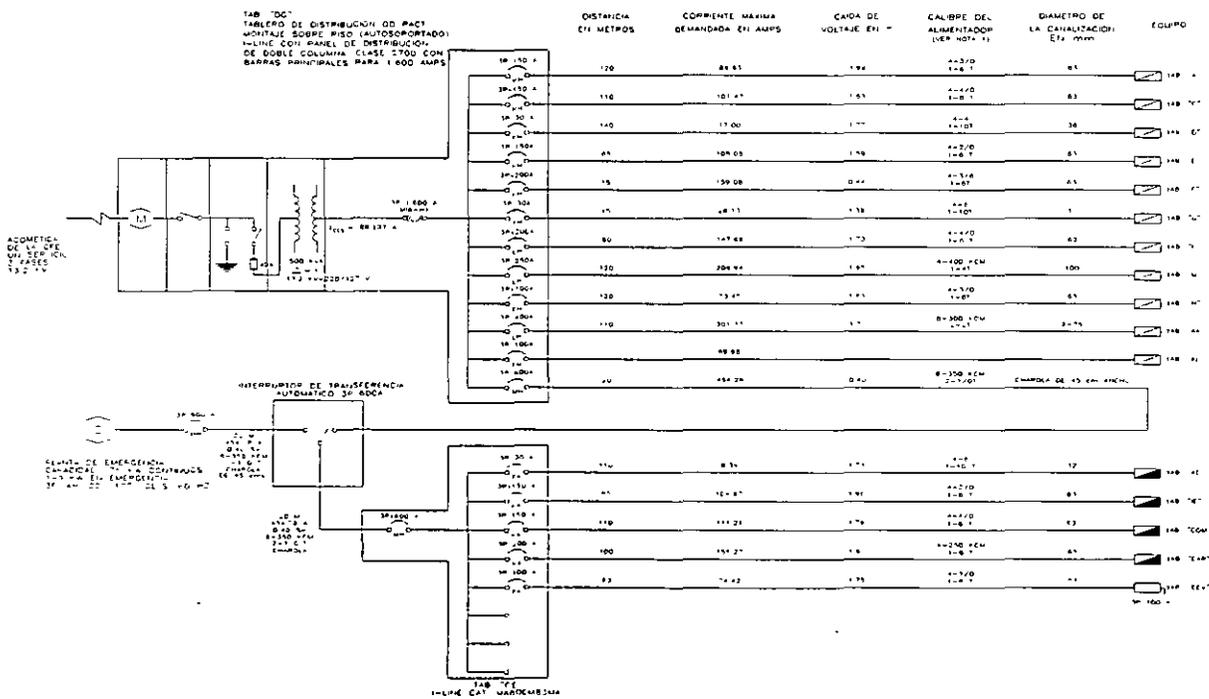


Fig. 6 Diagrama Unifilar

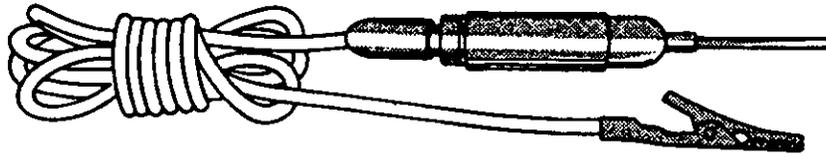


Fig. 7 Probador de continuidad

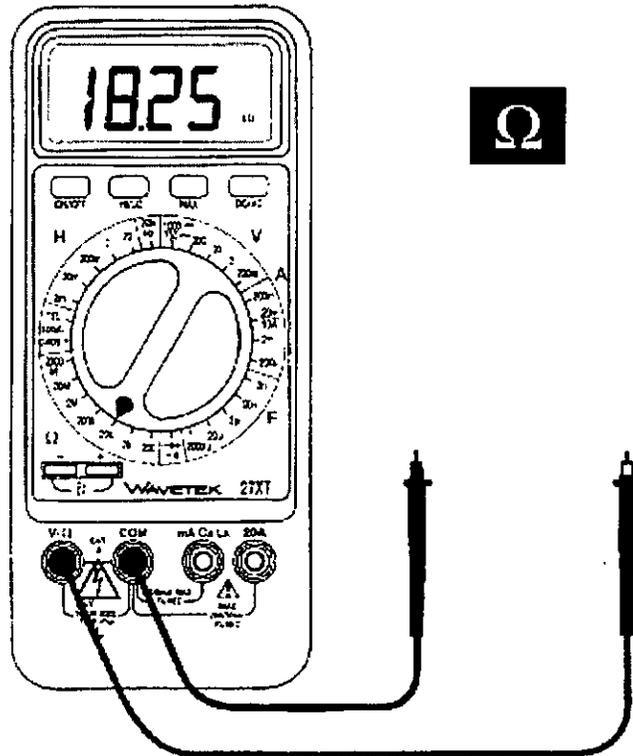


Fig. 8 Ohmmetro

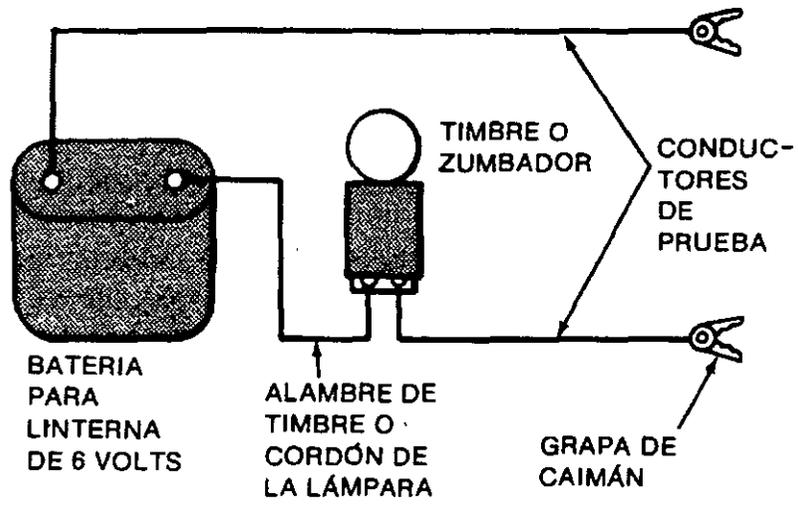


Fig. 9. Probador de batería y timbre

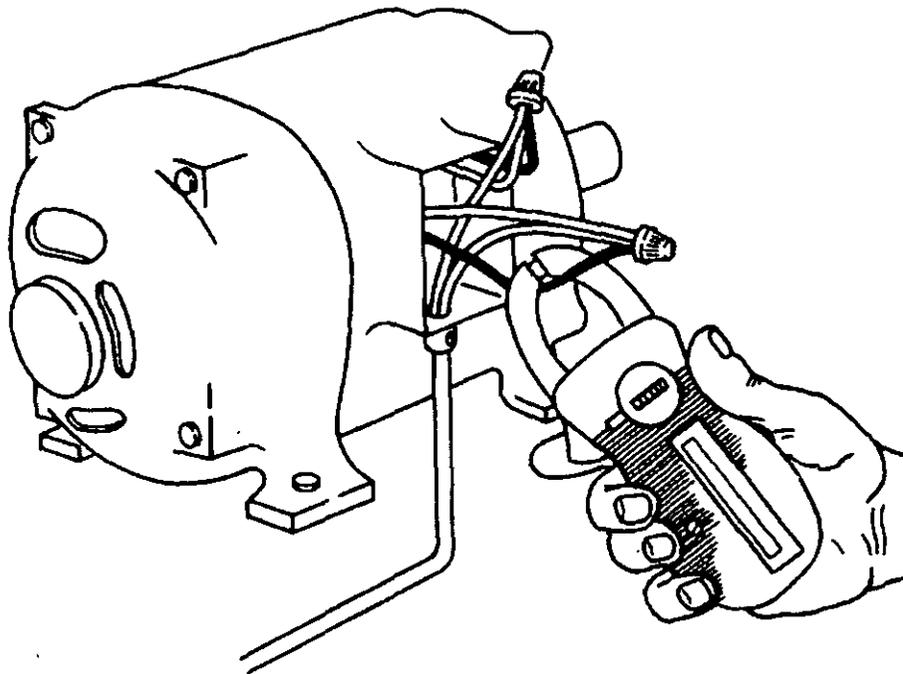


Fig. 10 Amperímetro de gancho

TABLERO DE CORTA CIRCUITOS

TABLERO: "AR" TIPO NOOD-24-4L12 220/127V 3 FASES 4 HILOS	INSTALACION <input checked="" type="checkbox"/> SUPERFICIE <input checked="" type="checkbox"/> ZAPATAS 5.00% BALANCEADO <input type="checkbox"/> INTERRUPTOR PRINCIPAL	57.19 AMP CIRCUITO INTERRUPTOR AUTOMATICO PRINCIPAL 100 AMP BARRA COLECTORA
UBICACION OFICINA DE PERSONAL		

CIRC No	<input type="checkbox"/> 162W <input type="checkbox"/> 80A <input type="checkbox"/> 150W <input type="checkbox"/> 10A <input type="checkbox"/> 60W <input type="checkbox"/> 5000W					INT (AMP)	WATTS/FASE			POLOS	WATTS/FASE			INT. (AMP)	<input type="checkbox"/> 162W <input type="checkbox"/> 80A <input type="checkbox"/> 80W <input type="checkbox"/> 175W <input type="checkbox"/> 332W <input type="checkbox"/> 250W <input type="checkbox"/> 748 AB <input type="checkbox"/> 4000W					CIRC No.		
	A	B	C	A	B		C	A	B		C											
1						20A	324			1 1	250			20A							2	
3						20A		648		1 1		1200		20A	14	1					4	
5						20A			160	1 1			320	20A	4						6	
7						20A	570			1	486			20A	3						8	
9						20A		400		1		1400		20A			8				10	
11									3000	2			2000	30A						1	12	
13						30A	3000			3		2000									14	
15								3000														16
17						20A			500				332	20A			1				18	
19																						20
21																						22
23																						24

TOTAL	6	7	3	1	1		3894	4048	3660		2736	2600	2652		3	13	1	8	1	1	1	TOTAL
-------	---	---	---	---	---	--	------	------	------	--	------	------	------	--	---	----	---	---	---	---	---	-------

6630
6648
6312
TOTALES 19.590W

Fig. 11 Cuadro de cargas

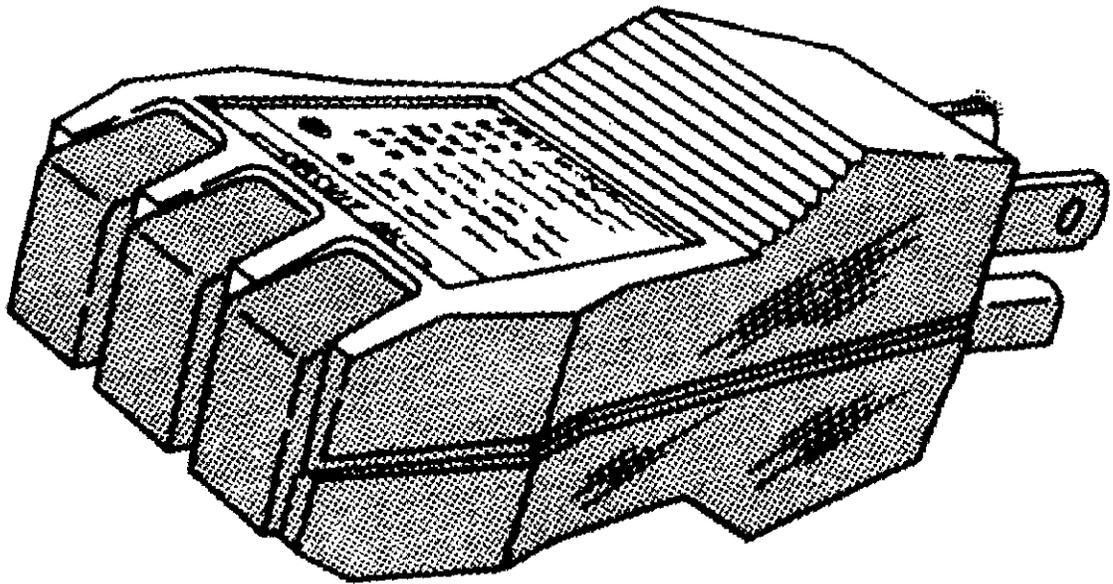


Fig. 12 Analizador de contactos

INSTALACION HIDRAULICA

INSTALACION HIDRAULICA

Introducción

Una instalación hidráulica es la prolongación dentro del edificio de la red municipal de distribución de agua potable, y su eficiencia y calidad dependen en gran medida de ella, aunque desde luego se pueden hacer modificaciones, como por ejemplo poner filtros, hacer cisternas, colocar bombas, etc.

La instalación hidráulica en los edificios se compone fundamentalmente de tres partes principales que son la **alimentación**, el **almacenamiento** y la **red de distribución**.

La **alimentación** que representa la conexión entre el edificio y la red municipal, se lleva a cabo por medio de una abrazadera que se coloca al tubo de la red municipal, una llave de inserción, un tubo de acero que llega hasta la llave de banqueta y un tubo flexible entre ésta y el cuadro de toma, en donde se coloca una llave de paso y el medidor. (Ver fig. 1).

Toda edificación de cierta importancia debe contar con un sistema de **almacenamiento** alimentado por una tubería que irá desde el cuadro de toma hasta el mismo depósito de almacenamiento (cisterna), donde se suministrará el agua requerida por reglamento para dar servicio en caso de falla en el suministro municipal, y para la protección contra incendio en los casos en los que se requiera.

La **red de distribución** consiste en el sistema de tuberías, equipos y aditamentos para la distribución del agua a los distintos puntos de servicio dentro del edificio.

Puede tener variaciones en función de la alternativa de presurización que se utilice, a saber, mediante un sistema de hidroneumático, o utilizando un tanque elevado para distribuir por gravedad. (Ver fig. 2)

Pruebas

Con el objeto de verificar el correcto funcionamiento de la instalación hidráulica de un edificio deben hacerse una serie de pruebas en los diferentes elementos que integran dicho sistema y poder realizar así una puesta en marcha exitosa. A continuación se señalan algunas de las pruebas más frecuentes que deben realizarse.

Cisterna

Se deberá verificar que la capacidad de la cisterna en función del uso destinado que tenga el edificio y que cumpla con lo establecido en el proyecto y en las especificaciones aplicables.

Se revisarán las condiciones de limpieza y de estanqueidad de la cisterna, debido a que durante el proceso de construcción es muy frecuente el uso de estos depósitos para los fines de la obra.

Es esencial que se tenga perfectamente limpio el depósito con objeto de que el agua que se almacene esté en condiciones higiénicas para ser utilizada por los usuarios, así como para que esté libre de residuos que puedan tapar algunos aditamentos de la red.

Es importante el que no existan fugas en la cisterna ya que pueden ocasionarse problemas de importancia a la cimentación o a otras partes del inmueble por la filtración del agua. Puede darse el caso de que existan filtraciones del exterior hacia el depósito, con la consecuente contaminación del agua.

Equipos de bombeo con motor eléctrico

Los equipos de bombeo son parte fundamental en una instalación hidráulica, ya que conducen el agua de la cisterna al tanque elevado. Generalmente por su importancia existe siempre un par de bombas que funcionan de manera alterna, de tal forma que en el caso de que una de ellas sufra un desperfecto, el suministro de agua en el edificio pueda continuar utilizando la otra.

La primera verificación que deberá efectuarse en estos equipos es que estén colocados y fijados sobre una base, por lo común de concreto y que existan elementos de neopreno para amortiguar vibraciones transmitidas a la estructura y que estén fijos en ella.

Deberá verificarse que la tubería de succión esté correctamente colocada y que no tenga fugas en su punto de inserción a la cisterna.

Se deberá revisar que sus conexiones de alimentación estén correctas y conectadas a tierra, así como el sentido de giro del motor el cual debe ser en el de las manecillas del reloj. También deberá verificarse el voltaje entre fases y neutro y la intensidad de corriente que demanda el equipo.

Deberá checarsé que las conexiones eléctricas entre la bomba y su tablero de control, estén correctas. También deberá verificarse la posición de los electroniveles dentro de la cisterna.

Antes de la puesta en marcha se deberán llevar a cabo la pruebas simulando la situación de cantidad de agua en la cisterna por debajo del nivel inferior especificado. En este caso deberá encenderse la luz piloto del tablero de control de las bombas, y deberá de dejar de funcionar el equipo.

Deberá de verificarse que las bombas funcionen de manera alterna, eliminando el suministro de corriente eléctrica en una de ellas, confirmando que la otra entre siempre en funcionamiento cuando se requiera.

Para efectos de eficiencia deberá verse para cada bomba el gasto real que suministra al tanque elevado, comparándolo con el proyectado.

Equipo hidroneumático

La distribución de agua dentro de un edificio tiene la alternativa de hacerse por medio de un equipo hidroneumático, el cual consta de un tanque hermético al que se le suministra agua de la cisterna por medio de una bomba, y aire a presión generado por un compresor.

La primera verificación que deberá efectuarse en estos equipos es que estén colocados sobre una base, por lo común de concreto, y que estén fijos en ella, conteniendo los neoprenos para el aislamiento correspondiente. Esto será válido tanto para el tanque de presión como para el compresor y la bomba de alimentación de agua.

Deberá verificarse que la tubería de succión de la bomba esté correctamente colocada y que no tenga fugas en su punto de inserción a la cisterna.

Se deberá revisar que las conexiones de alimentación eléctrica al compresor y a la bomba estén correctas y conectadas a tierra, el sentido de giro de los motores, el cual debe ser en el de las manecillas del reloj. También deberá verificarse el voltaje entre fases y neutro y la intensidad de corriente que demandan los equipos.

Deberán checarsse que las conexiones eléctricas entre la bomba y su tablero de control, estén correctas. También deberá verificarse la posición de los electroniveles dentro de la cisterna.

Antes de la puesta en marcha se deberá llevar a cabo la prueba simulando la situación de cantidad de agua en la cisterna por debajo del nivel inferior especificado. En este caso deberá encenderse la luz piloto del tablero de control, y deberá de dejar de funcionar el equipo.

Deberá verificarse la ausencia de fugas en el tanque del hidroneumático, y deberán medirse los niveles de presión a los cuales el sistema arranca y para.

Tuberías

La conducción del agua de la instalación hidráulica se hace por medio de tuberías, las cuales pueden ser de acero galvanizado cédula 40 y de cobre tipo "M". Estas tuberías se complementan con accesorios para su interconexión, cambios de dirección y derivaciones, y adicionalmente requieren de un sistema de sujeción que debe estar diseñado para fijar con seguridad y economía la tubería, permitiendo su revisión y en su caso su reparación de manera fácil.

Deberán hacerse una serie de verificaciones a las tuberías para efectos de su recepción y puesta en marcha.

En primer término se revisará por secciones que el diámetro colocado y el tipo de tubería corresponde con lo especificado en los planos.

Se inspeccionará visualmente la tubería para verificar sus condiciones físicas generales, es decir que no tenga golpes, que sus conexiones estén correctamente ejecutadas, y que no tengan fugas que se pudiesen detectar a la vista.

Se verificará la posición, espaciamiento y correcta fijación de la soportería de los tubos a la estructura del edificio.

En todas las zonas y en especial en donde la tubería sea aparente, se verificará que esté colocada de manera ordenada.

Por zonas se deberán llevar a cabo pruebas de presión a las tuberías, las cuales consisten en cerrar una sección del sistema mediante las válvulas correspondientes, y aplicar en ésta una presión de 10 kg/cm² por medio de una bomba de aire o compresor.

Este circuito cerrado de tubería deberá contar adicionalmente con un manómetro en el cual se medirá la presión al iniciar la prueba, y al terminarla al menos 3 horas después. Después de esto deberán dejarse cargadas soportando la presión de trabajo (4-5 kg/cm²) hasta la colocación de muebles y equipos.

Las mediciones deben ser las mismas, de lo contrario existirá una fuga dentro del circuito que se esté probando. Si existe falla en la prueba deberán verificarse una por una las conexiones y el resto de la tubería hasta encontrar la fuga.

Servicio de Agua Caliente

Los sistemas de agua caliente (Ver fig. 3) están constituidos por una caldera, un tanque de almacenamiento, una red de distribución, una red de retorno, bombas y dispositivos de control para regular la temperatura y arrancar y parar el equipo.

Las verificaciones que deberán hacerse a las bombas y a la red de distribución del agua están descritas anteriormente, sin embargo deberán realizarse verificaciones adicionales a la caldera y a la red de gas que generalmente la alimenta.

En la caldera habrá que verificar los parámetros de funcionamiento de acuerdo con lo señalado por el fabricante. Deberá checarsé la temperatura del agua que genera y compararla con la que se proyectó, el arranque y el paro, así como revisar que los quemadores se encuentren en su posición y que la chimenea tenga libre el tiro y que este sea lo más recto posible.

Con relación a la instalación del gas deberá revisarse tanto la línea de llenado, el tanque y la línea de alimentación a la caldera con objeto de que cumplan con las especificaciones correspondientes y que no existan fugas.

Muebles

Los muebles son puntos de contacto directo de la instalación hidráulica con los usuarios de un edificio, los cuales pueden ser excusados, mingitorios, lavabos, fregaderos, bebederos, lavaderos, tarjas, regaderas, tinas, etc.

La revisión que debe hacerse en este caso es que no existan fugas en las conexiones de los muebles y que su estado físico sea correcto.

Una vez realizadas las pruebas en cada una de las partes que integran la instalación hidráulica, deberán hacerse pruebas por un tiempo determinado del sistema completo para observar su funcionamiento y poder realizar en todo caso los ajustes finos.

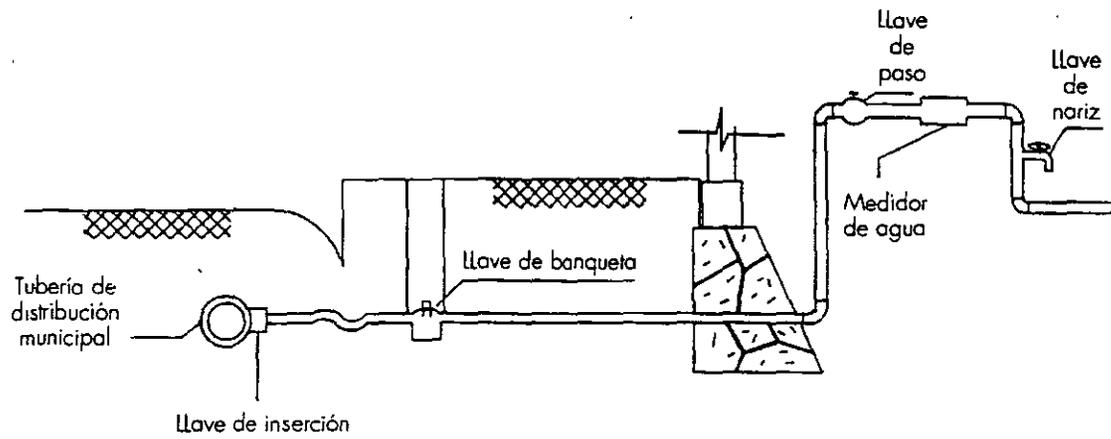


Fig. 1 Sistema de alimentación de una instalación hidráulica.

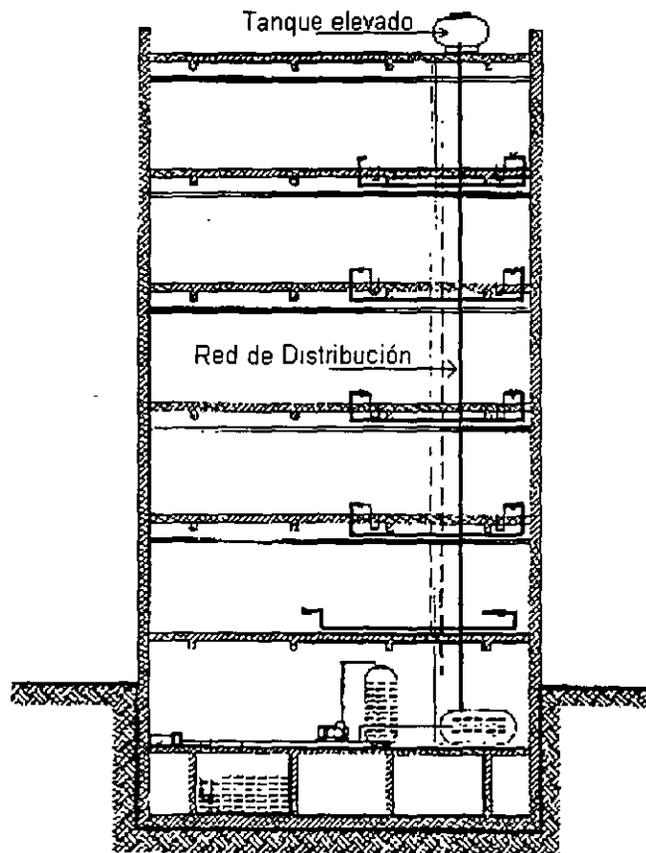


Fig. 2 Sistema de red de distribución

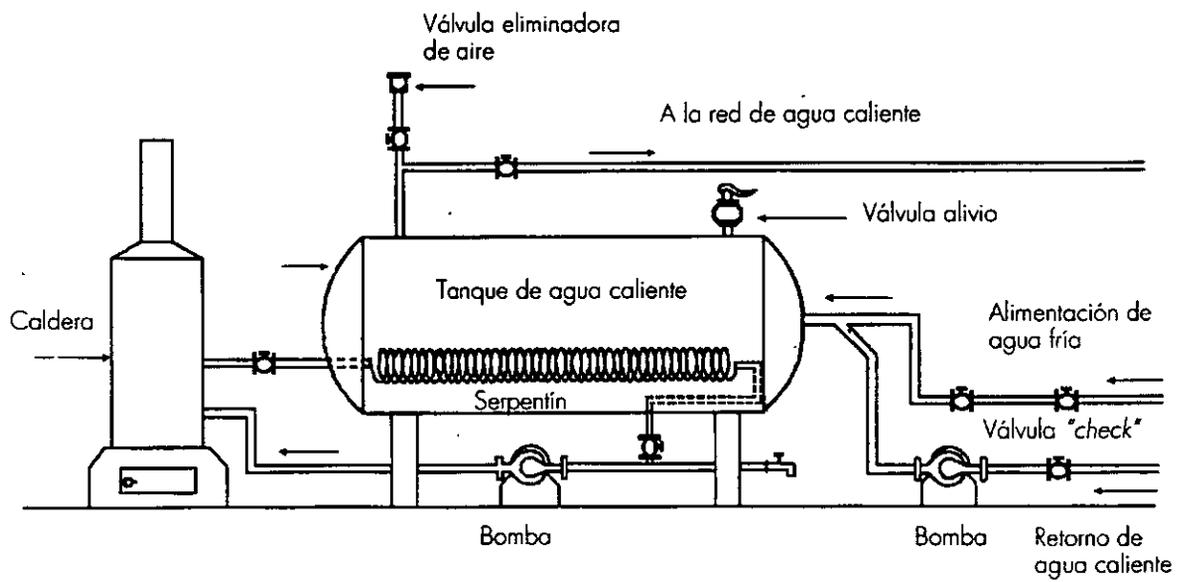


Fig. 3 Sistema de agua caliente

INSTALACION SANITARIA

INSTALACION SANITARIA

Introducción

El objetivo de la instalación sanitaria es hacer que las aguas servidas se conduzcan fuera del edificio conectándose a la red municipal correspondiente.

Las aguas servidas de un edificio se dividen en aguas negras, aguas grises y aguas pluviales.

Las Aguas negras se recolectan en los ramales de la descarga de WC y mingitorios; las aguas grises se recolectan en los ramales de descarga de regaderas, lavabos, tarjas, etc.; y las aguas pluviales se recolectan por medio de coladeras y canalones.

Una vez recolectadas se conducen juntas por medio de bajadas comunes hasta el nivel de calle del edificio, o bien, si el proyecto y los reglamentos lo requieren por bajadas especiales para cada una de ellas.

Cuando el albañal del edificio se encuentre por debajo del nivel del alcantarillado municipal, se hará un cárcamo de aguas negras y se le instalará un doble sistema de bombeo para garantizar la salida permanente de las aguas.

Si hay alcantarillado público, toda la instalación sanitaria se conectará a él. En caso contrario se eliminará mediante inyección al subsuelo de las aguas servidas tratadas en una planta especializada.

El tratamiento que se efectúe por medio de estas plantas al agua servida será primario si únicamente se le quitan las sustancias dañinas y secundario si al tratarla permite su uso en procesos industriales. El tratamiento en los edificios es normalmente primario, es decir se procesa la materia orgánica, y el uso del agua tratada es para riego o agricultura.

A grandes rasgos los procesos por realizar en el tratamiento de aguas servidas de los edificios son:

Separación de grandes sólidos, adición de sustancias sedimentantes para separar la materia orgánica de la inorgánica y tratamiento de la materia orgánica.

El tratamiento de la materia orgánica consiste en mezclado para darle homogeneidad, oxidación por medio de inyección de aire, sedimentación de sólidos, floculación de materia en suspensión, tratamiento anaeróbico y separación de agua y sólidos.

El agua se filtra y se usa en agricultura o riego, y los sólidos se utilizan como abono.

Pruebas

En lo que se refiere a la verificación y las pruebas que deberán realizarse para la recepción de la obra, en primera instancia y de manera general deberá verificarse que las tuberías, equipos y accesorios sean los especificados en el proyecto ejecutivo.

Conexión al alcantarillado municipal

Debido a que al momento de la recepción de la obra seguramente esta conexión se encontrará oculta, será necesario que por su importancia se verifique durante su ejecución, ya que no se pueden efectuar pruebas que garanticen que se haya hecho correctamente.

Se verificará en todo caso que al poner agua en el último registro del albañal, ésta circule sin dificultad, lo cuál indicará que la instalación funciona, suponiendo que la conexión se hizo de manera adecuada.

Albañales Colectores

Se verificará que los registros y tuberías del albañal estén libres de basura, arena, etc. Esta verificación será visual en el caso de los registros y en el caso de la tubería se pueden llevar a cabo sondeos de verificación, teniendo cuidado de no lastimar la tubería al realizarlos.

Se deberá verificar el nivel de los tubos y registros y su nivel de arrastre.

Bajadas de aguas negras, grises y pluviales

Las tuberías pueden ser de pvc sanitario o de fierro fundido. En los dos casos deberán verificarse las conexiones de las tuberías que no estén ocultas por los acabados del edificio. Deberán verificarse también las condiciones y espaciamiento de la soportería.

Posteriormente se efectuará una prueba que consiste en llenar de agua la tubería con una presión de 1 kg/cm², dejándola por un lapso de 30 minutos en el que se verificará que no existan fugas en las uniones de las tuberías.

En el caso de tuberías de fierro fundido con campana donde se utiliza estopa alquitranada con plomo, la prueba no deberá prolongarse por más de los 30 minutos descritos en el párrafo anterior ya que puede humedecerse la estopa alquitranada, dañándola, obteniéndose goteras en todas las conexiones.

Para las bajadas de aguas pluviales deberá verificarse adicionalmente que las coladeras ubicadas en las azoteas sean las consideradas en el proyecto y que el área y pendientes sean las correctas a efecto de eliminar rápidamente el agua de lluvia. Se deberá verificar también que el sello de las coladeras contra los elementos estructurales sea adecuado para evitar filtraciones.

Ramales de las tuberías

En este caso, debido a que al momento de recibir las obras seguramente estas tuberías estarán cubiertas por los acabados, será muy importante que se cuente con el registro de pruebas realizadas durante el proceso de la obra, ya que aún realizando la prueba cargando la tubería con una presión de 1 kg/cm² será difícil localizar alguna fuga en la instalación.

Muebles

Los muebles son puntos de contacto directo de la instalación sanitaria con los usuarios de un edificio. Los muebles pueden ser excusados, mingitorios, lavabos, fregaderos, bebederos, lavaderos, tarjas, regaderas, tinas, etc.

La revisión que debe hacerse en este caso es que no existan fugas en las conexiones de los muebles y que su estado físico sea correcto, además de verificar que el agua servida sea eliminada sin problemas.

Equipos de bombeo para el cárcamo

Como se explicó anteriormente cuando el albañal se encuentra por debajo de la red municipal de alcantarillado será necesario contar con un cárcamo de bombeo con bombas acopladas a motores eléctricos que permitan eliminar el agua servida. Generalmente por su importancia existe siempre un par de bombas que funcionan de manera alterna, de tal forma que en el caso de que una de ellas sufra un desperfecto, la eliminación de las aguas servidas sea continua.

En este caso deberá verificarse que el equipo de control de las bombas haga que trabajen de manera alterna. También deberá simularse una falla en una de las bombas con motor eléctrico a efecto de asegurar que la otra entre en operación.

La primera verificación que deberá efectuarse en estos equipos es que estén colocados sobre una base, por lo común de concreto, y que estén fijos en ella con su respectivo neopreno.

Deberá verificarse que la tubería de succión y descarga esté correctamente colocada.

Se deberá revisar que las conexiones de alimentación eléctrica estén correctas y conectadas a tierra. Revisar el giro del motor el cual debe ser en el sentido de las manecillas del reloj. También deberá verificarse el voltaje entre fases y neutro y la intensidad de corriente que demanda el equipo.

Deberá verificarse que las conexiones eléctricas entre la bomba y su tablero de control, estén correctas.

Antes de la puesta en marcha se deberá llevar a cabo la pruebas simulando la situación de cantidad de agua en el cárcamo por debajo del nivel inferior especificado. En este caso deberá encenderse la luz piloto del tablero de control de las bombas, y el equipo deberá parar.

Plantas de tratamiento

En general para efectos de recepción de la obra deberá seguirse el protocolo de prueba del fabricante, dentro de cuyas pruebas deberá efectuarse la correspondiente a las características químicas del agua tratada a efecto de verificar si cumple con las condiciones para su utilización en riego.

INSTALACION CONTRA INCENDIO

INSTALACION CONTRA INCENDIO

Introducción

El sistema de protección contra incendio consta de dos partes fundamentales, el **almacenamiento** y la **distribución**.

El **almacenamiento** se hace por medio de una cisterna cuyo tamaño variará de acuerdo con una clasificación en función del riesgo que para tal efecto señalan los reglamentos de construcción. Según el Reglamento de Construcciones del D.F. la clasificación de los edificios en función de su riesgo es la siguiente:

De alto riesgo

- Centros de reunión social, como por ejemplo bibliotecas, auditorios, cines, clubes y museos.
- Escuelas y academias
- Hospitales

De riesgo medio

- Hoteles
- Edificios de apartamentos
- Tiendas
- Mercados
- Oficinas
- Fabricas
- Laboratorios
- Bodegas

De riesgo bajo

- Todos los de tipo industrial si se maneja poca gente y no procesan materiales de alto riesgo
- Vivienda

Los volúmenes de almacenamiento establecidos en el Reglamento de Construcciones del D.F. son los siguientes:

- En los edificios de alto riesgo se requieren por lo menos 20,000 m³, o el que resulte de multiplicar el área construida por 5 l/m².
- En los edificios de riesgo medio 11500 lt. o 100 min. de funcionamiento del equipo
- En los edificios de bajo riesgo 7500 lt o 60 minutos de funcionamiento del equipo

La **distribución** se lleva a cabo por medio de tubería de acero galvanizado cédula 40 y por un sistema de un par de bombas, una acoplada a un motor eléctrico y la otra a un motor de combustión interna, las cuales alimentan a un tanque hidroneumático que mantiene la presión en las tuberías en un rango de 4 a 6 kg/cm².

El sistema cuenta con un subsistema de detección de humos, el cual lleva una señal a un punto de vigilancia, por lo común ubicado en la planta baja, en donde se registra la zona donde se detectó humo.

El sistema cuenta con hidrantes que pueden ser fijos o móviles, o bien una combinación de ambos. Los hidrantes fijos son los rociadores y los móviles son los de manguera.

El sistema también cuenta con una toma siamesa, que es una toma doble de 101 mm. de diámetro que se coloca próxima al edificio para que por su conducto los camiones cisterna puedan inyectar agua a la red. Debe tener una válvula check que impida que el agua que se introduzca por ella se desvíe hacia la cisterna.

Pruebas

Cisterna

Se deberá verificar que la capacidad de la cisterna en función del uso destinado que tenga el edificio y que cumpla con lo establecido en el proyecto y en las especificaciones aplicables.

Se revisarán las condiciones de limpieza y de estanqueidad de la cisterna, debido a que durante el proceso de construcción es muy frecuente el uso de estos depósitos para los fines de la obra.

Es esencial que se tenga perfectamente limpio el depósito con objeto de que el agua que se almacene esté en condiciones higiénicas para ser utilizada por los usuarios, así como para que esté libre de residuos que puedan tapar algunos aditamentos de la red.

Es importante el que no existan fugas en la cisterna ya que pueden ocasionarse problemas de importancia a la cimentación o a otras partes del inmueble por la filtración del agua. Puede darse el caso de que existan filtraciones del exterior hacia el depósito, con la consecuente contaminación del agua.

Bomba acoplada a motor de combustión interna

Por reglamento deberá existir una bomba de combustión interna que funcione en caso de que la bomba acoplada a motor eléctrico deje de funcionar.

En primer término deberá verificarse que la bomba esté colocada y nivelada sobre una base de concreto y fijada incluyendo el neopreno.

Se deberá verificar que sus conexiones de succión y descarga estén bien ejecutadas.

Se deberá verificar que la batería del motor sea nueva y que esté colocada sobre una base, además de que sus conexiones al motor sean correctas.

El tanque de combustible independiente, en caso de existir, deberá estar cerca del motor y sus líneas de conducción al motor no deberán tener fugas.

Se checarán los niveles de aceite del motor.

Equipos de bombeo con motor eléctrico

La primera verificación que deberá efectuarse en estos equipos es que estén colocados y fijados sobre una base, por lo común de concreto y que existan elementos de neopreno para amortiguar vibraciones transmitidas a la estructura y que estén fijos en ella.

Deberá verificarse que la tubería de succión esté correctamente colocada y que no tenga fugas en su punto de inserción a la cisterna.

Se deberá revisar que sus conexiones de alimentación estén correctas y conectadas a tierra, así como el sentido de giro del motor el cual debe ser en el de las manecillas del reloj. También deberá verificarse el voltaje entre fases y neutro y la intensidad de corriente que demanda el equipo.

Deberá checarsé que las conexiones eléctricas entre la bomba y su tablero de control, estén correctas.

Equipo de Control

Las pruebas que deberán llevarse a cabo en el equipo de control son, en primer término las que se refieren a simular una falla en la bomba con motor eléctrico a efecto de asegurar que la bomba con motor de combustión interna entre en operación.

Otra prueba que se lleva a cabo es la de hacer funcionar uno de los hidrantes de manguera con la intención de bajar la presión en el sistema. La presión será indicada por un manómetro que está acoplado al equipo hidroneumático. Si la presión bajara del mínimo establecido, es decir de 4 kg/cm² el sistema hidroneumático deberá encender hasta llegar a la presión máxima establecida, es decir 6 kg/cm², y en ese momento el equipo deberá parar.

Hidrantes

Se verificará el estado de todos los hidrantes de manguera y la longitud de la manguera, la cual deberá ser de 30 m. También se verificará que su separación sea no mayor a los 60 m. Estos equipos se ubican en gabinetes que deberán contar adicionalmente con un machete y un extinguidor. Se deberá verificar la presión de los extinguidores.

En el caso de los rociadores (sprinklers) que están provistos de bocas con válvulas construidas de tal modo que se abran automáticamente cuando la temperatura asciende hasta los 60 ó 70 grados centígrados, las verificaciones que deben llevarse a cabo es que su separación sea de acuerdo con el proyecto, pudiendo fluctuar entre cifras que van de 1 por cada 6 m² a 1 por cada 18 m². Las pruebas que hacen a estos sistemas deben ser en circuitos cerrados en zonas en las que no haya acabados. Se acerca una flama para elevar la temperatura en la zona aledaña al rociador para verificar el funcionamiento de la válvula (sprinkler).

Detectores de humos

Las pruebas que se efectúan a los detectores de humos es en primera instancia verificar la continuidad en los circuitos instalados.

Podrá también en alguna zona específica generarse humo de tal forma que se activen los sensores y que se registre en el panel de control la zona en donde se simuló el siniestro.

SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

Introducción

La función de este sistema es proporcionar aire a los espacios habitables y de equipos con características de humedad y temperatura para dar un confort o un nivel de operación adecuado.

Los sistemas de aire se dividen fundamentalmente en dos tipos:

- Sistemas de Aire Lavado
- Sistemas de Aire Acondicionado

Los sistemas de aire lavado proporcionan una circulación de aire natural agregándole cierto grado de humedad, y retirando del mismo el polvo y una buena parte de partículas en suspensión.

Los sistemas de aire acondicionado adicionalmente regulan la temperatura del aire que se suministra.

Un sistema de aire acondicionado en edificios grandes se compone por un circuito de agua helada, generada por torres de enfriamiento o chillers que se ubican en las azoteas y un circuito de agua caliente, generada por calderas. Estos circuitos alimentan equipos como las manejadoras, los equipos de precisión y los fan and coils, los cuales se ubican en los diferentes pisos y llevan a cabo el intercambio térmico proporcionando la cantidad de aire necesaria para obtener la temperatura y humedad deseada a las diferentes zonas del edificio por medio de termostatos.

En caso de edificaciones más pequeñas, el uso de circuitos de gas refrigerante con pequeños recorridos sustituye al agua helada para llevar a cabo el intercambio térmico en equipos como las unidades paquete y los mini splits.

Se recomienda que el aire acondicionado se suministre a una temperatura que varía entre los 15 y los 21 grados centígrados en invierno y entre 20 y 24 grados centígrados en verano, y con velocidades entre 0.1 y 1.5 m/seg., siendo las más deseables las que no excedan 0.4 m/seg. para no generar malestar a los usuarios.

Pruebas

En primer término y de manera general, la primera verificación que deberá realizarse es que las características del modelo del equipo en cuestión sean las indicadas en el proyecto, además de exigir por parte del fabricante, los protocolos de prueba que se realizaron en la planta donde fueron fabricados.

Unidades generadoras y bombas de agua helada

Las unidades generadoras de agua helada, que se ubican en las azoteas de los edificios, se integran generalmente por dos compresores de motor eléctrico que funcionarán de acuerdo con la carga térmica con la que se cuente en el interior del área útil.

En primer término se verificará que los equipos estén colocados y nivelados sobre bases con amortiguadores de resorte o neopreno.

En el panel de control se deben revisar que todas las conexiones de alimentación al equipo estén correctas y conectadas a tierra.

Por otro lado se debe verificar que el aceite de los compresores esté caliente, de lo contrario no se debe poner en servicio la unidad generadora de agua helada. Para lograr lo anterior se cuenta con una resistencia eléctrica para el precalentamiento, la cual debe estar conectada todo el tiempo.

Adicionalmente se debe verificar la cantidad de gas refrigerante de los compresores y el estado físico de todo el sistema de enfriamiento (ver que no se tengan fugas, o tubos dañados o doblados etc.). Lo anterior se lleva a cabo midiendo la presión del gas refrigerante del sistema, la cual debe permanecer constante para asegurar la inexistencia de fugas.

Para las bombas de agua helada se deberá revisar que sus conexiones de alimentación estén correctas y conectadas a tierra. Revisar el sentido de giro de los ventiladores el cual debe ser el de las manecillas del reloj. También deberá verificarse el voltaje entre fases y neutro y la intensidad de corriente que demanda el equipo.

Antes de la puesta en servicio se tendrán que realizar la simulación de pruebas en el panel de control por baja presión de aceite en los compresores, baja presión en el gas refrigerante, baja presión de agua y por exceso de demanda eléctrica (sobre carga).

Calderas

Las calderas que generalmente se ubican en las azoteas, se componen de un sistema de alimentación de agua, uno de alimentación de combustible y uno de alimentación eléctrica.

Se verificará que la caldera esté colocada y nivelada sobre una base de concreto.

El área destinada para estos equipos deberá tener una ventilación adecuada, y espacio suficiente para llevar a cabo su mantenimiento. La chimenea para conducción de gases deberá estar forrada con aislamiento térmico para proteger al personal que la opera y mantiene.

Para las bombas del sistema de alimentación de agua a la caldera se deberá revisar que sus conexiones de alimentación estén correctas y conectadas a tierra. Revisar el sentido de giro de los motores el cual debe ser el de las manecillas del reloj. También deberá verificarse el voltaje entre fases y neutro y la intensidad de corriente que demanda el equipo.

Para el sistema de alimentación de combustible, que puede ser gas o diesel, deberán de realizarse las pruebas correspondientes a la tubería para garantizar que no existan fugas. Deberá de revisarse la conexión de la alimentación a la caldera, así como la salida del tanque de almacenamiento del combustible hacia la línea de distribución.

Con relación al suministro de agua, deberá verificarse que no contenga minerales en exceso ya que esto puede provocar incrustaciones, picaduras y corrosiones en las tuberías, lo cual reducirá su eficiencia.

Deberán efectuarse pruebas de arranque y paro del equipo así como la verificación de la temperatura de ingreso y salida de la caldera.

Manejadoras de Aire

Estos equipos se localizan generalmente en cada una de las plantas del edificio al que darán servicio, y reciben de las generadoras de agua helada y de las calderas el agua o vapor que requieren para llevar a cabo el intercambio térmico.

La verificación que requieren estos equipos antes de su puesta en marcha y para efectos de recepción de la obra es la siguiente:

Se deberán revisar físicamente la sección de banco de filtros, los cuáles deberán de estar limpios y en buen estado. Previamente a la operación y colocación de filtros debe hacerse funcionar la manejadora por unas horas para limpiar los ductos y el sistema. Una vez limpios se colocarán los filtros.

Se verificará que el serpentín de intercambio térmico se encuentre sin golpes o rupturas.

Se revisará la banda y la polea del motor eléctrico del ventilador.

Se verificará la sujeción y sello de los ductos de inyección y retorno de aire, los cuales deberán contar con una conexión flexible de lona ahulada.

Se deberá revisar que sus conexiones de alimentación eléctrica estén correctas y conectadas a tierra. Revisar el sentido de giro de los motores, el cual debe el mismo que el de las manecillas del reloj. También deberá probarse el voltaje entre fases y neutro, y la intensidad de corriente que demanda el equipo.

Se verificará que la conexión de la alimentación de la tubería de agua helada y caliente en su caso esté correctamente ejecutada y que no existan fugas.

Las manejadoras cuentan con una válvula de tres vías cuya función es regular la cantidad de agua fría o caliente en función de las necesidades del usuario manejadas por medio del termostato. Deberá verificarse su funcionamiento antes de la puesta en marcha del equipo.

Por otro lado deberá verificarse el correcto funcionamiento de las cajas de volumen variable que funcionan en conjunto con los termostatos, los cuales emiten una señal para que las cajas de volumen variable sean accionadas por medio de los modutroles, dejando pasar de ésta forma el volumen de aire requerido en función de los requerimientos de la zona controlada por el termostato. La manera de verificar esta combinación de equipos del sistema es por medio de un termómetro con el que se revisa que la temperatura real sea igual a la que se indica en el termostato.

Adicionalmente se deberá verificar la velocidad del aire que se suministra a los diferentes locales, lo cual se lleva a cabo por medio de anemómetros que se ubican al centro de las salidas de aire.

Equipos de Precisión

Estos equipos trabajan de manera semejante a las manejadoras de aire, ya que requieren de un suministro de agua helada para su funcionamiento. Su utilización es fundamentalmente enfocada a los cuartos de equipos de cómputo los cuales requieren de un control más exacto de los niveles de temperatura y humedad.

Debido a que el funcionamiento de los equipos de cómputo es en muchos casos crítico, éstos equipos de aire acondicionado generalmente están conectados a un circuito de emergencia. Así mismo cuentan con un sistema redundante al del suministro de agua helada que consiste en un sistema de gas refrigerante contenido dentro del mismo equipo, el cual funciona en la eventualidad de no tener el suministro de agua helada para llevar a cabo el intercambio térmico.

La verificación que debe realizarse a este equipo es:

Revisión de filtros de aire

Revisión de la presión del gas refrigerante

Se verificará que la conexión de la alimentación de la tubería de agua helada esté correctamente ejecutada y que no existan fugas.

Se deberá de revisar que sus conexiones de alimentación estén correctas y conectadas a tierra. También deberá verificarse el voltaje entre fases y neutro y la intensidad de corriente que demanda el equipo. Se deberá verificar también que la conexión al circuito de emergencia esté de acuerdo con el proyecto

Deberá también verificarse que la temperatura indicada en el equipo, corresponda con la temperatura real medida por medio de un termómetro.

Fan & Coils

Estos equipos funcionan de manera semejante a las manejadoras de aire, ya que utilizan agua helada o caliente para llevar a cabo el intercambio térmico necesario para bajar o elevar la temperatura. El suministro del agua requerida se hace por medio de las unidades generadoras de agua helada y de las calderas.

Se deberá de revisar que sus conexiones de alimentación estén correctas y conectadas a tierra. Revisar el sentido de giro de los abanicos el cual debe ser en el sentido de las manecillas del reloj. También deberá verificarse el voltaje entre fases y neutro y la intensidad de corriente que demanda el equipo.

Los Fan & Coils cuentan con una válvula de tres vías la cual deberá verificarse antes de la puesta en marcha del equipo.

La manera de verificar el termostato es por medio de un termómetro con el que se revisa que la temperatura real sea igual a la que se indica en el termostato.

Unidades Paquete

Estos equipos a diferencia de los Fan & Coils y de las manejadoras, funcionan por medio de un sistema de enfriamiento a través de gas refrigerante en lugar de agua helada para enfriar el aire que se suministra. El gas refrigerante está ubicado dentro del mismo equipo.

En este caso la verificación que debe hacerse para efectos de recepción es la siguiente:

Verificar la presión del gas refrigerante

Se deberá de revisar que sus conexiones de alimentación estén correctas y conectadas a tierra. También deberá verificarse el voltaje entre fases y neutro y la intensidad de corriente que demanda el equipo.

Estos equipos cuentan también con termostatos que regulan la cantidad de aire que debe suministrarse en una zona determinada para lograr la temperatura deseada. La manera de verificar el termostato es por medio de un termómetro con el que se revisa que la temperatura real sea igual a la que se indica en el termostato.

Mini Splits

Estos equipos dan servicio a áreas pequeñas dentro de un edificio, y se componen de un compresor que conduce el gas refrigerante ubicado en el exterior del inmueble hasta el equipo ubicado en el interior del inmueble. Dentro del equipo se lleva a cabo el proceso del intercambio térmico en donde se eleva o reduce la temperatura del aire por medio de un serpentín por donde se hace circular.

Se verificará la presión del gas refrigerante y su sistema de tuberías.

Se deberá de revisar que sus conexiones de alimentación estén correctas y conectadas a tierra.. También deberá verificarse el voltaje entre fases y neutro y la intensidad de corriente que demanda el equipo.

Estos equipos cuentan también con termostatos que regulan la cantidad de aire que debe suministrarse en una zona determinada para lograr la temperatura deseada. La manera de verificar el termostato es por medio de un termómetro con el que se revisa que la temperatura real sea igual a la que se indica en el termostato.

Unidades de ventana

Este equipo se compone de un radiador, un ventilador y un sistema de gas refrigerante, localizados dentro del mismo equipo. Son equipos que se utilizan básicamente para dar servicio a zonas pequeñas. Se conectan generalmente a un contacto de la instalación eléctrica.

La verificación que debe hacerse es la presión del gas refrigerante, y la verificación de la polaridad del contacto que lo alimenta.

Ductos

Debido a que la mayoría de los ductos de aire se encuentran ocultos por plafones al momento de la revisión para efectos de la recepción de la obra, lo que se hace generalmente es una inspección aleatoria en donde se debe revisar que estén correctamente acoplados además de contar con soportes separados a una distancia no mayor que 2 m.

En caso de contar con forro exterior en los ductos, se deberá verificar adicionalmente que la capa de fibra de vidrio con cubierta de papel aluminio que lo compone esté en buenas condiciones. En caso de la ubicación a la intemperie de los ductos, lo deseable para evitar problemas frecuentes de mantenimiento por ruptura en los forros es que tengan una protección adicional que generalmente es a base de un aplanado sobre metal desplegado alrededor del ducto.

Tuberías

En este caso existen tuberías fundamentalmente para la conducción de agua y para la circulación de gas refrigerante. En cada caso las pruebas que deben llevarse a cabo son diferentes.

Para las tuberías que conducen agua las verificaciones y pruebas para efecto de la recepción de la obra son las siguientes:

La conducción del agua de la instalación hidráulica se hace por medio de tuberías de acero soldable cédula 40 forradas con material aislante, las cuales requieren de accesorios para su interconexión, cambio de dirección y derivación, y adicionalmente requieren de un sistema de sujeción que debe estar diseñado para fijar con seguridad y economía la tubería, permitiendo su revisión y en su caso su reparación de manera fácil.

Deberán hacerse una serie de verificaciones a las tuberías para efectos de su recepción y puesta en marcha.

En primer término se revisará por secciones que el diámetro colocado y el tipo de tubería corresponda con lo especificado en los planos.

Se inspeccionará visualmente la tubería para verificar sus condiciones físicas generales, es decir que no tenga golpes, y que sus conexiones estén correctamente ejecutadas, es decir que no tenga fugas que se pudiesen detectar a la vista.

Se verificará la posición, espaciamiento y correcta fijación de la soportería de los tubos a la estructura del edificio.

Por zonas se deberán llevar a cabo pruebas de presión a las tuberías las cuales consisten en cerrar una sección del sistema de tuberías, y aplicar en ésta una presión de 10 kg/cm² por medio de una bomba de aire o compresor. Este circuito cerrado de tubería deberá contar adicionalmente con un manómetro en el cual se medirá la presión al iniciar la prueba, y al terminarla al menos 3 horas después.

Las mediciones deben ser las mismas, de lo contrario existirá una fuga dentro del circuito que se esté probando. Si existe falla en la prueba deberán verificarse una por una las conexiones y el resto de la tubería hasta encontrar la fuga.

Las tuberías que conducen gas refrigerante deben ser de cobre tipo L, y las pruebas que se realizan en ellas, básicamente la inspección visual de las mismas, incluyendo sus conexiones y la verificación de la presión del gas refrigerante, la cual no debe variar, ya que de lo contrario existirá una fuga en el sistema.

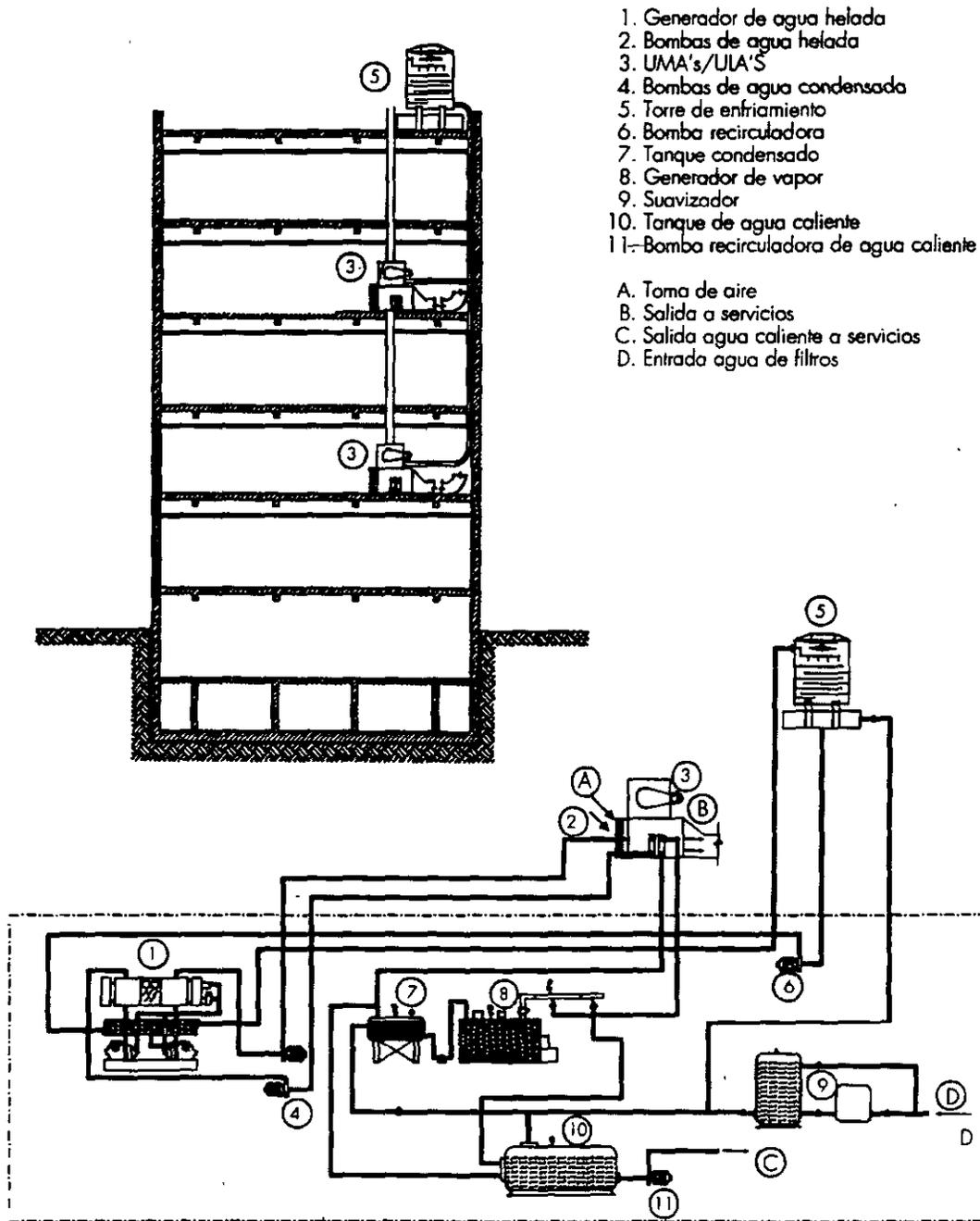


Fig. 1 Componentes que integran un sistema de aire acondicionado para edificios grandes

ELEVADORES

ELEVADORES

Introducción

Los elevadores son los medios para el transporte vertical de pasajeros y carga en los edificios. En general la condición que gobierna las características que deben tener los elevadores es que deben ser capaces de transportar a los pasajeros dentro de un edificio en los períodos de máxima afluencia que se presentan cada día.

En términos generales los elementos principales que componen un sistema de elevadores son la cabina, los cables, el mecanismo elevador, el equipo de maniobra, el contrapeso, el hueco del elevador, las guías, el cuarto de máquinas y el foso.

Las cabinas son los únicos elementos con los que el usuario está familiarizado. Esencialmente la cabina es una caja ligera sostenida por una estructura resistente en la cual se amarran los cables. Su posición en el trayecto vertical está definida por las zapatas que se montan en los lados de la cabina y que actúan contra las guías. La cabina tiene puertas de seguridad, botoneras de maniobra e indicadores de niveles de piso

Los cables levantan y bajan la cabina a lo largo del hueco del elevador, estos cables se amarran a la parte superior de la cabina, luego se enrollan en el tambor cilíndrico del mecanismo elevador y vuelven a descender para sujetarse al contrapeso.

El mecanismo elevador, que se ubica sobre el hueco del elevador, hace girar al tambor y hace subir y bajar la cabina. Consiste en una estructura metálica en la que se montan el tambor cilíndrico, el motor, los frenos y los engranajes.

El equipo de maniobra es una combinación de dispositivos que funcionan automáticamente para la operación de las puertas y para el arranque, parada, aceleración desceleración y ajuste de nivel de la cabina. Los botones de la cabina, las luces indicadoras del nivel, los botones de llamada en cada piso y los indicadores de si la cabina sube o baja, son partes del equipo de maniobra. El equipo electrónico de maniobra controla el funcionamiento de todos los elevadores, optimizando la elección del elevador que dará servicio al llamado de algún usuario.

El contrapeso que se mueve en dirección contraria a la cabina, está compuesto por una serie de bloques de acero que se deslizan a lo largo de guías ubicadas en la parte posterior del hueco del elevador. Su peso es tal que permite reducir al máximo el uso de la energía que se utiliza en su operación.

El hueco del elevador es la zona vertical por donde circulan la cabina y el contrapeso. En sus paredes se fijan las guías y los bastidores de las puertas. En el fondo del hueco se encuentra el foso, donde se ubican los amortiguadores que constituyen una parte del mecanismo de seguridad.

Las guías son las vías verticales que conducen la cabina y el contrapeso. Deben estar perfectamente alineadas para asegurar la circulación correcta de la cabina.

El freno principal del elevador actúa directamente sobre el mecanismo elevador. El freno de seguridad sirve para detener la cabina antes de que adquiera velocidad excesiva. En el foso del hueco se colocan amortiguadores cuyo objetivo es detener la cabina cuando sobrepasa el límite inferior de su recorrido.

Pruebas

La primera verificación que debe hacerse es que el modelo que se ha instalado en el edificio corresponda con lo especificado en el proyecto.

En general las pruebas para efectos de recepción del sistema de elevadores se harán dándole seguimiento al protocolo de pruebas del fabricante poniendo cuidado especial en que las características técnicas y de operación sean las requeridas.

- Corriente para el Centro de Control de Motores suministrada por el edificio
- Verificar el Centro de Control de Motores y los Tableros
- Aspectos mecánicos de cabinas y guías

- Recorridos de las cabinas por guías y desembarques en pisos
- Pruebas de carga
- Pruebas de frenado
- Pruebas de sobrecarga eléctrica
- Acabados y botoneras de cabinas y pisos según proyecto
- Sistemas de control electrónico según proyecto
- Verificar que trabajen con el sistema de emergencia
- Verificar su funcionamiento de acuerdo con todos los requerimientos de velocidad, paradas, atención a llamadas
- Medición de tiempos de espera

SISTEMA INTELIGENTE

SISTEMA INTELIGENTE

El sistema inteligente de los edificios tiene como objetivo el **controlar y monitorear** los diversos sistemas que integran un edificio, haciéndolo de una manera tal que se optimicen los consumos de energía y se detecten fallas. Lo anterior se logra a través de una estación central computarizada con software especializado, y conexiones entre este y los equipos que se desean monitorear vigilando así las distintas variables que se requieran analizar, medir y controlar.

Los sistemas que se pueden controlar son los siguientes:

- Instalación Eléctrica
- Instalación Hidráulica y Sanitaria
- Instalación de Aire Acondicionado
- Instalación Contra Incendio
- Sistema de Elevadores
- Sistema de Seguridad y Accesos

Por medio del **monitoreo** se pueden medir en todo momento, por ejemplo, presiones de trabajo en tuberías, voltaje e intensidad de corriente en los tableros, temperaturas en los diferentes pisos, a efecto de vigilar el correcto funcionamiento y analizar los consumos de energía del edificio.

El **control** que se puede llevar a cabo en los diferentes sistemas es por ejemplo, encendido y apagado de los motores de los equipos y de las lámparas, logrando de esta forma optimizar los consumos de energía. También se puede limitar el acceso peatonal o vehicular al edificio.

El sistema inteligente dentro de los edificios puede tener diferentes grados de sofisticación en función de lo que se desea monitorear y controlar. Un sistema elemental únicamente servirá para el monitoreo de algunos sistemas del edificio, sin embargo un sistema sofisticado puede llegar a controlar y monitorear por medio de un Sistema de Información Geográfica (GIS) todas las instalaciones de los edificios, relacionando gráficos con bases de datos con toda la información de los equipos y sistemas.

Instalación Eléctrica

En este caso se puede monitorear en la subestación el suministro de energía por parte de la Compañía de Luz, y se pueden verificar voltajes y corrientes en fases. Se puede verificar la carga total instalada.

En el caso del transformador se puede monitorear su temperatura y el nivel de aceite que contiene.

Para los tableros generales se puede monitorear, y si se desea, controlar el encendido y apagado de los interruptores termomagnéticos.

Para la iluminación se puede por medio de una serie de sensores de presencia, controlar el encendido de las luminarias, o bien se puede controlar el horario de encendido de las mismas para lograr un menor consumo de energía. También se puede por medio de dimmers controlar la intensidad luminosa logrando con ello optimizar el consumo de energía.

Para la planta de emergencia se puede monitorear el nivel de aceite, el funcionamiento del precalentador, el voltaje y la intensidad de la corriente.

Instalación Hidráulica y Sanitaria

Para este sistema se puede monitorear y controlar el encendido y apagado de todos los equipos como pueden ser bombas, hidroneumático, bombas de cárcamos y bombas de tratamiento de aguas pluviales. Esto se lleva a cabo por medio de una serie de contactos auxiliares que se colocan en el centro de control de motores.

Adicionalmente se puede monitorear el gasto, la presión y la temperatura del suministro de agua en los puntos que se requiera.

Por medio del control del encendido y apagado de los equipos se puede obtener un ahorro de energía. Se puede también tener la lectura de los consumos de energía de cada equipo.

Instalación de Aire Acondicionado

Para este sistema se puede monitorear y controlar el encendido y apagado de todos los equipos como pueden ser enfriadores, calderas, bombas, manejadoras, ventiladores de extracción, cajas de volumen variable, Fan & Coils, etc. Esto se lleva a cabo por medio de una serie de contactos auxiliares que se colocan en el centro de control de motores.

Adicionalmente se puede monitorear el gasto, la presión y la temperatura del suministro de agua helada o caliente en los puntos que se requiera.

Por medio del control del encendido y apagado de los equipos se puede obtener un ahorro de energía. Se puede también tener la lectura de los consumos de energía de cada equipo.

Sistema Contra Incendio

Para este sistema se puede monitorear y controlar el encendido y apagado de todos los equipos como pueden ser bombas, detectores de humos y sus estaciones manuales . Esto se lleva a cabo por medio de una serie de contactos auxiliares que se colocan en el centro de control de motores.

Adicionalmente se puede monitorear la presión del suministro de agua en los puntos que se requiera. Se puede también tener la lectura de los consumos de energía de cada equipo.

Elevadores

En general se puede monitorear y controlar los elevadores por medio del sistema inteligente, en donde se puede conocer la ubicación de cada elevador y la carga que lleva. También se puede controlar su ubicación y el cierre de sus puertas. Este sistema detecta fallas en el suministro eléctrico y detecta el consumo de cada motor entre otras características.

Sistemas de Seguridad

El sistema de seguridad se integra por un subsistema de control de acceso y un subsistema de circuito cerrado de televisión.

Control de acceso

En este caso se puede, por medio de lectoras, chapas electromagnéticas, contactos magnéticos, alarmas audibles y botones de liberación, tener el control y monitoreo de las puertas de acceso peatonal. Los accesos a estacionamientos se controlan por medio de lectoras de tarjetas que accionan las barras de acceso para los vehículos.

Circuito Cerrado de Televisión

Se puede monitorear y grabar por medio una serie de cámaras ubicadas estratégicamente los puntos más importantes de acceso y circulación del edificio. Se puede contar con cámaras móviles con giro de hasta 360 grados a efecto de tener un mejor control de ciertas áreas.

Pruebas

Las pruebas que se llevan a cabo al Sistema Inteligente son:

- Verificar el software
- Verificar los parámetros monitoreados de los diferentes sistemas con respecto a los medidos directamente
- Verificar que el control de equipos y aditamentos que se realiza mediante el sistema central se lleve a cabo.
- Señalar fallas en equipos o rangos de variables diferentes a los preestablecidos en el software para checar que sean detectados por el sistema.
- Operar el sistema por cierto tiempo para ir verificando que todas las alternativas funcionan.

5. CONTROL

Como se mencionó previamente las pruebas constituyen el factor de aseguramiento de calidad en el cumplimiento de la ejecución de los proyectos y su control debe llevarse tomando como base la planeación efectuada previamente.

Dentro de los elementos de control se encuentran la calidad, el costo y el tiempo.

La calidad de los resultados obtenidos en las pruebas debe ser la establecida en las especificaciones generales y particulares del proyecto y el costo deberá ser el previsto en la planeación previa. El tiempo de ejecución de los trabajos deberá ser consistente con el programa detallado, estableciendo la reprogramación en el caso de la obtención de resultados no satisfactorios, planteando la solución y los responsables de su implantación.

En el caso de desviaciones con relación a cualquiera de los parámetros de control del proceso, deberá documentarse debidamente cuales fueron las razones que generaron el impacto en la variable en estudio, la solución con su respectiva planeación y costo, con la finalidad de obtener las autorizaciones que correspondan y poder retroalimentar el proceso.

Una de las responsabilidades de área encargada de la inspección de los trabajos es mantener permanentemente informados a las partes involucradas en el proyecto (de acuerdo al esquema de contratación establecido en particular), lo cual debe efectuarse a través de informes periódicos que consideren todos los aspectos de la obra. En particular de acuerdo al avance de los trabajos se deberá informar de manera detallada el avance de la ejecución de las pruebas y puesta en marcha de los diversos sistemas y equipos que conforman el proyecto, los resultados de las pruebas efectuadas y en su caso de las medidas tomadas para resolver situaciones que hayan surgido durante la ejecución de las pruebas.

Es común establecer diversas garantías económicas, además de las fianzas correspondientes del contrato, que se liberan hasta la ejecución satisfactoria de las pruebas y puesta en marcha de los equipos, de manera que pueda mantenerse la "motivación" económica del proveedor o contratista para la conclusión satisfactoria de las mencionadas pruebas.

6. MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El Manual de Operación y Mantenimiento constituye el documento de mayor utilidad para la entidad operadora y responsable del mantenimiento del inmueble, ya que describe el proyecto en general y cada uno de sus partes en particular, concentra toda la información del diseño actualizada de manera definitiva de cómo fue construido el proyecto, cuáles son las garantías otorgadas por los fabricantes e instaladores de los equipos y sistemas, contiene las garantías y manuales particulares de cada uno de los equipos instalados, un directorio de los responsables de la construcción, etc.

En el Capítulo de Entrega del Proyecto se realiza una descripción más a detalle de los elementos que debe contener el Manual de Operación y Mantenimiento.

7. APOYO DE LA COMPUTACIÓN

La computación resulta hoy en día una disciplina indispensable en cualquier rama del quehacer humano, en particular para los proyectos de ingeniería resulta indispensable para el manejo de información de todo tipo y en los últimos años ha cobrado mayor importancia en la operación de los proyectos de edificación a través de la implantación de "sistemas inteligentes". Estos sistemas simplifican los procesos de monitoreo de las instalaciones de los edificios, por ejemplo es común en las edificaciones actuales que cuenten con un software desarrollado en particular para la operación de sistemas como el acondicionamiento de aire, monitoreo absoluto de los sistemas de seguridad como circuito cerrado de televisión, control de accesos, así como conocer desde una computadora el nivel de combustible de los depósitos de los generadores de emergencia, si están o no activados los precalentadores, el conocer presiones de aceite de los equipos o incluso identificar las áreas ocupadas del inmueble, su temperatura y nivel de iluminación, asimismo permiten lograr interrelaciones importantes para la seguridad de los inmuebles, como por ejemplo, al activarse una alarma contra incendio, tomar el control de los elevadores y detenerlos en un piso específico, presurizar escaleras, activar extractores de humos, etc.

Para efectos de las pruebas y puesta en marcha la computación debe ser un apoyo fundamental en los siguientes aspectos:

- Manejo del proyecto final (planos as built)
- Inventario de equipos e instalaciones.
- Manejo de la planeación de las actividades y su avance respectivo.
- Manejo de los recursos y sus respectivos costos.
- Apoyo de bases de datos de proveedores de equipos y sistemas y de participantes en el proyecto.
- Sistemas de Información Geográfica (GIS)

Existen en el mercado a precios sumamente accesibles programas desarrollados que nos permiten, con conocimientos medios de computación obtener sistemas de suma utilidad en el proceso en estudio, y que además no requieren equipo de características muy especiales.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Como puede observarse de todo lo antes estudiado, el éxito de las pruebas y en consecuencia la puesta en marcha satisfactoria de los sistemas e instalaciones de un proyecto de edificación y en general de cualquier proyecto (considerando como exitoso dicho proceso cuando es obtenido en el tiempo previsto, con el costo adecuado y con la calidad deseada o establecida previamente), depende de la calidad de todos y cada una de las partes que conforman el proyecto y que son desarrolladas a lo largo del proceso de construcción. De ahí la importancia de garantizar durante el proceso de construcción que los trabajos se ejecutan con los materiales adecuados y con la mano de obra calificada para las labores específicas, así como el contar con la documentación que avale dicho proceso para en el caso de cualquier eventualidad tener los elementos para su aclaración inmediata. Esta labor fundamental es la que realiza la entidad responsable de la supervisión de los trabajos.
- En contrapartida de lo mencionado previamente el resultado no satisfactorio de las pruebas y en consecuencia el no poner en marcha el proyecto, seguramente reflejará el desarrollo inadecuado de procesos de construcción, de calidad de los materiales y equipos adquiridos o una mezcla de lo anterior, lo cual evidentemente redundará en un fracaso en el proyecto, que puede reflejarse en un atraso en el inicio de la operación, la obtención de resultados económicos no satisfactorios o incluso pérdidas y sanciones.
- Es sumamente importante que durante la fase de pruebas y puesta en marcha se notifique a todas las partes involucradas con la finalidad de que en caso de no lograrse un resultado satisfactorio se proceda a la inmediata investigación de sus causas e implantación de su solución, teniendo perfectamente claro el esquema de responsabilidades de cada una de las partes involucradas, para eventualmente exigir el cumplimiento contractual de la entidad responsable.

- El proceso de pruebas de operación y en particular la puesta en marcha del proyecto, considera el traslado de responsabilidades sobre el equipo, sistemas e instalaciones a la entidad operadora del proyecto, por lo que conlleva el establecimiento de la documentación comprobatoria de dicho proceso y la implantación del correspondiente programa de capacitación del personal de la entidad operadora.
- La ejecución de las pruebas y puesta en marcha constituye el último eslabón dentro del proceso constructivo para el inicio de la operación del inmueble y su indispensable mantenimiento, por lo que debe considerarse dentro del proceso de entrega de obra que a continuación abordaremos con el detalle requerido.

ENTREGA DEL PROYECTO

CONTENIDO

1. OBJETIVOS
2. ALCANCE
3. PROCEDIMIENTO
 - 3.1. ENTREGA FÍSICA DE LAS INSTALACIONES
 - 3.2. ENTREGA DE LA DOCUMENTACIÓN GENERADA DURANTE LA CONSTRUCCIÓN
4. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
5. RESPONSABILIDADES DEL CONTRATISTA
6. PROYECTOS CONCESIONADOS
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXO 1: EJEMPLO DE MINUTA DE RECORRIDO DE INSPECCIÓN

ANEXO 2: EJEMPLO DE ACTA DE ENTREGA PARCIAL

ANEXO 3: EJEMPLO DE ACTA DE ENTREGA DE PROYECTO

ANEXO 4: EJEMPLO DE MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

1. OBJETIVOS

La entrega del proyecto constituye la terminación de la fase de construcción de una obra y se realiza una vez que los trabajos encomendados han finalizado y las pruebas finales han sido realizadas satisfactoriamente.

La entrega del proyecto tiene como objetivos fundamentales los siguientes:

- Establecer de manera contractual la terminación de la fase de construcción.
- La puesta en marcha del proyecto por parte de la entidad operadora, estableciendo las labores de mantenimiento y operación del proyecto.
- Delimitar la responsabilidad entre la entidad constructora y la entidad operadora.
- Proveer a la entidad operadora de la capacitación, información y documentación necesaria para lograr satisfactoriamente el cumplimiento de su labor.
- Proveer a la entidad contratante con los elementos necesarios, según el régimen de contratación, para responder a las inspecciones y/o auditorías posteriores o reclamaciones de cualquier tipo.

2. ALCANCE

Como se mencionó previamente la entrega del proyecto es la culminación de la fase de construcción de la obra, por lo que en consecuencia depende fundamentalmente de la terminación exitosa de la construcción en todas sus etapas y consiste fundamentalmente en dos aspectos:

A) Entrega física de las instalaciones

B) Entrega de la documentación generada durante la fase de construcción.

El alcance de la entrega del proyecto consiste en la entrega física de las instalaciones del proyecto y la entrega de la documentación generada durante la construcción, de acuerdo con los alcances específicos del proyecto en cuestión y al régimen de contratación que se haya establecido.

3. PROCEDIMIENTO

3.1. ENTREGA FÍSICA DE LAS INSTALACIONES

Constituye la entrega por parte del Contratista y la recepción satisfactoria por parte de la Contratante de las instalaciones que integran el proyecto y que en términos generales en obras de edificación están compuestas de los siguientes elementos:

- Cimentación
- Subestructura
- Estructura
- Albañilería y acabados
- Instalaciones eléctricas
- Instalaciones hidráulicas
- Instalaciones sanitarias
- Sistemas contra incendio
- Instalaciones de aire acondicionado
- Sistemas de extracción
- Sistemas de telefonía
- Sistemas de seguridad
- Ascensores y escaleras mecánicas
- Sistemas de automatización y control (inteligentes)
- Mobiliario
- Obras exteriores
- Estacionamientos

Un antecedente fundamental para el proceso de Entrega-Recepción de una obra se lleva a cabo con los trabajos de supervisión realizados durante la construcción. Con objeto de tener los elementos suficientes para realizar una correcta Entrega-Recepción debe recabarse toda la información de la obra, planos, especificaciones, obras inducidas, instalaciones especiales y control de calidad.

Con dichos antecedentes y una vez concluida la obra o una etapa específica de la misma, deberá llevarse a cabo una revisión de las instalaciones en la que deben estar presentes el Contratista, la Contratante, la Supervisora y en el caso de la obra pública se establecen en la legislación aplicable, la asistencia de diferentes Entidades de la Administración Pública, como la Secretaría de la Contraloría y Desarrollo Administrativo.

El Contratista deberá dar aviso por escrito a la Contratante cuando haya terminado los trabajos que se le han encomendado, para poder establecer la fecha y hora en que puede efectuarse el recorrido para verificar el estado en que se encuentran las instalaciones, lo cual culminará con la firma de las entidades involucradas de un acta de Entrega - Recepción.

Se elabora previamente un inventario de las instalaciones físicas y equipos motivo de la entrega y se efectúan los recorridos de obra de manera minuciosa, revisando el estado de las instalaciones y efectuando pruebas de operación de los equipos. Todo lo anterior se describe en una **Minuta de Recorrido de Inspección**, quedando asentados los trabajos mal ejecutados o los detalles pendientes.

Una vez que estos detalles han sido terminados se lleva a cabo el **Acta de Recepción** Parcial de los trabajos, si únicamente se entrega una parte de la obra, o bien total (**Acta de Entrega-Recepción**) si los trabajos encomendados al contratista han sido terminados completamente.

En las obras de edificación es frecuente realizar Entregas Recepciones Parciales, ya que en algunos casos el Contratante requiere iniciar algunas actividades previas al inicio de la operación y que contrata por separado con otras empresas diferentes al contratista principal, como puede ser instalación de equipos de cómputo, de telefonía, mobiliario, decoración, etc.

En el Acta de Entrega-Recepción de los trabajos se lleva a cabo también la entrega de la documentación generada durante el proceso de la obra.

En la **Minuta del Recorrido de Inspección** para recepción de obra se deben indicar los siguientes datos, en forma precisa (**Anexo 1**):

- Lugar y fecha del recorrido
- Participantes en el acto de Entrega-Recepción
- Trabajos motivo de la Entrega-Recepción. Número del contrato, descripción de los trabajos, etc.
- Estado físico que presentan los trabajos que se reciben, en la fecha del recorrido
- Relación de detalles a corregir por el Contratista, en su caso.
- Fechas para la terminación de detalles por parte del Contratista

Una vez realizadas las correcciones de los detalles asentados en la Minuta del Recorrido de Inspección se lleva a cabo el Acta de Recepción Parcial o total de los trabajos, según sea el caso.

Un **Acta de Recepción Parcial** de trabajos debe contener lo siguiente:

- Lugar y fecha del recorrido
- Participantes en el acto de entrega-recepción
- Trabajos motivo de la entrega-recepción, como son número del contrato, descripción de los trabajos, etc.
- Estado físico que presentan los trabajos que se reciben, en la fecha del recorrido
- Mención del contrato relativo a los trabajos motivo de la entrega-recepción, incluyendo monto.
- Obligación del contratista de responder por vicios ocultos.

En el **Anexo 2** se presenta un **Acta de Entrega Parcial**, correspondiente a trabajos de aire acondicionado.

Un **Acta de Entrega-Recepción** total de los trabajos deberá incluir la siguiente información:

- Lugar y fecha del recorrido
- Participantes en el acto de entrega-recepción
- Trabajos motivo de la entrega-recepción, como son número del contrato, descripción de los trabajos, etc.
- Estado físico que presentan los trabajos que se reciben, en la fecha del recorrido
- Mención del contrato relativo a los trabajos motivo de la entrega-recepción, incluyendo monto.
- Monto y número de fianza de garantía que se expide, anexando una copia.
- Liberación de la fianza de anticipo.

En el **Anexo 3** se presenta un **Acta de Entrega-Recepción** total de los trabajos,

3.2. ENTREGA DE LA DOCUMENTACIÓN GENERADA DURANTE EL PROCESO DE OBRA

El Contratante debe recibir, al finalizar la obra, un expediente completo con la información que se generó durante el proceso de obra, dependiendo del régimen de contratación de los trabajos motivo de la recepción, dicha documentación podrá ser limitada a sólo algunos aspectos de los aquí señalados.

Esta información debe comenzar a integrarse desde el inicio de los trabajos, ya que incluye memorias descriptivas y de cálculo, licencias, permisos, pagos de trámites, contratos con modificaciones y ampliaciones, correspondencia, bitácoras, planos ejecutivos y finales, estados de cuenta del dinero utilizado en el proyecto, manuales de operación, etc.

Todos estos documentos deben clasificarse con base en categorías, que permitan su fácil consulta y archivo.

El expediente debe contener los siguientes documentos:

- Contrato original
- Licencias y permisos
- Contratos de convenios adicionales modificatorios, escalatorias, etc.
- Bitácoras de obra
- Programa original de obra (fechas de inicio y terminación contractual y real)
- Reprogramaciones de obra (fechas de inicio y terminación contractual y real)
- Minutas de juntas de trabajo
- Croquis de cambios o modificaciones al proyecto ejecutivo original debidamente autorizados
- Lista de detalles faltantes por ejecutar
- Dictámenes de los factores de escalación autorizados
- Dictámenes de los precios unitarios por conceptos fuera de catálogo autorizados
- Garantía de impermeabilización
- Garantías, instructivos y manuales de operación y mantenimiento de los equipos instalados
- Informe fotográfico del desarrollo de la obra
- Presupuesto actualizado
- Reportes de pruebas de control de calidad de materiales, instalaciones y equipo
- Proyecto ejecutivo actualizado (Planos finales o As-Builts)
- Correspondencia de la obra
- Relación de adeudos pendientes debidamente respaldados
- Estado de cuenta final de la obra
- Documentación entrega de la obra por parte de la contratista
- Concentrado de estimaciones
- Concentrado de volúmenes de obra por concepto
- Monto ejercido en obra normal (original y adicional)
- Monto ejercido en obra extraordinaria
- Manual de Operación y Mantenimiento

Dado que todos estos documentos son originales y de gran importancia, deben entregarse a través de un acuse escrito. El expediente deberá presentarse en original y número de copias suficientes al Contratante, conservándose alguna copia para consultas posteriores.

Una forma de organizar este expediente es creando una estructura que contenga varias etapas:

1. Etapa de concurso

- 1.1. Bases del concurso (condiciones generales)
- 1.2. Evaluación de empresas a invitar (en su caso, por especialidad)
- 1.3. Documentos del concurso (cartas de invitación, circulares de aclaración de dudas, acta de presentación y apertura, acta de fallo del concurso, etc.)
- 1.4. Análisis comparativo de las propuestas presentadas por los diversos postores
- 1.5. Propuesta de la contratista ganadora
- 1.6. Propuestas de las contratistas que no resultaron ganadoras

2. Documentos contractuales

- 2.1. Documentos legales del contratista (Acta constitutiva y modificaciones en su caso, estados financieros auditados, última declaración fiscal, R.F.C., etc.)
- 2.2. Contrato de obra y ampliaciones
- 2.3. Fianzas
- 2.4. Programa de obra anexo al contrato
- 2.5. Presupuesto anexo al contrato
- 2.6. Análisis de los factores de salario real, de indirectos y utilidad
- 2.7. Costos de materiales y explosión de insumos
- 2.8. Tabulador de salarios e integración de cuadrillas
- 2.9. Costos de conceptos básicos
- 2.10. Análisis de precios unitarios
- 2.11. Planos y especificaciones

3. Control de costo (económico)

- 3.1. Estimaciones básicas (de conceptos contenidos en el presupuesto del contrato) con números generadores
- 3.2. Facturas de estimaciones básicas
- 3.3. Expediente de órdenes de cambio o trabajos extraordinarios (conceptos fuera del presupuesto del contrato)
- 3.4. Estimaciones de conceptos extraordinarios con números generadores
- 3.5. Facturas de estimaciones de conceptos extraordinarios
- 3.6. Ajuste de precios unitarios (revisión de costos o escalatorias)
- 3.7. Control de estimaciones (estado de cuenta)
- 3.8. Concentrado de estimaciones (control de cantidades estimadas por concepto)
- 3.9. Valoraciones de obra (actualizaciones al presupuesto de contrato)

4. Control de avance

- 4.1. Programa de barras con montos a ejercer por el Contratista
- 4.2. Programa de ruta crítica
- 4.3. Reprogramaciones aprobadas por el Cliente
- 4.4. Evaluación semanal, quincenal o mensual del avance de la obra

5. Control de calidad

- 5.1. Presupuestos de los laboratorios de control de calidad
- 5.2. Estimaciones de los laboratorios con números generadores
- 5.3. Facturas de los laboratorios
- 5.4. Control de estimaciones de los laboratorios (estados de cuenta)
- 5.5. Reportes de calidad de los laboratorios
- 5.6. Control de resultados de los reportes de calidad de los laboratorios (intensidades de muestreo)
- 5.7. Expediente de los informes enviados por los laboratorios

6. Notas de bitácora
 - 6.1. Con el Director Responsable de Obra y Corresponsables
 - 6.2. Con el Proyectista
 - 6.3. Con la Contratista

7. Documentación técnica complementaria y planos actualizados (As-Builts)
 - 7.1. Planos actualizados (registro de planos)
 - 7.2. Croquis (registro de croquis)
 - 7.3. Especificaciones técnicas y complementarias

8. Correspondencia
 - 8.1. Enviada al Cliente
 - 8.2. Enviada al Proyectista
 - 8.3. Enviada a la Contratista
 - 8.4. Enviada a las Autoridades o Instituciones
 - 8.5. Recibida del Cliente
 - 8.6. Recibida del Proyectista
 - 8.7. Recibida de la Contratista
 - 8.8. Recibida de las Autoridades o Instituciones

9. Minutas de juntas
 - 9.1. Juntas de Coordinación (generales)
 - 9.2. Juntas con el Cliente
 - 9.3. Juntas con el Proyectista
 - 9.4. Juntas con la Contratista
 - 9.5. Juntas con Autoridades o Instituciones

10. Informes
 - 10.1. Informes quincenales o mensuales de obra
 - 10.2. Informes mensuales fotográficos

11. Registros de inspección por parte de la Supervisión
 - 11.1. Registros de supervisión de colados
 - 11.2. Registros de inspección de fabricación de estructura metálica
 - 11.3. Registros de inspección y pruebas de instalaciones hidrosanitarias
 - 11.4. Registros de inspección y pruebas de instalaciones eléctricas
 - 11.5. Registros de inspección y pruebas de equipos

12. Fotografías y videocassettes
 - 12.1. Fotografías
 - 12.2. Videocassettes

13. Documentos legales de la obra así como de terminación de los trabajos y ocupación del inmueble
 - 13.1. Alineamiento y número oficial
 - 13.2. Licencia de uso del suelo
 - 13.3. Licencia de construcción y planos anexos
 - 13.3.1. Planos de uso del suelo autorizados
 - 13.3.2. Estudio de impacto ambiental
 - 13.3.3. Estudio de impacto urbano
 - 13.3.4. Planos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones hidrosanitarias, contra incendio y eléctrica, autorizados
 - 13.3.5. Plano de agua potable y drenaje autorizados
 - 13.3.6. Plano de electrificación autorizado
 - 13.4. Autorización de la unidad verificadora (instalación eléctrica)
 - 13.5. Solicitud de presupuesto, conexión y contrato de energía eléctrica
 - 13.6. Solicitud y conexión a las redes de agua potable y drenaje
 - 13.7. Boleta predial de no adeudo
 - 13.8. Manifestación de terminación de obra
 - 13.9. Acta de entrega-recepción de la obra (anexos instructivos y garantías de equipos)

- 13.10. Acta de recepción de las obras de agua potable y drenaje por el municipio
- 13.11. Acta de recepción de las obras de electrificación por la C.F.E.
- 13.12. Licencia sanitaria
- 13.13. Oficio de autorización de ocupación de obra
- 13.14. Oficio de no adeudos fiscales de la Contratista
- 13.15. Oficio de no adeudo ante Infonavit de la Contratista
- 13.16. Oficio de no existir conflictos obrero-patronales de las contratistas

14. Documentación contractual de la Supervisión

- 14.1. Propuesta
- 14.2. Contrato
- 14.3. Fianzas
- 14.4. Estimaciones
- 14.5. Facturas
- 14.6. Acta de entrega-recepción

15. Disquetes

- 15.1. Etapa de concurso
- 15.2. Control de costo (económico)
- 15.3. Control de avance
- 15.4. Control de calidad
- 15.5. Correspondencia
- 15.6. Minutas
- 15.7. Informes

Toda esta información es presentada en varias carpetas y paquetes pues es muy extensa.

4. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

De entre todos los documentos mencionados anteriormente, destaca el Manual de Operación y Mantenimiento de la Obra, ya que permite al Propietario y Usuarios aprovechar al máximo la capacidad de las instalaciones y conservarlas en buenas condiciones para su utilización.

El manual deberá contener la siguiente documentación:

- Descripción del inmueble
- Procedimientos para operación y mantenimiento
- Inventario de equipos instalados
- Directorio de participantes en la ejecución de la obra
- Planos de proyecto
- Manuales y garantías

Aunque la información podría estar contenida en todo el expediente de cierre de obra, clasificándola convenientemente, siempre debe buscarse que el Contratante obtenga, al finalizar la obra, un documento que le permita conocer el producto que está recibiendo y la manera de conservarlo.

A fin de ejemplificar la presentación de este Manual de Operación y Mantenimiento de la Obra, se muestra una clasificación de la información contenida en un expediente típico:

1. PRESENTACIÓN
2. TERMINOLOGÍA
3. DESCRIPCIÓN DEL INMUEBLE
 - 3.1. Edificio de oficinas administrativas
 - 3.2. Salón de conferencias
 - 3.3. Salón de publicidad
 - 3.4. Caseta de control de acceso
 - 3.5. Cisterna y cuarto de equipos
 - 3.6. Estacionamiento

4. PROCEDIMIENTO PARA LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO

4.1. Estructura

- 4.1.1. Cimentación
- 4.1.2. Super estructura
- 4.1.3. Nivelaciones

4.2. Acabados

- 4.2.1. Azoteas
- 4.2.2. Plafones
 - 4.2.2.1. Reticulares
 - 4.2.2.2. Tabla roca
- 4.2.3. Muros
 - 4.2.3.1. Aplanados de mezcla
 - 4.2.3.2. Mamparas de baño
 - 4.2.3.3. Vitroblock
 - 4.2.3.4. Sonoaislantes
- 4.2.4. Pisos
 - 4.2.4.1. Terracerías
 - 4.2.4.2. Concreto
 - 4.2.4.3. Asfalto
 - 4.2.4.4. Materiales vidriados
- 4.2.5. Herrería, aluminio y cristal
- 4.2.6. Puertas y ventanas

4.3. Instalaciones

- 4.3.1. Red de agua potable
 - 4.3.1.1. Tuberías y accesorios
 - 4.3.1.2. Cisterna
 - 4.3.1.3. Red contra incendio
- 4.3.2. Red de drenaje
 - 4.3.2.1. Red de aguas pluviales
 - 4.3.2.2. Canalones pluviales
 - 4.3.2.3. Registros
 - 4.3.2.4. Pozos de visita
- 4.3.3. Instalación eléctrica
 - 4.3.3.1. Subestación
 - 4.3.3.2. Tablero general de distribución

- 4.3.3.3. Sistema de alumbrado
- 4.3.3.4. Sistema de contactos
- 4.3.3.5. Sistema de emergencia
- 4.3.3.6. Sistema de tierras
- 4.3.3.7. Sistema de pararrayos
- 4.3.3.8. Canalizaciones
- 4.3.3.9. Cuarto de máquinas
- 4.3.4. Instalación telefónica
- 4.3.5. Sistema de seguridad
- 4.3.6. Sistema de comunicaciones
- 4.3.7. Aire acondicionado

- 5. INVENTARIO
- 6. DIRECTORIO DE LOS PARTICIPANTES EN LA OBRA
- 7. PLANOS DE PROYECTO ACTUALIZADOS (AS-BUILTS)
- 8. MANUALES Y GARANTÍAS
 - 8.1. Subestación eléctrica
 - 8.2. Almacén
 - 8.3. Cuarto de equipo de emergencia
 - 8.4. Cuarto de máquinas
 - 8.4.1. Bombas hidroneumáticas
 - 8.4.2. Bombas sistema contra incendio
 - 8.5. Extractores de aire
 - 8.6. Mobiliario

En el **Anexo 4** se muestra el contenido de los incisos de este Manual de Operación.

5. RESPONSABILIDADES DEL CONTRATISTA

La responsabilidad civil del Contratista radica en ser el responsable de la ejecución de los trabajos, por lo cual debe sujetarse a todos los reglamentos y ordenamientos de las autoridades competentes en materia de construcción, seguridad y uso de la vía pública, así como a las disposiciones establecidas para tal efecto por la dependencia o entidad contratante.

La responsabilidad por los daños o perjuicios que pudieran resultar del incumplimiento de alguno de estos documentos recae en el Contratista, por lo que debe contratarse un seguro con las coberturas adecuadas para la magnitud de la obra que cubra este tipo de responsabilidad durante la construcción del proyecto.

Como seguramente se les ha planteado en capítulos previos al presente, la contratista al obligarse a ejecutar un proyecto adquiere una serie de responsabilidades que en términos generales consisten en el cumplimiento de cada una de las cláusulas del contrato celebrado para tal efecto, así como para el buen uso del anticipo en su caso recibido.

Por ello, para garantizar durante un plazo establecido en el contrato original, el cumplimiento de las obligaciones adquiridas, antes de la recepción de la obra, el Contratista, a su elección, o de acuerdo a lo pactado con el contratante, podrá constituir fianza por el equivalente a un porcentaje previamente establecido, que por costumbre oscila entre el diez y el veinte por ciento del monto del contrato (Fianza de cumplimiento), presentar una carta de crédito irrevocable por el equivalente, o bien, aportar recursos líquidos por una cantidad equivalente del mismo monto en fideicomiso especialmente constituido como garantía.

Partiendo de la hipótesis de que se dio un cumplimiento satisfactorio al contrato, en la culminación del proceso constructivo a través de la entrega del proyecto la responsabilidad cambia, a la obligación durante un cierto periodo de tiempo, normalmente un año a partir de la firma del acta de entrega recepción de los trabajos, a responder por los defectos que pudieran aparecer en ella, de los vicios ocultos, y como se señaló anteriormente, de cualquier otra responsabilidad en que hubiere incurrido,

en los términos señalados en el contrato respectivo, y en los reglamentos y leyes relacionados a la ejecución de la obra, hasta por un porcentaje del monto del contrato, que por costumbre es de un diez por ciento.

Otra fianza solicitada al Contratista es la de garantía por el uso adecuado del anticipo. Esta fianza puede cancelarse una vez que se ha amortizado totalmente el anticipo.

Al término de la vigencia de cada una de las fianzas expedidas a favor de la Entidad Contratante, ésta deberá otorgar al Contratista una carta dirigida a la Institución Afianzadora, autorizando la cancelación de la fianza correspondiente.

6. PROYECTOS CONCESIONADOS

Para el caso de proyectos de edificación concesionados, el concepto de entrega del proyecto en los términos explicados en la presente exposición no debe ser modificado.

Los proyectos concesionados constituyen el otorgamiento en concesión generalmente para la construcción, explotación y operación de un proyecto, en nuestro caso de una edificación, como podría ser un estacionamiento, un centro comercial, un inmueble de oficinas o incluso de infraestructura cultural como teatros o cines. Bajo estas circunstancias la conclusión de la fase de construcción deberá terminarse a través del procedimiento descrito previamente, con la variante de que el acto de entrega recepción se lleva a cabo entre la entidad constructora y la entidad propietaria de la concesión o de la entidad responsable de la explotación y operación, que en este caso no es el otorgante de la concesión.

Adicionalmente al finalizar la construcción el otorgante de la concesión no recibe el proyecto, sino autoriza a la Concesionaria mediante parámetros previamente establecidos, el inicio de la operación del proyecto.

Como puede apreciarse, el objetivo de la entrega del proyecto no se modifica, simplemente la recepción del mismo la efectúa otra entidad, como puede ser directamente el Concesionario o una empresa operadora contratada por la concesionaria para tal efecto.

En este caso normalmente en los títulos de concesión se establece la potestad del otorgante de la concesión de vigilar la correcta operación y mantenimiento del proyecto en cuestión, así como en algunos casos se establecen los parámetros mínimos de calidad de características de operación con que deberá cumplir el concesionario, lo cual en caso de no cumplirse se sujetará a sanciones que pueden llegar hasta el retiro de la concesión.

La entrega del proyecto al otorgante de la concesión se efectúa al final del periodo establecido en el título de concesión respectivo, en general después de un periodo de explotación que permitió al concesionario recuperar su inversión y obtener una utilidad, los términos de esta entrega normalmente sólo están ligados a la entrega del inmueble con las características de operación establecidas previamente.

De acuerdo con lo establecido en la concesión, puede requerirse la entrega del expediente completo de la obra, por lo que se aplicaría lo señalado previamente.

7. CONCLUSIONES

Como pudo observarse a través del desarrollo del presente tema, la entrega del proyecto es consecuencia de la terminación exitosa de la construcción del mismo y su desarrollo final depende de la calidad de los trabajos en todos sus aspectos, así como del imprescindible cuidado y orden de toda la documentación generada durante la construcción de la obra, por lo que habiendo cumplido con estos dos aspectos, la entrega de proyecto es simplemente el cierre de la etapa de construcción y la transición a la operación de un proyecto con el consecuente mantenimiento que requiere cualquier inmueble.

El cuidado de la calidad de los trabajos en todos sus aspectos como son la calidad de los materiales, de la mano de obra empleada y de los equipos suministrados, permitirán liberar oportunamente al contratista de sus obligaciones, logrando un inmueble que operará satisfactoriamente durante su vida útil.

Asimismo el contar con el expediente completo de la obra, ordenado de manera adecuada con apoyo de sistemas de cómputo que faciliten su manejo y consulta posterior, permitirán aclarar de manera oportuna y clara cualquier requerimiento administrativo. Cualquier falla en la operación de las instalaciones podrá ser investigada con la finalidad de delimitar las responsabilidades de las partes involucradas y se contará con toda la información que permita resolver en forma breve los problemas que puedan presentarse durante la operación.

En el caso particular de la obra pública el proceso de Entrega del proyecto cobra una importancia vital. Deberá siempre vigilarse el apego a lo señalado por la Ley de Adquisiciones y Obra Pública, con objeto de poder estar siempre en orden con los procesos de Auditoría que se realizarán en el futuro para el Proyecto.

ANEXO 1

MINUTA DE RECORRIDO DE INSPECCIÓN

MINUTA DE OBRA

FECHA: 30 DE FEBRERO DE 1998
OBRA: DESARROLLO REGIONAL VALLEJO
ASUNTO: RECORRIDO PARA INSPECCIÓN DE ESTADO DE OBRA, PREVIO A LA RECEPCIÓN DE LOS TRABAJOS.

EN LA CIUDAD DE MÉXICO, D.F., A LAS 9:30 HRS. DEL DÍA 30 DE FEBRERO DE 1998, SE REUNIERON EN EL INMUEBLE LOCALIZADO EN AV. CENTRAL No. 100, COLONIA VALLEJO, LAS PERSONAS CUYOS NOMBRES SE CITAN A CONTINUACIÓN:

- **POR INMOBILIARIA COLONIA S.A. DE C.V.**
ARQ. RODOLFO ESTRADA FIRMA
ARQ. ROLANDO ESTRADA FIRMA
- **POR INMOBILIARIA COLONIA S.A. DE C.V. (MANTENIMIENTO)**
ING. JESÚS CASTELAZO FIRMA
- **POR CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS S.A. DE C.V.**
ING. ROGELIO ESCALANTE FIRMA
- **POR SUPERVISIONES TÉCNICAS S.A. DE C.V.**
ING. FRANCISCO PÉREZ FIRMA
ING. JOSÉ ALBERTO HERNÁNDEZ FIRMA

1. CON OBJETO DE PROCEDER A LA RECEPCIÓN DE LOS TRABAJOS RELATIVOS A LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA DE CONCRETO DEL CONTRATO ES-001-12-97, REALIZADOS POR LA CONTRATISTA "CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS S.A. DE C.V." EN EL DESARROLLO REGIONAL VALLEJO, Y ENTREGARLOS A LA INMOBILIARIA, SE CONVINO EFECTUAR UN RECORRIDO EL DÍA DE HOY PARA VERIFICAR, JUNTO CON LA CONTRATISTA, SI LOS TRABAJOS ESTÁN TERMINÁNDOSE EN EL PLAZO PROGRAMADO, Y PODER HACER CITA PARA EL RECORRIDO FINAL DE ENTREGA DE OBRA.
2. SE RECORRIERON LOS 12 NIVELES DE OFICINAS Y LOS 3 DE ESTACIONAMIENTO.
3. TANTO LA INMOBILIARIA, COMO LA SUPERVISIÓN ESTÁN DE ACUERDO EN QUE A PESAR DE ESTAR DENTRO DE LOS TIEMPOS PROGRAMADOS PARA LA FINALIZACIÓN DE LAS TAREAS PRINCIPALES, AÚN FALTAN DETALLES QUE NO HAN SIDO TERMINADOS Y PUDIERAN RETRASAR LA RECEPCIÓN FINAL DE LA OBRA.
4. SE ANEXA A ESTA MINUTA LA LISTA DE DETALLES PRINCIPALES DETECTADOS DURANTE EL RECORRIDO PARA QUE LA CONTRATISTA ASIGNE UNA CUADRILLA DE TRABAJO INDEPENDIENTE QUE DE CELERIDAD A ESTAS ACTIVIDADES.
5. SE ACUERDA QUE EL SIGUIENTE RECORRIDO SE HAGA UNA VEZ QUE EL CONTRATISTA HAYA TERMINADO LOS DETALLES SEÑALADOS EL DÍA DE HOY.

LISTA DE DETALLES INDICADOS A LA CONTRATISTA DURANTE EL RECORRIDO DEL DÍA

ESTACIONAMIENTO 3

1. Limpieza general del nivel de estacionamiento
2. Retocar pintura en columnas A1 y D8
3. Terminar aplanado en muro de elevador principal
4. Finalizar actividades en proceso de ejecución (señalamiento de cajones, colado de topes para autos, colocar tapas en los registros del sistema de tierras, etc.)

ESTACIONAMIENTO 2

1. Finalizar actividades en proceso de ejecución (señalamiento de cajones, colado de topes para autos, etc.)
2. Alinear rejilla de captación de escurrimientos
3. Limpieza general del nivel de estacionamiento

ESTACIONAMIENTO 1

1. Finalizar actividades en proceso de ejecución (señalamiento de cajones, colado de topes para autos, hacer banqueta alrededor de caseta de control de acceso, etc.)
2. Limpieza general del nivel de estacionamiento
3. Corregir desalineamiento en el muro izquierdo del acceso de automóviles a edificio
4. Terminar labores de jardinería en la parte posterior del edificio, para evitar el tránsito de este personal a través del estacionamiento, que está deteniendo el avance de otras actividades.

NIVEL 1 OFICINAS

1. Limpieza general del piso completo
2. Retirar residuos de concreto que permanecen en piso
3. Retirar material de construcción que está empleándose en otros pisos
4. Retirar casetas de empresas
5. Terminar actividades en proceso de ejecución (pintura en muros, aplanados pendientes, herrería y aluminio faltante, etc)

NIVEL 2 AL 12 OFICINAS

1. En general estos niveles aún tienen actividades en proceso de ejecución, lo cual dificulta apreciar correctamente la calidad de los trabajos terminados, ya que en muchos lugares aún hay protecciones de triplay y plástico sobre acabados terminados.
2. Se vió con la Contratista que una vez retiradas estas protecciones sería posible efectuar un recorrido más para identificar detalles importantes faltantes y no esperar hasta el día del recorrido final.

ANEXO 2

ACTA DE ENTREGA-RECEPCIÓN PARCIAL

ACTA DE ENTREGA-RECEPCIÓN PARCIAL DE LOS TRABAJOS DE AIRE ACONDICIONADO

INMOBILIARIA COLONIA S.A. DE C.V.

DESARROLLO REGIONAL VALLEJO

EN LA CIUDAD DE MÉXICO, D.F., A LAS 19:30 HRS. DEL DÍA 30 DE MARZO DE 1998, SE REUNIERON EN EL INMUEBLE LOCALIZADO EN AV. CENTRAL No. 100, COLONIA VALLEJO, LAS PERSONAS CUYOS NOMBRES SE CITAN A CONTINUACIÓN:

- **POR INMOBILIARIA COLONIA S.A. DE C.V.**

ARQ. RODOLFO ESTRADA
ARQ. ROLANDO ESTRADA

- **POR INMOBILIARIA COLONIA S.A. DE C.V. (MANTENIMIENTO)**

ING. JESÚS CASTELAZO

- **POR AIRE ACONDICIONADO EMPRESARIAL S.A. DE C.V.**

ING. ARTURO ÁLVAREZ

- **POR SUPERVISIONES TÉCNICAS S.A. DE C.V.**

ING. FRANCISCO PÉREZ
ING. JOSÉ ALBERTO HERNÁNDEZ

CON OBJETO DE PROCEDER A LA RECEPCIÓN DE LOS TRABAJOS RELATIVOS AL AIRE ACONDICIONADO DEL CONTRATO VA-001-12-97 POR \$3,825.45 (TRES MIL OCHOCIENTOS VEINTICINCO PESOS, 45/100 M.N.) REALIZADOS POR LA CONTRATISTA "AIRE ACONDICIONADO EMPRESARIAL S.A. DE C.V." EN EL DESARROLLO REGIONAL VALLEJO, Y ENTREGARLOS A LA INMOBILIARIA, QUE SE ENCARGARÁ A PARTIR DE ESTE MOMENTO DE SU CUIDADO, MANTENIMIENTO Y ADMINISTRACIÓN.

DESPUÉS DE RECORRER LOS ESPACIOS DESTINADOS A LAS INSTALACIONES DEL INMUEBLE CITADO, SE ENCONTRÓ QUE LOS TRABAJOS REALIZADOS POR LA CONTRATISTA "AIRE ACONDICIONADO EMPRESARIAL S.A. DE C.V. " ESTÁN EN LO GENERAL CORRECTAMENTE EJECUTADOS CONFORME AL PROYECTO Y ESPECIFICACIONES QUE RIGIERON A LOS MISMOS.

POR LO ANTERIOR, CON ESTA FECHA SE RECIBEN POR PARTE DE INMOBILIARIA COLONIA S.A. DE C.V. LOS TRABAJOS CORRESPONDIENTES A LAS ÁREAS CITADAS DEL INMUEBLE DE REFERENCIA.

"AIRE ACONDICIONADO EMPRESARIAL S.A. DE C.V." SE COMPROMETE A RESPONDER DURANTE UN AÑO A PARTIR DE ESTA FECHA POR FALLAS QUE PUDIESEN PRESENTARSE EN EL AIRE ACONDICIONADO EN LAS ÁREAS SEÑALADAS, MOTIVADAS POR VICIOS OCULTOS O MALOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.

ASIMISMO SE CONVIENE QUE "AIRE ACONDICIONADO EMPRESARIAL S.A. DE C.V." DEBERÁ PRESENTAR DENTRO DE LOS SIETE DÍAS NATURALES A PARTIR DE ESTA FECHA, TODA LA DOCUMENTACIÓN NECESARIA PARA EL CIERRE ADMINISTRATIVO DE LA OBRA QUE AÚN NO HAYA SIDO ENTREGADA A "SUPERVISIONES TÉCNICAS S.A. DE C.V.", EN LA INTELIGENCIA DE QUE TRANSCURRIDO EL CITADO PLAZO NO SE ATENDERÁ RECLAMACIÓN ALGUNA PRESENTADA POR "AIRE ACONDICIONADO EMPRESARIAL S.A. DE C.V." CON RELACIÓN A LA OBRA EN CUESTIÓN.

SE FIRMA LA PRESENTE ACTA Y SUS ANEXOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO, D.F., EL TREINTA DE MARZO DE MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y OCHO.

ARQ. RODOLFO ESTRADA

ARQ. ROLANDO ESTRADA

ING. JESÚS CASTELAZO

ING. ARTURO ÁLVAREZ

ING. FRANCISCO PÉREZ

ING. JOSÉ ALBERTO HERNÁNDEZ

ANEXO 3

ACTA DE ENTREGA-RECEPCIÓN FINAL DEL PROYECTO

INMOBILIARIA COLONIA, S.A. DE C.V.

A) ACTA DE ENTREGA

Siendo las 13:00 horas del día 27 de julio de 1998, se constituyen para este acto los representantes de la INMOBILIARIA COLONIA, S.A. DE C.V., así como la empresa CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS, S.A. DE C.V., a efecto de llevar a cabo la recepción de la obra de ALBAÑILERÍA Y ACABADOS EN EL EDIFICIO PRINCIPAL, por un monto de \$5'245,230.30 (CINCO MILLONES DOSCIENTOS CUARENTA Y CINCO MIL DOSCIENTOS TREINTA PESOS, 30/100 M.N.) incluyendo el Impuesto al Valor Agregado (I.V.A.), concluida el día 26 de junio de 1998.

Los trabajos quedaron terminados a plena y entera satisfacción de la Inmobiliaria, no obstante el Prestador de Servicios queda obligado a responder de los defectos que resultaren en la misma, de los vicios ocultos y de cualquiera otra responsabilidad en que se hubiere incurrido en los términos señalados en el Contrato respectivo, en el Código Civil para el D.F., y en las disposiciones relativas aplicables a la materia.

La garantía de cumplimiento otorgada por FIANZAS SEGURO, S.A. mediante la póliza No 4-B-035971, por un monto de \$524,523.03 (QUINIENTOS VEINTICUATRO MIL QUINIENTOS VEINTITRÉS PESOS, 03/100 M.N.) con fecha 27 de mayo de 1997, subsistirá por un año contado a partir de la fecha de la presente Acta, al término del cual la Institución Afianzadora procederá a su cancelación.

La fianza de garantía por el uso adecuado del anticipo puede ser cancelada en virtud de que la Contratista y la Supervisión efectuaron el finiquito con la estimación final autorizada a la Contratista. La Contratista podrá pasar en 3 días hábiles a la oficina de la Inmobiliaria Colonia para recoger el oficio correspondiente.

La Contratista entrega el día de hoy, la documentación y planos generados durante el proceso de obra, mediante oficio CESACV-EC-98-37, que describe el contenido de la información entregada.

La documentación entregada por la Contratista consta de 11 paquetes debidamente rotulados con el nombre de la obra, propietario, empresas relacionadas con la construcción, número de caja y contenido.

INMOBILIARIA COLONIA, S.A. DE C.V.

ING. ROBERTO RODRÍGUEZ
DIRECTOR DE OBRAS

ARQ. JUAN GODÍNEZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE
SUPERVISIÓN Y COSTOS

ARQ. JUAN GUTIÉRREZ
SUPERVISOR DE OBRAS DE LA
DIRECCIÓN DE OBRAS

SUPERVISIONES TÉCNICAS, S.A. DE C.V.

ING. AGUSTÍN GRAJALES
SUPERVISOR EXTERNO

CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS, S.A. DE C.V.

ING. CARLOS ROSALES
CONTRATISTA

México, D.F. a 27 de julio de 1998.

ARQ. JUAN GODÍNEZ

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE SUPERVISION Y COSTOS
INMOBILIARIA COLONIA

P R E S E N T E

OFICIO CESAV-EC-98-37

REF. "EDIFICIO COLONIA"

CONTRATO: X-346-04-97.

CONTRATISTA: CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS, S.A. DE C.V.

Atendiendo a las indicaciones emitidas por usted, se hace entrega física de la documentación generada durante el proceso de obra, con objeto de hacer la entrega administrativa de la obra.

1. BITÁCORAS DE OBRA.

Originales de los libros de bitácora que se relacionan a continuación, referentes a la obra de albañilería y acabados del EDIFICIO COLONIA, numerados del uno al diez, que abarcan el periodo comprendido entre el 10 de junio de 1997 y el 24 de junio de 1998.

BITÁCORAS	INICIACIÓN		TERMINACIÓN	
	No. NOTA	FECHA	No. NOTA	FECHA
I (Uno)	1	10/Jun/1997	207	09/Oct/1997.
II (Dos)	208	09/Oct/1997	260	23/Oct/1997.
III (Tres)	261	23/Oct/1997	310	07/Nov/1998.
IV (Cuatro)	311	07/Nov/1997	363	27/Nov/1997.
V (Cinco)	364	27/Nov/1997	410	10/Dic/1997.
VI (Seis)	411	10/Dic/1997	468	03/Ene/1998.
VII (Siete)	469	05/Ene/1998	512	24/Ene/1998.
VIII (Ocho)	513	24/Ene/1998	561	16/Feb/1998.
IX (Nueve)	562	16/Feb/1998	600	25/Abr/1998.
X (Diez)	601	25/Abr/1998	604	24/Jun/1998.

2. MINUTAS DE LAS JUNTAS CELEBRADAS.

Originales de las minutas, órdenes del día y oficios de entrega relativos a las juntas técnico-administrativas celebradas durante el periodo del 10 de junio de 1997 al 8 de mayo de 1998 con las firmas originales de los asistentes.

MINUTA	FECHA
No. 1	10 de Junio de 1997.
No. 2	17 de Junio de 1997.
No. 3	24 de Junio de 1997.
No. 4	01 de Julio de 1997.
No. 5	08 de Julio de 1997.
No. 6	15 de Julio de 1997.
No. 7	22 de Julio de 1997.
No. 8	29 de Julio de 1997.
Boletín No. 1	31 de Julio de 1997.
No. 9	05 de Agosto de 1997.
No. 10	12 de Agosto de 1997.
No. 11	19 de Agosto de 1997.
No. 12	26 de Agosto de 1997.
No. 13	02 de Septiembre de 1997.
No. 14	09 de Septiembre de 1997.
No. 15	19 de Septiembre de 1997.
No. 16	23 de Septiembre de 1997.
No. 17	30 de Septiembre de 1997.
No. 18	07 de Octubre de 1997.
No. 19	14 de Octubre de 1997.
No. 20	21 de Octubre de 1997.
No. 21	28 de Octubre de 1997.
No. 22	04 de Noviembre de 1997.
No. 23	11 de Noviembre de 1997.
No. 24	18 de Noviembre de 1997.
No. 25	25 de Noviembre de 1997.
No. 26	02 de Diciembre de 1997.
No. 26-A	08 de Diciembre de 1997.
No. 27	09 de Diciembre de 1997.
No. 28	16 de Diciembre de 1997.
No. 29	23 de Diciembre de 1997.
No. 30	30 de Diciembre de 1997.
No. 31	06 de Enero de 1998.

No. 32	13 de Enero de 1998.
No. 33	20 de Enero de 1998.
No. 33-A	26 de Enero de 1998.
No. 34	27 de Enero de 1998.
No. 35	03 de Febrero de 1998.
No. 35-A	03 de Febrero de 1998.
No. 36	10 de Febrero de 1998.
No. 37	17 de Febrero de 1998.
No. 38	24 de Febrero de 1998.
No. 39	02 de Marzo de 1998.
No. 40	08 de Mayo de 1998.

3. BOLETINES Y PLANOS DE OBRA.

3.1. Originales de 291 páginas con boletines de detalles de obra civil y 90 páginas con boletines de detalles de instalaciones, emitidos durante la ejecución de la obra, con las firmas de los proyectistas, personal del Departamento de Proyectos de la INMOBILIARIA COLONIA, personal de la contratista y de la supervisora.

3.2. Copias en papel bond de los planos que se relacionan a continuación, en los cuales se registran modificaciones al proyecto original y que fueron utilizados por esta supervisora durante la ejecución de la obra.

Las modificaciones están registradas a mano, de manera provisional, los planos se emplearon como documento de trabajo para supervisar la ejecución de la obra y se complementan con los boletines mencionados en el punto anterior.

CARPETA No. 1

A-01	Planta arquitectónica Planta baja.
A-02	Planta arquitectónica Primer nivel.
A-03	Planta arquitectónica Segundo nivel.
A-03'	Planta arquitectónica Tapanco.
AA-01	Acabados Planta baja.
AA-02	Acabados Primer nivel.
AA-03	Acabados Segundo nivel.
AA-03'	Acabados Tapanco.
AA-04	Acabados fachada oriente y poniente.
AA-05	Acabados fachada norte y sur.
AA-08	Acabados corte interior C-C'.
AA-09	Acabados corte interior H-H'.
AL-01	Planta arquitectónica Planta baja.
AL-02	Planta arquitectónica Primer nivel.
AL-03	Planta arquitectónica Segundo nivel.
AL-05	Cimbra de fachada, muro eje A.

CARPETA No. 2

A-01	Cancelería ubicación Planta baja.
A-03	Cancelería ubicación Segundo nivel.
AR-01	Cancelería detalles Planta baja.
AR-02	Cancelería detalles Primer nivel.
AR-03	Cancelería detalles Segundo nivel.
AR-04	Detalles jardinera Primer nivel.
AR-05	Cancelería y detalles constructivos.
AR-06	Cancelería y detalles constructivos.
AR-07	Cancelería y detalles constructivos.
AR-08	Cancelería y detalles constructivos.
AR-11	Puertas herrería.
AR-12	Detalle de escaleras norte.
CF-01	Cortes por fachada. Exterior e interior.
CF-01	Estructura colgante acceso.
CF-01	Detalles de sujeción de estructura colgante.
CF-03	Cortes por fachada escalera principal.
CF-07	Detalles de barandales y cortes interiores.
DT-01	Detalle de tarjas.
DT-01	Detalle de ventanas fachada oriente y poniente.
DT-02	Detalle dentellones en dibujo al desnudo-azotea.
DCF-01	Cortes por fachada y detalles.
DCF-02	Cortes por fachada y detalles de gárgola.

CARPETA No. 3

INSTALACIÓN SANITARIA, HIDRÁULICA, AIRE COMPRIMIDO Y SISTEMA CONTRA INCENDIO.

IHS-01	Planta baja.
IHS-02	Primer nivel.
IHS-04	Segundo nivel.
IHS-05	Tapanco.
IHS	Sanitarios auditorio.
IHS	Sanitarios Planta baja.
IHS	Sanitarios 1er. y 2do. Nivel.

IHS-06	Isométrico general hidráulico.
IHS-07	Isométrico general de sistema contra incendio.
IHS-09	Detalles constructivos en instalaciones.
IHS-10	Isométrico hidrosanitario P baja, 1er y 2do. nivel.

INSTALACIÓN ELECTRICA ALUMBRADO.

IE-01	Planta baja.
IE-03	Primer nivel.
IE-05	Segundo nivel.
IE-07	Tapanco.
IE-09	Cuadro de cargas 1.
IE-10	Cuadro de cargas 2.
IE-11	Diagrama unifilar.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA CONTACTOS.

IE-02	Planta baja.
IE-04	Primer nivel.
IE-06	Segundo nivel.
IE-08	Tapanco.

4. REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD.

Debido a la duración de los trabajos y a su diversidad, se aplicaron diferentes pruebas para verificar calidad en materiales y procedimientos constructivos.

4.1 Excavación

- 4.1.1 Estudios de mecánica de suelos
- 4.1.2 Registros de inspección de excavaciones, afine de taludes y tiempos de exposición al ambiente.
- 4.1.3 Resistencia a tensión de anclas para estabilización de taludes
- 4.1.4 Reportes de verificación de colocación y resistencia de concreto lanzado

4.2 Concreto.

4.2.1 Pruebas de resistencia a la compresión y revenimientos del periodo de septiembre de 1997 a enero de 1998, en que se concluyó el vaciado de concreto en la estructura

4.2.2 Reportes de vaciado y curado de concreto del periodo de septiembre de 1997 a enero de 1998.

4.3 Acero de refuerzo

4.3.1 Muestreos de varilla de septiembre de 1997 a enero de 1998.

4.3.2 Reportes de verificación de colocación y armado de acero en el periodo de septiembre de 1997 a enero de 1998-08-06

4.4 Materiales de construcción.

4.4.1 Registros de revisión de lotes suministrados a la obra.

4.5 Instalaciones

4.5.1 Pruebas de operación a instalaciones hidráulica y sanitaria y equipos

4.5.2 Pruebas de operación a instalación eléctrica y equipos

4.5.3 Pruebas de operación a instalación de aire acondicionado y equipos

4.5.4 Otras pruebas operativas

4.6 Acabados

4.6.1 Registros de muestreos y verificación de aplicación de acabados (aplanados, pastas, pinturas, impermeabilizantes, piso falso, etc.)

5. REPORTES DE OBRA.

Fotocopias del oficio de envío y del resumen ejecutivo de cada uno de los siguientes informes entregados a la Dirección de Obras de la INMOBILIARIA COLONIA.

INFORME No.	PERIODO DEL INFORME
PRELIMINAR	Del 01 al 15 de junio de 1997.
No. 1	Del 16 al 30 de junio de 1997.
No. 2	Del 01 al 15 de julio de 1997.
No. 3	Del 16 al 31 de julio de 1997.
No. 4	Del 01 al 15 de agosto de 1997.
No. 5	Del 16 al 31 de agosto de 1997.
No. 6	Del 01 al 15 de septiembre de 1997.
No. 7	Del 16 al 30 de septiembre de 1997.
No. 8	Del 01 al 15 de octubre de 1997.
No. 9	Del 16 al 31 de octubre de 1997.
No. 10	Del 01 al 15 de noviembre de 1997.
No. 11	Del 16 al 30 de noviembre de 1997.
No. 12	Del 01 al 15 de diciembre de 1997.
No. 13	Del 16 al 31 de diciembre de 1997.
No. 14	Del 01 al 15 de enero de 1997.
No. 15	Del 16 al 31 de enero de 1997.
No. 16	Del 01 al 15 de febrero de 1997.
No. 17	Del 16 al 28 de febrero de 1997.
No. 18	Del 01 al 31 de marzo de 1998.

6. PROGRAMA DE OBRA INCLUYENDO REPROGRAMACIONES.

Gráfica donde se presenta el programa de obra original y se indican las reprogramaciones autorizadas por la INMOBILIARIA COLONIA. Se anexa una tabla descriptiva con los principales documentos relativos a fechas de terminación de las actividades, así como copia de los documentos referidos en la tabla.

7. CONTROL DE ACUMULADOS DE ESTIMACIONES POR CONCEPTO.

- a) Estado de cuenta del contrato, en el cual se relacionan todas las estimaciones revisadas por Inpros, indicando su importe, número de factura, anticipo amortizado, retención, IVA y total, así como los acumulados respectivos.

El resumen final del estado de cuenta es el siguiente:

	IMPORTE	15 % IVA	TOTAL
CONTRATADO:	4'561,069.83	684,160.47	5'245,230.30
TOTAL ESTIMADO:	4'727,065.82	709,059.87	5'436,125.69
ANTICIPO:	1'368,320.90	205,248.14	1'573,569.10
AMORTIZADO:	1'368,320.90	205,248.14	1'573,569.10
POR AMORTIZAR:	0	0	0

- b) Concentrado de estimaciones por concepto, en el cual se indican las diversas estimaciones en las que se presentaron cada uno de los conceptos, indicándose el tipo de estimación autorizada (normal, extra-excedente y extra-adicional). Se presentan también los totales por concepto y partida.

- c) Anexo encontrará un diskette en programa EXCEL que contiene el concentrado de las estimaciones parciales presentadas por la Constructora CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS S.A de C.V. durante el periodo comprendido del 19 de Septiembre de 1997 al 2 de Julio de 1998. La constructora presentó un total de 64 estimaciones parciales que se agrupan de la siguiente manera:

No. ESTIMACIÓN	TIPO DE ESTIMACIÓN
24	NORMAL.
8	EXCEDENTES.
31	EXTRAORDINARIAS.
1	NORMAL, EXCED. Y EXTRA.
<hr/>	
64	TOTAL.

8. REGISTRO DE AVANCE FÍSICO-FINANCIERO.

Gráfica lineal del avance físico-financiero de los trabajos ejecutados.

9. MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA OBRA EJECUTADA.

Descripción de las actividades ejecutadas durante el proceso de la obra. Asimismo, se hace una breve descripción del mantenimiento y conservación para el edificio de referencia.

10. MANUALES DE OPERACIÓN Y GARANTÍA DE LOS EQUIPOS SUMINISTRADOS.

Se anexa Manual de Operación y Mantenimiento para los equipos e instalaciones entregados, así como todas las garantías obtenidas al comprar productos o servicios.

11. PRECIOS UNITARIOS EXTRAORDINARIOS.

Originales de las matrices de los precios unitarios extraordinarios autorizados al contratista, con las firmas originales de los representantes de la INMOBILIARIA COLONIA y de esta supervisora.

Dichas matrices complementan a las que se encuentran en el cuerpo de las estimaciones originales, que se entregaron a la Dirección de Obras de la INMOBILIARIA COLONIA el día 13 de Julio del presente año.

Sin más por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

**ING. CARLOS ROSALES
GERENTE DE CONSTRUCCIÓN**

ANEXO 4

EJEMPLO DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

EJEMPLO DEL INCISO DE INTRODUCCIÓN

I N T R O D U C C I O N

El Edificio Colonia ubicado en la avenida México no. 1234 en la colonia Principal de la ciudad de México, D.F., se ha diseñado y construido con tecnología de punta, cuidando todos los detalles con criterios basados en la funcionalidad y confort en beneficio del usuario, además de contar el inmueble con sistemas de seguridad integral y edificio inteligente enfocado a economizar los costos de mantenimiento y suministro de energía.

En este documento se enuncian todos los equipos suministrados al inmueble, cuya operación requiere de una supervisión constante y mantenimiento periódico. Además se indican los procedimientos correctos para realizar estas actividades.

Al final del documento se presentan ejemplos de la rutina diaria que debería realizar el operador con el objeto de tener información oportuna de lo que sucede en las instalaciones del inmueble.

Además se incluyen algunas sugerencias de formatos para que el operador tome lecturas de los instrumentos de los equipos, con lo que podría llevar una estadística completa del comportamiento de las instalaciones, además de que con estos datos se podrían realizar gráficas que ayudaran a tener un mejor control y manejo de los equipos.

EJEMPLO DEL INCISO DE TERMINOLOGÍA

2. TERMINOLOGÍA: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para nuestro caso, necesitamos definir con claridad los objetivos buscados: que el inmueble sea operativo y se mantenga en condiciones óptimas para cumplir su cometido. Se pretende que los equipos tengan las mejores condiciones de operación y servicio, la mejor apariencia, limpieza y funcionalidad, logrando además obtener un entorno de bienestar y seguridad para los que laboran y visitan el edificio.

La información contenida en este manual establece los lineamientos para poder realizar en forma eficiente las tareas de operación y mantenimiento del inmueble.

- **OPERACIÓN** ----- Acción de un agente que produce un efecto.
- **MANTENIMIENTO** ----- Quedar en el mismo estado.

El mantenimiento se divide en dos áreas:

- **Mantenimiento preventivo:** Es toda acción que se emprende tanto en el inmueble como en sus equipos para prever su deterioro o falla. Este mantenimiento se debe realizar sistemáticamente a través de un programa anual en el que se indiquen los trabajos a desarrollar según su naturaleza, así como su periodicidad, considerando los manuales de operación, que para tal efecto entregan los proveedores de los equipos y de ciertos acabados especiales.
- **Mantenimiento correctivo:** Es todo aquel trabajo que se realiza cuando fallan los equipos o presentan problemas los inmuebles de manera imprevisible o por su constante uso.

En este manual se pretende brindar al propietario la información necesaria para alcanzar estos objetivos.

EJEMPLO DEL INCISO DE DESCRIPCIÓN DEL INMUEBLE

El edificio de oficinas denominado EDIFICIO COLONIA pretende ser un ejemplo en la realización de estructuras de concreto para oficinas, en la que se combina un proyecto arquitectónico que recuerda la época colonial, con un proyecto de instalaciones complejo e innovador, brindando al usuario un edificio bello y útil.

El EDIFICIO COLONIA está construido en un predio de forma irregular con 8 987 m² de superficie, contando con los siguientes servicios:

Descripción	Área
Oficinas	11 320 m ²
Administración del inmueble	319 m ²
Vestíbulos comunes	1 225 m ²
Circulaciones	2 412 m ²
Zona comercial	1 800 m ²
Auditorio	1 200 m ²
Recepción principal	600 m ²
Bodegas	2 833 m ²
Talleres	1 625 m ²
Área total construida	23 334 m²

El área para estacionamiento cuenta con 3 niveles, con una capacidad para 845 automóviles.

Para cada zona principal del edificio, continúa un listado de características como área, altura, cimentación, estructura, acabados, servicios, etc.

EJEMPLO DEL INCISO DE ESTRUCTURA

4.1 ESTRUCTURA

4.1.1 Cimentación.- Específicamente el mantenimiento se le dará al Edificio de Oficinas para que su funcionamiento sea eficiente, *bastará con verificar que no existan aguas freáticas en el cajón de cimentación, así como la limpieza del mismo. Período de verificación mensual durante el primer año y posteriormente cada 6 meses.*

4.1.2 Superestructura.- Dado que la estructuración realizada se hizo con base en el uso específico de cada una de las áreas, es importante no modificar el uso de las mismas con la finalidad de no ocasionar problemas a los inmuebles. Por lo anterior deberán seguirse las siguientes observaciones:

- a. *No deberá alterarse el uso-destino de ninguna área, sin consultar al proyectista, a fin de evitar riesgos de carácter estructural.*
- b. *En general no es conveniente colgar, ni recargar ningún elemento pesado en ninguno de los muros.*
- b. *No deberán efectuarse remodelaciones, ni demolición de locales en donde se afecten elementos estructurales sin antes consultar al proyectista, a fin de salvaguardar su buen comportamiento.*
- d. *En caso de observar la aparición espontánea o gradual de agrietamientos importantes en muros (mayores de 2 mm de ancho) o abundantes, o bien algún fenómeno específico anormal (desplome de muros, daño en sistema de piso, agrietamiento en traveses, columnas y/o sistemas de piso, etc.) será conveniente consultar al proyectista para determinar las causas y en su caso recomendar la solución correspondiente.*

En el caso de la estructura metálica del almacén, se deberá verificar en todo momento que la estructura no presente indicios de oxidación en ninguno de sus elementos, por lo que se deberá programar por lo menos cada dos años un mantenimiento general de pintura, a reserva que alguna zona lo requiera con mayor frecuencia. Los tensores o contravientos deberán estar sin daño alguno y completos. *De igual forma debe verificarse que el tensado de los mismos no se pierda, esto debe hacerse por lo menos cada seis meses.*

EJEMPLO DEL INCISO DE ACABADOS (AZOTEAS)

4.2.1. Azoteas.- En toda la azotea del edificio se llevó a cabo el siguiente sistema de impermeabilización:

Impermeabilización en frío a base de una capa de microprimer, seguida de una capa de microlastic para unir con una capa de masterflex y otra capa de microlastic y por último otra capa de masterflex para luego dar una terminación de riego de arena sílica. Todos los materiales son de la marca Fester y se cuenta con una garantía de dos años. Después de la impermeabilización se colocó un entortado con mortero cemento-arena 1:4 para dar pendiente y después un enladrillado a base de ladrillo rojo recocido 12x23.5x1.5 cm asentado con mortero cemento-arena 1:4 en forma de petatillo, junteado con una lechada a base de cemento agua. *Se deberá verificar el buen estado de los chaflanes y de la lechada de cemento que se aplicó sobre las juntas del enladrillado, los cuales no deberán presentar fisuras ni deterioro, por lo que es recomendable que en el momento en que esto se observe, se proceda a su reparación. Para ello deberá hacerse un recorrido de inspección por lo menos cuatro veces al año y en época de lluvias hacerlo por lo menos cada mes. Al ser las bajadas de aguas pluviales zonas de posible falla, deberán mantenerse limpias de cualquier material extraño, con la finalidad de que no se almacene el agua en dicha zona, así como también verificar que las bajadas de aguas pluviales cuenten con sus rejillas o capuchones según sea el caso.*

Si se requiere realizar trabajos sobre la azotea, tales como pasos, bases de equipos, tuberías, etc., las reparaciones que sean necesarias, se recomienda que se efectúen con la misma Contratista y seguir el mismo criterio de impermeabilización explicado.

No es recomendable la realización de eventos con circulación de personas sobre el enladrillado de la azotea.

EJEMPLO DEL INCISO DE ACABADOS (PLAFONES)

4.2.2.1 Plafones reticulares.- Son de la marca Acustone modelo Constelación línea de sombra de 61x61 cm, 19.00 mm de espesor y la suspensión es de lámina esmaltada, por lo *que se deberá tener cuidado en limpiarla sólo con un trapo húmedo y no con fibra ya que el esmalte puede ser dañado y se tendría que sustituir el material. Al retirar las placas por cuestión de mantenimiento, se recomienda que el personal lo realice con guantes o con las manos limpias, con objeto de no mancharlas, ya que no son fáciles de limpiar y se tendrían que sustituir.*

Cuando sea necesario llevar a cabo el cambio de alguna lámpara dañada o la sustitución de luminarias fundidas, *se deberá realizar con el mayor cuidado posible, para no desnivelar el plafón.*

EJEMPLO DEL INCISO DE ACABADOS (MUROS)

4.2.3.4. Muro Sonoaislante.- El modelo utilizado es Z-2002; de la marca Zurbia y están formados por paneles individuales de 1.00m a 1.20 m de ancho y 100 mm de espesor, bastidor perimetral y manguetas de madera con refuerzos de acero, caras o cubiertas de madera de 12 mm, cascarones verticales de aluminio al natural tipo M-M universal para unir un panel con otro. La doble cara sonoaislante se forma con lana mineral y material corrugado, el sellamiento se complementa con elementos de neopreno y faldones flexibles de PVC sujetos con perfiles de aluminio anodizado color natural.

El peso aproximado de los muros es de 34 kg/m² con rieles incluidos. Los muros están tapizados con tela BW elaborada a base de fibra acrílica 100% con aplicaciones de retardante a la flama, backing y repelente a las manchas "Scotch Guard".

EJEMPLO DEL INCISO DE ACABADOS (PISOS)

4.2.4.2. Concreto.- En vialidades piso de concreto de 20 cm de espesor, acabado pulido, armado con 20 kg/m³ de fibra metálica (ASTM 820 tipo Xorex) de 2" con tablero 4x4 m de 3mm de espesor y 6 cm de profundidad, rellena con arena sílica hasta una profundidad de 1" antes de la superficie, y el resto con material tipo MM-80-SPAL-PRO XL. Acabado con sellador tennant.

Recomendaciones de mantenimiento:

- a) Se deberá dar mantenimiento a los pisos de bodega, es decir que cada 6 meses se deberá aplicar una mano del sellador utilizado.*
- b) El relleno de juntas de la misma forma que el sellador, se deberá revisar cada 6 meses para verificar que no se halla desprendido de su lugar y así evitar despostillamientos de juntas.*
- c) Se procurará evitar al máximo el tirar o arrojar piezas metálicas pesadas sobre el piso para evitar que se fracture o se despostille.*

EJEMPLO DEL INCISO DE ACABADOS (HERRERÍA, ALUMINIO Y CRISTAL)

4.2.5. Herrería, aluminio y cristal.- La herrería empleada en la obra es de diversos calibres, ya que en la reja de acero se utilizó calibre 10, los perfiles tubulares son de primera clase calibre 18, y ángulos de varias secciones como 4", 3", 1", $\frac{3}{4}$ ", y sus espesores varían desde $\frac{1}{4}$ " a $\frac{1}{8}$ ", a todos estos elementos se les aplicó una capa de pintura anticorrosiva para protegerlos de la oxidación. Para el mantenimiento de estos materiales es necesaria la verificación periódica de la pintura aplicada, si se detectan oxidaciones será necesario lijar la superficie y aplicar pintura. El aluminio empleado es extruído anodizado natural marca Cuprum de 3" de espesor y el cristal es filtrasol de 6 mm de espesor. Las garitas de acceso y en las ventanas que dan al exterior, se protegieron con una película especial tipo anti-impacto 3M. *Para la limpieza del aluminio y vidrio se recomienda hacerla con una franela sin color semi húmeda y si existen bisagras engrasarlas en caso necesario.*

EJEMPLO DEL INCISO DE ACABADOS (PUERTAS Y VENTANAS)

4.2.6. Puertas y ventanas blindadas.- Para la zona de liquidaciones, localizada en la planta baja del edificio de oficinas, se consideraron algunos elementos blindados debido a la seguridad que esta área requiere. Para el acceso de la zona de liquidaciones, se instaló una puerta tipo PMO-M/G con mirilla de 30x30 cm y una ventanilla antibala de 70x90 cm de la marca Dimeyco.

Para la zona de ventanillas, se colocaron pasadocumentos y transfer integrados a ventanilla tipo caja de zapatos modelo VP-CT marca Dimeyco. *Para su mantenimiento se recomienda acudir al proveedor.*

EJEMPLO DEL INCISO DE INSTALACIONES (RED DE AGUA POTABLE)

4.3.1. RED DE AGUA POTABLE. El edificio cuenta con una red de agua potable que trabaja por medio de un sistema hidroneumático cuyo almacenamiento se tiene en 2 cisternas que tienen una capacidad total de 212.40 m³. Todos los muebles de baño y llaves se abastecen del agua de este sistema. Para la zona de regaderas y cocina se cuenta con una red de agua caliente, la cual es alimentada directamente de la caldera.

4.3.1.1. Tuberías y accesorios.- Para la conducción de agua a presión se utilizaron tuberías de cobre y fierro galvanizado. En el caso de tuberías de cobre, que están en contacto con cualquier tipo de acero, se forraron con poliducto con la finalidad de evitar su corrosión y picaduras. En general estos elementos no requieren de mantenimiento salvo en los casos de fugas. En la zona de jardines exteriores se realizó la instalación con tuberías de cobre tipo "M" encofradas con concreto pobre, así como para el llenado de la cisterna y la alimentación a los edificios. La intersección con la red municipal se llevó a cabo en el jardín de colindancia noreste de la caseta de control principal y es de 63 mm de diámetro.

EJEMPLO DEL INCISO DE INSTALACIONES (RED DE DRENAJE)

4.3.2. RED DE DRENAJE.- Se tienen 4 tipos de aguas: claras, negras, pluviales y grises, por lo que su eliminación será del tipo separado, es decir, se manejarán las aguas negras junto con las claras, y en distinta canalización las aguas pluviales, uniéndose en la conexión a la red municipal. La zona de mayor aportación de aguas grises corresponde a las regaderas y lavabos del edificio de oficinas, las cuales se canalizan por un sistema independiente hasta la conexión a la red municipal.

En la conducción de las aguas negras, claras y pluviales, se utilizan tuberías de fierro fundido en interiores y concreto en exteriores. Cumpliendo con lo solicitado por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

Se cuenta con dos conexiones al colector público, las cuales se localizan sobre la calle Norte 35 y sus diámetros son de 45 cm (Se localiza sobre el eje de acceso de la calle Norte 35) y el otro es de 100 cm de diámetro, localizado sobre la misma calle a 30 m aproximadamente de la zona de restricción.

4.3.2.1. Red de aguas pluviales.- La red de aguas pluviales se conectó a la red municipal por medio de un colector ubicado sobre la calle Norte 35 y consiste en cuatro pozos de visita con tapa de concreto y con una trayectoria de tubería de concreto simple tipo albañal de 91 cm de diámetro.

4.3.2.2. Canales pluviales.- Son utilizados para captar las aguas pluviales en la zona de estacionamientos. Han sido construidas de concreto armado y rejilla de acero tipo Irving. Dicha rejilla ha sido provista de una malla de metal desplegado, para evitar que material de gran tamaño penetre y lo obstruya. Para su limpieza únicamente deberá levantarse la rejilla y voltearse para eliminar el material atrapado en la malla. De igual forma, regularmente deberá verificarse su limpieza y procurar su desazolve por lo menos cada mes. Deberá evitarse que cualquier líquido como grasa, aceite, etc., sea derramado a las trincheras.

EJEMPLO DEL INCISO DE INSTALACIONES (ELÉCTRICA)

4.3.3. Instalaciones eléctricas.- La Cía. de Luz y Fuerza suministra energía eléctrica al Edificio, proveniente de las líneas aéreas ubicadas en Boulevard de los Ferrocarriles por medio de tres cables cal. 1/0 AWG para 23 KV hacia la subestación eléctrica compacta tipo interior de 500 KVA, 23 KV compuesta por 4 gabinetes de acero rolada en frío cal. 12 autosoportada, marca Selmec.

El 1er gabinete es para recibir y alojar el equipo de medición de la Cía de Luz y Fuerza así como también la acometida eléctrica, el 2do. gabinete aloja la cuchilla trifásica desconectadora de operación en grupo y sin carga, tiro sencillo con dispositivos de cierre y apertura rápida, con seguro mecánico y portacandado para 400 amp y 23 KV; el 3er gabinete para alojar un corte a circuito trifásico en aire tipo HLT-600, de operación en grupo y con carga tiro sencillo, combinado con portafusible tipo HRC y fusible de 20 amp de alta capacidad interruptiva, accionado por medio de disco y palanca por el frente del tablero con bloqueo mecánico que impide la apertura de la puerta si el interruptor está cerrado.

Contiene además un juego de 3 apartarrayos autovalvulares monopolares con neutro conectados sólidamente a tierra tipo M-18, 60 Hz. El cuarto gabinete es de acoplamiento para alojar el bus trifásico con barras de cobre para 400 amp.

4.3.3.1. Subestación.- *Se recomienda llevar a cabo los procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo al manual proporcionado por el proveedor SELMEC (Inciso 8.1 de este Manual de Operación). Se recomienda que el cuarto de la subestación se mantenga limpio, seco y bien ventilado, los gabinetes y ventanas de inspección de la subestación deben mantenerse lo más limpio posible.*

Debe evitarse el almacenamiento de objetos ajenos a esta área, asimismo debe vigilarse que los extintores, pértiga y equipos de seguridad estén siempre en condiciones óptimas de operación y que se encuentren en lugares de fácil acceso.

EJEMPLO DEL INCISO DE INSTALACIONES (TELEFÓNICA)

4.3.4. Instalación telefónica.- El edificio cuenta con dos acometidas telefónicas suministradas por Telmex, las cuales consisten en cable de cobre y la otra de cable de fibra óptica, ambas llegan al rack de telefonía ubicado en el cuarto de cómputo del edificio de oficinas planta lata. Se tienen diez líneas directas, las cuales se conectan a un conmutador central ubicado en el área de recepción del edificio de oficinas en planta baja. Existen 70 extensiones telefónicas distribuidas en las áreas de servicios y áreas auxiliares principales.

Para efectuar esta instalación telefónica se emplearon tuberías conduit de PVC encofradas en concreto pobre y enterradas a una profundidad de 60 cm del nivel de piso en promedio, empleando registros de tabique rojo con aplanado en las áreas de jardinería y banquetas. En el caso de tránsito vehicular, se utilizaron registros de concreto armado. Se instalaron tuberías conduit de fierro galvanizado pared gruesa, caja registro galvanizada, así como los accesorios de fijación y soporte en el interior de los edificios.

En la caseta de acceso principal se instaló un interfón para tener comunicación entre el vigilante y la persona visitante al edificio, con el fin de permitirle el acceso a la esclusa peatonal y después al interior del edificio.

El cableado de este sistema consiste en tres cables de cobre con aislamiento THW calibre 16 AWG instalados en tubería conduit de fierro galvanizado siguiendo una trayectoria por pisos y muros.

El mantenimiento de estas instalaciones sólo será de tipo correctivo (si existe falla) y a través de una empresa especializada.

EJEMPLO DEL INCISO DE INSTALACIONES (SISTEMA DE SEGURIDAD)

4.3.5. Sistema de seguridad.- El edificio ha sido equipado con la última tecnología en sistemas de seguridad, es fundamental que las personas encargadas de su operación lo aprovechen al máximo. La forma de lograr este objetivo es resolviendo cualquier duda o inquietud sobre la operación y mantenimiento de los equipos con la ayuda del departamento de servicio técnico de Sonic Sistemas S.A. de C.V.

Este sistema cuenta con una red de diversos equipos de seguridad entre los que se encuentran un sistema de circuitos cerrados de televisión, botoneras de alarma contra robo, control de esclusa de acceso, estaciones manuales de alarma con luces estroboscópicas y contactos magnéticos instalados en la puerta del área de contabilidad, que requieren de una tarjeta electrónica para su funcionamiento, así como un código de acceso.

Se recomienda la capacitación del personal de vigilancia, lo más rápido posible, a fin de utilizar el sistema de seguridad con eficacia. Para este efecto Sonic debe realizar esta instrucción en las instalaciones, previa concertación de cita.

Los equipos eléctricos más sensibles, como son las videograbadoras CCTV deben estar libres de polvo, por lo que se recomienda la limpieza diaria de estos dispositivos. Esta limpieza consistirá, únicamente, de pasar un trapo seco y limpio diariamente para remover el polvo de los equipos.

Se deberá informar al personal de vigilancia de no activar los dispositivos de emergencia, botones de pánico y estaciones manuales, ya que éstas se podrían desajustar por un uso inadecuado.

Se recomienda retirar las manijas exteriores en las puertas donde están instalados los equipos de control de acceso, para que únicamente se puedan abrir con el uso de tarjetas.

EJEMPLO DEL INCISO DE INSTALACIONES (SIST. DE COMUNICACIONES)

4.3.6. Sistema de comunicaciones.- Debido a que es importante la comunicación entre las diversas sucursales, y la oficina central, se instaló en la azotea del edificio de oficinas una antena de comunicaciones de 40 m de altura con luces de obstrucción. Su función principal es la de comunicar al rack central de comunicaciones por medio de un cable instalado en charola y tubería hasta llegar al cuarto de cómputo.

Este sistema está compuesto por una base de 50x50x50 cm. Dejando en la cara superior y al centro, una varilla roscada galvanizada de 19 mm de diámetro y de 10 cm de altura. Esta base deberá soportar una carga axial de 1000 kg. Asimismo cuenta con anclas soldadas y ahogadas en el concreto. Las anclas están equidistantes a 25 m aproximadamente de la base de concreto y en un ángulo de 120°. La base de la torre se encuentra a 20 m máximo de la sala de cómputo.

La tubería para alimentar las luces de la torre y cuyo interruptor está en el tablero QO12 de la sala de cómputo, remata en la base de la torre con una mufa a 1 m de altura.

Para la entrada de los cables de las antena que se montan en la torre, se requirió una tubería de 75 mm colocada verticalmente de la azotea a la sala de cómputo. Esta tubería inicia a un metro de la azotea y termina en la curva cortada al ras de la pared.

El mantenimiento recomendable para este equipo, rack de comunicaciones, consiste en mantenerlo libre de polvo, usando franela semihúmeda en cubiertas y aspiradoras en el interior.

EJEMPLO DEL INCISO DE INSTALACIONES (AIRE ACONDICIONADO)

4.3.7. Aire acondicionado.- Por necesidades propias del edificio, se instalaron equipos de clima artificial, los cuales constan de equipos mini-splits, lavadoras de aire, extractores de aire, y ductos de lámina para aire acondicionado. La compañía que suministró los equipos del edificio fue AP Diseños y Proyectos S.A. de C.V. quienes recomiendan las siguientes medidas preventivas para su mantenimiento:

- a) Lubricar las chumaceras de los extractores de aire cuando menos cada 3 meses.
- b) Revisar las transmisiones de poleas y bandas de los extractores de aire y verificar que no se presenten ruidos raros o partes flojas en el equipo, efectuar los ajustes necesarios cuando se requieran.
- c) Se recomienda darle mantenimiento preventivo a los extractores de aire cuando menos cada 2 meses
- d) Verificar que la corriente se mantenga en el voltaje adecuado para los motores.
- e) Se recomienda lavar los filtros metálicos de la campana de cocina cada 15 días o antes si están visiblemente sucios.
- f) Para el buen funcionamiento de la extracción de aire de los sistemas es necesario tener las ventilas o puertas abiertas para la reposición de aire de las áreas ventiladas.

EJEMPLO DEL INCISO DE INVENTARIO Y DIRECTORIO DE PARTICIPANTES EN LA OBRA

Para el caso de inventarios, conviene hacer un listado por zonas, que indique todos los equipos, accesorios, motores, muebles, etc. que se hayan instalado o colocado, indicando el número de piezas, su descripción y marca.

Para el directorio de participantes, se debe presentar un listado que incluya al propietario de la obra, encargado de trámites legales, director responsable y corresponsables de obra, proyectistas, supervisión, contratistas, estudios y control de calidad, así como proveedores.

Todos ellos deberán estar referidos con nombre o razón social, actividad realizada, representante, dirección y teléfonos, que permitan una fácil localización posterior.

EJEMPLO DE RUTINA DIARIA DE OPERACIÓN

HORA	ACTIVIDAD
7:00	Revisar y energizar tableros TG-1 y TG-2 en subestación y cerrar interruptores de alimentación para bombas, chillers y manejadoras.
7:10	Encender bombas de agua helada y tomar lecturas.
7:15	Encender chiller y tomar lecturas.
7:25	Encender extractor de baños.
7:30	Encender manejadoras iniciando de la azotea hacia abajo.
8:00	Revisar presión de agua y sistema hidráulico en cuarto de bombas del sótano 2.
8:15	Revisar cárcamo de bombeo y probar bombas.
8:25	Revisar calentadores de bomba de diesel y generadores de emergencia, agua de radiadores, aceite y agua de baterías.
9:00	Recorrido nivel por nivel para verificar físicamente el comportamiento del aire acondicionado e iluminación, corregir aire acondicionado si es necesario y tomar nota de luminarias fundidas para su reparación posterior.
10:00	Revisar funcionamiento de chillers, bombas de agua helada y tomar lecturas.
10:30	Revisar sistema de agua helada en azotea, nivel de agua de recuperación, válvulas de alimentación de agua de recuperación, salida de tinaco y eliminadoras de aire (abiertas). Revisar el funcionamiento de manejadoras de aire, ventilador de extracción de baños y aire del cuarto de elevadores.

- 11:00 Recorrido nivel por nivel para verificar físicamente el comportamiento del aire acondicionado, corregir velocidad de manejadora, si es necesario.
- 11:30 Realizar inspección en subestación y tomar lecturas de voltaje, amperaje, factor de potencia, etc.
- 12:00 Revisar calentadores de generadores de emergencia y bombas diesel c/i.
- 12:10 Revisar presión de agua y revisar sistema hidráulico en cuarto de bombas en sótano 2.
- 12:35 Recorrido por estacionamientos y sótanos para revisar sistema de iluminación.
- 13:00 Idem 10:00
- 13:30 Idem 10:30
- 14:00 Revisar equipo contra incendio
- 15:00 Revisar nivel por nivel verificando comportamiento del aire acondicionado, funcionamiento de fluxómetros y llaves de lavabos (corregir si es necesario), revisión de cortinas abajo para ahorro de energía.
- 16:00 Idem 13:00
- 16:30 Idem 13:30
- 17:00 Revisar nivel por nivel el comportamiento del aire acondicionado, (corregir si es necesario).
- 18:00 Revisar presión del sistema hidráulico y verificar el funcionamiento del equipo.
- 18:30 Idem 11:30

- 19:00 Idem 16:00
- 19:30 Elaborar reportes de actividades y hechos importantes sucedidos en el transcurso del día.
- 20:30 Apagar equipos de aire acondicionado

Nota : Si es necesario que los equipos permanezcan en funcionamiento por un periodo mayor, el operador deberá esperar hasta el momento que sea conveniente para el apagado de los equipos.

**FORMA PARA TOMA DE LECTURAS
SISTEMA DE AGUA HELADA**

FECHA : _____

HORA : _____

HORA : _____

HORA : _____

HORA : _____

EQUIPO	PRESION		TEMPERATURA		No. COMPRESOR	PRESION		TEMPERATURA		No. COMPRESOR	PRESION		TEMPERATURA		No. COMPRESOR	PRESION		TEMPERATURA		No. COMPRESOR					
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	OPERANDO	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	OPERANDO	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	OPERANDO	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	OPERANDO					
BOMBA No 1																									
BOMBA No 2																									
BOMBA No 3																									
CHILLER No 1																									
CHILLER No 2																									
CHILLER No 3																									

OBSERVACIONES

NOMBRE DEL OPERADOR

FIRMA DEL OPERADOR

**FORMA PARA TOMA DE LECTURAS
PLANTAS DE EMERGENCIA**

FECHA _____

EQUIPO	HORA ARRANQUE	HORA PARO	PRESION ACEITE	TEMP. AGUA	BATERIAS	FRECUENCIA HZ	VOLTAJE GENERADO
PLANTA DE EMERGENCIA No.1 400 KW 440 V.							
PLANTA DE EMERGENCIA No.2 300 KW 220 V.							
OBSERVACIONES _____ _____ _____							

NOMBRE DEL OPERADOR

FIRMA DEL OPERADOR

NOTA REALIZAR ARRANQUE DE EQUIPOS CADA SEMANA.

**FORMA PARA TOMA DE LECTURAS
TABLEROS GENERALES DE DISTRIBUCION**

FECHA _____

HORA _____

HORA _____

MEDICION	TG-1	TG-2	TG-3	TG-4E	TF-1E	TG-1	TG-2	TG-3	TG-4E	TF-1E
AMPERES										
VOLTS L-L										
VOLTS L-N										
KILOWATTS										
FACTOR DE POTENCIA										
FRECUENCIA (Hz)										
KILOWATT, HORA										
AMPERES, MAX.										
AMPERES, MIN.										

OBSERVACIONES _____

NOMBRE DEL OPERADOR

FIRMA DEL OPERADOR

**FORMA PARA TOMA DE LECTURAS
TRANSFORMADORES**

FECHA: _____

EQUIPO	TEMPERATURA ACEITE	NIVEL ACEITE	POSICION INT. PRINCIPAL	POSICION LINEA "A"	POSICION LINEA "B"
TR - 1					
TR - 2					
TR - 3					
TR - 4					
SUBESTACION					

OBSERVACIONES

NOMBRE DEL OPERADOR

FIRMA DEL OPERADOR

NOTA . CHECAR EQUIPOS UNA VEZ POR SEMANA.



DIPLOMADO SOBRE GERENCIA DE PROYECTOS ICA - DECFI, UNAM

Módulo V "Pruebas y Puesta en Marcha"
Del 20 al 22 de agosto.

Apuntes Generales Plantas Industriales

Ing. Martiniano Aguilar Rodríguez
Palacio de Minería
1998.

INDICE

- 1.- OBJETIVO
- 2.- ALCANCE
- 3.- RESPONSABILIDADES
- 4.- REFERENCIAS
- 5.- DEFINICIONES
- 6.- ¹ACTIVIDADES GENERALES Y ESPECIFICAS
- 7.- ANEXOS

1.- OBJETIVO.

Este procedimiento establece los criterios de elaboración de los protocolos de pruebas, aplicados en los equipos y/o sistemas durante la fase de pruebas y puesta en servicio.

2.- ALCANCE.

- 2.1 Este procedimiento aplica a todos los equipos, componentes y/o sistemas que forman parte de grupos en la lógica de prueba.
- 2.2 Se elaborarán protocolos de prueba a los equipos y/o sistemas principales; los equipos auxiliares se probarán con los sistemas principales correspondientes.
- 2.3 En el caso de que la prueba se realice bajo la aplicación de un procedimiento técnico que contiene los conceptos equivalentes a los que contendría el protocolo, según se describe en el punto 6.1, no se requiere la elaboración de un protocolo específico, sustituyéndose este por el propio procedimiento.

3.- RESPONSABILIDADES.

3.1 COORDINADOR DE PUESTA EN SERVICIO
Es responsable por:

- 3.1.1 Coordinar la realización de los protocolos según el presente procedimiento.

3.2 SUPERVISORES DE PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE

Y
Son responsables por:

- 3.2.1 Colaborar en la elaboración de los protocolos de prueba para puesta en servicio de los equipos de su alcance de su suministro.
- 3.2.2 Supervisar por sí mismos, por su delegado o por el Servicio técnico del fabricante del equipo de su suministro la revisión y ejecución del protocolo.

3.3 INGENIERO RESPONSABLE DE LA PRUEBA.

Es responsable por:

3.3.1 La elaboración y ejecución del protocolo.

3.3.2 Procurar la revisión y Vo.Bo. del protocolo, por cualquiera de los siguientes: el Jefe de Grupo, el Supervisor de Pruebas y Puesta en Servicio del Consorcio, el Servicio Técnico del fabricante o por el Coordinador de Puesta en Servicio.

3.3.3 Identificar, controlar y archivar los protocolos de su sistema.

4.0 REFERENCIAS.

4.1 Manual de Aseguramiento de Calidad

5.0 DEFINICIONES.

5.1 PROTOCOLO DE PRUEBAS

Son las instrucciones ejecutadas para verificar las protecciones básicas de un equipo y/o sistema, de igual manera, que proporciona un método de prueba seguro y confiable de las distintas secuencias automáticas para su funcionamiento

- ACTIVIDADES GENERALES Y ESPECIFICAS.

6.1 ELABORACION.

La elaboración se debe hacer de tal forma, que permita describir paso a paso las actividades para poner servicio un equipo y/o sistema en forma segura y confiable, desarrollando los siguientes conceptos:

- a) Prueba de permisivos
- b) Prueba de arranque/paro (apertura/cierre)
- c) Prueba de disparos
- d) Prueba de arranque automático
- e) Prueba de secuencias automáticas

- f) Prueba de sostenimiento de carga
- g) Prueba de rechazos de carga

6.2 ESTRUCTURA DE LOS PROTOCOLOS DE PRUEBAS

La estructura se muestra en el anexo , siendo las siguientes:

6.2.1 DATOS GENERALES

- a) Unidad : (3, 4 ó Comunes)
- b) Número (No.): (Designación del sistema + número consecutivo, ejemplo: 3-GC-001). Proporcionado por el Jefe de Grupo de Programación y Control o su designado.
- c) Fecha: (Ejecución del protocolo)
- d) Sistema: (Designación)
- e) Equipo: (Designación de acuerdo al SIC)

6.2.2 INFORMACION DE REFERENCIA

- a) DTI: (Número)
- b) Diagrama Lógico No.: (Número)
- c) Formuló: (Ingeniero responsable de la prueba)
- d) Revisó: (Jefe de Grupo ó Supervisor de Puesta en Servicio del Consorcio ó Servicio técnico del fabricante ó Coordinador de Puesta en Servicio).
- e) Vo.Bo.: (mismo que punto anterior)

6.2.3 OBJETIVO.

Se establece el alcance del protocolo

6.2.4 REQUISITOS GENERALES.

Se establecen las condiciones generales que se deben cumplir para realizar el protocolo en forma eficiente, abarcando las areas: mecánica, eléctrica, instrumentación y control, seguridad industrial; con la finalidad de no causar daños al personal o al equipo; indicandose también la información que el operador debe confirmar como es: posición inicial de equipos, variables del proceso, etc.

6.2.5 EVENTO.
Se especifica la protección que se verificará, pudiendo ser los conceptos mencionados en el punto 6.1.

6.2.6 PREREQUISITOS.
Se especifican las condiciones que se deben reunir para ejecutar el evento.

6.2.7 RESULTADO ESPERADO.
Se establece la acción esperada y es criterio de aceptación; indicándose además la información que complementa el resultado, estado de equipo en tableros, SAD, alarmas, indicaciones, etc.

6.2.8 OBSERVACIONES.
Se proporciona el espacio para la aceptación o rechazo de la prueba.

6.3 REVISION Y Vo.Bo.
Una vez elaborado, el Ingeniero de Pruebas tramitará la revisión en el siguiente orden según aplique, a través del Jefe de Grupo ó Supervisor de Puesta en Servicio del Consorcio ó Servicio Técnico del fabricante ó Coordinador de Puesta en Servicio.

6.4 EJECUCION DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS.
El Ingeniero de Pruebas verificará todos los pasos ejecutados, anotando si se cumple con el resultado esperado, en la última hoja firmarán el responsable de la ejecución, Control de Calidad y el Supervisor de Puesta en Servicio del Consorcio ó Técnico del Suministrador ó Jefe de Grupo; debiendo firmar como tercera revisión el personal de CFE que haya supervisado la ejecución.

7.- ANEXOS.

7.1 Formato para Protocolo de Pruebas ()

FORMATO TIPICO DE PROCEDIMIENTO DE

(CARATULA O PORTADA)

Número del documento

XYZ - DOC - 004

Nombre del documento

PREPARACION, ESTILO Y FORMATO DE PROCEDIMIENTOS

Situación de la revisión

1	4/I/94	Entregado para uso	JG	ARO	MAR
0	11/X/93	Para comentarios	JG		
REV	FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISION	POR	VERIF.	APROB.

CONTENIDO

- 1.0 - PROPOSITO
- 2.0 - ALCANCE
- 3.0 - REFERENCIAS
- 4.0 - DEFINICIONES
- 5.0 - TIEMPO REQUERIDO
- 6.0 - PRE-REQUISITOS
 - 6.1 - Pruebas de pre-requisitos
 - 6.2 - Estado de terminación de construcción
 - 6.3 - Condiciones ambientales
- 7.0 - ACCIONES
 - 7.1 - Autorización para proceder
 - 7.2 - Formato del procedimiento
 - 7.3 - Contenido del procedimiento
 - 7.4 - Variaciones
- 8.0 - EQUIPO DE PRUEBA
- 9.0 - LIMITACIONES Y PRECAUCIONES
- 10.0 - ESTADO DE LA PLANTA
- 11.0 - CONDICIONES DE PRE-REQUISITOS
- 12.0 - METODOS DE PRUEBA
- 13.0 - REQUERIMIENTOS DE DATOS
- 14.0 - CRITERIOS DE ACEPTACION
- 15.0 - DOCUMENTACION

(DESCRIPCION)

1.0 PROPOSITO

El propósito de éste procedimiento es describir el método de preparación, el estilo y formato de todos los procedimientos establecidos para uso de los departamentos y/o áreas de la

El propósito listado en ésta sección debe ser consistente con el propósito en el índice de procedimientos.

Este procedimiento se utilizará como un ejemplo de dicha preparación, estilo y formato.

En una prueba o inspección, se establece lo que será probado y verificado durante el comportamiento; el propósito debe ser consistente con el propósito del índice de procedimientos de

2.0 ALCANCE

Este procedimiento se debe aplicar a todos los documentos que identifiquen las actividades y funciones de un departamento o grupo, y debe ser acatado por todos los departamentos y áreas de la sin excepción.

3.0 REFERENCIAS

- 3.1 - -DOC-001 - Sistema de numeración de documentos de
- 3.2 - -DOC-003 - Procedimientos para la elaboración, aprobación y puesta en práctica de documentos de actividad.
- 3.3 - -DOC-004 - Indice de procedimientos
- 3.4 - En el caso del desarrollo de una prueba: listas de planos, manuales técnicos de equipos, u otros documentos; se debe incluir la revisión de planos empleados en la preparación del procedimiento.

4.0 DEFINICIONES

4.1 Procedimiento

Es un documento que detalla el propósito y el alcance de una actividad, y especifica como se debe llevar a cabo apropiadamente.

5.0 TIEMPO REQUERIDO

Estimación del tiempo aproximado requerido para efectuar una prueba o inspección; también se debe incluir una estimación de las horas-hombre necesarias para realizarlos.

6.0 PRE-REQUISITOS

Unicamente se listarán los títulos

- 6.1 Pre-requisitos (Pruebas). Listas de pruebas o porciones de pruebas que deben ser terminadas satisfactoriamente antes de realizar la prueba o inspección.
- 6.2 Estado de terminación de Construcción. Describe el estado de terminación de Construcción requerido, necesario antes de efectuar la prueba o inspección; en algunos casos no se requiere una descripción detallada.
- 6.3 Condiciones ambientales. Describe condiciones ambientales especiales que deben estar presentes en la prueba o inspección para simular tan cerca como sea práctico las condiciones a que la parte estará sujeta durante condiciones normales y de accidente; la mayoría de las inspecciones y pruebas se realizan en condiciones ambientes naturales.

7.0 ACCIONES

7.1 Autorización para proceder.

La necesidad de un procedimiento debe ser identificada por el jefe del departamento o área interesada, y la elaboración del mismo debe hacerse con el jefe de área.

7.1.1 Una vez establecido el acuerdo de la necesidad, y que se ha delegado en alguien realizarlo, el autor debe obtener del centro de control de documentos un número de procedimiento definitivo. Este número debe ser exclusivo para el procedimiento al cual se aplicará y no debe ser utilizado para identificar cualquier otro documento; en el caso de que cancele la decisión de seguir adelante con el procedimiento, se debe avisar al centro de control de documentos y se rehabilitará el número para ser usado en el futuro.

7.2 Formato de procedimiento

7.2.1 La cubierta del procedimiento debe estar de acuerdo con la forma de la carátula, y se completan con la siguiente información:

- . número del documento
- . nombre del documento
- . cubierta/situación de la revisión
- . cuadro de revisión y aprobación

La cubierta siempre será identificada como la página 1.

7.2.2 La lista de contenido del procedimiento siempre aparecerá como la página 2.

7.2.3 La página del contenido y todas las páginas posteriores del procedimiento se completarán utilizando papelería oficial de . Cada página se identifica mediante un número y tendrá la identificación apropiada del documento y de la revisión en la esquina derecha superior.

7.3 Contenido del procedimiento

Todos los procedimientos deben tener el mismo contenido, que será el siguiente:

- 7.3.1 Propósito (señala el objeto o intención del documento)
- 7.3.2 Alcance (señala el área, departamento, grupo o personal al que es aplicable el procedimiento)
- 7.3.3 Referencias (detalla otros documentos relacionados con las actividades dentro del procedimiento)
- 7.3.4 Definiciones (explica una palabra o acción generalmente no comprendida, o que pueda tener una interpretación específica en el procedimiento)
- 7.3.5 Tiempo requerido
- 7.3.6 Pre-requisitos
- 7.3.7 Acciones (detalla las acciones del personal que participa en la actividad; ésta sección identificará, siempre que sea posible, quien hace que, y también como, cuando, donde, y porque se lleva a cabo la actividad)
- 7.3.8 Equipo de prueba
- 7.3.9 Limitaciones y precauciones
- 7.3.10 Estado de la planta
- 7.3.11 Condiciones de pre-requisitos
- 7.3.12 Métodos de prueba
- 7.3.13 Requerimientos de datos
- 7.3.14 Criterios de aceptación
- 7.3.15 Documentación (relaciona cualquier documentación mencionada dentro del procedimiento, se incluirán ejemplos de dicha documentación).

7.4 Variaciones

7.4.1 El índice del procedimiento siempre debe incluir el contenido como se detalla en la Claúsula 7.3 anterior, sin que haya variaciones. En caso de que, por ejemplo, no existan referencias o definiciones, se incluirá la palabra NINGUNA debajo del encabezado correspondiente.

7.4.2 En caso de que sea necesario incluirle al procedimiento detalles adicionales, éstos deben ser como un anexo o apéndice.

8.0 EQUIPO DE PRUEBA

Listado de equipo de prueba requerido para realizar la inspección o prueba.

9.0 LIMITACIONES Y PRECAUCIONES

Provee los límites de seguridad y diseño para el personal y el equipo.

10.0 ESTADO DE LA PLANTA

Describe el estado de la planta, requerido para realizar la inspección o prueba.

11.0 CONDICIONES DE PRE-REQUISITOS

Delinea el estado de la parte o sistema, como instalación de equipo temporal e identificación de equipo que debe y no debe estar operando.

12.0 METODOS DE PRUEBA

El método de prueba o inspección consiste en una o mas secciones conteniendo instrucciones etapa por etapa para lograr los objetivos de la prueba o inspección, cada sección debe incluir una descripción clara de estos objetivos.

Se deben establecer puntos de inspección apropiados para registrar el cumplimiento de los objetivos y requerimientos de inspecciones o pruebas; éstos puntos deben incluir:

- . identificación de la persona que realiza la observación;
- . la fecha;
- . la aceptabilidad de los resultados.

Los resultados de la inspección o prueba se comparan con los criterios de aceptación del procedimiento para determinar que los resultados son satisfactorios. Los puntos mandatorios de retención mas allá de los cuales la prueba no puede proseguir sin la inspección y consentimiento de un representante designado, deben ser identificados cuando sea aplicable.

Las instrucciones de etapa por etapa deben ser con suficiente detalle de forma que la prueba o inspección pueda ser conducida apropiadamente por personal entrenado y con conocimientos. El procedimiento debe asegurar que los arreglos no-estandar se restauren a su condición estandar y que la verificación y registros apropiados se mantienen, incluyendo la remoción de señales anormales a circuitos de instrumentación y control, y la remoción de derivaciones de tubería, derivaciones eléctricas y configuración de válvulas.

Durante la preparación del procedimiento, cualquier arreglo anormal (del sistema o planta) debe ser especialmente revisado para determinar que no invalida los objetivos de la inspección o prueba, y asegurar que el arreglo no-estandar no afectará adversamente la conducción segura de la prueba o inspección.

13.0 REQUERIMIENTOS DE DATOS

Esta sección contiene las instrucciones necesarias para asegurar que los datos requeridos se obtengan y que estan claramente asociados con las etapas contenidas en la sección de métodos de prueba o inspección; se deben incluir hojas pre-impresas para registrar los datos observados.

14.0 CRITERIOS DE ACEPTACION

Los criterios de aceptación son los requerimientos o límites cualitativos o cuantitativos contenidos en los documentos de diseño que cuando se comparan con los resultados de prueba o inspección determinarán el éxito o falla; ésta sección debe establecer claramente el criterio de aceptación.

15.0 DOCUMENTACION

15.1 Cubierta del procedimiento

15.2 Papelería estandar membretada de

15.3 Página de contenido del procedimiento.

GESTION DE PROYECTOS ELECTROMÉCANICOS

VI. PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO

1. GENERAL

Las pruebas y puesta en servicio, que son prácticamente la cuarta y última parte del proyecto, necesitando, al igual que la ingeniería, fabricación y construcción, de las funciones en su sentido ejecutivo del proceso administrativo para su gestión.

Las pruebas de puesta en servicio o arranque de una planta nueva, comprenden los trabajos de planeación, pruebas, ajuste y operación de todos los equipos, estructuras y sistemas, empezando desde la etapa final de construcción y finalizando con la entrada en operación comercial.

El objetivo principal de la planeación es proporcionar las bases y medidas necesarias para poner en servicio la planta con un alto grado de confiabilidad mediante un programa que permita hacerlo con la mayor seguridad y economía posible.

Un plan de pruebas comprende los trabajos de elaboración de programas, procedimientos, documentación especificaciones de pruebas, organización, definición de responsabilidades, requerimientos de personal y reportes de avance principalmente, trabajando estrechamente con el personal de diseño, con objeto de coordinar efectivamente la puesta en servicio.

Para la puesta en servicio se distinguen cuatro tipos de pruebas propiamente dichas, y son los siguientes:

- Pruebas de construcción
- Pruebas de postconstrucción
- Pruebas preoperacionales
- Pruebas de puesta en servicio.

Las pruebas de construcción son las que realiza el constructor y que incluyen las siguientes:

- Pruebas hidrostáticas o neumáticas del equipo y tuberías ensambladas en el campo.
- Pruebas de presión y continuidad de toda la tubería de instrumentación.
- Pruebas y comprobación de relación de vueltas y polaridad de transformadores.
- Pruebas de alto voltaje en cables, transformadores y equipos de alto voltaje.
- Comprobación de continuidad y cableado correcto.

- Pruebas de aislamiento a equipos eléctricos con “megger” desde su recibo hasta la operación inicial.
- Pruebas mecánicas y ajustes durante el montaje en el campo para asegurar la correcta operación de los equipos.
- Limpieza manual y mecánica de equipos y recipientes, preparatorios para la operación.
- Limpieza inicial de los sistemas de lubricación de equipos y lubricación inicial de éstos, para la operación inicial.
- Alineamiento y balanceo de equipos rotatorios.
- Montaje de todas las instalaciones temporales, incluyendo equipos, tuberías, cableados, etc., necesarios para la operación de los equipos durante las pruebas de puesta en servicio.

Las pruebas de postconstrucción son actividades que realiza el personal de puesta en servicio cuando se ha terminado la construcción y que comprende principalmente lo siguiente:

- Calibración de instrumentos.
- Pruebas funcionales eléctricas de los controles, protecciones, señalización, etc., sin la energización de los circuitos de potencia.

Las pruebas preoperacionales son actividades que realiza el personal de puesta en servicio conjuntamente con el de operación antes del rodado con vapor de la turbina y de la producción de vapor, comprendiendo principalmente las siguientes:

- Operación de todos los equipos, estructuras y sistemas cuando se haya terminado la construcción y montaje, y se determine que la instalación es satisfactoria y puede operarse sin causar daños.
- Terminación de las pruebas eléctricas y comprobación de controles.
- Verificación de los equipos eléctricos como transformadores, motores y sus relevadores, controles y protecciones para operación con ajustes apropiados.
- Ajustes iniciales y calibración de los sistemas de control.
- Programación y coordinación de la operación de todos los equipos con las medidas de seguridad necesarias.
- Supervisión y coordinación de las actividades de puesta en servicio programadas por los ingenieros de servicio de los fabricantes.
- Producción de agua desmineralizada o evaporada.
- Limpieza, lavado químico y soplado con vapor de los sistemas que lo requieren antes de la operación.

Las pruebas de puesta en servicio son las actividades que se realizan desde que se rueda por primera vez con vapor la turbina hasta la operación a plena carga de la planta nueva.

2. ALCANCE

El alcance de los trabajos de Pruebas y Puesta en Servicio, incluye los siguientes conceptos, de acuerdo como fueron definidos en el punto 1 anterior GENERAL:

- Planeación de la pruebas;
- Pruebas de postconstrucción;
- Pruebas pre-operacionales;
- Pruebas de puesta en servicio.

3. PLANEACION

El plan de Pruebas y Puesta en Servicio (Arranque), incluirá como mínimo lo siguiente:

- Una lista completa de todos los sistemas y componentes mayores, incluyendo las pruebas que deben realizarse en cada uno de ellos, como por ejemplo, lavado, prueba hidrostática o neumática, eléctricas, de instrumentación, preoperacional, etc., identificando en esta lista los requerimientos de procedimientos de pruebas necesarios.
- Una gráfica de organización u organigrama, identificando el personal clave y sus funciones.
- Un diagrama lógico y programa de pruebas de puesta en servicio, indicando todas las pruebas a realizarse así como la ruta crítica del programa.
- Un manual de pruebas y además todos los procedimientos administrativos y protocolos del proyecto para conducir el programa de pruebas de puesta en servicio.
- Una lista del equipo de pruebas necesario.

El objetivo de la planeación de las pruebas y puesta en servicio, es el de llevar la planta a plena carga o toda su capacidad, tan pronto como sea posible para demostrar que las estructuras, sistemas, equipos y componentes cumplen con los códigos y estándares e intento del diseño aplicables y opera separada y colectivamente en cumplimiento con sus criterios de diseño para funciones normales y de protección.

El manual de pruebas y los procedimientos administrativos asociados, se preparan después de que se ha definido el objetivo y el alcance del trabajo y su propósito es el de proporcionar en suficiente detalle lo siguiente:

- Políticas apropiadas
- Procedimientos
- Instrucciones para el control administrativo del programa de pruebas.

El manual de pruebas deberá contener una descripción del programa de pruebas, políticas y la organización requerida para implantar el programa; la lista mínima de requerimientos del manual de pruebas, es la siguiente:

A. Introducción

- Propósito del manual de pruebas.
- Propósito del programa de pruebas.
- Políticas del programa de pruebas.
- Definiciones.
- Aprobación del manual de pruebas.

B. Organización del programa de pruebas

- Organizaciones participantes.
- Grupos participantes (grupos de trabajo de pruebas)
- Posiciones individuales, asociadas con el programa de pruebas.

C. Documentos del programa de pruebas

- Procedimientos de pruebas.
- Índice de pruebas.
- Listas de requisitos.
- Programas de pruebas.
- Asignación del personal de pruebas.
- Plan de pruebas.
- Instrucciones de pruebas.

D. Comportamiento de pruebas

- Fase de pruebas de construcción y postconstrucción.
- Fase de pruebas preoperacionales.
- Fase inicial de puesta en servicio.

E. Auditorías

F. Instrucciones de pruebas

- Formato de instrucciones de pruebas.
- Revisión de instrucciones de pruebas.
- Instrucciones adicionales de pruebas.
- Aprobación de las instrucciones de pruebas.

G. Reportes

- Procedimiento de evaluación de resultados de pruebas.

Una lista representativa de instrucciones de pruebas (inciso F anterior) del manual de pruebas es la siguiente:

- Transferencia de sistemas.
- Autorización de remoción para reparación.
- Plan de pruebas.
- Secado.
- Registro de control de pruebas.
- Programas de pruebas.
- Reportes de problemas en el arranque.
- Conducción de las pruebas.
- Eventos no usuales.
- Lista de prerequisites.
- Índice de pruebas.
- Instrucciones de interfase en pruebas.
- Calificación y entrenamiento de personal de pruebas.
- Formas para los ingenieros de turnos de pruebas.
- Documentos de procedimientos de pruebas.
- Control de pruebas de equipos.

La última etapa mayor en la definición de todo el programa de puesta en servicio, es el desarrollo del índice maestro de pruebas, que lista todas las estructuras y sistemas mayores de la planta junto con los procedimientos de pruebas.

Los procedimientos de pruebas proveen la dirección técnica para la puesta en servicio, en donde se incluyen los requerimientos de diseño y de pruebas para validar la habilidad de los componentes, equipos, sistemas y estructuras en su función requerida; los requerimientos de diseño y de pruebas, están contenidos en los siguientes documentos:

- Diseño gráfico y escritos del diseñador.
- Especificaciones de fabricantes de equipos.
- Compromisos con agencias reguladores.
- Manuales técnicos de equipos.
- Códigos y estándares aplicables.

Existen tres tipos de procedimientos de prueba que se emplean en las pruebas de puesta en servicio y que son los siguientes:

- a) Procedimiento individual de pruebas; se prepara para verificar si un componente, equipo, subsistema o sistema de la planta, ha cumplido con los requerimientos específicos de prueba, registrándose los datos como evidencia de cumplimiento.
- b) Procedimiento genérico de pruebas; se emplea para realizar verificaciones y pruebas de construcción, además para desarrollar listas de verificación, procedimientos de inspecciones, verificación de alineamiento, prueba hidrostática, lavados y operación preliminar de componentes y sistemas. Los datos obtenidos, son para la evaluación de los resultados de pruebas.
- c) Procedimientos especiales; se emplean para realizar pruebas y operaciones no contenidas en los individuales o genéricos, como por ejemplo la limpieza química del condensador y sistema de agua de alimentación, el lavado (flushing) del sistema de aceite lubricante del turbo-generador.

De los procedimientos anteriores, el de pruebas individuales es de interés especial, por lo que a continuación se darán algunas características y filosofías, considerando que se han completado todas las pruebas de construcción.

A. Antes del inicio de una prueba, se considera que un sistema es operable, excepto en casos especiales, es decir, que se han realizado las siguientes pruebas genéricas:

- Las bombas están operables y listas para operación amplia.
- Los instrumentos han sido calibrados y están en su punto de ajuste.
- Las válvulas han sido recorridas y están listas para su operación normal.
- Los circuitos de control han sido verificados y están disponibles para operación.
- Todas las alarmas funcionan apropiadamente.
- Se ha efectuado la prueba hidrostática.
- Se ha realizado la limpieza del sistema y se han satisfecho los criterios de limpieza.

B. Las pruebas de las alarmas no se deberán especificar por escrito, excepto para aquellos componentes o sistemas cuya falla evite que se realicen funciones de protección.

C. En caso de tener una alarma durante la prueba del sistema, se deberá incluir en la hoja de datos.

D. Siempre que sea práctico, se deberá incluir la operación apropiada del equipo con la verificación de los ajustes de disparos.

- E. Las curvas de comportamiento de las bombas deberán verificarse en tres puntos diferentes, incluyendo el punto de diseño y los resultados no deberán desviarse más del 10%.
- F. Siempre que sea práctica deberá verificarse el funcionamiento apropiado de los sistemas automáticos de control.
- G. Los procedimientos de prueba deberán incluir la verificación, bajo condiciones simuladas de accidente de flujo, apertura y temperatura, los tiempo de apertura o cierre de válvulas actuadas por el sistema de protección.
- H. Durante las pruebas funcionales no es necesario ajustar las válvulas de alivio, excepto las válvulas de seguridad por código.
- I. Las fuentes de requerimientos de pruebas son las siguientes:
- Diseño y especificaciones de fabricantes.
 - ASME
 - IEEE
 - NFC
- J. Los procedimientos de pruebas deberán contener una lista separada de criterios cuantitativos de aceptación, del origen de cada criterio y la fuente de margen permisible.
- K. Los procedimientos de pruebas deberán también incluir la interpretación de los compromisos hechos en las especificaciones del diseñador que puedan afectar el procedimiento de prueba.

Con objeto de asegurar que los procedimientos de pruebas individuales son consistentes, tanto en el contenido como en el formato, se deberá establecer un estándar que se emita y dé a conocer a todas las organizaciones participantes en la puesta en servicio; un formato estándar de procedimiento de prueba individual, es el siguiente:

- a) Propósito; se establece lo que será probado y verificado durante el comportamiento del procedimiento de prueba individual, que deberá ser consistente con el propósito del índice de procedimientos de prueba.
- b) Referencias, incluye lista de planos o diagramas, manuales técnicos de equipos, especificaciones de prueba o cualquier otro documento que se use en el desarrollo de la prueba, y deberá incluirse en la preparación del procedimiento la última revisión de los planos.
- c) Duración de la prueba; es la estimación aproximada del tiempo requerido para realizar la prueba y se deberá incluir la estimación del personal necesario.

- d) Pre-requisitos; únicamente se listarán los títulos de los pre-requisitos de lo siguiente aplicable:

Pruebas de pre-requisitos. Incluye una lista de pruebas o partes de pruebas que deben terminarse satisfactoriamente antes de realizar ésta prueba.

Estado de terminación de construcción. Descripción del estado de terminación de construcción requerido antes de realizar la prueba.

Condiciones ambientales. Descripción de las condiciones ambientales que deberá haber durante la prueba, que en la mayoría de los casos serán las condiciones ambientales.

- e) Equipos de prueba; lista de equipos de prueba especiales diferentes a los de instalación permanente que se emplearán durante la prueba.
- f) Precauciones y limitaciones; prevé los límites de protección y de diseño para el personal y el equipo.
- g) Estado de la planta; descripción del estado de la planta requerido para realizar la prueba.
- h) Pre-requisitos de condiciones del sistema; delinea el estado del sistema como las condiciones de las válvulas, instalación de equipo de prueba y temporales, así como la identificación del equipo que deberá y no deberá estar operando.
- i) Método de prueba, consiste de una o más secciones conteniendo instrucciones de etapa por etapa para alcanzar los objetivos de la prueba, incluyendo una clara descripción de éstos objetivos en cada sección. Se deberán establecer puntos de inspección apropiados que incluirán:
- Identificación de la persona que realizará la observación.
 - Fecha.
 - Aceptabilidad de los resultados.

Los resultados de las pruebas se comparan con los anteriores de aceptación del procedimiento de pruebas para determinar su aceptación y las instrucciones de realización deberán ser en suficiente detalle para que la prueba sea conducida por personal entrenado y capacitado en el procedimiento; deberán considerarse los arreglos no estándares como conexiones temporales de tubería y cables eléctricos, así como la configuración de válvulas.

- j) Requerimientos de datos; contiene las instrucciones necesarias para asegurarse que los datos requeridos se obtengan y estén claramente asociados con el contenido de las etapas de prueba en la sección de métodos de prueba, debiéndose incluir hojas impresas para registro de los datos observados.

- k) Criterios de aceptación, son los requerimientos cualitativos y cuantitativos, así como límites contenidos en los documentos de diseño, que determinan la aceptabilidad de los resultados y que deberá estar claramente establecidos en esta sección.

4. VOLUMEN DE TRABAJO

Después de que han sido definidos los objetivos y el alcance de la puesta en servicio, se deberá determinar la cantidad de trabajo que debe ser realizado, para lo cual es necesario el conocimiento de lo siguiente:

- Arreglo de conjunto y general de toda la planta.
- Características de diseño.
- Filosofía operacional.

En términos generales, los trabajos o funciones que es necesario realizar son los siguientes:

A. Plan del programa de pruebas para cubrir las siguientes áreas en la forma aplicable:

- Verificación, prueba y ajuste de los componentes, subsistemas y sistemas.
- Verificación de la limpieza de los sistemas.
- Pruebas preoperacionales de los sistemas de la planta.
- Sincronización inicial y pruebas durante la operación inicial.
- Solución de las deficiencias encontradas durante las verificaciones y las pruebas.

B. Desarrollo de un plan de pruebas preliminares de los sistemas de la planta, con el objeto de permitir una secuencia ordenada de la puesta en servicio.

C. Decisión sobre el tipo y número aproximado de procedimientos que se requerirán para facilitar las actividades de pruebas.

D. Determinación del tamaño del grupo de pruebas que se requerirá para soportar la puesta en servicio y determinar la organización que suministrará el personal.

La mayor participación en tiempo y mano de obra de la puesta en servicio lo constituye el necesario para la instrumentación que deberá ponerse en servicio, de acuerdo con las siguientes bases:

- a) Debe asegurarse que todos los elementos primarios estén instalados de acuerdo con los requerimientos de los planos y del fabricante.
- b) Deben removerse todas las restricciones de embarque como tapones en las terminales, alambrados de sujeción, cubiertas protectoras, etc., que se hayan aplicado para proteger las partes críticas.
- c) Debe recalibrarse el instrumento aún cuando se piense que éste haya sido calibrado por el fabricante.
- d) Debe verificarse la continuidad de los circuitos desde el tablero de control al campo y de éste al tablero de control.
- e) Deben verificarse los movimientos como el de las válvulas por sus controladores y de éstos por sus elementos sensores.
- f) Deben verificarse las acciones de los circuitos de bloqueos y alarmas para ver que, desde sus puntos sensores, los relevadores hacen que todos los instrumentos dependientes tomen la acción apropiada.
- g) Deben calibrarse los analizadores con las mezclas estándares químicas apropiadas.

Se han encontrado que se requieren hasta 3 horas por instrumento para realizar las etapas de la a a la e y también 3 horas para verificar cada sistema de bloqueo, considerando que los tableros se verifican previamente en la fábrica.

Un instrumento lo constituye cada indicador de presión, termopar, transmisor, registrador, controlador, sensor, válvula de control, solenoide, etc., esto es, un circuito ordinario consistiendo de un orificio como elemento sensor, un transmisor, un controlador-registrador y una válvula de control debe contarse como cuatro instrumentos.

Similarmente un analizador debe contarse como un instrumento y el sistema de muestreo puede contener tantos como diez instrumentos.

Un circuito de "bloqueo" incluye todos los relevadores, interruptores, indicadores y alarmas entre el contacto iniciador como "switch" de presión y el componente final de control como válvula de solenoide.

Este circuito puede contener tantos como 10 relevadores que se hace tanto para la lógica como para dispositivos de transferencia de potencia. Esto es, para contar el número de "bloqueos" es necesario descontar la cantidad de operadores finales, ya que el contacto iniciador puede controlar más de un actuador.

5. PRESUPUESTO

El presupuesto para la puesta en servicio puede calcularse de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\text{COSTO} = A (0.10 + B + C + D + NE)$$

en donde:

A = Costo fijo directo del capital (del proyecto)

B = Factor del proceso = 0.05 para radicalmente nuevo; 0.02 para relativamente nuevo y -0.02 para procesos familiares.

C = Factor de equipo = 0.07 para radicalmente nuevo; 0.04 para muy nuevos; 0.03 para relativamente nuevo y -0.03 para equipos familiares.

D = Factor de mano de obra = 0.04 para escasa; 0.02 para relativamente poca y -0.01 sin problemas.

N = Número de unidades de procesos involucrados.

E = Factor de dependencia = 0.04 para unidades con procesos interdependientes; 0.02 para plantas moderadamente interdependientes y -0.02 para unidades independientes.

Si se incluyen los costos de las cuadrillas que apoyan a los ingenieros de puesta en servicio, el costo total de las pruebas de puesta en servicio, puede llegar hasta el 1 ó 2% del costo total del proyecto, requiriéndose aproximadamente unos 15 ingenieros.

6. PROGRAMA

La preparación del programa de puesta en servicio, incluye una evaluación del alcance de las pruebas independientes que deban realizarse, el orden de precedencias de estas actividades de pruebas, estimación de las duraciones de cada actividad y los requerimientos de personal (ingeniería, construcción, obreros) para soportar el trabajo. El alcance se determina usando el índice maestro de pruebas que delinea los requerimientos de pruebas sobre la base de sistema por sistema; cada prueba debe correlacionarse con los eventos clave, con lo cual se tendrá una indicación de cuales pruebas deberán realizarse para lograr un evento clave particular y posteriormente poder determinar la secuencia de las actividades de la prueba. Con la información anterior se podrá preparar una red de ruta crítica (CPM o PERT), que es una herramienta muy valiosa para analizar el plan óptimo de las actividades de pruebas desde el inicio de la puesta en servicio hasta su terminación con la ayuda de esta herramienta podrá establecerse lo siguiente:

- Duración total de la puesta en servicio.
- Listado de actividades críticas.
- Programa de actividades.

En la etapa de puesta en servicio del proyecto, es muy importante que la terminación de los sistemas de la planta y la transferencia secuencial para pruebas de puesta en servicio, pueda iniciarse tan pronto como sea posible, considerando que el programa de construcción tiene ahora la interfase de la lógica de la puesta en servicio y se deberá asegurar que los programas son compatibles para establecer la duración total del proyecto.

El plan detallado de pruebas, tiene en esta etapa de la puesta en servicio las siguientes aplicaciones:

- Acuerdo formal entre las siguientes partes, de que el listado de pruebas pueda realizarse durante el periodo autorizado.
 - a) Coordinador de pruebas.
 - b) Diseñador.
 - c) Superintendente de operación.
 - d) Superintendente de construcción.
 - e) Fabricantes de equipos.
- Proporcionar información acerca del trabajo requerido para soportar las pruebas.
- Conocimiento de los sistemas afectados por el trabajo autorizado.
- Jurisdicción operacional de cada sistema.

La lista típica de eventos mayores principales del programa de puesta en servicio, es la siguiente y que debe servir de base para la programación de las pruebas:

- A. Energización del transformador de arranque.
- B. Hervido alcalino de la caldera.
- C. Rodado inicial de la turbina con vapor
- D. Primera sincronización.
- E. Operación a plena carga.

La duración del programa de puesta en servicio puede calcularse de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\text{TIEMPO} = a (0.15 + b + c + d + Ne)$$

en donde:

a = Tiempo de construcción.

b = Factor de proceso = 0.15 para radicalmente nuevo; 0.05 para relativamente nuevo y -0.01 para proceso familiar.

c = Factor de equipo = 0.15 para equipo radicalmente nuevo; 0.08 para muy nuevo, 0.05 para relativamente nuevo y -0.01 para equipo familiar.

d = Factor de mano de obra = 0.15 para muy escaso; 0.05 para relativamente escaso y -0.01 para abundante mano de obra.

e = Factor de dependencia = 0.25 para unidades muy interdependientes; 0.10 para moderadamente interdependiente y -0.02 para unidades independientes.

En las Figuras VI-1, se muestra un programa general de la puesta en servicio de una planta termoeléctrica.

7. ORGANIZACION

Las pruebas y puesta en servicio de una central termoeléctrica nueva, está llena de problemas como retrasos de suministros, fallas de equipos, errores de diseño, fallas de montaje, etc., por lo que se deberá tener una buena organización de personal experimentado, con la responsabilidad y autoridad necesaria para realizar los trabajos de acuerdo con las siguientes metas esenciales:

- Asegurarse que la central está diseñada, construida y probada en cumplimiento a códigos, especificaciones y regulaciones aplicables.
- Realizar las pruebas requeridas de acuerdo con los estándares establecidos.
- Realizar las pruebas dentro de los límites de tiempo establecidos por el programa del proyecto.
- Completar las pruebas y puesta en servicio con el presupuesto asignado.

El coordinador de pruebas, responsable de dirigir las actividades de pruebas, se deberá nombrar unos 18 ó 24 meses antes de iniciar los trabajos de puesta en servicio y junto con el Jefe o Gerente del Proyecto, deberá conocer y definir los principales requerimientos de la puesta en servicio; el número de ingenieros necesarios para la puesta en servicio es de aproximadamente 15 que provienen de diferentes áreas.

La estructura de la organización para la puesta en servicio, es definida por el coordinador de pruebas con las responsabilidades específicas de todas las partes y áreas involucradas en el programa de pruebas.

El soporte requerido de estos grupos de la organización de puesta en servicio, es el siguiente:

- Emisión de copias de planos de ingeniería, especificaciones y descripción de sistemas.
- Preparación de los procedimientos de pruebas específicas.
- Participación activa proporcionando ingenieros de puesta en servicio o supervisores de personal.

Aproximadamente un año antes de que se inicien las actividades de pruebas, se deberá formar un grupo de trabajo de pruebas formado por un miembro y un suplente de cada una de las siguientes organizaciones, presidido por el coordinador de pruebas:

- Operación.
- Diseñador.
- Constructor.
- Fabricante de la caldera.
- Fabricante del turbo generador
- Laboratorio de pruebas.

El objetivo de este grupo de trabajo es el de proporcionar continuidad entre las fases de la construcción y puesta en servicio del proyecto, además de una coordinación de todo el programa de pruebas y puesta en servicio, debiendo realizar sus funciones en tal forma que se asegure que las pruebas se conduzcan apropiadamente y que se satisfacen todos los requerimientos de pruebas.

Las responsabilidades del grupo de trabajo de pruebas, incluyen lo siguiente:

- Aprobación de la lista de eventos clave de todo el programa.
- Aprobación de la lista de pre-requisitos para los eventos clave.
- Aprobación de la secuencia de pruebas.
- Revisión inicial y final de los procedimientos de pruebas; la aprobación de este grupo, constituye la autorización a realizar la prueba descrita por el procedimiento en la fecha programada como fue prevista en el plan detallado de pruebas.
- Aprobación de los cambios de campo a los procedimientos de pruebas.
- Aprobación de las asignaciones de personal de pruebas para los eventos clave.
- Revisión de los resultados de las pruebas y firma indicadora de la terminación satisfactoria.
- Aprobación de autorizaciones de trabajos para reprobadas, que puedan requerirse debido a que se haya realizado algún trabajo en un sistema que ya había sido probado.
- Aprobación del índice maestro de pruebas.

8. DIRECCION

La dirección de la puesta en servicio es la parte en que se ponen en ejecución los trabajos, habiéndose previamente desarrollado los planes, preparados los procedimientos requeridos, elaborado los programas, definida e implementada la organización y satisfechas todas las actividades de pre-requisitos de pruebas para que puedan iniciarse éstas; la realización de las pruebas, puede dividirse en las tres etapas mayores siguientes:

- Construcción y postconstrucción.
- Preoperacional.
- Puesta en servicio (arranque inicial)

A. Las pruebas de construcción y postconstrucción se inician después de que se ha terminado la instalación de un sistema, que se transfiere para las pruebas de construcción y que consisten de lo siguiente:

- Realización de prueba hidrostática para asegurarse que no existen fugas en el sistema.

- Realización de la limpieza (flushing) del sistema y verificación de que los requerimientos de limpieza han sido obtenidos satisfactoriamente.
- Verificación de los sistemas mecánicos para asegurarse que los componentes individuales mecánicos de un sistema se encuentran listos para realizar la función intentada como parte del sistema total; éstas verificaciones consisten de los siguientes:

- a) Inspección visual.
- b) Lubricación apropiada.
- c) Alineamiento apropiado.
- d) Recorrido de válvulas manuales, neumáticas y motorizadas.
- e) Pruebas de vibración.

- Verificación de sistemas eléctricos de distribución de energía, así como de circuitos y sistemas de control, incluyendo el funcionamiento apropiado de los dispositivos de protección.
- Verificación de la instrumentación instalada para asegurarse que se encuentra apropiadamente alineada, calibrada y capaz de realizar sus funciones.
- Realización de pruebas preoperacionales preliminares para determinar si no existe una deficiencia mayor en el sistema o componente no identificada previamente, con lo que razonablemente y podrá pasar pruebas y operaciones posteriores; estas pruebas y verificaciones incluyen lo siguiente:

- a) Lubricación, flujos, presiones y temperaturas.
- b) Flujo de agua de enfriamiento.
- c) Ajuste de interruptores límite.
- d) Ajuste de dispositivos limitadores de par.
- e) Medición del flujo de bombas.
- f) Tiempo de la carrera de válvulas.

B. Las pruebas preoperacionales se inician cuando se han terminado las pruebas de construcción y se transfiere el sistema al grupo de puesta en servicio, terminándose ésta etapa de pruebas hasta que se hayan probado todos los sistemas y la planta se encuentre lista para subir carga; la conducción de éstas pruebas puede efectuarse sobre la base de sistemas individuales e integrados.

C. Las pruebas de puesta en servicio o arranque inicial que son la última etapa de pruebas, comienzan cuando se rueda por primera vez la turbina con vapor y están incluidas pruebas como el "estiramiento" de la turbina, prueba de sobrevelocidad, sincronización, elevación de la carga en etapas hasta plena carga realizando análisis apropiados de ciertos parámetros.

El coordinador de pruebas es el responsable de dirigir todas las pruebas de acuerdo con las instrucciones y procedimientos de pruebas mencionadas anteriormente, trabajando siempre bajo gran presión para completar todas las pruebas, resolver las deficiencias de pruebas y efectuar las reparaciones expeditamente; es obvio que el coordinador de pruebas es una persona muy importante que debe ser bien entrenado y motivado porque el éxito de los trabajos dependen en gran medida de su diligencia e iniciativa, teniendo asignados muchos trabajos y responsabilidades. Algunas de las responsabilidades del coordinador de pruebas son las siguientes.

Durante la etapa de preparación de pruebas:

- Asegurarse que todas las etapas preparatorias delineadas en el procedimiento de pruebas se han completado, incluyendo la verificación de que todos los equipos de prueba han sido instalados y calibrados apropiadamente.
- Asegurarse que los pre-requisitos de estado de la planta y condiciones de los sistemas estén establecidos.
- Dirigir apropiadamente, breves pruebas preliminares incluyendo las de secado.
- Verificar, antes de la iniciación de una prueba, los planos aplicables para asegurarse que se usan las últimas revisiones y datos de los sistemas.

Durante la etapa de pruebas:

- Solicitar al personal de operación la realización de la primera etapa delineada en el procedimiento de pruebas:
- Observar personalmente los resultados y registros de pruebas marcadas en el procedimiento de pruebas.
- Repetir pruebas o parte de pruebas debido a discrepancias, como por ejemplo datos inaceptables, corrección de deficiencias o pruebas realizadas incorrectamente.
- Corregir deficiencias menores o aprobar desviaciones de los procedimientos de prueba cuando sea necesario.
- Decidir sobre la repetición de una prueba o aceptar los resultados de una prueba que no satisfaga los criterios de aceptación como excepción; la decisión de repetir una prueba depende de muchos factores como el tiempo requerido, necesidades de mantener el estado de la planta o el sistema, extensión de la desviación del criterio de aceptación etc.

9. CONTROL

Mediante el control se asegura el avance de la puesta en servicio hacia sus objetivos y metas de acuerdo con la planeación efectuada; la información para el control se procesa para producir los reportes de avance, siendo muy importante que estos reportes se produzcan a tiempo para proporcionar un cuadro general de la forma de comportamiento de la planta, los problemas que se presentan, como se resuelven los problemas y las características de comportamiento durante la operación comercial que pueden ser anticipadas.

**PROGRAMA GENERAL PARA PUESTA EN SERVICIO DE UNA PLANTA
TERMOELECTRICA NUEVA**

No	CONCEPTO	MESES																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Planeación de Pruebas			■	■	■	■	■	■	■								
2	Pruebas de construcción							■	■	■	■	■						
3	Pruebas de post-construcción								■	■	■	■						
4	Pruebas pre-operacionales										■	■	■	■	■			
5	Pruebas de puesta en servicio															■	■	
6	Operación comercial.																	↓



DIPLOMADO SOBRE GERENCIA DE PROYECTOS ICA - DECFI, UNAM

Módulo V "Pruebas y Puesta en Marcha"
Del 20 al 22 de agosto.

Carreteras

Ing. Santiago Barragán Avarte
Palacio de Minería
1998.

DIPLOMADO EN GERENCIA DE PROYECTOS

CARRETERAS

PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA,
ENTREGA DEL PROYECTO

PROFESOR: ING. SANTIAGO BARRAGAN AVARTE

Manuales de Operación y Mantenimiento

Operación

Los manuales de operación deben elaborarse en la etapa de anteproyecto, donde se define el tipo de servicio que ofrecerá la carretera.

- a) Nivel de Servicio.***
- b) Velocidad de Operación.***
- c) Índice de Servicio Actual (ISA)***
- d) Índice de Rugosidad Internacional (IRI) máximo.***
- e) Costos de Operación.***
- f) Estrategias de Mantenimiento.***

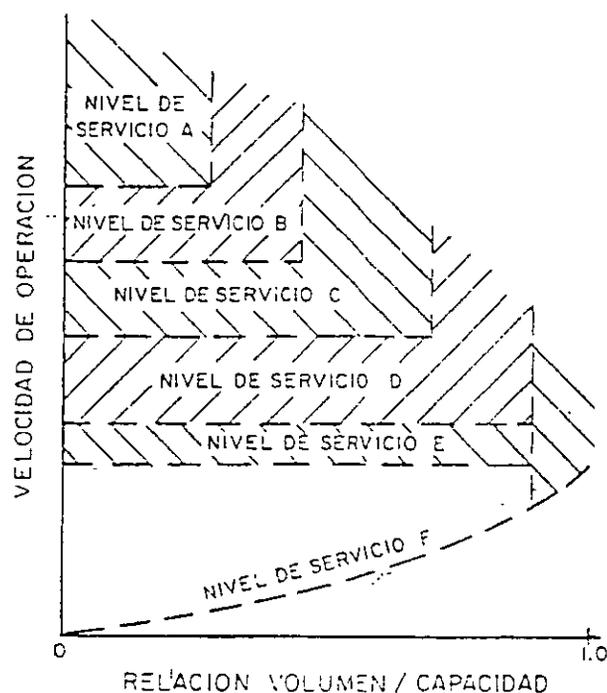


FIGURA 6.15 CONCEPTO GENERAL DE LOS NIVELES DE SERVICIO

Los factores mencionados reflejan la influencia de ciertos elementos en la capacidad, e indirectamente reflejan su efecto en la seguridad del camino, pues casi siempre que un elemento reduce el volumen de servicio es causa potencial de accidentes. No obstante, existen otros elementos que sin reducir el volumen afectan la seguridad.

A la fecha, no se han evaluado todos los factores que afectan a la capacidad o el volumen de servicio, ni se ha determinado su influencia con exactitud.

6.5.1 Factores relativos al camino

Los factores relativos al camino son todos aquellos elementos físicos propios del diseño geométrico, que tienen influencia directa o indirecta en la capacidad y en el volumen de servicio. Estos factores son: el ancho de carril, los obstáculos laterales, los acotamientos, los carriles auxiliares, las condiciones de la superficie de rodamiento y las características de los alineamientos horizontal y vertical.

A) Ancho de carril. Los carriles más angostos que 3.65 m tienen menor capacidad en condiciones de circulación continua, que los carriles de esa dimensión aceptados como ideales. En caminos de dos carriles, un

NIVEL DE SERVICIO	CONDICIONES DEL FLUJO DE TRANSITO		DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE > 500mts (%)	VOLUMEN DE SERVICIO - CAPACIDAD					VOLUMEN DE SERVICIO MAXIMO BAJO CONDICIONES IDEALES, INCLUIDO VELOCIDAD DE PROYECTO PONDERADA DE 110 km/h (total de Vehiculos ligeros por hora en ambas direcciones)	
	DESCRIPCION	VELOCIDAD DE OPERACION (Km/h)		VALOR LIMITE* PARA VELOCIDAD DE PROYECTO PONDERADA DE 110 km/h	VALOR PARA UNA VELOCIDAD DE PROYECTO PONDERADA* DE:					
					95 Km/h	80 Km/h	70 Km/h	65 Km/h		55 Km/h
A	FLUJO LIBRE	≥ 95	∞	∞	∞	∞	∞	∞	400	
			100	0.20	—	—	—	—		
			80	0.18	—	—	—	—		
			60	0.15	—	—	—	—		
			40	0.12	—	—	—	—		
			0	0.04	—	—	—	—		
B	FLUJO ESTABLE (Velocidad superior del rango)	≥ 80	∞	∞	∞	∞	∞	900		
			100	0.45	0.40	—	—		—	
			80	0.42	0.35	—	—		—	
			60	0.38	0.30	—	—		—	
			40	0.34	0.24	—	—		—	
			0	0.24	0.12	—	—		—	
C	FLUJO ESTABLE	≥ 65	∞	∞	∞	∞	∞	1400		
			100	0.70	0.66	0.56	0.51		—	
			80	0.68	0.61	0.53	0.46		—	
			60	0.55	0.56	0.47	0.41		—	
			40	0.62	0.51	0.38	0.32		—	
			0	0.54	0.38	0.18	0.12		—	
D	FLUJO PROXIMO A L INESTABLE	≥ 55	∞	∞	∞	∞	∞	1700		
			100	0.85	0.83	0.75	0.67		0.58	
			80	0.84	0.81	0.72	0.62		0.55	
			60	0.83	0.79	0.69	0.57		0.51	
			40	0.82	0.76	0.66	0.52		0.45	
			0	0.81	0.71	0.61	0.44		0.35	
E ^c	FLUJO INESTABLE	50 ^d	NO ES APLICABLE ^e	≥ 1.00					2000	
F	FLUJO FORZADO	< 50 ^d	NO ES APLICABLE ^e	NO SIGNIFICATIVO ^f					MUY VARIABLE (Desde cero hasta la capacidad)	

D - La velocidad de operacion y la relación v/c son medidas independientes del nivel de servicio; ambos límites deben satisfacerse en cualquier determinación del nivel.

D - Cuando el espacio esté en blanco, la velocidad de operacion requerida para este nivel es inalcanzable aún a volúmenes bajos.

C - Capacidad

d - Aproximadamente

E - No hay rebase

f - La relación volumen de demanda-capacidad puede exceder el valor de 1.00 indicando que hay sobrecarga.

TABLA 6-K. NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA CARRETERAS DE DOS CAPILLES BAJO CONDICIONES DE FLUJO CONTINUO

Los niveles de servicio designados con las letras de la A a la F, del mejor al peor, comprenden la clasificación total de las operaciones de tránsito que pueden ocurrir.

El nivel de servicio A corresponde a una condición de flujo libre, con volúmenes de tránsito bajos y velocidades altas. La densidad es baja, y la velocidad depende del deseo de los conductores dentro de los límites impuestos y bajo las condiciones físicas de la carretera. No hay restricción en las maniobras ocasionadas por la presencia de otros vehículos; los conductores pueden mantener las velocidades deseadas con escasa o ninguna demora.

El nivel de servicio B corresponde a la zona de flujo estable, con velocidades de operación que comienzan a restringirse por las condiciones del tránsito. Los conductores tienen una libertad razonable para elegir sus velocidades y el carril de operación. Las reducciones de velocidad son razonables, con una escasa probabilidad de que el flujo del tránsito se reduzca.

El nivel de servicio C se encuentra en la zona de flujo estable, pero las velocidades y posibilidades de maniobra están más estrechamente controladas por los altos volúmenes de tránsito. La mayoría de los conductores perciben la restricción de su libertad para elegir su propia velocidad, cambiar de carriles o rebasar; se obtiene una velocidad de operación satisfactoria.

El nivel de servicio D se aproxima al flujo inestable con velocidades de operación aún satisfactorias, pero afectadas considerablemente por los cambios en las condiciones de operación. Las variaciones en el volumen de tránsito y las restricciones momentáneas al flujo, pueden causar un descenso importante en las velocidades de operación. Los conductores tienen poca libertad de maniobra con la consecuente pérdida de comodidad.

El nivel de servicio E no puede describirse solamente por la velocidad, pero representa la operación a velocidades aún más bajas que el nivel D, con volúmenes de tránsito correspondientes a la capacidad. El flujo es inestable y pueden ocurrir paradas de corta duración.

El nivel de servicio F corresponde a circulación forzada, las velocidades son bajas y los volúmenes inferiores a los de la capacidad. En estas condiciones generalmente se producen colas de vehículos a partir del lugar en que se produce la restricción. Las velocidades se reducen y pueden producirse paradas debidas al congestionamiento. En los casos extremos, tanto la velocidad como el volumen, puede descender a cero.

El concepto general de los niveles de servicio mencionados se muestra gráficamente en la Figura 6.15 y se ilustra con las fotografías de la Figura 6.16.

6.5 FACTORES QUE AFECTAN LA CAPACIDAD Y EL VOLUMEN DE SERVICIO

Cuando las condiciones de un camino son ideales, la capacidad o el volumen de servicio a un nivel dado, son máximos. A medida que las condiciones del camino se alejan de las ideales, la capacidad o el volumen de servicio, se reducen. En consecuencia, en la mayoría de los caminos se tienen que aplicar factores de ajuste a la capacidad o al volumen de servicio, en condiciones ideales. Estos factores pueden dividirse en dos categorías: factores relativos al camino y factores relativos al tránsito.

DISTANCIA DESDE LA ORILLA DEL CARRIL AL OBSTACULO (m)	FACTORES DE AJUSTE ^a w_L Y w_c POR ANCHO DE CARRIL Y DISTANCIA A OBSTACULOS LATERALES															
	OBSTACULO EN UN SOLO LADO ^b								OBSTACULO EN AMBOS LADOS ^b							
	CARRILES EN METROS															
	3.65		3.35		3.05		2.75		3.65		3.35		3.05		2.75	
	NIVEL		NIVEL		NIVEL		NIVEL		NIVEL		NIVEL		NIVEL		NIVEL	
	B	E ^c	B	E ^c	B	E ^c	B	E ^c	B	E ^c	B	E ^c	B	E ^c	B	E ^c
1.80	1.00	1.00	0.86	0.88	0.77	0.81	0.70	0.76	1.00	1.00	0.86	0.88	0.77	0.81	0.70	0.76
1.20	0.96	0.97	0.83	0.85	0.74	0.79	0.68	0.74	0.92	0.94	0.79	0.83	0.71	0.76	0.65	0.71
0.60	0.91	0.93	0.78	0.81	0.70	0.75	0.64	0.70	0.81	0.85	0.70	0.75	0.63	0.69	0.57	0.65
0.00	0.85	0.88	0.73	0.77	0.66	0.71	0.60	0.66	0.70	0.76	0.60	0.67	0.54	0.62	0.49	0.58

a.- Factores de ajuste, w_c para el nivel "E" (Capacidad) y w_L para nivel "B"; interpolar para otros niveles.

b.- Incluye el efecto del tránsito en sentido contrario

c.- Capacidad

TABLA 6-L. EFECTO COMBINADO DEL ANCHO DE CARRIL Y DE LA DISTANCIA A OBSTACULOS LATERALES SOBRE LA CAPACIDAD Y LOS VOLUMENES DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOS CARRILES BAJO CONDICIONES DE CIRCULACION CONTINUA

VEHICULOS LIGEROS EQUIVALENTES, E_T ó E_B	FACTOR DE AJUSTE POR CAMIONES T_c ó T_L (B_c ó B_L POR AUTOBUSES ^c)																																																											
	PORCENTAJE DE CAMIONES, P_c (ó DE AUTOBUSES, P_B) de ^a																																																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	55	60																																					
2	0.9910	0.9810	0.9710	0.9610	0.9510	0.9410	0.9310	0.9210	0.9110	0.8910	0.8810	0.8610	0.8510	0.8310	0.8010	0.7710	0.7410	0.7110	0.6910	0.6710	0.6510	0.6310																																						
3	0.9810	0.9610	0.9410	0.9210	0.9110	0.8910	0.8810	0.8610	0.8510	0.8310	0.8110	0.7810	0.7610	0.7410	0.7110	0.6710	0.6310	0.5910	0.5610	0.5310	0.5010	0.4810																																						
4	0.9710	0.9410	0.9210	0.8910	0.8710	0.8510	0.8310	0.8110	0.7910	0.7710	0.7410	0.7010	0.6810	0.6510	0.6310	0.5710	0.5310	0.4910	0.4510	0.4310	0.4010	0.3810																																						
5	0.9610	0.9310	0.9110	0.8810	0.8610	0.8410	0.8210	0.8010	0.7810	0.7610	0.7410	0.7110	0.6810	0.6410	0.6110	0.5810	0.5610	0.5010	0.4510	0.4210	0.3810	0.3610																																						
6	0.9510	0.9110	0.8710	0.8310	0.8010	0.7710	0.7410	0.7110	0.6910	0.6710	0.6310	0.5910	0.5610	0.5310	0.5010	0.4410	0.4010	0.3610	0.3310	0.3110	0.2910	0.2710																																						
7	0.9410	0.8910	0.8510	0.8110	0.7710	0.7410	0.7010	0.6810	0.6510	0.6310	0.5810	0.5410	0.5110	0.4810	0.4510	0.4010	0.3610	0.3210	0.2910	0.2710	0.2510	0.2310																																						
8	0.9310	0.8810	0.8310	0.7910	0.7410	0.7010	0.6710	0.6410	0.6110	0.5910	0.5410	0.5110	0.4710	0.4410	0.4210	0.3610	0.3210	0.2910	0.2610	0.2410	0.2210	0.2110																																						
9	0.9210	0.8610	0.8110	0.7610	0.7110	0.6810	0.6410	0.6110	0.5810	0.5610	0.5110	0.4710	0.4410	0.4110	0.3810	0.3310	0.2910	0.2610	0.2410	0.2210	0.2010	0.1910																																						
10	0.9110	0.8510	0.7910	0.7410	0.6910	0.6510	0.6110	0.5810	0.5510	0.5310	0.4810	0.4410	0.4110	0.3810	0.3610	0.3110	0.2710	0.2410	0.2210	0.2010	0.1810	0.1710																																						
11	0.9010	0.8310	0.7710	0.7110	0.6710	0.6310	0.5910	0.5610	0.5310	0.5010	0.4510	0.4210	0.3810	0.3610	0.3310	0.2910	0.2510	0.2210	0.2010	0.1810	0.1710	0.1510																																						
12	0.8910	0.8210	0.7510	0.6910	0.6510	0.6010	0.5710	0.5310	0.5010	0.4810	0.4310	0.3910	0.3610	0.3410	0.3110	0.2710	0.2310	0.2110	0.1910	0.1710	0.1510	0.1410																																						
13	0.8810	0.8110	0.7410	0.6810	0.6310	0.5810	0.5410	0.5110	0.4810	0.4510	0.4110	0.3710	0.3410	0.3210	0.2910	0.2510	0.2210	0.1910	0.1710	0.1610	0.1410	0.1310																																						
14	0.8710	0.7910	0.7210	0.6610	0.6110	0.5610	0.5210	0.4910	0.4610	0.4310	0.3910	0.3510	0.3210	0.3010	0.2810	0.2410	0.2010	0.1810	0.1610	0.1510	0.1310	0.1210																																						
15	0.8610	0.7810	0.7010	0.6410	0.5910	0.5410	0.5110	0.4710	0.4410	0.4210	0.3710	0.3410	0.3110	0.2810	0.2610	0.2210	0.1910	0.1710	0.1510	0.1410	0.1310	0.1110																																						
16	0.8510	0.7710	0.6910	0.6310	0.5710	0.5310	0.4910	0.4510	0.4310	0.4010	0.3610	0.3210	0.2910	0.2710	0.2510	0.2110	0.1810	0.1610	0.1410	0.1310	0.1110	0.1010																																						
17	0.8410	0.7610	0.6810	0.6110	0.5610	0.5110	0.4710	0.4410	0.4110	0.3810	0.3410	0.3110	0.2810	0.2610	0.2410	0.2010	0.1710	0.1510	0.1410	0.1210	0.1110	0.1000																																						
18	0.8310	0.7510	0.6610	0.6010	0.5410	0.4910	0.4610	0.4210	0.4010	0.3710	0.3310	0.3010	0.2710	0.2510	0.2310	0.1910	0.1610	0.1410	0.1310	0.1210	0.1110	0.1000																																						
19	0.8210	0.7410	0.6510	0.5910	0.5310	0.4810	0.4410	0.4110	0.3810	0.3610	0.3210	0.2810	0.2610	0.2410	0.2210	0.1810	0.1610	0.1410	0.1210	0.1110	0.1000	0.0910																																						
20	0.8110	0.7210	0.6410	0.5710	0.5110	0.4710	0.4210	0.4010	0.3710	0.3410	0.3010	0.2710	0.2510	0.2310	0.2110	0.1710	0.1510	0.1310	0.1210	0.1010	0.1000	0.0910																																						
22	0.8010	0.7010	0.6110	0.5410	0.4910	0.4410	0.4010	0.3710	0.3510	0.3210	0.2810	0.2510	0.2310	0.2110	0.1910	0.1510	0.1310	0.1210	0.1010	0.1000	0.0910	0.0810																																						
24	0.7910	0.6810	0.5910	0.5210	0.4710	0.4210	0.3810	0.3510	0.3310	0.3010	0.2710	0.2410	0.2110	0.1910	0.1710	0.1310	0.1210	0.1010	0.1000	0.0910	0.0810	0.0710																																						
26	0.7810	0.6710	0.5710	0.5010	0.4410	0.4010	0.3610	0.3310	0.3110	0.2910	0.2510	0.2210	0.2010	0.1810	0.1710	0.1410	0.1210	0.1000	0.0910	0.0810	0.0710	0.0610																																						
28	0.7710	0.6510	0.5510	0.4810	0.4310	0.3810	0.3510	0.3210	0.2910	0.2710	0.2410	0.2110	0.1910	0.1710	0.1610	0.1310	0.1110	0.1000	0.0910	0.0810	0.0710	0.0610																																						
30	0.7610	0.6310	0.5310	0.4610	0.4110	0.3610	0.3310	0.3010	0.2810	0.2610	0.2210	0.2010	0.1810	0.1610	0.1510	0.1210	0.1010	0.0910	0.0810	0.0710	0.0610	0.0510																																						
35	0.7510	0.6010	0.4910	0.4210	0.3710	0.3310	0.3010	0.2710	0.2510	0.2310	0.2010	0.1710	0.1610	0.1410	0.1310	0.1110	0.0910	0.0810	0.0710	0.0610	0.0510	0.0410																																						
40	0.7410	0.5810	0.4710	0.4010	0.3510	0.3110	0.2810	0.2510	0.2310	0.2110	0.1810	0.1610	0.1510	0.1310	0.1210	0.1010	0.0910	0.0810	0.0710	0.0610	0.0510	0.0410																																						
45	0.7310	0.5610	0.4510	0.3810	0.3310	0.2910	0.2610	0.2310	0.2110	0.1910	0.1610	0.1410	0.1310	0.1110	0.1010	0.0810	0.0710	0.0610	0.0510	0.0410	0.0310	0.0210																																						
50	0.7210	0.5510	0.4410	0.3710	0.3210	0.2810	0.2510	0.2310	0.2110	0.1910	0.1610	0.1410	0.1310	0.1110	0.1010	0.0810	0.0710	0.0610	0.0510	0.0410	0.0310	0.0210																																						
55	0.7110	0.5410	0.4310	0.3610	0.3110	0.2710	0.2410	0.2110	0.1910	0.1710	0.1410	0.1310	0.1110	0.1010	0.0810	0.0710	0.0610	0.0510	0.0410	0.0310	0.0210	0.0110																																						
60	0.7010	0.5310	0.4210	0.3510	0.3010	0.2610	0.2310	0.2110	0.1910	0.1710	0.1410	0.1310	0.1110	0.1010	0.0810	0.0710	0.0610	0.0510	0.0410	0.0310	0.0210	0.0110																																						
65	0.6910	0.5210	0.4110	0.3410	0.2910	0.2510	0.2210	0.2010	0.1810	0.1610	0.1310	0.1210	0.1010	0.0910	0.0810	0.0710	0.0610	0.0510	0.0410	0.0310	0.0210	0.0110																																						
70	0.6810	0.5110	0.4010	0.3310	0.2810	0.2410	0.2110	0.1910	0.1710	0.1510	0.1210	0.1110	0.0910	0.0810	0.0710	0.0610	0.0510	0.0410	0.0310	0.0210	0.0110	0.0010																																						
75	0.6710	0.5010	0.3910	0.3210	0.2710	0.2310	0.2010	0.1810	0.1610	0.1410	0.1110	0.1010	0.0910	0.0810	0.0710	0.0610	0.0510	0.0410	0.0310	0.0210	0.0110	0.0010																																						
80	0.6610	0.4910	0.3810	0.3110	0.2610	0.2210	0.1910	0.1710	0.1510	0.1210	0.1110	0.0910	0.0810	0.0710	0.0610	0.0510	0.0410	0.0310	0.0210	0.0110	0.0010	0.0010																																						
90	0.6510	0.4810	0.3710	0.3010	0.2510	0.2110	0.1810	0.1610	0.1410	0.1110	0.1010	0.0910	0.0810	0.0710	0.0610	0.0510	0.0410	0.0310	0.0210	0.0110	0.0010	0.0010																																						
100	0.6410	0.4710	0.3610	0.2910	0.2410	0.2010	0.1710	0.1510	0.1310	0.1110	0.0910	0.0810	0.0710	0.0610	0.0510	0.0410	0.0310	0.0210	0.0110	0.0010	0.0010	0.0010																																						

- a.- De las tablas 7-E ó 7-F y 7-G
- b.- Calculadas con la fórmula $100(100-P_c) + E_T P_c$, ó bien $100(100-P_B) + E_B P_B$. Adoptarse esta fórmula para otros porcentajes.
- c.- Cuando la proporción de autobuses sea importante, úsese una equivalencia para camiones y otra para autobuses obteniendo factores de ajuste independientes.

TABLA 6-H. FACTORES DE AJUSTE POR CAMIONES Y AUTOBUSES EN AUTOPISTAS, CARRETERAS DE CARRILES MÚLTIPLES Y CARRETERAS DE DOS CARRILES

Las condiciones de operación de los enlaces de entrada y salida, serán analizados con mayor detalle en el inciso 6.10 de este capítulo.

E) Interrupciones del tránsito (intersecciones a nivel). Las intersecciones a nivel, por la misma categoría del proyecto, son inadmisibles en autopistas donde los accesos deben ser totalmente controlados; sin embargo, bajo ciertas condiciones pueden admitirse en algunas vías rápidas, y es esta característica la que diferencia fundamentalmente a las autopistas de las vías rápidas. El análisis de capacidad en los accesos de intersecciones controladas con semáforos será discutido en el inciso 6.11 de este capítulo.

de operación, dentro del nivel de servicio considerado. La relación v/c también se puede obtener de la Figura 6.20, entrando con la velocidad de operación correspondiente al nivel de servicio deseado, e intersectando la curva de la velocidad de proyecto ponderada. En los niveles de servicio C y D, la elección de la relación v/c involucra la consideración del factor de la hora de máxima demanda como multiplicador.

$$VS = 2\,000 N \frac{v}{c} W T_L$$

en la cual:

VS = Volumen de servicio (tránsito mixto en vehículos por hora en un sentido).

N = Número de carriles (en un sentido).

$\frac{v}{c}$ = Relación volumen-capacidad, obtenida de la tabla 6-C (o Figura 6.20).

W = Factor de ajuste por ancho de carril y distancia a obstáculos laterales, obtenido de la tabla 6-D.

T_L = Factor de ajuste a un nivel de servicio dado, por vehículos pesados.

Para tramos largos: úsese la tabla 6-E en combinación con la tabla 6-H.

Para subtramos específicos: úsese la tabla 6-F en combinación con la tabla 6-H.

Cuando el volumen de autobuses sea importante, el segundo término de la fórmula básica anterior deberá multiplicarse por el factor de autobuses (B_c), obtenido de la tabla 6-H en combinación con la tabla 6-G.

C) Determinación de niveles de servicio. La determinación del nivel de servicio que proporciona una autopista o vía rápida existente o propuesta, al acomodar un volumen de demanda dado, bajo condiciones de circulación continua, es a menudo el problema que se presenta. Esto puede hacerse directamente examinando la tabla 6-C, si se conocen la velocidad de operación, el volumen de demanda, el factor de la hora de máxima demanda y la velocidad de proyecto ponderada. El resultado será aproximado si se desprecia la influencia de los vehículos pesados. Sin embargo, un cálculo preciso en el que se consideren los vehículos pesados y las características de la hora de máxima demanda, involucra complicaciones que hacen inevitable una solución por tanteos. Un procedimiento de análisis puede ser el siguiente:

1. Supóngase un nivel de servicio a criterio, tomando en cuenta las características del camino y del tránsito.

2. Calcúlese el volumen de servicio correspondiente al nivel de servicio supuesto, siguiendo el procedimiento indicado para cálculo de volúmenes de servicio.

EQUIVALENTE	NIVEL DE SERVICIO	EQUIVALENTE, PARA:		
		TERRENO PLANO	TERRENO EN LOMERIO	TERRENO MONTAÑOSO
E _T , PARA CAMIONES	A	3	4	7
	B y C	2.5	5	10
	D y E	2	5	12
E _B PARA AUTOBUSES ^a	Todos los Niveles	2	4	6

a.- Hacer consideraciones por separado no es requisito en la mayoría de los problemas; aplíquese únicamente cuando el volumen de autobuses sea significativo.

TABLA 6-M. VEHICULOS LIGEROS EQUIVALENTES POR CAMION Y POR AUTOBUS EN TRAMOS LARGOS DE CARRETERAS DE DOS CARRILES

PENDIENTE ^a (%)	EQUIVALENCIA EN VEHICULOS LIGEROS, ^b E _B		
	Niveles de servicio A y B	Nivel de servicio C	Niveles de servicio D y E (capacidad)
0-4	2	2	2
5 ^c	4	3	2
6 ^c	7	6	4
7 ^c	12	12	10

a.- Todas las longitudes

b.- Para todas las porcentajes de autobuses

c.- Solo cuando la longitud de las pendientes, sea mayor de 800 m

TABLA 6-O. VEHICULOS LIGEROS EQUIVALENTES POR AUTOBUS EN SUBTRAMOS O PENDIENTES ESPECIFICAS DE CARRETERAS DE DOS CARRILES

aquellos problemas que involucren interpolación pueden ser manejados mejor con la figura que con la tabla 6-C.

La determinación de la capacidad en autopistas con condiciones por abajo de las ideales, requiere de la simple aplicación de uno o más de los factores de ajuste al valor básico (bajo condiciones ideales) de 2 000 vehículos ligeros por carril por hora, multiplicado por el número de carriles (valor tabulado para el nivel E en la tabla 6-C). El cálculo de volúmenes de servicio requiere además, del uso de las relaciones velocidad de operación-relación v/c , de la tabla 6-C.

A) Cálculo de la capacidad bajo condiciones prevalecientes. La fórmula básica para calcular la capacidad en caminos con circulación continua, donde no hay elementos que restrinjan la circulación, tales como enlaces, entrecruzamientos o semáforos, es:

Capacidad

$$c = 2\,000 N \frac{v}{c} W T_c$$

en la cual:

c = Capacidad (tránsito mixto en vehículos por hora en un sentido).

N = Número de carriles (en un sentido).

$\frac{v}{c}$ = Relación volumen-capacidad (para este caso $\frac{v}{c} = 1$)

W = Factor de ajuste por ancho de carril y distancia a obstáculos laterales, obtenido de la tabla 6-D.

T_c = Factor de ajuste a la capacidad, por vehículos pesados.

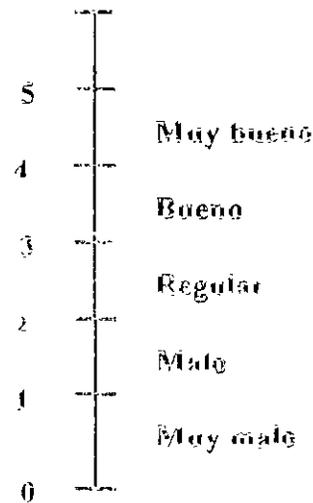
Para tramos largos: úsese la tabla 6-E en combinación con la tabla 6-H.

Para subtramos específicos: úsese la tabla 6-F en combinación con la tabla 6-H.

Cuando el volumen de autobuses sea importante, el segundo término de la fórmula básica anterior deberá multiplicarse por el factor de autobuses (B_c), obtenido de la tabla 6-G en combinación con la tabla 6-G.

B) Cálculo del volumen de servicio. El procedimiento es similar al descrito previamente para la capacidad, pero en este caso la relación v/c debe aplicarse para el nivel de servicio deseado y el factor de ajuste por camiones debe ser el correspondiente al nivel de servicio, en lugar del utilizado para la capacidad. Cuando no se dispone del alineamiento ideal, o sea que la velocidad de proyecto es inferior a 110 km/h, debe usarse la relación v/c indicada en la tabla 6-C para la velocidad de proyecto ponderada correspondiente, lo cual asegurará un resultado que mantendrá la velocidad

Índice de Servicio ISA (PSI)



$$ISA = 5.03 - 1.9 \log (1 + SV) - 0.01 \sqrt{C + P} - 1.3 \overline{RD}^2$$

$$ISA = 5.41 - 1.8 \log (1 + SV) - 0.09 \sqrt{C + P}$$

SV = Variación de la pendiente

C = Grietas en pies lineales por 1000 ft² de área

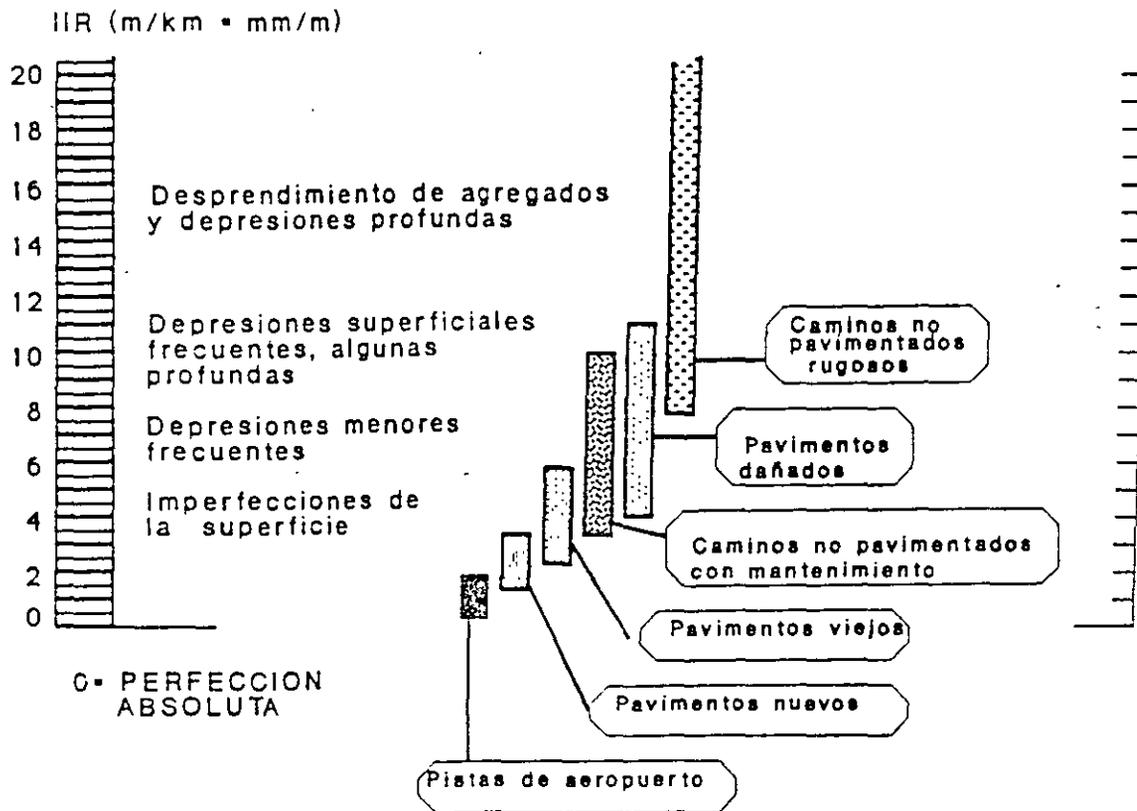
P = Parches en pies lineales por 1000 ft² de área

R = Roderas en pulgadas

Un procedimiento alternativo a la utilización de estas fórmulas es el uso de las gráficas de la figura 5.

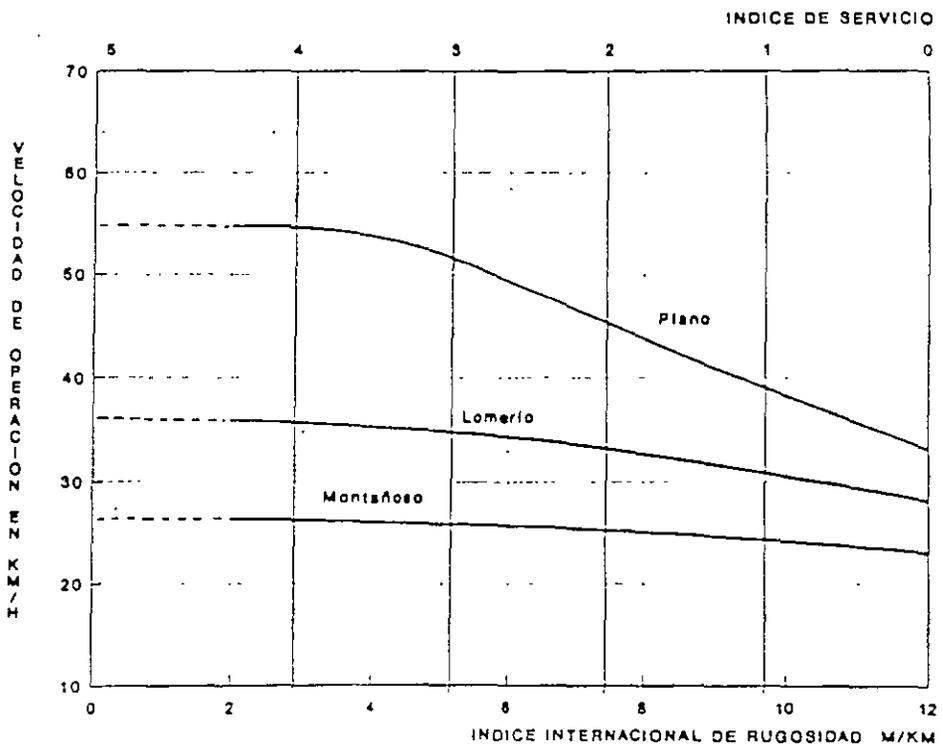
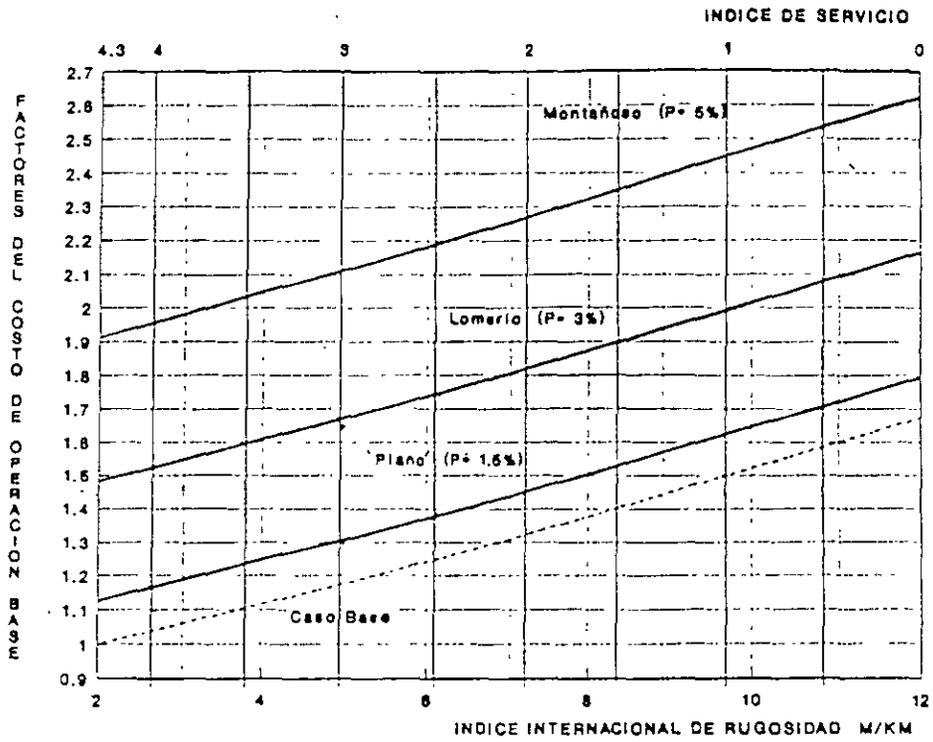
Para reducir errores en la medición de la rugosidad y, por tanto, en la apreciación de costos de operación mediante las gráficas aquí presentadas, se recomienda medir o evaluar tramos homogéneos. Con ello se reducirán las distorsiones que causarían el uso de grandes promedios de índices de servicio o rugosidad como datos de entrada a las gráficas.

FIG.2 ESCALA DEL INDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD.



Fuente:
Adaptado de Sayers, M.W., T.D. Gillespie, and W.D.O. Paterson (1995).
Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements. Technical Paper 46. World Bank.
Washington, D.C.

CAMION ARTICULADO



ANEXO 1

ÍNDICE GENERAL (1ª Etapa)

TEMA	TIPO DE ESCRITO		
	NORMA	MANUAL	PRACTICA RECOMEN.
CSV. Conservación			
1. Evaluación de Obras			
a. Calificación de las Obras			
001. Calificación de Carreteras			
b. Evaluación de Pavimentos Asfálticos			
c. Evaluación de Pavimentos de Concreto Hidraulico			
e. Evaluación de Obras de Drenaje y Subdrenaje			
f. Evaluación de Puentes y Estructuras			
g. Evaluación de Túneles			
j. Evaluación de Señalamiento y Dispositivos de Seguridad			
k. Evaluación de Obras Circunstantes a las Areas Pavimentadas y de Obras Marginales			
2. Trabajos de Mantenimiento Menor			
a. Pavimentos			
001. Limpieza de la Superficie de Rodamiento y Acotamientos			
002. Relleno Aislado de Grietas en Carpetas Asfálticas			
003. Bacheo Superficial Aislado			
004. Bacheo Profundo Aislado			
005. Relleno Aislado de Grietas y Juntas en Losas de Concreto Hidráulico			
006. Eliminación de Caucho en la Superficie de Rodamiento			
c. Obras de Drenaje y Subdrenaje			
001. Limpieza de Cunetas y Contracunetas			
002. Limpieza de Canales y Trincheras			
003. Limpieza de Alcantarillas y Colectoras			
004. Limpieza de Canales de Entrada y Salida			
005. Limpieza de Lavaderos			
006. Reposición de Borcillos			
007. Limpieza de Vados			
008. Limpieza de Obras Especiales de Control y Protección			
009. Limpieza de Pozos de Absorción			
010. Limpieza de Registros			
011. Limpieza de Subdrenes y Geodrenes			
d. Puentes y Estructuras			
001. Limpieza de Superficie de Rodamiento			
002. Limpieza de Juntas de Expansión			
003. Limpieza y Pintura de Parapetos			
004. Limpieza de Drenes			
005. Limpieza de Estribos, Filas y/o Columnas			
e. Túneles			
001. Sellado de Filtraciones			
002. Limpieza y Pintura de Pareces y Boveda			
003. Limpieza de Drenes y Colectores			
004. Limpieza de Luminarias			
005. Reposición Aislada de Luminarias			
006. Limpieza y Engrasado de Ventiladores			
007. Recarga o Reposición de Extinguidores y Mangueras			
008. Limpieza de Instalaciones Auxiliares			
h. Señalamiento y Dispositivos de Seguridad			
001. Reposición de Marcas en el Pavimento			
002. Reposición de Marcas en Guarniciones			
003. Reposición de marcas en estructuras y Cojinetes Adyacentes a la Superficie de Rodamiento			
004. Limpieza de Vialitas o Etichas			

ANEXO 1

ÍNDICE GENERAL (1ª Etapa)

TEMA	TIPO DE ESCRITO		
	NORMA	MANUAL	PRACTICA RECOMEN.
005. Limpieza de Señales Verticales			
006. Limpieza de Señales Luminosas			
008. Limpieza de Reglas y Tubos Guía para Vados			
009. Limpieza de Defensas para Carreteras			
010. Reposición de Viales para Defensas			
011. Limpieza de Dispositivos Diversos			
i. Zonas Circunstantes a las Areas Pavimentadas y Obras Marginales			
001. Limpieza de Zonas Circunstantes			
002. Deshierbe de Zonas Circunstantes			
003. Remoción de Derrumbes			
004. Relleno de Deslaves			
005. Limpieza de Barreras de Contención			
3. Trabajos de Mantenimiento Mayor			
a. Pavimentos			
001. Renivelacion Menor			
002. Riego de Sello			
003. Sobrecarceta de Granulometría Abierta			
004. Mortero Asfáltico			
005. Ranurado y Fresado de la Superficie de Rodamiento			
006. Reposición de Losas de Concreto Hidráulico			
007. Reparación de Grietas Longitudinales			
c. Obras de Drenaje y Subdrenaje			
001. Reparación de Cunetas y Contracunetas			
002. Reparación de Canales y Trincheras			
003. Reparación de Alcantarillas y Colectores			
004. Reparación de Canales de Entrada y Salida			
005. Reparación de Lavaderos			
006. Reposición de Bordillos y Guarniciones			
007. Reparación de Vados			
008. Reparación de Obras Especiales de Control y Protección			
009. Reposición o Reparación de Pozos de Absorción			
010. Reparación de Registros			
011. Reposición Aislada de Subdrenes o Geodrenes			
d. Puentes y Estructuras			
001. Reposición de Juntas de Expansión			
002. Reparación de Parapetos y Bancuetas			
003. Reparación Menor de Estribos, Pilas o Columnas			
004. Renivelación de la Superficie de Rodamiento			
e. Túneles			
001. Relleno de Oquedades			
002. Reposición de Drenes y Colectores			
003. Reposición de Luminarias			
004. Reparación de Ventiladores			
h. Señalamiento y Dispositivos de Seguridad			
001. Reposición o Reparación de Defensas para Carreteras			
003. Reposición Aislada de Viales o Zócalos			
004. Reposición Aislada de Señales Verticales			
005. Reposición o Reparación de Señales Luminosas			
007. Reposición o Reparación de Reglas y Tubos Guía para Vados			
008. Reposición de Indicadores de Alineamiento			
009. Reposición o Reparación de Dispositivos Diversos			
i. Zonas Circunstantes a las Areas Pavimentadas y Obras Marginales			
001. Rastreo o Renivelación de Zonas Circunstantes			
002. Recarga de Taludes			

ANEXO 1

ÍNDICE GENERAL (1ª Etapa)

TEMA	TIPO DE ESCRITO		
	NORMA	MANUAL	PRACTICA RECOMEN.
003. Abatimiento de Taludes			
004. Revestimiento de Taludes			
005. Reparación y/o Refuerzo de Muros de Contención			
006. Reparación de Barreras de Contención			
4. Trabajos de Rehabilitación			
a. Pavimentos			
001. Renivelación Mayor en Carpetas Asfálticas			
002. Construcción de Sobrecarpetas o Carpetas Asfálticas			
003. Construcción de Sobrecarpetas o Carpetas de Concreto Hidráulico			
004. Reciclado de Carpetas Asfálticas			
005. Reciclado en Frío del Pavimento Existente para Producir Subbases o Bases			
006. Corte del Pavimento Existente			
007. Demolición de Losas de Concreto Hidráulico			
008. Corte de Subbases o Bases			
009. Construcción de Subbases o Bases			
010. Construcción de Subbases o Bases Estabilizadas			
011. Construcción de Subbases o Base de Concreto Compactado con Rodillo			
c. Obras de Drenaje y Subdrenaje			
001. Reparación Mayor de Cunetas y Contracunetas			
002. Reparación Mayor de Canales y Trincheras			
003. Reparación Mayor de Alcantarillas y Colectores			
004. Reparación Mayor de Canales de Entrada y Salida			
005. Reposición de Lavaderos			
006. Reparación Mayor de Vados			
007. Reparación Mayor de Obras Especiales de Control y Protección			
008. Reposición de Registros			
009. Reposición de Subarenas			
d. Puentes y Estructuras			
001. Reparación Mayor o Reposición de Elementos Estructurales			
002. Reposición de Parapetos y Encruetas			
003. Reposición de Apoyos de Neopreno			
004. Reposición de Articulaciones			
e. Túneles			
001. Reparación del Sistema de Iluminación			
002. Reparación del Sistema de Ventilación			
h. Señalamiento y Dispositivos de Seguridad			
001. Reposición Total de Vialitas o Botones			
002. Reposición Total de Señalamiento Vertical			
003. Reposición Total de Defensas			
i. Zonas Circunstantes a las Áreas Pavimentadas y Obras Marginales			
001. Ampliaciones			
002. Construcción de Muros de Contención			
003. Construcción de Barreras de Contención			
004. Construcción o Reubicación de Cercos			
MIA. Mitigación del Impacto Ambiental			
1. Manifestación de Impacto Ambiental			
2. Proyecto de Mitigación al Impacto Ambiental			
3. Conceptos de Obra para la Mitigación del Impacto Ambiental			
4. Medidas de Mitigación Durante la Conservación y Rehabilitación de Obras			

ANEXO 1

ÍNDICE GENERAL (1ª Etapa)

TEMA	TIPO DE ESCRITO		
	ORDEN	MANUAL	PRACTICA RECOMEN.
4. Materiales para Pavimentos			
a. Materiales para Revestimiento			
b. Materiales para Subbases			
c. Materiales para Bases			
d. Materiales Petreos para Carpetas y Mezclas Asfálticas			
e. Materiales Asfálticos, Activos y Mezclas			
7. Materiales para Señalamiento y Dispositivos de Seguridad			
a. Pinturas			
001. Pinturas para Señalamiento Horizontal			
002. Pinturas para Señalamiento Vertical			
b. Acero			
001. Defensas			
002. Láminas y Estructuras para Señalamiento Vertical			
c. Materiales Reflejantes			
d. Viales y Botones			
10. Materiales Diversos			
a. Geosintéticos			
OPR. Operación			
1. Operación de Carreteras			
DRV. Derecho de Vía			
1. Paraderos			
2. Accesos			
3. Cruzamientos			
4. Puentes Privados			
5. Anuncios Publicitarios			
6. Instalaciones Marginales			
a. Servicios de Alojamiento			
b. Servicios de Alimentación			
c. Servicios Comerciales			
d. Servicios Sanitarios			
e. Servicios a Vehículos			
f. Comunicaciones			

DRV. DERECHO DE VÍA

Propone los criterios y procedimientos para el uso y aprovechamiento del derecho de vía y zonas adyacentes, en los casos de paradores, accesos, cruzamientos, puentes privados, anuncios publicitarios e instalaciones marginales en las que se presten servicios de alojamiento, alimentación, comerciales, sanitarios, a vehículos y comunicaciones.

2.2. TIPOS DE ESCRITOS

Los Temas a que se refiere el Inciso anterior, estarán divididos en Partes, Títulos y Capítulos, que se tratarán, según su propósito, en los siguientes tres tipos de escritos:

2.2.1. Normas (N)

Las Normas deben proponer valores específicos para proyecto; las características y calidad de los materiales, de los equipos de instalación permanente y de los acabados; los procedimientos generales de ejecución, medición y base de pago de los diversos conceptos de obra y, en general, todos aquellos aspectos que se puedan convertir en especificaciones para la ejecución de las obras públicas y de los servicios relacionados con las mismas, que en materia de infraestructura realiza la SCT.

2.2.2. Manuales (M)

Los Manuales contendrán el compendio de los métodos y procedimientos para la realización de los estudios y proyectos, así como para la ejecución, control y supervisión de las obras de la Secretaría. Estos escritos deben ser fáciles de manejar y entender, así como incluir diferentes opciones en las que se describa cada paso de los procesos, con el propósito de lograr la uniformidad y la repetitividad de esos métodos o procedimientos.

2.2.3. Prácticas Recomendables (R)

Las Prácticas Recomendables deben proponer y explicar la aplicación de los criterios y teorías que sean convenientes para la solución de casos específicos, de manera que el usuario tenga elementos para seleccionar los métodos o procedimientos aplicables, contenidos en los Manuales.

2.3. PRESENTACIÓN

Los Capítulos de los Títulos a que se refiere el Inciso anterior, serán independientes y se presentarán, publicarán y difundirán individualmente, mediante fascículos coleccionables en carpetas especiales hechas con tal propósito, facilitando de esta manera su revisión permanente, su actualización y, en su caso, su remplazo por la versión actualizada. De la misma forma se tratará aquella Parte o Título cuyo texto completo esté contenido en un solo fascículo.

El texto contenido en cada fascículo será dividido en Cláusulas, Incisos, Párrafos, Subpárrafos y Fracciones, según su estructura, con el propósito de facilitar su referencia en los proyectos y trabajos donde se invoquen.

2.4. DESIGNACIÓN

Para la identificación de cada fascículo que se elabore se usará una designación única como la siguiente:

SCT-CAR-M-2.d.001/98

Dicha designación se integrará con las siglas de la Secretaría, la clave del Tema que trata según se muestra en el Inciso 2.1. de este Instructivo; la clave del tipo de escrito al que corresponde, como se muestra en el Inciso 2.2. del presente Instructivo; el número correspondiente a la Parte, la letra que identifica al Título y el número del Capítulo, de acuerdo con el *Índice General* que se muestra en el Anexo 1. Por último, aparecen las dos (2) últimas cifras del año de publicación del fascículo.

Puesta en Servicio Pruebas necesarias del pavimento

1.- Pruebas de Evaluación Estructural.

Se determina si la estructura del pavimento resiste las cargas para las que fue proyectado.

2.- Pruebas de Comportamiento.

Se determina si los acabados son adecuados para proporcionar el servicio proyectado.

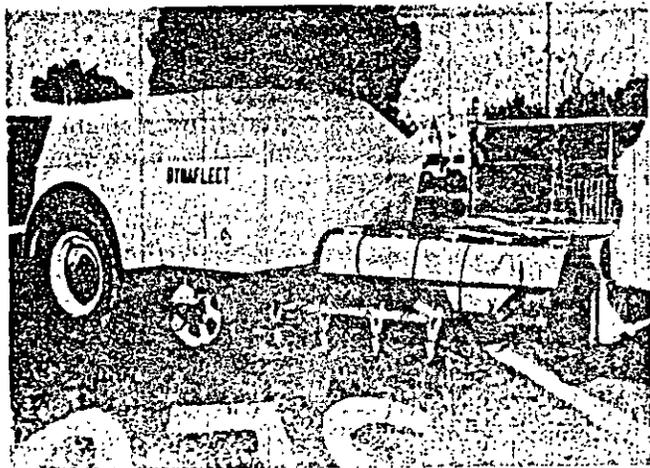
Metode dan Evaluasi Struktural

1. Con Viga Benkelman.

2. Con Dynaflect.

3. FWD (KUAB).

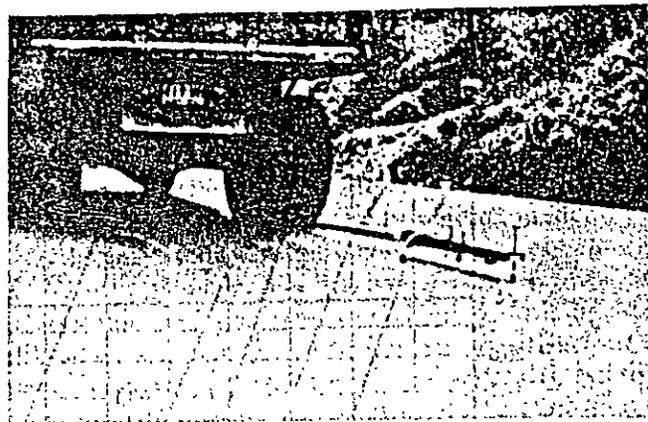
4. FWD Dynatest.



Deflectómetro tipo Dynaflect.

en la Fig. IX-35. Un brazo D fijo se sitúa nivelado sobre el pavimento apoyado en tres puntos (un punto A y dos puntos B). Un brazo móvil D_1 está acoplado al brazo fijo por una articulación rotatoria en el punto que se señala. Cuando las llantas de un camión cargado se colocan de manera que el punto C del brazo móvil quede centrado entre ellas (nótese que no es esa la posición que se muestra en el esquema), dicho punto bajará una cierta cantidad por la deformación provocada en el pavimento por el peso de las llantas. Por tal causa el brazo D_1 girará en torno a la articulación con respecto al brazo D , previamente nivelado (se supone que las dimensiones de la viga son tales que la posición del brazo D no es afectada por la deformación causada por las llantas) y de esta manera el extensómetro que se señala hará una lectura. Si se retiran ahora las llantas cargadas, el punto C se recuperará en lo que a deformación elástica se refiere y por el mismo mecanismo anterior el extensómetro hará otra lectura.

Con las dos lecturas del extensómetro es posible saber cuánto se movió el punto E en la operación y con la geometría de la viga se obtendrá correspondientemente la recuperación elástica de C al quitar



Operación con viga Benkelman.

las llantas, tal como se ilustra en el croquis operativo que aparece en la misma Fig. IX-35. Nótese que en realidad se ha medido la recuperación de C al remover la carga y no la deformación al colocar ésta.

Las distintas instituciones que han popularizado el método usan diferentes cargas en el sistema dual de llantas empleado.

El Dynaflect es un sistema electromecánico que mide la deflexión dinámica de la superficie del pavimento cuando se le aplica una carga oscilatoria (senoidal). El aparato medidor, cuyas complicaciones de detalle exceden el dominio de esta obra, viaja en un remolque arrastrado por un vehículo en el que se disponen los controles de la medición. El medidor trabaja a base de un generador de fuerzas dinámicas ejercidas sobre el pavimento (impactos), cuyos efectos se recogen en un sistema de sismógrafos alineados (geófonos). Una ventaja importante del aparato es no requerir ningún punto de referencia fijo en la superficie en que se realizan las mediciones y otra es la operación automática, libre de errores de operación y susceptible de ser realizada a una velocidad relativamente alta del remolque.

La Fig. IX-36 muestra un conjunto de curvas de deflexión proporcionado por el Dynaflect. Cada curva se refiere a las lecturas de los cinco géofonos que

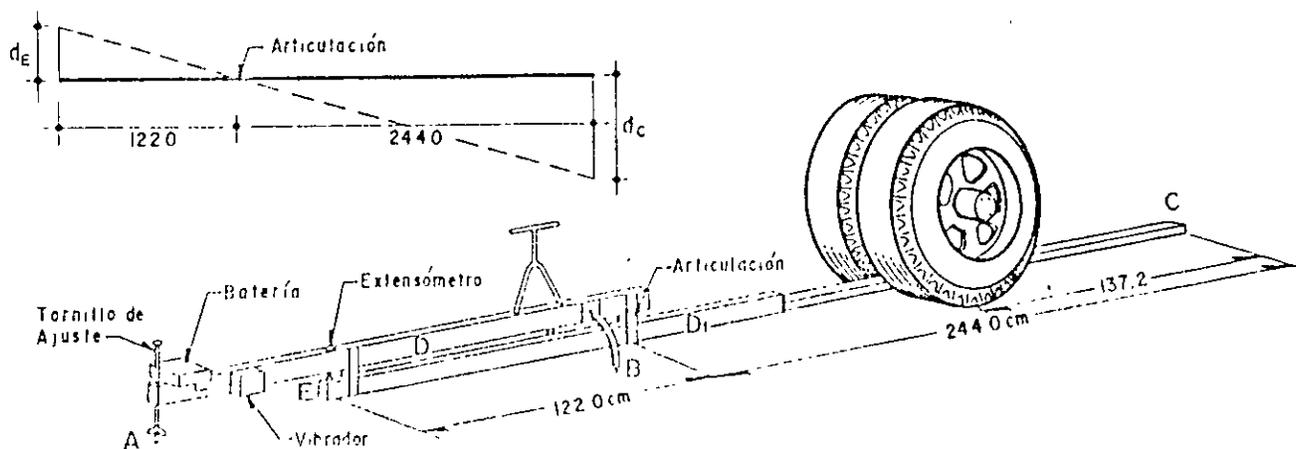


Figura IX-35. Esquema del deflectómetro Benkelman.

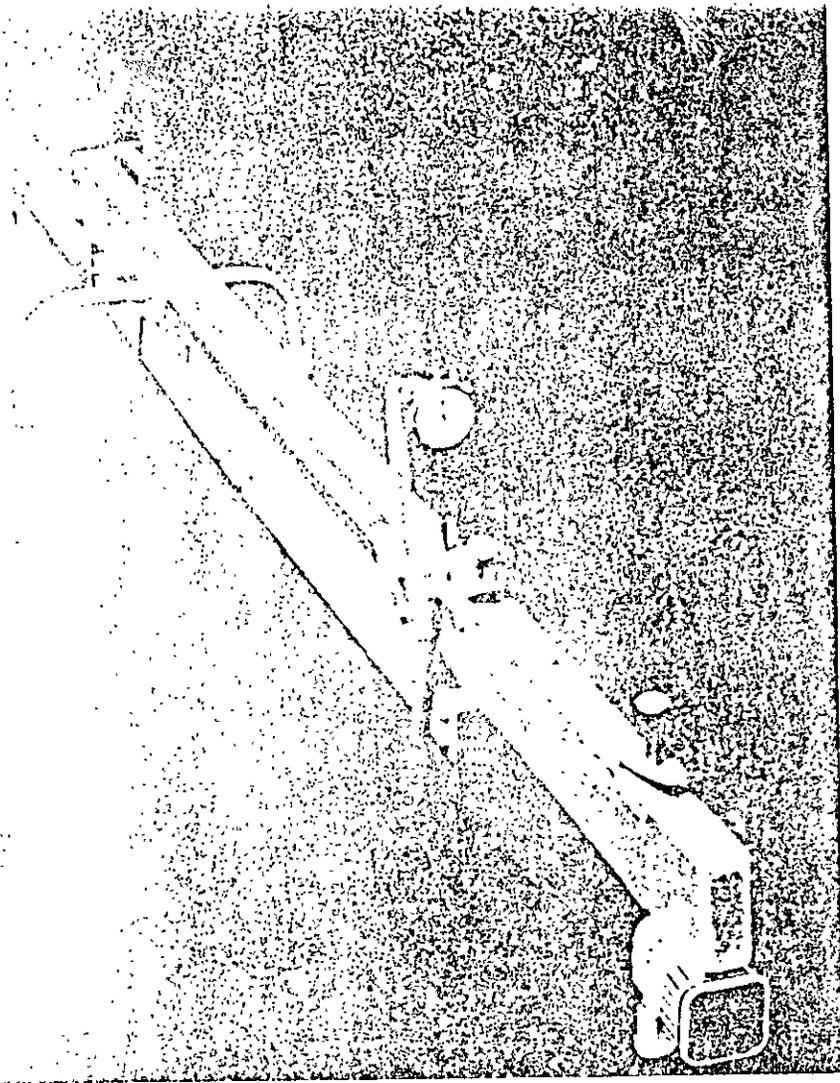


Figure IV-1—Benkelman Beam

tion and repetitions of load. These correlations, measured under a standardized loading, may be used to evaluate the structural adequacy of pavements. They also may be used to determine the extent of corrective action, if any is needed. To make such evaluations, representative deflections must be measured and traffic must be analyzed.

For measuring pavement deflections there are available a number of nondestructive devices which attempt to simulate the loading response

resulting from a moving wheel load. Several approaches are available, including measuring static deflection using full-scale loads, measuring dynamic deflections using dynamic steady-state loads or single dynamic-impact loads.

Since the Benkelman Beam has probably the most widely-developed data base from its use in measuring deflection on highway pavements, the basic procedure described in this manual is based on a rebound test procedure using this device. Details on the use of the Benkelman Beam, Dynaflect and Road Rater are included in Chapter XV.

Using the Benkelman Beam, (Figure IV-1) pavement deflections are obtained for the project under study by testing the outer wheel-path at a minimum of ten locations selected within each section of equal, or nearly equal, performance (based on the results of a condition survey), or a *minimum* of 12 per kilometre (20 per mile). The random sampling technique (See Chapter XIV) is used to select the test locations. A representative rebound deflection (RRD) value is the mean of measured rebound deflections, which have been adjusted for temperature and most critical period of the year, plus two standard deviations. This value encompasses approximately 97 percent of all deflections measured.

Test locations having adjusted deflections greater than the mean of adjusted rebound deflections plus two standard deviations should be considered for localized treatment. Additional deflection measurements should be made to determine the extent of such weak areas. These locations may require patching or localized increases in thickness to provide uniform support for the entire length of the section. Deflection measurements representing these special treatment locations are omitted from calculations to obtain the representative deflection.

The Benkelman Beam has a narrow 3.66m (12 ft) beam that is placed between the dual tires of a rear wheel of a loaded truck. The foot, or probe, located at the end of the beam, rests on the pavement under the rear axle and between the tires. The beam is pivoted at a point 2.44m (8 ft) from the probe end. The truck moves ahead at creep speed and the total pavement rebound deflection is read on a dial gauge. (Rebound deflection is the amount of vertical rebound of a surface that occurs when a load is removed from the surface.)

4.04 REPRESENTATIVE REBOUND DEFLECTION—When the deflection tests on the pavement section are completed, the recorded pavement rebound deflections are used to determine a Representative Rebound Deflection for the design section. This value is the mean of the rebound deflections which have been multiplied by a temperature adjustment factor for reference to 21°C (70°F) and, if necessary, a critical

Procedure

1. The preselected point to be tested is located (usually only the outside lane is tested) and marked on the pavement. Points should be located 0.6 m (2 ft) from the pavement edge if the lane width is less than 3.35 m (11 ft); 0.9 m (3 ft) from the pavement edge if the lane width is 3.35 m (11 ft) or more.
2. Center one set of dual wheels of the truck over the marked point. A location within 75mm (3 in.) of the point is acceptable.
3. Insert the probe of the Benkelman Beam between the dual wheels and place on the selected test point.
4. Remove the locking pin from the beam and adjust the front legs to permit approximately 13mm (0.5 in.) travel of the dial gauge stem.

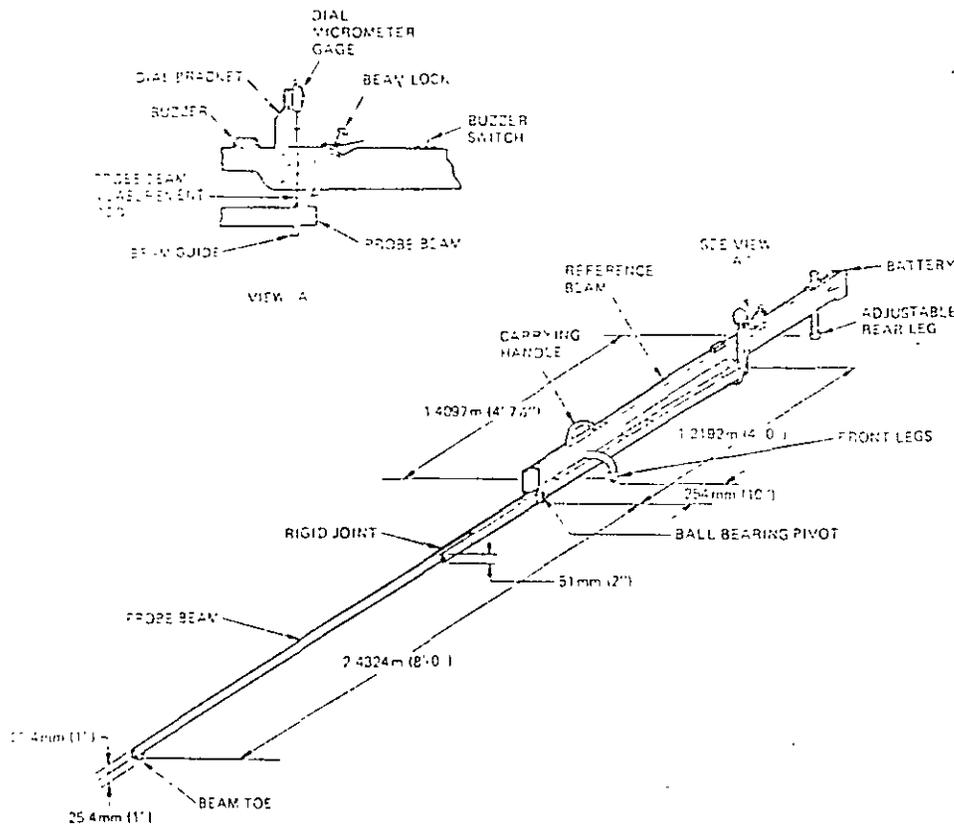


Figure XV-1—Benkelman Beam

5. Start the buzzer on the beam and record the initial dial reading.
6. Immediately after recording the reading, drive the truck slowly forward 9m (30 ft) or more.
7. Record the final dial reading. When the dial movement stops, stop the buzzer. The dial movement may resume after a short pause but no more readings are necessary.
8. Measure the pavement surface temperature* in the following manner:
 - a. At a point not less than 254mm (10 in.) from the pavement's edge, drive a small hole into the pavement 3mm (1/8 in.) in diameter and 3mm (1/8 in.) in depth.
 - b. Fill the hole with water or asphalt. Insert a thermocouple with the wire bent at right angles 5mm (3/16 in.) from the end, 3mm (1/8 in.) into the water or asphalt.
 - c. Read the temperature with a temperature potentiometer. At this time also record the air temperature.
9. Check the truck tire pressure once a day and correct to the 552kPa (80 psi) standard equipment, if necessary.
10. Determine the total thickness, to the nearest 25mm (inch) of asphalt-bound components in the pavement structure. This may be done from construction records, by core drilling, or by a small excavation at the pavement's edge. Determine also the types and general condition of materials in the remainder of the pavement structure, i.e., "granular base, wet" or "granular subbase, saturated and contaminated with silt from subgrade."

Calculations

Subtract the final dial reading from the initial dial reading and record. The total pavement rebound deflection is twice the dial movement during the test. (Two-to-one is the usual ratio for the Benkelman Beam. Some models may be built with a different ratio.)

*One pavement surface temperature measurement an hour usually will be sufficient. Make the measurement at the location currently being tested for deflection.

period adjustment factor, plus two standard deviations. The Representative Rebound Deflection, (RRD) is computed from:

$$RRD = (\bar{x} + 2s) c$$

Where: \bar{x} = the arithmetic mean of the individual values that have been adjusted for temperature = $\frac{\sum x_i f_i}{n}$

s = standard deviation (as defined below)

f_i = temperature adjustment factor of individual deflections

c = critical period adjustment factor

x_i = individual deflection values

n = number of individual deflection test values

Standard Deviation: The standard deviation, s , may be computed using the following formula. (This formula is set up for maximum ease when using a hand calculator or a digital computer.)

$$s = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \bar{x} \sum x}{n - 1}}$$

Where: s = standard deviation

x = individual test value, corrected for temperature

\bar{x} = mean adjusted test value (as defined above)

Adjustment Factors: Because of changes in temperature and moisture content, the deflection of a given pavement will usually vary from hour to hour, from day to day and from one season of the year to the next, and also may vary from one year to the next for a given reason. For flexible pavements subjected to frost action, there may be a significant strength loss in the pavement aggregate base or subgrade during the spring thaw period as the underlying layers become saturated. This strength loss will occur regardless of the total strength or overall thickness of the pavement. However, the amount of strength loss is a function of the pavement thickness. For instance, it will be less with pavements having thicker granular base courses. Also, pavements located in areas with milder climates having significant rainfall will be subject to more gradual strength changes than those undergoing the effects of lower temperatures and frost penetration. Furthermore, the peak deflections for these locations might occur in the summer or fall instead of the spring.

Because of these effects, corrections to the measured deflections must take into consideration variations in both temperature and moisture content, as well as the design and geographical location of the pavement.

The procedure for determining the mean temperature of the asphalt-bound layers is detailed in Chapter XVI. Figure IV-2 gives temperature adjustment factor curves for various thicknesses of dense-graded ag-

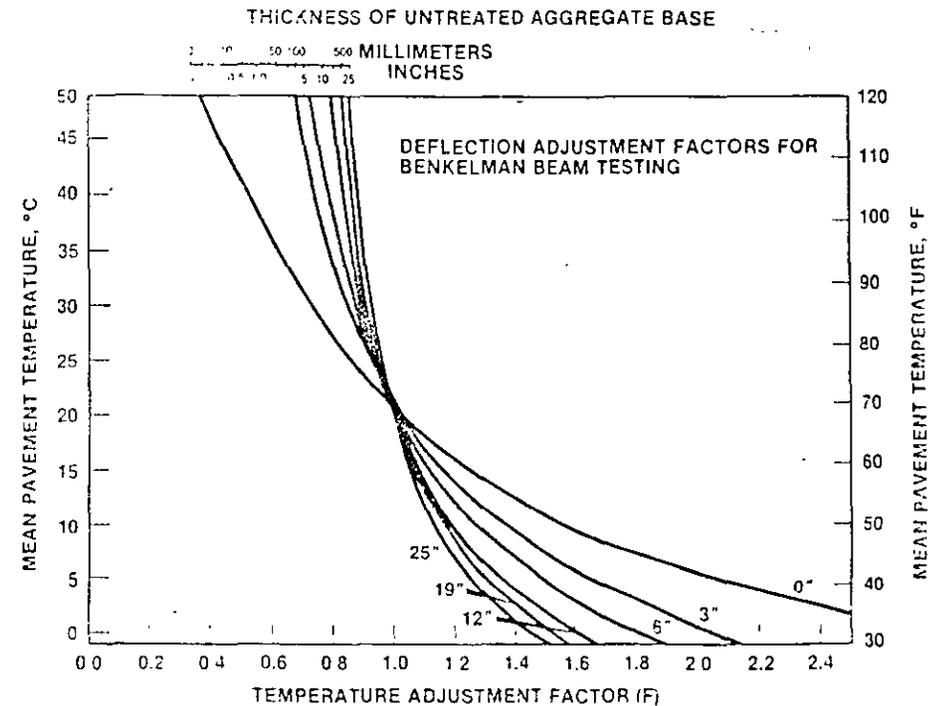


Figure IV-2—Average pavement temperature versus Benkelman Beam deflection adjustment factors for Full-Depth and three-layered asphalt concrete pavements

gregate bases. (A thickness of 0mm [0 in.] corresponds to a Full-Depth asphalt concrete pavement.)

If all deflection measurements are made at the same temperature then the adjustment can be applied to the mean deflection value ($\bar{x} = f \frac{\sum x_i}{n}$). However, deflection values may be obtained over a period of several hours, during which time substantial changes can occur in pavement temperature. In these cases the temperature adjustment should be made before calculating the mean deflection and standard deviations.

The critical period is the interval during which the pavement is most likely to be damaged by heavy loads. It is extremely important that the Representative Rebound Deflection reflect the most critical period.

Here are recommended methods for determining the critical period adjustment factor:

A method of estimating pavement life is detailed below. Too many extraneous forces affect the condition of the pavement for any method of estimating its life to be considered as anything but an indication. The estimate, however, is a valuable tool to use in planning future work, especially if the pavement section is re-evaluated every two or three years to check the estimate and establish the trend of performance.

To estimate how long before an overlay is needed:

1. Determine the Representative Rebound Deflection (RRD) as described in Article 4.04.
2. Using the Design Rebound Deflection Chart, Figure IV-5, and letting the RRD equal the Design Rebound Deflection, obtain the remaining EAL, EAL_r .
3. Determine the average number of each type of vehicle on the design section for the current year.
4. Multiply the number of vehicles of each type by the appropriate Truck Factor selected from Table III-4.
5. Sum the values and divide this number into the EAL_r to determine a Growth Factor.
6. Estimate the traffic growth rate in percent.
7. With the Growth Factor enter Table III-3 in the column representing the growth rate and find the Design Period for that Factor. The Design Period is the estimated number of years before an overlay is needed.

Example

Two-lane rural highway carrying an average of 5,000 vehicles per day, 10 percent of them being heavy trucks (2-axle, 6-tire, and larger) and 14 percent of them being panel and pick-up trucks (2-axle, 4-tire). Fifty percent of the trucks are in the design lane. Using the results of the Benkelman Beam deflection tests, estimate the length of time before an overlay is needed.

1. $RRD = 1.08\text{mm}$ (0.042 in.) (See *Example*, Article 4.04.)
2. Remaining EAL, (EAL_r) = 500,000 (from Figure IV-5).
3. Traffic Analysis:

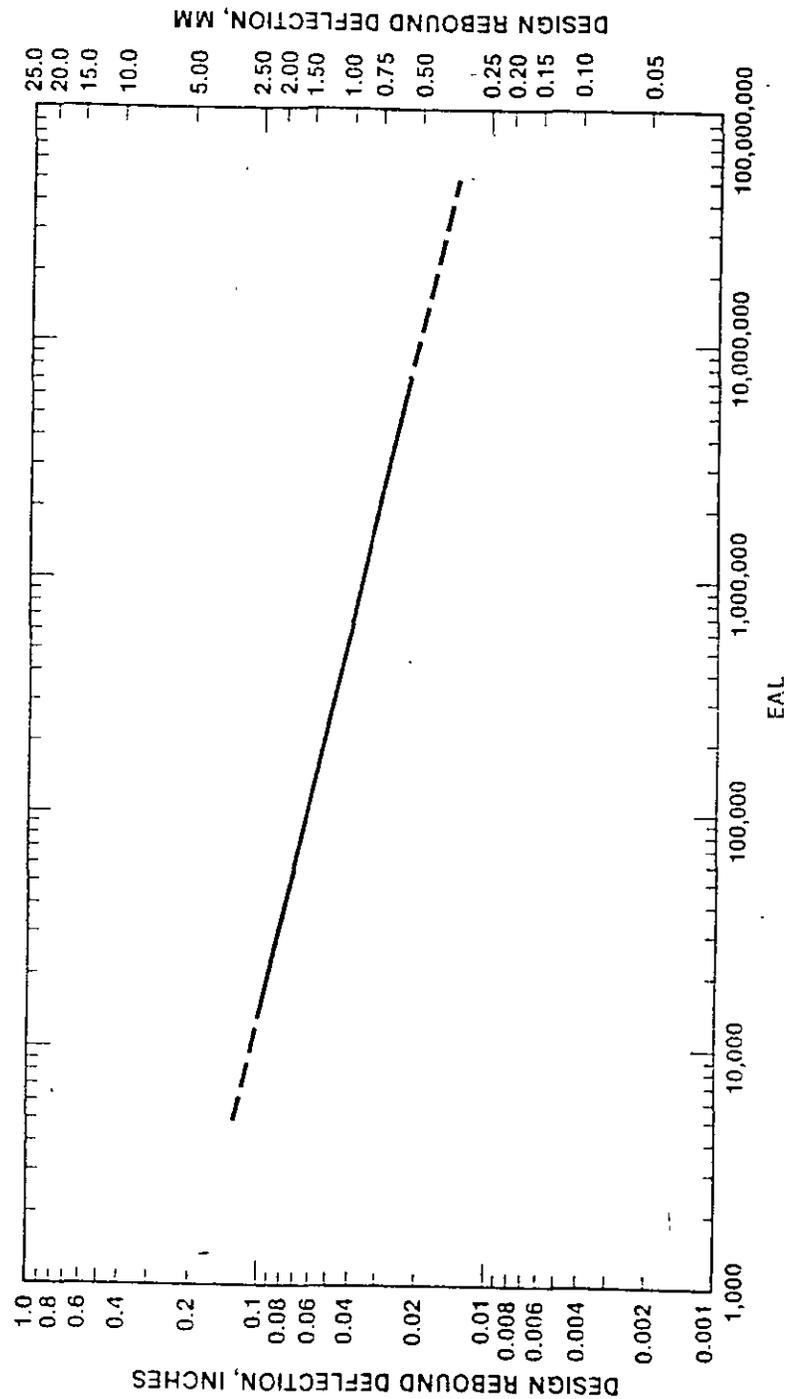


Figure IV-5—Design rebound deflection chart

10.- VIGENCIA

La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor conforme a lo dispuesto en el artículo primero transitorio fracciones I, II y III del Reglamento sobre el Peso, Dimensiones y Capacidad de los Vehículos de Autotransporte que Transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal.

11.- BIBLIOGRAFIA

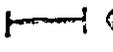
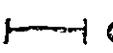
- Heavy Truck Weight and Dimension Regulations for Interprovincial Operations in Canada. (November 1992)
- Todo Transporte No. 75 "Adaptación a la Legislación Comunitaria. Pesos y Dimensiones" (Febrero 1991)
- Vehicle Sizes and Weight Manual "Vehicle Sizes & Weights Cnar" (1992)
- Traffic Engineering Handbook
Institute of Transportation Engineers (1992)
- A Policy on Geometric Design of Highways and Streets
American Association on State Highway and Transportation Officials (1990)
- Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
- Normas de Servicios Técnicos
Proyecto Geométrico de Carreteras
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
- New Trucks for Greater Productivity and Less Road Wear
Transportation Research Board
National Research Council
- Truck Weight Limits
Transportation Research Board
National Research Council
- Motor Truck Engineering Handbook
- Providing Access for Large Trucks
Transportation Research Board
National Research Council

Dada en la Ciudad de México a los veintiocho días del mes de febrero de mil novecientos noventa y cuatro - El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre, Gustavo Patiño Guerrero.- Rúbrica

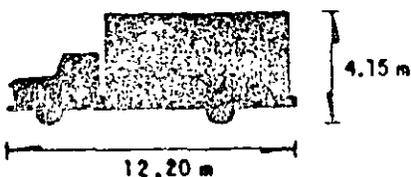
**12.- APENDICE "A" NORMATIVO
"PESO Y DIMENSIONES MAXIMAS AUTORIZADAS POR
TIPO DE VEHICULO Y CAMINO"**

TABLAS

- TABLA "A" PESOS MAXIMOS AUTORIZADOS POR TIPO DE EJE Y CAMINO (TONELADAS)
- TABLAS "B" PESO BRUTO VEHICULAR MAXIMO AUTORIZADO POR TIPO DE VEHICULO Y CAMINO (TONELADAS)
- TABLA "C" LONGITUDES MAXIMAS AUTORIZADAS POR TIPO DE VEHICULO Y CAMINO (METROS)

CONFIGURACION DE EJES	TIPO DE CAMINO			
	A4 Y A2	B4 Y B2	C	D
 SENCILLO DOS LLANTAS	6.50	6.50	5.50	5.00
 MOTRIZ SENCILLO DOS LLANTAS	7.00	7.00	6.00	5.50

	PMT 21 SENCILLO CUATRO LLANTAS	10.00	10.00	9.00	8.00
	MOTRIZ SENCILLO CUATRO LLANTAS	11.00	11.00	10.00	9.00
	DOBLE O TANDEM CUATRO LLANTAS	11.00	11.00	10.00	9.00
	MOTRIZ DOBLE O TANDEM CUATRO LLANTAS	12.50	12.50	11.00	10.00
	DOBLE O TANDEM SEIS LLANTAS	14.50	14.50	13.00	11.50
	MOTRIZ DOBLE O TANDEM SEIS LLANTAS	15.50	15.50	14.00	12.50
	DOBLE O TANDEM OCHO LLANTAS	18.00	18.00	16.00	14.00
	MOTRIZ DOBLE O TANDEM OCHO LLANTAS	19.50	19.50	17.50	15.50
	TRIPLE O TRIDEM SEIS LLANTAS	14.00	14.00	12.50	11.50
	MOTRIZ TRIPLE O TRIDEM SEIS LLANTAS	15.50	15.50	14.00	12.50
	TRIPLE O TRIDEM DOCE LLANTAS	22.50	22.50	20.00	18.00
	MOTRIZ TRIPLE O TRIDEM DOCE LLANTAS	24.50	24.50	22.00	19.50



C2 Camión de dos ejes

Camino	Conjunto	Peso, en ton		P, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
Camino A	1*	5.5	3.5	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.079	0.019	0.010
	2**	10.0	3.0	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.044	0.009	0.004
	Σ	15.5	6.5		2.000	1.890	2.457	2.939	2.000	0.123	0.028	0.014
Camino B	1*	5.0	3.0	5.8	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.044	0.009	0.004
	2**	9.0	3.0	5.8	1.000	1.234	1.483	1.630	1.000	0.044	0.009	0.004
	Σ	14.0	6.0		2.000	1.495	1.589	1.701	2.000	0.088	0.018	0.008
Camino C	1*	4.0	2.5	5.8	1.000	0.126	0.036	0.021	1.000	0.022	0.003	0.002
	2**	8.0	2.5	5.8	1.000	0.944	0.900	0.878	1.000	0.022	0.003	0.002
	Σ	12.0	5.0		2.000	1.070	0.936	0.899	2.000	0.044	0.006	0.004

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

- * EJE SENCILLO
- ** EJE TANDEM
- *** EJE TRIPLE

Fig E.6

COEFICIENTES DE DAÑO

1. CAMIÓN DE DOS EJES CON CARGAS LEGALES

EJE	CARGA TON	PRESION km/cm ²	z = 0	z = 20	z = 40	z = 60	z = 80	z = 100	z = 120	z = 140	z = 160	z = 180
1	5.5	5.8	1.00	0.246	0.139	0.119	0.112	0.109	0.107	0.106	0.106	0.105
2	10	5.8	1.00	1.838	2.56	2.82	2.929	2.984	3.014	3.033	3.046	3.054
		SUMA	2.00	2.08	2.70	2.94	3.04	3.09	3.12	3.14	3.15	3.16

1 = EJE SENCILLO

COEFICIENTES DE DAÑO

2. CAMIÓN DE DOS EJES SOBRECARGADO

EJE	CARGA TON	PRESION km/cm ²	z = 0	z = 20	z = 40	z = 60	z = 80	z = 100	z = 120	z = 140	z = 160	z = 180
1	5.5	5.8	1.00	0.246	0.139	0.119	0.112	0.109	0.107	0.106	0.106	0.105
2	14.4	7.4	3.99	10.315	17.816	20.978	22.38	23.095	23.503	23.756	23.923	24.038
		SUMA	4.99	10.56	17.96	21.10	22.49	23.20	23.61	23.86	24.03	24.14

1 = EJE SENCILLO

COEFICIENTES DE DAÑO

T 3 - S 3 TRACTOR DE TRES EJES CON SEMIREMOLQUE DE TRES EJES CON CARGAS LEGALES

EJE	CERGA TON	PRESION km/ cm2	z = 0	z = 20	z = 40	z = 60	z = 80	z = 100	z = 120	z = 140	z = 160	z = 180
*	5.5	5.8	1.00	0.246	0.139	0.119	0.112	0.109	0.107	0.106	0.106	0.105
**	18	5.8	1.00	1.838	2.56	2.82	2.929	2.984	3.014	3.033	3.046	3.054
***	22.5	5.8	1.00	1.838	2.56	2.82	2.929	2.984	3.014	3.033	3.046	3.054
SUMA			3.00	3.92	5.26	5.76	5.97	6.08	6.14	6.17	6.20	6.21

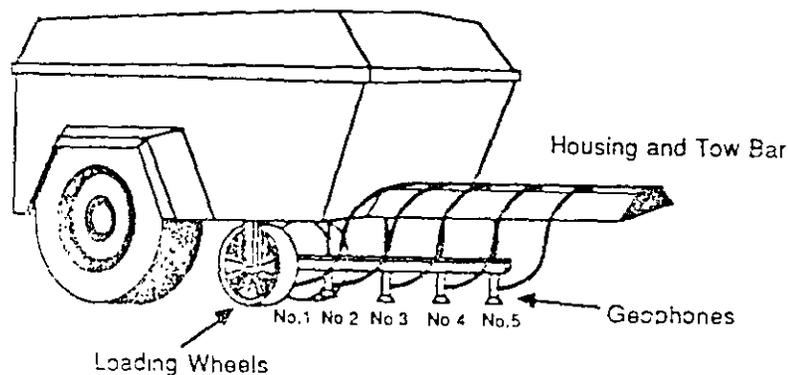
* = EJE SENCILLO ** = EJE DOBLE *** = EJE TRIPLE

COEFICIENTES DE DAÑO

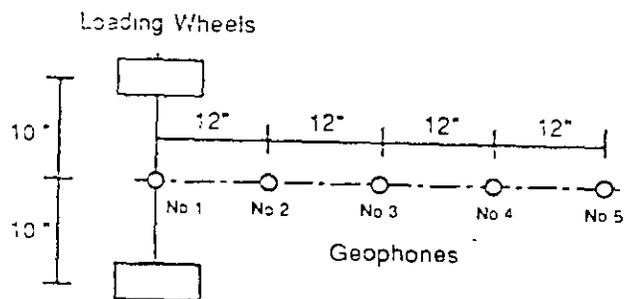
T 3 - S 3 TRACTOR DE TRES EJES CON SEMIREMOLQUE DE TRES EJES SOBRECARGADO

EJE	CERGA TON	PRESION km/ cm2	z = 0	z = 20	z = 40	z = 60	z = 80	z = 100	z = 120	z = 140	z = 160	z = 180
*	3	5.8	1.00	0.02	0.006	0.004	0.004	0.004	0.004	0.006	0.003	0.003
**	28.8	7.4	3.99	13.626	28.594	35.858	39.244	41.01	42.028	42.664	43.085	43.378
***	43.2	7.4	3.99	21.181	63.14	89.338	102.78	110.107	114.424	117.154	118.979	120.255
SUMA			8.98	34.83	91.74	125.20	142.03	151.12	156.46	159.82	162.07	163.64

* = EJE SENCILLO ** = EJE DOBLE *** = EJE TRIPLE



(a) The Dynaflect with Load Wheels in the Test Position



(b) Configuration of Dynaflect Load Wheels and Geophones

Figure 9.4 Illustration of the Dynaflect (Note: 1 in = 25.4 mm).

9.3.2.2 Road Rater

The Road Rater is a vibratory device capable of varying both the load magnitude and frequency. Although three models are produced, they are mechanically similar [FDI]. The major elements of the loading system are shown in Figure 9.5. Magnitude of the static load is varied by transferring the weight of the trailer from the travel wheels to the deflection load plate. To generate the dynamic load, a mass is hydraulically raised and lowered. The deflection load plate provides the reaction point for displacing

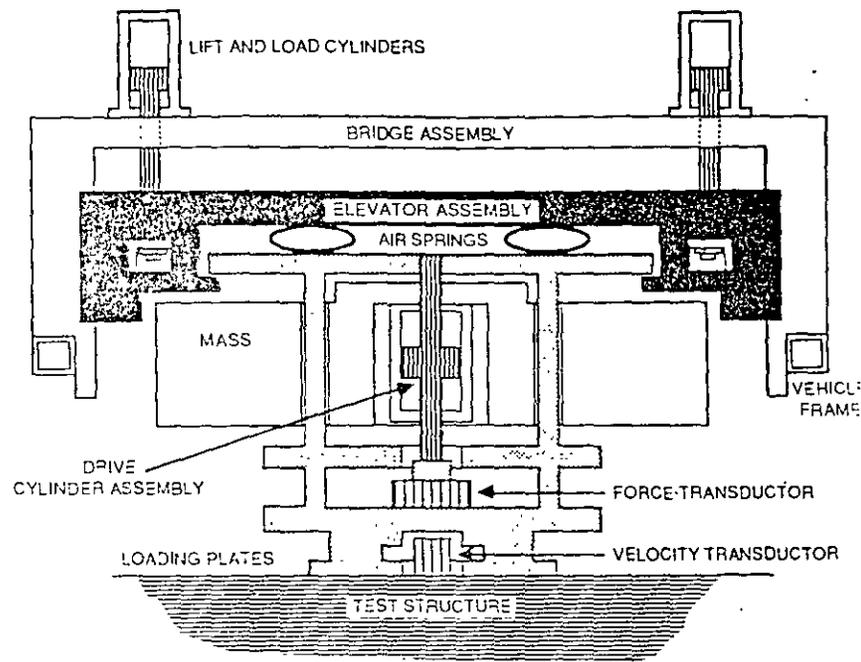


Figure 9.5 Schematic drawing of the Road Rater static and dynamic loading system

the mass. Hence, as the mass is lifted, the deflection force is increased and as a mass is lowered, the deflection force is released. Four velocity transducers are used to measure the deflection of the pavement: one in the center of the load plate and three placed at 1-foot intervals. The three models of the Road Rater differ in the range of dynamic load magnitude and frequency that can be applied to the pavement as follows:

Road Rater Model	Dynamic Load Range (lb)	Frequency Range (Hz)
400	200-3,000	
2000	200-5,500	6-60
2008	500-9,000	5-80

9.3.3 Impulse Devices

Impulse load deflection measurement devices typically employ a mass falling from a buffered load plate. These devices are typically referred to as falling weight deflectometers (FWD). Figure 9.6 illustrates the basic principle of an FWD. Variations in the applied peak force levels are achieved by varying the magnitude of the d

Report

The report shall include the following:

- Test location
- Total pavement rebound deflection
- Pavement surface temperature
- Air temperature
- Asphalt pavement thickness.

15.02 DYNAFLECT TESTING PROCEDURE*—

Equipment and Procedure

The Dynaflect, which is pictured in Figure XV-2 and shown schematically in Figure XV-3, is mounted on a small two-wheel trailer that can be towed at normal highway speeds by a passenger automobile. To make measurements the vehicle is stopped briefly at a test location where the force generator and the deflection sensors are lowered to the pavement. The operation controls and a meter to read deflections are contained in a control box for convenient access by the driver of the tow vehicle. Thus the driver also serves as the Dynaflect operator.

The force generator employs counter rotating masses to apply a peak-to-peak dynamic force of 4.4kN (1000 lb) at a fixed frequency of 8 Hz. During measurements almost the entire weight of the trailer, approximately 8kN (1800 lb), serves as the static force. About 23kg (50 lb) is transmitted through the trailer hitch to the tow vehicle. The force is applied to the pavement through two, 100mm (4-in.) wide, 400mm (16-in.)-OD, rubber-coated steel wheels which are spaced 500mm (20 in.) center to center. The actual contact area of each load wheel is rather small, less than 2580mm² (4 in.²).

Deflections are measured with 210 Ω , 4.5 Hz geophones that are shunted to a damping factor of approximately 0.7. Normally five sensors are used to make measurements on the symmetry axis which passes between the load wheels. The deflection for each sensor, in millimetres (inches), is read directly on a meter. Using the Dynaflect calibrator, periodic calibration of each sensor though the meter is recommended to compensate for any possible variations in the sensors and associated circuitry.

The total time required for making a set of five deflection measurements at a test location is about 2 minutes, which includes the time required for the lowering and raising of the force generator and deflection sensors.

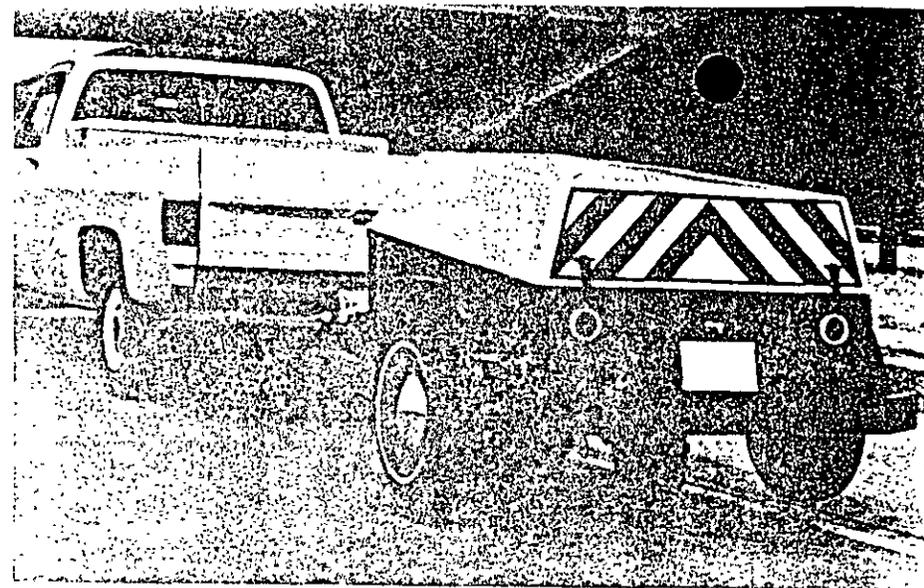


FIGURE XV-2 Dynaflect deflection trailer *Photo courtesy SIE, Inc. (see page 130 for address)*

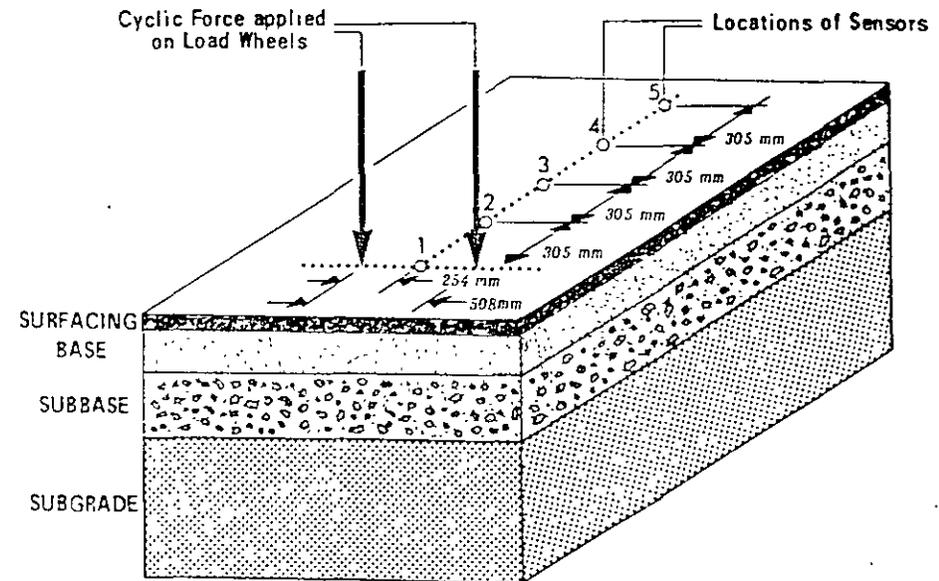


Figure XV-3—Schematic illustration of the Dynaflect force application and deflection sensor locations

*The description of this equipment is taken from *An Introduction to Nondestructive Structural Evaluation of Pavements*, Transportation Research Circular No. 189, Transportation Research Board, Washington, D.C. 1978.

Additional information on the Dynaflect equipment and test method is available from S.I.E., Inc., Box 214, Route 5, Fort Worth, Texas 76126.

Approximate Correlation Between Dynaflect and Benkelman Beam Deflections

Limited studies have been made that relate Dynaflect to Benkelman Beam deflections. The relationship between deflections measured by the Benkelman Beam and Dynaflect given in Figure XV-4 is an average of several studies. Correlation is quite close at lower values of deflection [in the vicinity of 0.5 to 1.0mm (20 to 40 thousandths of an inch) equivalent Benkelman Beam deflection]. Due to scatter in the data at higher deflections, some caution and judgment should be exercised in making decisions based on conversions of Dynaflect to equivalent Benkelman Beam deflections at these higher deflections. In all cases it is recommended that, whenever possible, correlations be made that reflect local conditions.

When deflections are measured with the Dynaflect, convert each measurement to an equivalent Benkelman Beam deflection using Figure XV-4; then use these deflections to determine a Representative Rebound Deflection according to procedures detailed in Chapter IV, DEFLECTION PROCEDURE.

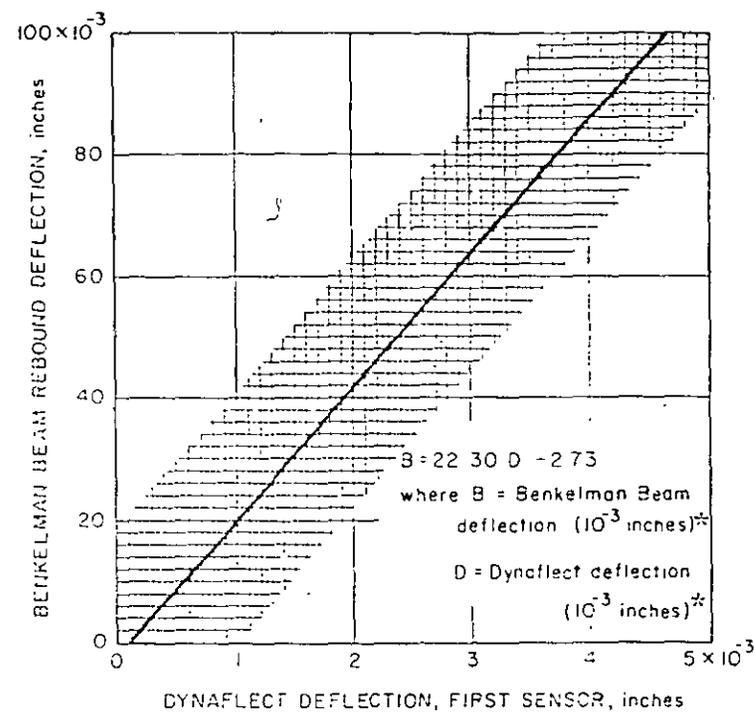
15.03 ROAD RATER TEST PROCEDURE*—

Equipment and Procedure

There are four models of this instrument, the Road Rater. Two of the models are designed for mounting on the front of a light duty truck and the other two are mounted in a two-wheel trailer (See Figure XV-5). To make measurements with either type unit the vehicle is stopped at a measurement location where the force generator and the deflection sensors are lowered to the pavement hydraulically. The operation controls and a meter to read deflections are located inside the vehicle for convenient access by the driver-operator.

The force generator for all models consists of a steel mass, hydraulically-activated vibrator. It is capable of producing various magnitudes of dynamic force at driving frequencies between 5 and 100 Hz. All standard models are designed to operate at 5 fixed frequency values in the range of 10 to 40 Hz. At low driving frequencies the maximum peak-to-peak dynamic force that can be produced is limited by the displacement of the hydraulic ram, whereas at higher frequencies it is limited by the static force being exerted on the pavement. Although

*The description of this equipment is taken from *An Introduction to Nondestructive Structural Evaluation of Pavements*, Transportation Research Circular No. 139, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1978



* 1 in. = 25.4mm

Figure XV-4—Relationship between Benkelman Beam deflection and Dynaflect deflection

various other loading plates are available, the loading footprint for all standard models consists of two steel 100mm x 178mm (4-in. x 7-in.) rectangular areas that are spaced 267mm (10 1/2-in.) center to center. Thus the total contact area is 36,170mm² (56 in.²).

Deflections are measured using the integrated output of velocity sensors. Normally one or more sensors are employed to make measurements on the symmetry axis which passes between the two loading plates. The deflection of each sensor is read directly on a meter.

The total time required at a test location to make one deflection measurement at a chosen driving frequency is less than one minute. This includes the time required for lowering and raising the force generator and the deflection sensors.

Additional information on the Road Rater equipment and test method is available from Foundation Mechanics, Inc., 421 East El Segundo Boulevard, El Segundo, California 90245.

Procedimiento para determinar el SAI

- 1.- Calcular la diferencia entre la deflexión característica y cada una de las deflexiones medidas.*
- 2.- Calcular el porcentaje de deflexiones medidas que exceden a la deflexión característica.*
- 3.- Determinar el valor de "densidad" de la tabla.*
- 4.- Restar el valor de densidad de $\bar{5}$*
- 5.- $SAI = \bar{5} \pm \text{densidad}$*

Density
Between 20 and 60%
Greater than 60%

Differences (mil) (**)	Less than 60%			Between 20 and 60%			Greater than 60%		
	Low Traffic	Medium Traffic	High Traffic	Low Traffic	Medium Traffic	High Traffic	Low Traffic	Medium Traffic	High Traffic
0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.10	0.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.3	0.5	0.8
0.20	0.3	0.5	0.8	0.5	0.8	1.0	0.8	1.0	1.5
0.30	0.5	0.8	1.5	0.8	1.0	2.0	1.3	1.5	2.5
0.40	0.8	1.0	2.0	1.3	1.5	2.5	1.5	2.0	3.0
0.50	1.0	1.5	2.5	1.5	2.0	2.8	2.0	2.5	3.3
0.60	1.3	2.0	3.0	2.0	2.8	3.3	2.5	3.0	3.8
0.70	1.5	2.8	3.3	2.0	3.0	3.5	2.8	3.3	4.0
0.80	1.8	2.8	3.5	2.5	3.3	4.0	2.8	3.5	4.3
0.90	2.0	3.0	3.8	2.5	3.5	4.3	3.0	3.8	4.5
1.00	2.0	3.0	4.3	2.5	3.8	4.5	3.0	4.0	4.8
1.10	2.3	3.3	4.5	2.8	3.8	4.5	3.3	4.3	4.8
1.20	2.3	3.3	4.5	2.8	4.0	4.8	3.3	4.3	5.0
1.30	2.5	3.3	4.5	3.0	4.0	4.8	3.3	4.5	5.0
1.40	2.5	3.5	4.8	3.0	4.3	5.0	3.5	4.5	5.0
1.50	2.5	3.5	4.8	3.0	4.3	5.0	3.5	4.8	5.0
1.60	2.8	3.8	4.8	3.3	4.5	5.0	3.8	4.8	5.0
1.70	2.8	3.8	5.0	3.3	4.5	5.0	3.8	4.8	5.0
1.80	2.8	4.0	5.0	3.5	4.8	5.0	3.8	5.0	5.0
1.90	3.0	4.0	5.0	3.5	4.8	5.0	4.0	5.0	5.0
2.00	3.0	4.5	5.0	3.8	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0
2.10	3.0	4.5	5.0	3.8	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0
2.20	3.3	4.8	5.0	3.8	5.0	5.0	4.3	5.0	5.0
2.30	3.3	4.8*	5.0	4.0	5.0	5.0	4.3	5.0	5.0
2.40	3.3	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.3	5.0	5.0
2.50	3.5	5.0	5.0	4.3	5.0	5.0	4.5	5.0	5.0
2.60	3.5	5.0	5.0	4.3	5.0	5.0	4.5	5.0	5.0
2.70	3.8	5.0	5.0	4.3	5.0	5.0	4.5	5.0	5.0

(*) Percentage of deflection readings exceeding the Maximum Tolerable Deflection.
 (**) Difference between the design deflection, $(X_{avg} + 2S)$ Spring/fall Ratio, and MTD

Evaluation of Pavement Structural Capacity

This method of evaluating structural adequacy gives a "bo" to pavement whose design deflections are less than the MTD requirement for structural adequacy. Thus, the SAI determined in this manner reflects the degree of both structural adequacy and structural adequacy. To illustrate this method of determining SAI, examples (one for negative difference and one for positive difference) are presented as follows.

Example 1

If a two lane pavement section has a design deflection ($\bar{x} + 2\sigma$) of 2.57, the \bar{x} has been calculated at 1.87, the AADT is 1000, and 45 percent of the adjusted measured deflections exceed the MTD, then:

1. Difference = design deflection - MTD = 0.70
2. 30% \leq 45% \leq 60%; medium frequency of exceeded MTD
3. AADT = 1000 (low traffic)
4. from Table 9.2, density = 2.0
5. SAI = 5.0 - 2.0 = 3.0

Example 2

If a two lane pavement section has a design deflection ($\bar{x} + 2\sigma$) of 1.23, an \bar{x} of 1.65, the AADT is 1000, and 65 percent of the adjusted measured deflections exceed the MTD, then:

1. Difference = MTD - design deflection = 0.42 or approximately 0.40
2. 60% \leq 65% \leq high frequency of adjusted measured deflection below MTD
3. AADT = 1000 (low traffic), therefore use "High Traffic" column in Table 9.2
4. From Table 9.2, density = 3.0
5. SAI = 5.0 + 3.0 = 8.0

9.6 NETWORK VERSUS PROJECT LEVEL APPLICATIONS OF STRUCTURAL CAPACITY EVALUATION

Structural capacity evaluation can provide a wealth of information concerning expected behavior of pavements. Due to the expense of data collection and analysis structural capacity is not currently evaluated at the network level of pavement management by many agencies. Generally, structural evaluation is applied to pavement sections at the project level of pavement management.

Nevertheless, structural capacity information, perhaps derived from less intensive sampling than for project level purposes, can be very useful at the network level, particularly if presented in terms of a Structural Adequacy Index, SAI. For example, such states as Utah, Idaho, and Minnesota and such provinces as Alberta and New Brunswick have extensive network level structural evaluation data.

1.- El pavimento en un tramo es considerado totalmente inadecuado si la deflexión característica (en términos de $X + 2\sigma$) es mayor que la deflexión máxima permisible.

2.- Para evaluar el grado de deficiencia estructural se usa el SAI (Índice de Adecuación Estructural).

3.- Este índice (SAI) varía de 0 a 10

a) Cuando la deflexión característica es igual a la máxima permisible, el SAI es igual a 5 y el pavimento es estructuralmente adecuado.

b) Cuando el SAI es igual a 0 el pavimento es totalmente inadecuado.

c) Cuando el SAI es igual a 10 el pavimento se considera perfecto.

Pruebas de Comportamiento

**1.- Índice de Servicio
(ISA) ó (PSI)**

**2.- Perfilómetros y Perfilógrafos
Índice de Perfil**

**3.- Rugómetros
IRI**

**4.- Índice de Fricción
Mu-Meter**

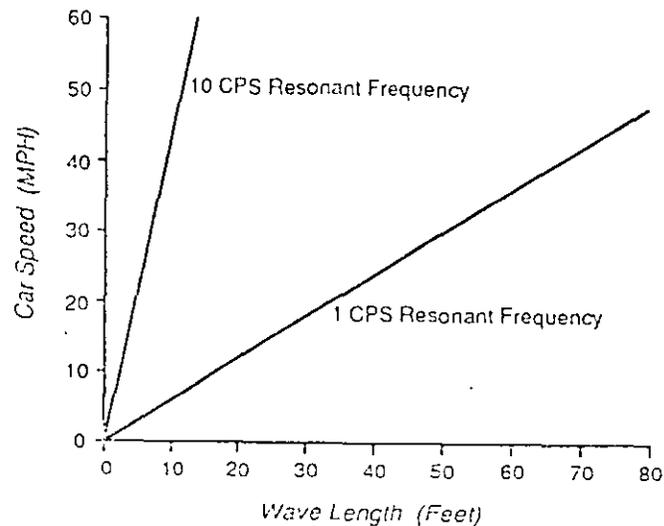


Figure 8.3 Relationships among resonant frequencies of cars, car speed, and pavement wave length.

EQUIPMENT FOR EVALUATING ROUGHNESS

Although the concept of the functional performance of pavements was developed in the AASHO Road Test in the late 1950s, the need to evaluate roughness of pavements was recognized in the 1920s, as reported in *Public Roads* (February 1941). Roughness is a primary component of serviceability and a large number of different roughness measurement methods or devices have been correlated with panel ratings of Present Serviceability Rating (PSR) or Riding Comfort Index (RCI). These devices may be classified as profile devices, profilographs, and response type devices.

Mechanical equipment or devices for measuring true profiles were not available at the time of the AASHO Road Test. Therefore, an understanding of the pavement cross measurements at the Road Test is necessary for relating current measurements to the pavement performance models in the AASHO design procedures. Initially, pavement roughness was measured with the AASHO slope profilometer; however this device was cumbersome and complex. Hence the engineers at the Road Test developed a modified device known as the CHLOE profilometer that was to be used by states at the Road Test.

The Road Test profilometer is diagrammed in Figure 8.4. It recorded the angle, θ , at 1-foot intervals along the pavement section, while being towed at a speed of 5 miles per hour, where θ is the angle between the line that connects the centers of the front wheels of the profilometer and the tow vehicle, and the line that connects the centers of the two small wheels on the profilometer. The distance XL_1 , is long enough (25.5 feet) that the line between the wheel centers is approximately parallel to a perfectly smooth pavement surface. The small wheels on the profilometer are

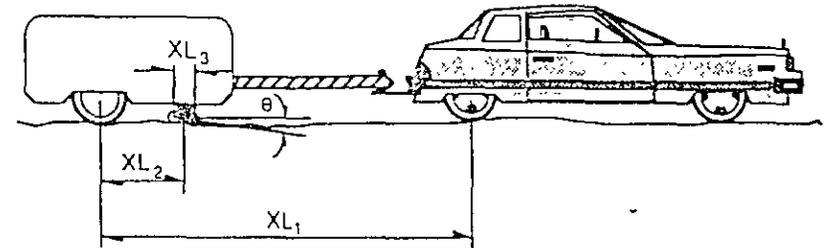


Figure 8.4 Schematic of the AASHO Road Test profilometer

close enough (0.75 foot apart) that the line between their centers is parallel to the tangent to the road surface at the point midway between them.

Because the range of the angle θ rarely exceeds ± 3 degrees, the Road Test profilometer recorded the radian measure of the angle. Slope variance is thus computed as the variance in angle θ using the standard variance equation defined in statistics textbooks. The CHLOE profilometer had good repeatability. However, the slow operating speed and inability to measure wavelengths longer than 12 feet eliminated the use of the CHLOE for regular roughness measurements.

8.3.1 Pavement Profile Measurement Devices

Pavement profile may be measured in the field and evaluated or summarized by computer, or it can be processed through a mechanical response type device to be discussed later. Profile measurements must be continuous or closely spaced points to capture the influence of distortions on ride quality. ASTM specifies a maximum spacing of 1 foot between each measurement [ASTM 91]. The most straightforward technique for measuring the profile of a pavement is with precision rod and level surveys. However, this is time consuming, costly, and limited to the evaluation of short lengths of pavements. Therefore, considerable research has been performed for the development of pavement profiling devices.

8.3.1.1 Face Dipstick

One of the simplest devices for measuring the profile of a pavement is the Face Dipstick [Donnelly 88]. Originally developed for evaluating the evenness of building slabs, it consists of an accelerometer mounted on a frame with a set of contact feet 12 inches (300 mm in the metric version) apart (Figure 8.5). A handle is mounted on the frame for "walking" the Dipstick along the profile path by pivoting on the front foot and rotating through 180 degrees. The microcomputer mounted on the Dipstick records the data and can compute simple roughness summary statistics. An accelerometer measures the slope of the frame. Knowing the frame and the distance between the feet allows determination of the change in elevation between the feet. The reported accuracy is 0.0015 inch per reading [Donnelly 88].

Production rate of the Dipstick can be up to 900 ft/hr or more in one wheel path. Advantages of the Dipstick include relatively low initial cost and operational simplicity.

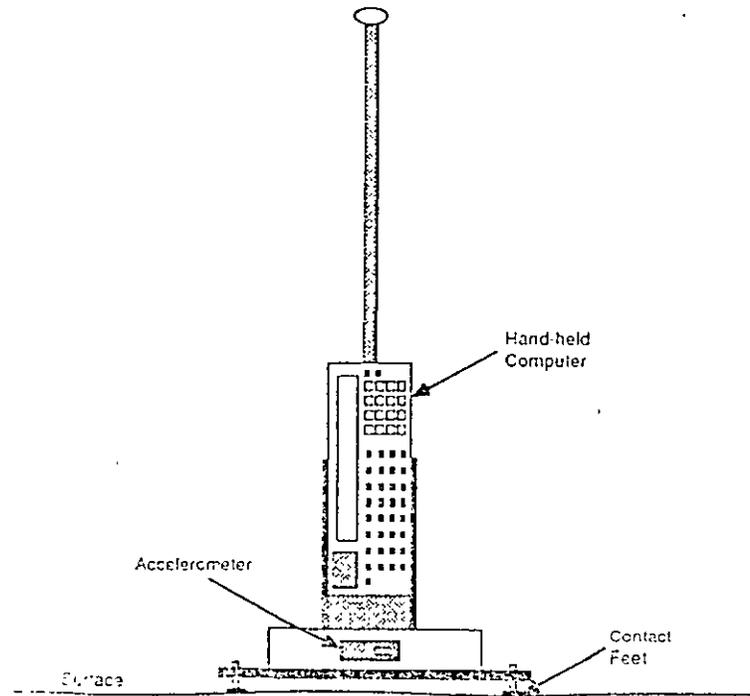


Figure 8.5 Schematic of the Face Dipstick.

Although it is quicker than precision rod and level surveying, the primary disadvantage is the low operating speed and the need to close the facility while the measurements are performed. The Dipstick is mainly applicable to the evaluation of short pavement sections, or for calibration of response type devices.

8.3.2 TRRL Profilometer (High Speed Road Monitor)

The Transport and Road Research Laboratory (TRRL) of England developed a profilometer in the mid-1970s based on the back-site fore-site rod and level surveying method (Dickerson 76). As shown in Figure 8.6, four lasers are used to measure the distances to the pavement surface. At the start of a run, an initial set of measurements is recorded to establish the datum. Then, as the vehicle moves forward, each laser assures the distance between the sensor and the pavement surface at the location of the preceding sensor measurement. Thus, back-sites and fore-sites are continuously updated and the profile of the road is determined. The TRRL profilometer can operate at reliable speeds up to the normal travel speed on freeways.

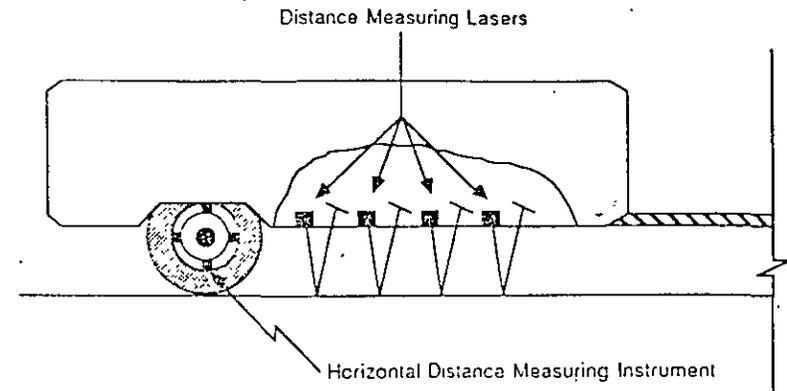


Figure 8.6 Schematic of TRRL profilometer (high-speed road monitor).

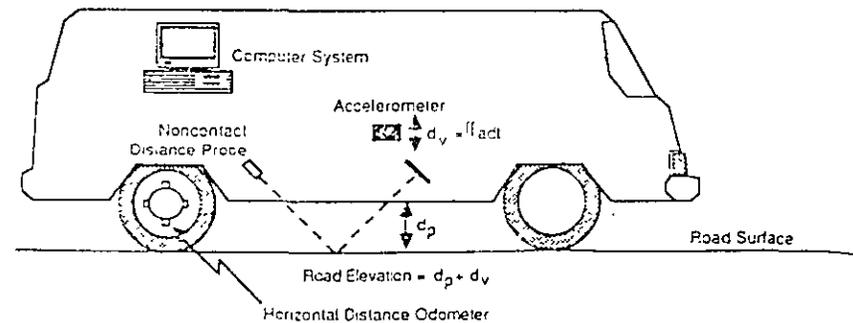


Figure 8.7 Concept of inertial profile

8.3.1.3 Inertial Profilometers

There are several devices that use the principle of inertial profilometry to measure the profile of the pavement surface. Inertial profilometry requires the following four basic components (as shown on Figure 8.7):

1. Device to measure the distance between the vehicle and the road surface
2. An inertial referencing device to compensate for the vertical movement of the vehicle body
3. A distance odometer to locate the profile points along the pavement
4. An on-board processor for recording and analyzing the data

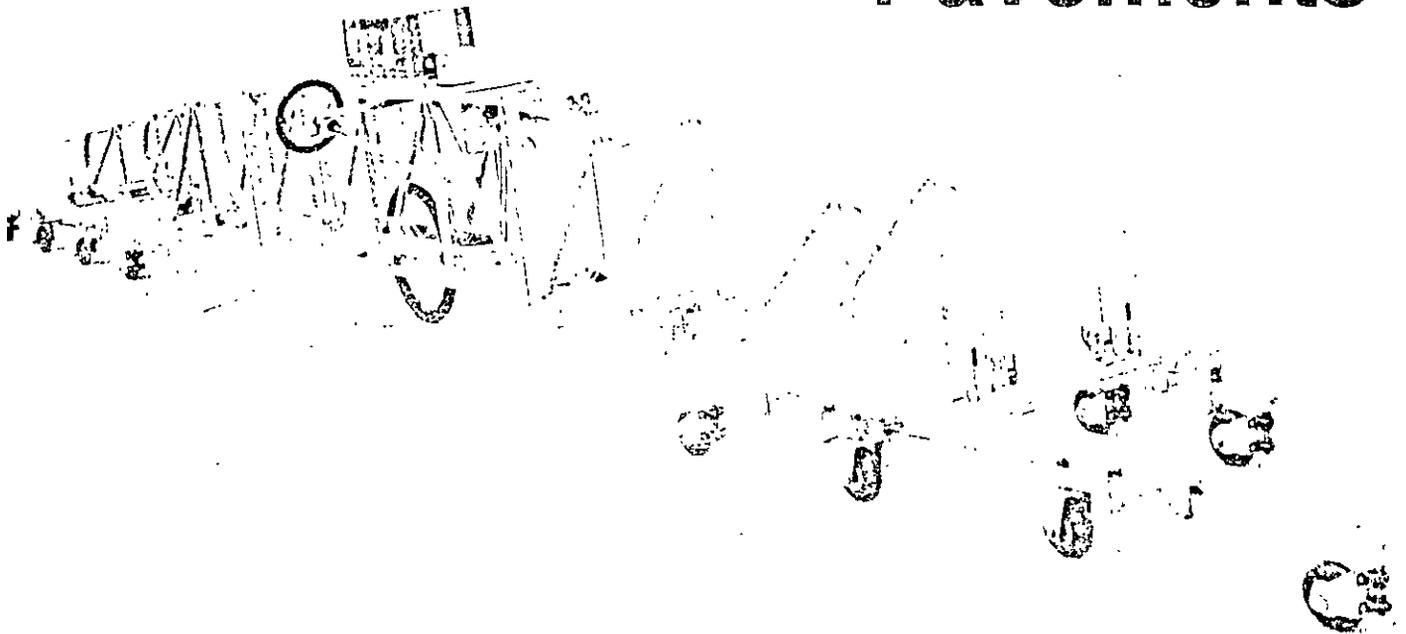
Several types of transducers are used for measuring the distance between the pavement surface and the vehicle, d_p . The inertial reference device is usually either

TECHNICAL BULLETIN

TB-006.0-C

1990

Constructing Smooth Concrete Pavements



CONCRETE PAVEMENT TECHNOLOGY

3800 North Wilke Road Arlington Heights, Illinois 60004 (708) 394-5577

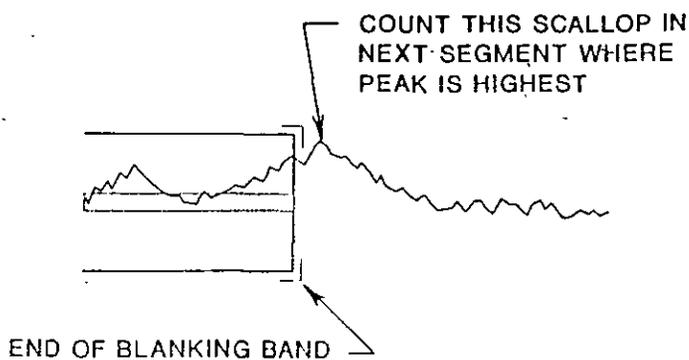


Figure 19 Scallop at end of blanking band is counted in segment where peak occurs

The American Concrete Pavement Association recommends that the weighted average or "section" profile index be used to determine if the pavement meets specifications. The formula for computing the weighted average or "section" profile index is given below with an example calculation.

$$\text{Profile Index (PrI)} = \frac{\text{Sum Segment Total Counts (in.)}}{\text{Sum Segment Lengths (miles)}}$$

Example.

A contractor paves 1,984 feet (0.376 miles) in one day. His crew runs a profilograph along the centerline of each lane. The 1984 foot "section" is divided into 4 "segments" during trace reduction. The sum of the height of scallops are totaled for each "segment." The outer lane trace results are reduced and tabulated as shown below.

Segment length, mi	Counts, in
0.10	0.50
0.10	0.40
0.10	0.35
400" = 0.076	0.20
0.376	1.45

Section Length = 0.376 mile
Section Total Scallop Count = 1.45 inch

The profile index is calculated using the formula listed above.

$$\text{PrI} = \frac{1.45 \text{ inch}}{0.376 \text{ mile}} = 3.9 \text{ inch/mile}$$

The specification requires a profile index of 10 inch/mile. The contractor paved the outer lane of the "section" at 3.9 inch/mile. Therefore he has met the rideability specification and is entitled to incentive pay for the added value he provided for that work.

Acceptable Smoothness

The level of acceptable smoothness varies for the type of pavement being constructed and the future use of the pavement. It is recommended that rideability specifications be taken on all primary and secondary mainline pavements. This includes all traffic lanes, including tapers for parallel lanes, through lanes at intersections, interchange ramps and climbing lanes. The level of acceptability for those pavements is outlined in Table 2.

Those areas which should be excluded from profilograph testing include: acceleration and deceleration lanes, right and left-turn lanes, cross-overs, shoulders, side-street or cross-street connections under 500 feet in length and any section less than 50 feet long.

Where additional lanes are added to an existing facility which has concrete pavement that does not meet the new construction profile requirements, special provisions are required. Poor rideability of existing pavements may be due to cracked slabs, warped or tipped slabs or poor workmanship. Regardless of the cause, it is very difficult to meet new construction tolerances unless the existing slab is first brought within the same tolerance. This can be accomplished with diamond grinding and should be clearly written into special provisions as a separate bid item. The agency should provide the contractor a profilograph trace of the existing edge so that the contractor can develop a reasonable estimate of the grinding cost.

Pavements that are constructed in urban areas cannot be subject to the same requirements as high speed mainline pavements. Fixed structures and slab warping limit the smoothness to which streets in urban projects can be practically constructed. In urban areas, profilograph measurements must be kept to straight sections of roadway where the pavement is not being warped to meet manholes, inlets or intersections. The acceptable smoothness for these situations is outlined in Table 2.

In some states, the contractor is also allowed to grind the pavement even if it is of acceptable smoothness. In these cases, by achieving better ride and a lower profile index, the contractor can qualify for incentive pay.

Table 2. Acceptable Profile Index for Different Facilities.

Road Class	Facility Type	Acceptable Profile Index	
		≤45 mph	>45 mph
A(1)	Interstate & Rural Primary (tangents & curves >1500 ft radius)	-	10
A(2)	Interstate & Rural Primary (curves >850 ft <1500 ft radius)	-	12
B	Urban Freeways	-	12
C	Ramps/Loops	30	30
D	Secondary Roads & Municipal Streets	30	12

Payment - Incentives

The American Concrete Pavement Association encourages the use of incentives to promote smoothness for all types of pavements. Incentives encourage quality and develop sensitivity toward teamwork. Incentives are a reward for excellence.

It has been shown that contractors can complete many jobs faster than the time allotted when given the encouragement of financial incentives (12). The Texas Transportation Institute found that incentive pay schedules can result in less costly pavement systems than where incentive pay is not offered (12). This is because contractors are encouraged to put in extra care in the

construction of the pavement beyond that required to meet typical specification requirements. The results are a much improved pavement system that can carry more loads, provide better serviceability to the public and therefore, increase the value of the structure. This increased value is called "added value", and is derived at through using incentives.

Initially smoother pavements will carry more traffic loads over their design life. This can be demonstrated using the AASHTO pavement design equations as a prediction model. Figure 20 shows the increase in life predicted by AASHTO models for corresponding increases in the initial serviceability.

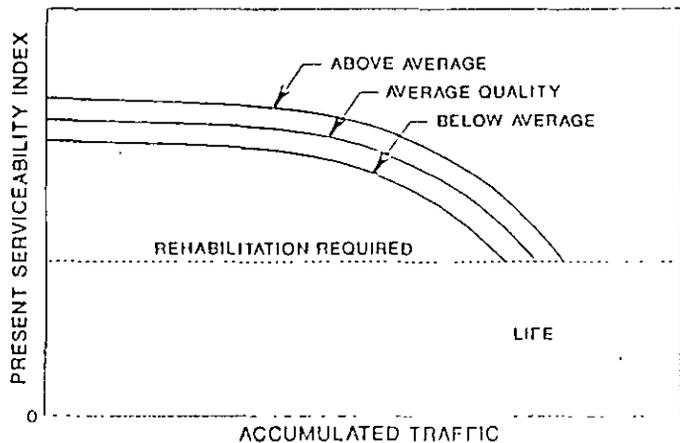


Figure 20 Smoother pavements will last longer

Profile Index can be correlated to the present serviceability as noted in Table 3.

Table 3. Correlation of Serviceability to Profile Index (5).

Initial Serviceability	Profile Index
4.8	3 in/mile
4.5	7 in/mile
4.3	12 in/mile

A pavement initially constructed with a Present Serviceability Index (PSI) of 4.8 (about 3"/mile on the profilograph) as compared to a pavement with an initial PSI of 4.3 (about 12"/mile on the profilograph) will carry about 19% more 18,000 pound equivalent single axle loads during its design life.

Those states that have used incentive pay to enhance the quality of ride have found this very successful. AASHTO arbitrarily selected an incentive limit of 5 percent in the 1981 Guide Specifications for Rideability. As can be seen from Figure 21, the "added value" far exceeds 5 percent. Therefore, it is recommended that the incentive factors be increased to more appropriately reflect the added value. This increase is in the public interest and is supported by the concept of "added value" in load-carrying capacity.

Based on the experience of the past several years using incentive pay to achieve higher standards of pavement ride and based on the "added value" concept, the pay schedule shown in Table 4 is recommended for Class A(1) highways.

PSI vs. PERCENT CHANGE

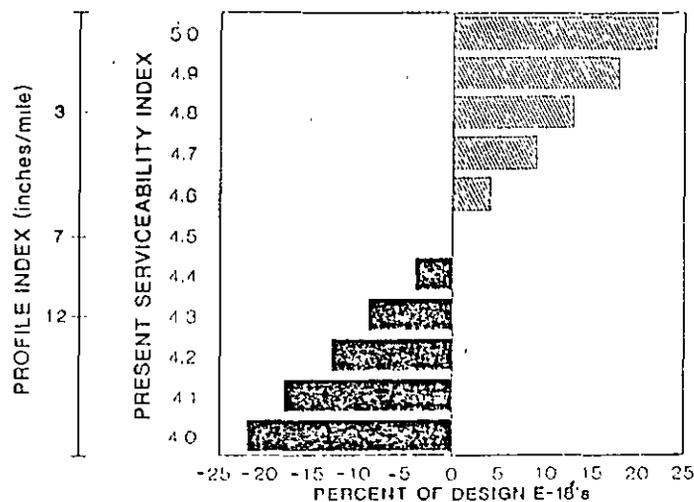


Figure 21. The change in load-carrying capacity for increased smoothness is the basis for incentives

Table 4. Recommended Pay Schedule for Class A(1) Highways.

Profile Index (In/Mi)	AASHTO(3) Pay Schedule*	ACPA Pay Schedule*
3 or less	105	110
Over 3 to 4	104	108
Over 4 to 5	103	106
Over 5 to 6	102	104
Over 6 to 7	101	102
Over 7 to 10	100	100
Over 10 to 11	98**	98**
Over 11 to 12	96**	96**
Over 12 to 13	94**	94**
Over 13 to 14	92**	92**
Over 14 to 15	90**	90**
Over 15	Corrective Work Required	

*Percent of pavement unit bid price

**For cases where the Profile Index on a rural interstate or primary highway falls between 10 and 15 inches per mile, the contractor should be given the option to correct the pavement to receive 100% pay

Additional Information

Additional information on the concepts discussed in this bulletin can be obtained by contacting the American Concrete Pavement Association.

Conclusion

Pavement rideability is defined as the subjective evaluation of pavement toughness or smoothness. It has become the primary means by which the traveling public determines and evaluates the quality of both newly constructed and rehabilitated pavements. Rideability also has been equated as the measure of pavement quality by governmental authorities responsible for the construction and maintenance of highways. These factors, along with the increased emphasis now being placed on pavement management, have caused heightened interest in rideability specifications and measurements (6).

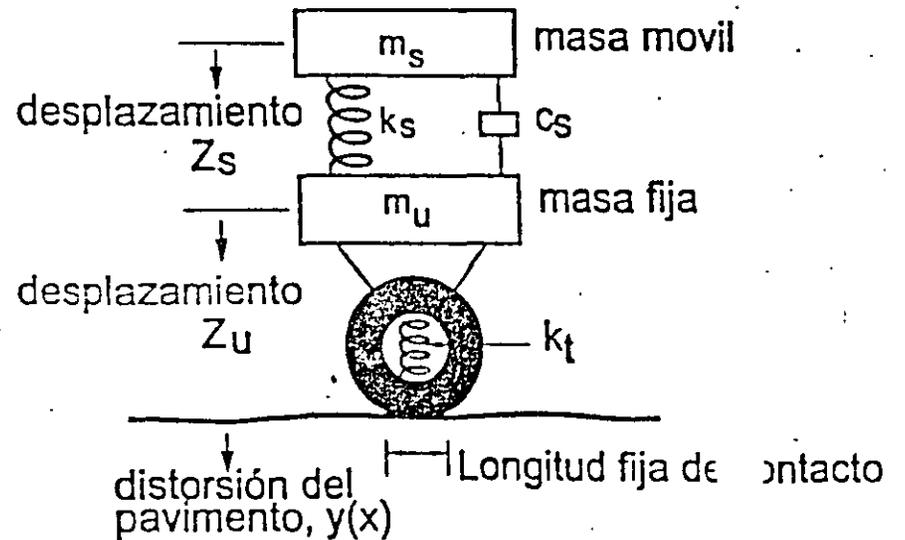
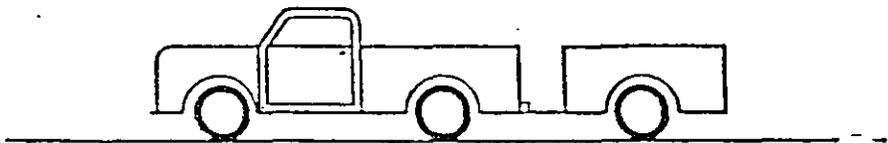
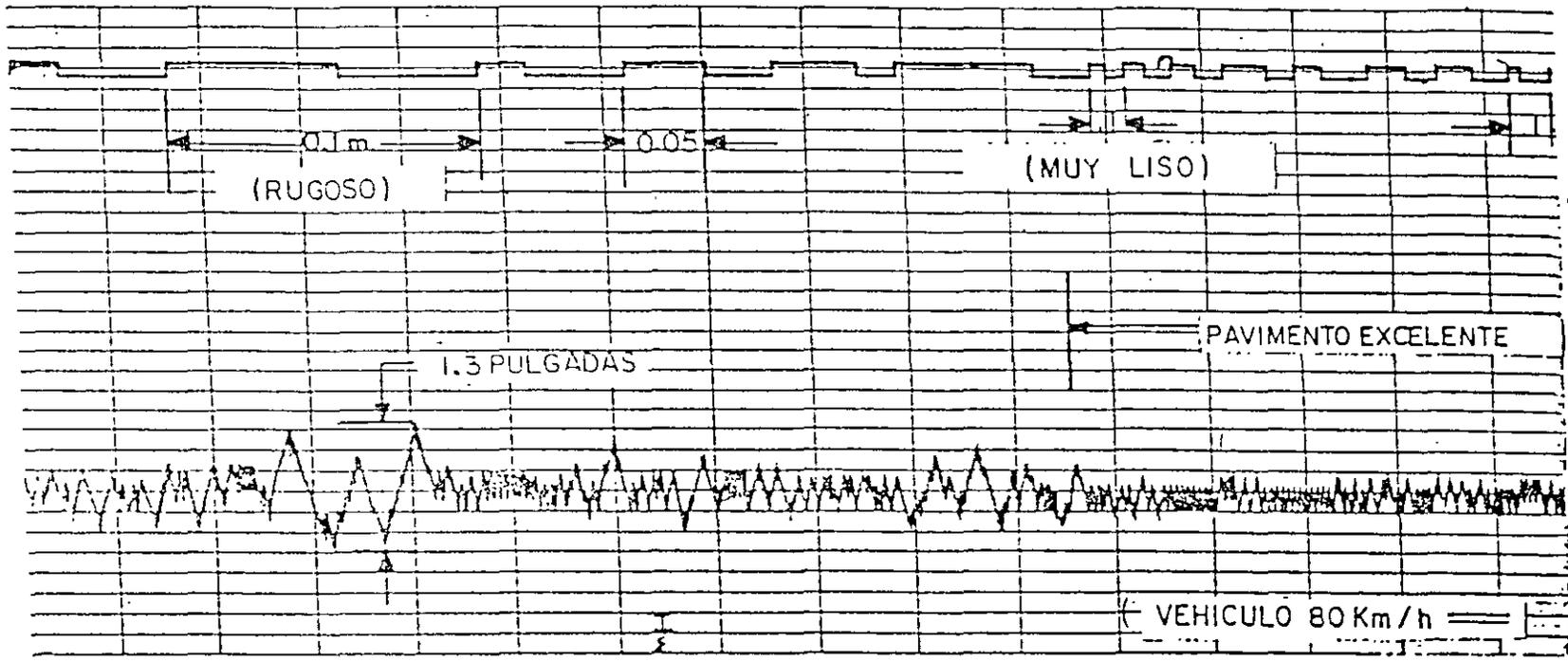
ESPECIFICACIÓN COMPLEMENTARIA

AJUSTE DEL PRECIO UNITARIO POR CALIDAD DE SUPERFICIE TERMINADA DEL PAVIMENTO	
<i>Índice de Perfil cm por km por cada sección de 200 m</i>	<i>Factor de Ajuste Aplicable Sobre el Precio Contratado</i>
5.0 o menos	1.05
5.1 a 6.5	1.04
6.6 a 8.0	1.03
8.1 a 9.5	1.02
9.6 a 11.0	1.01
• 11.1 a 16.0	1.00
16.1 a 18.5	0.98
18.6 a 20.0	0.96
20.1 a 21.5	0.94
21.5 a 23.0	0.92
23.0 a 25.0	0.90
Mayor que 25.0	CORREGIR

El premio o deducción por calidad de superficie terminada del pavimento será calculado para cada sección de 200 metros.

No se pagará premio alguno para aquellas secciones que originalmente presentaron un índice de perfil mayor a 16 centímetros por kilómetro.

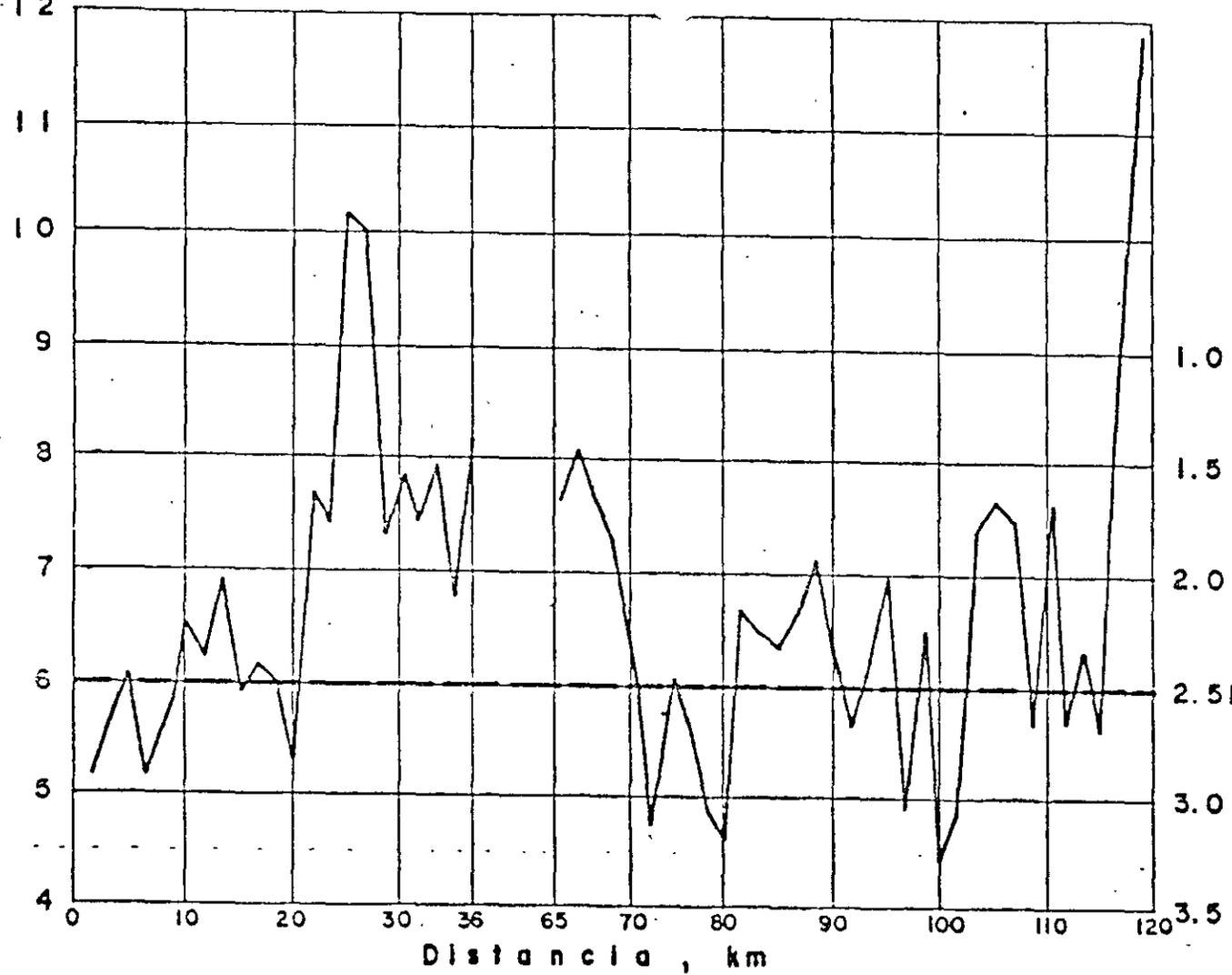
ESQUEMA DE RUGIMETRO TIPO MAYS RIDE METER



MODELO DINAMICO PARA LA SIMULACION

IRI
m/km

ISA



Indice de rugosidad internacional, (IRI), determinado con Mays Ride Meter.

Carretera Huajuapán - Oaxaca

Tramos 0+000-30+000 y 63+000-122+000

GEOSOL, s.a de c.v

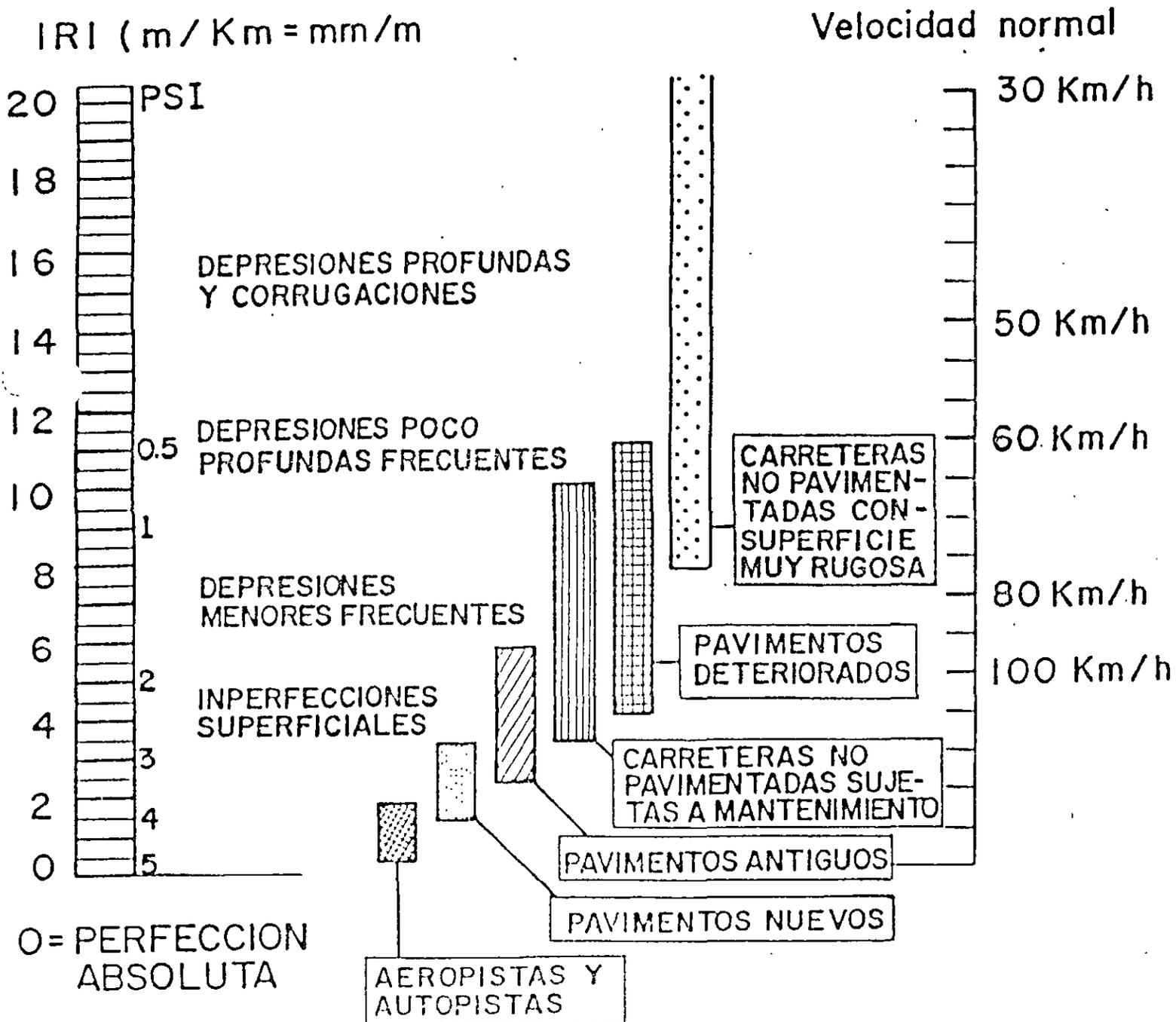


FIG. 1.- VALORES CARACTERÍSTICOS DE LA RUGOSIDAD

BIBLIOGRAFIA

Haas Jonson y Zaniewski,
Modern Pavement Management.

Instituto Mexicano del Transporte.
Publicaciones 20 y 30

Asphalt Institute AASHTO.
Publicaciones Diversas

American Concrete Pavement Association.
Boletin 006.0 - C

Rico y Del Castillo,
La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres.



DIPLOMADO SOBRE GERENCIA DE PROYECTOS ICA - DECFI, UNAM

Módulo V "Pruebas y Puesta en Marcha"
Del 20 al 22 de agosto.

Carreteras 2

Ing. Ramón Armijo Romo
Palacio de Minería
1998.

DIPLOMADO EN GERENCIA DE PROYECTOS

CARRETERAS

PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA,
ENTREGA DEL PROYECTO

PROFESOR: ING. RAMON ARMIJO ROMO

PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA DE UN PROYECTO CARRETERO

PREMISA INICIAL.- LAS PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA DEBEN SER PARTE DEL PROCESO DE ENTREGA POR LO QUE LA ENTIDAD QUE RECIBIRA FORMALMENTE LA OBRA DEBE PARTICIPAR EN ESTE PROCESO.

1. OBJETIVOS

- ASEGURAR QUE LA OBRA SE HAYA CONSTRUIDO DE ACUERDO CON EL PROYECTO Y SUS MODIFICACIONES AUTORIZADAS.
- ASEGURAR EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LA OBRA MISMA Y DE SUS EQUIPOS Y SISTEMAS PARA SU ENTREGA A LA ENTIDAD ENCARGADA DE SU OPERACION.
- REUNIR TODOS LOS ELEMENTOS FÍSICOS Y DE INFORMACION QUE SON NECESARIOS PARA LA OPERACION DE LA OBRA DE ACUERDO CON LAS PREVISIONES DEL CONTRATO DE EJECUCIÓN O DE LA NORMATIVIDAD APLICABLE. PARA ENTREGARLOS A LA ENTIDAD ENCARGADA DE SU OPERACIÓN.

2. ORGANIZACION

2.1 ALCANCE DEL TRABAJO

ESTA ETAPA INCLUYE TODAS LAS ACTIVIDADES NECESARIAS PARA ASEGURAR QUE LA OBRA SE CONSTRUYO DE ACUERDO CON LO PREVISTO EN EL PROYECTO, CON LAS MODIFICACIONES AUTORIZADAS, Y QUE SE CUMPLE CON LAS NORMAS DE CALIDAD ESPECIFICADAS O APLICABLES.

2.2 PROGRAMA DE EJECUCION Y RECURSOS

COMO PARA TODA ACTIVIDAD ORGANIZADA, ES NECESARIO PROGRAMAR LA EJECUCION DE LAS PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA ASI COMO LA DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS PARA LLEVARLAS AL CABO. PARTE IMPORTANTE DE ESTE PROCESO ES LA ELABORACION DEL PRESUPUESTO DE ESTA ACTIVIDAD.

ESTE EJERCICIO DE PREVISION Y PLANEACION TIENE POR OBJETO PRODUCIR LOS ELEMENTOS DE REFERENCIA QUE PERMITAN CONTROLAR EL DESARROLLO DEL PROCESO, ASEGURÁNDOSE DE LLEGAR A LA ENTREGA DE LA OBRA EN LA FECHA PREVISTA Y CUMPLIENDO CON LAS EXPECTATIVAS DE TIEMPO PARA REALIZARLO.

2.3 ORGANIGRAMA

SIMPLISTAMENTE SE PUEDE MANEJAR EL DIAGRAMA ANEXO QUE MUESTRA LA PARTICIPACION DE LOS ELEMENTOS FUNDAMENTALES EN ESTE PROCESO

EN ESTE DIAGRAMA SE ESTABLECE LA PARTICIPACIÓN INDISPENSABLE DE LA ENTIDAD RESPONSABLE DE LA OPERACION DE LA OBRA (Y/O DE AL "PROPIETARIA DE LA MISMA), A LA QUE SE ENTREGARA FORMALMENTE AL TERMINO DEL PROCESO DE PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA.

2.4 REPORTES DE AVANCE

REPORTES DE AVANCE.- ESTE ES UN PROCESO DE CORTA DURACION RELATIVA SI SE COMPARA CON EL PROCESO DE CONSTRUCCION; SIN EMBARGO, DEPENDIENDO DE LA MAGNITUD DE LA OBRA, ESTE PROCESO EN SU FASE DE PRUEBAS PUEDE INICIARSE CON MESES DE ANTICIPACION A LA ENTREGA, DE MANERA QUE SE VAYAN SOMETIENDO A REVISION Y PRUEBA LOS TRAMOS TERMINADOS, CON EL OBJETO DE QUE SE HAGAN OPORTUNAMENTE LAS CORRECCIONES QUE FUESEN NECESARIAS. LOS REPORTES DE AVANCE CONSTITUYEN LA CONSTANCIA ESCRITA DE LA MARCHA DEL PROCESO, Y SIRVEN PARA INFORMAR A LOS NIVELES SUPERIORES DE SU MARCHA Y RESULTADOS. ES CONVENIENTE QUE DESDE LA FASE DE PLANEACION SE ESTABLEZCAN LA PERIODICIDAD Y EL CONTENIDO DE ESTOS REPORTES DE AVANCE.

3. MANUALES, PRUEBAS, CONTROL.

3.1 MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

3.2 PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA Y PUESTA EN MARCHA

3.3 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

4. APOYO DE LA COMPUTACIÓN

SEGURAMENTE SE HABRÁ ABUNDADO EN LAS SESIONES PREVIAS SOBRE ESTOS TEMAS Y AQUÍ VALE RECALCAR ALGUNOS PUNTOS DE INTERÉS PARTICULAR PARA ESTE PROCESO:

- REGISTROS DEL CONTROL DE CALIDAD DURANTE EL PROCESO DE LA OBRA, (BASES DE DATOS)
- DATOS E INFORMACIÓN DE PROVEEDORES DE EQUIPO Y ASESORES, RECIBIDOS A TRAVÉS DE INTERNET, (BASES DE DATOS)
- INFORMACIÓN RELATIVA AL PROCESO, GENERADA EN LA GERENCIA DE PROYECTO O NECESARIA PARA ÉSTA, RECIBIDA O ENVIADA POR INTRANET
- NORMATIVIDAD APLICABLE QUE PUEDE OBTENERSE POR INTERNET.

5. ENTREGA DEL PROYECTO

5.1 OBJETIVOS

FORMALIZAR LA ENTREGA DE LA OBRA A LA ENTIDAD ENCARGADA DE SU OPERACIÓN Y/O A LA ENTIDAD GUBERNAMENTAL NORMATIVA O PROPIETARIA DE LA MISMA.

5.2 ALCANCE

EN REALIDAD EL PROCESO DE ENTREGA CULMINA CON LA FIRMA DEL ACTA DE ENTREGA - RECEPCIÓN DE LA OBRA QUE TIENE EFECTOS PARA EL FINIQUITO DE LA MISMA, LA LIBERACIÓN DE LAS FIANZAS DE CUMPLIMIENTO Y GARANTÍA, EL OTORGAMIENTO DE LAS FIANZAS DE GARANTÍA POR VICIOS OCULTOS EN LOS TÉRMINOS DEL CONTRATO, Y MUY IMPORTANTE, EL QUE UN TERCERO SE HAGA CARGO DEL MANTENIMIENTO, CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN DE LA OBRA, EN OTRAS PALABRAS, QUE YA NO SEAN A

CARGO DEL CONSTRUCTOR ESTOS GASTOS Y LOS RIESGOS QUE LLEVA CONSIGO EL TENER A SU CARGO UNA OBRA SUJETA DE DAÑOS POR EL CLIMA, SISMOS U OTRAS CAUSAS.

REALIZAR LA ENTREGA DE LA OBRA MISMA, LOS PLANOS, ESPECIFICACIONES, MEMORIAS Y TODA LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA RELATIVA A LA EJECUCIÓN DE LA OBRA, LOS PROTOCOLOS DE PRUEBAS DE LOS EQUIPOS Y SISTEMAS, LOS PROTOCOLOS DE LAS PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD EFECTUADAS A LAS OBRAS MISMAS, LOS ESTUDIOS ESPECÍFICOS Y AUTORIZACIONES A QUE HUBIERA ESTADO SUJETA LA EJECUCIÓN DE LA OBRA, COMO SON EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL, AFECTACIONES, PERMISOS FEDERALES, ESTATALES Y MUNICIPALES.

5.3 COMO SE HACE LA ENTREGA DEL PROYECTO.

LA ENTREGA DE UN PROYECTO ES UN PROCESO QUE SE INICIA CON LAS PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA Y CULMINA CON LA ENTREGA FORMAL MEDIANTE LA FIRMA DEL ACTA O ACTAS CORRESPONDIENTES.

5.4 QUE SE ENTREGA

DOCUMENTACIÓN.- TODA LA DOCUMENTACIÓN ESTARÁ DEBIDAMENTE ORDENADA, CLASIFICADA Y RELACIONADA EN LISTAS DETALLADAS QUE EXPLIQUEN EL TÍTULO DEL DOCUMENTO Y UNA BREVE MENCIÓN DE SU CONTENIDO. LA CANTIDAD DE COPIAS DE LOS DOCUMENTOS ESTÁ SUJETA AL ACUERDO PREVIO DE LAS PARTES, PERO ES USUAL QUE SE ENTREGUEN TRES JUEGOS DE COPIAS (EN ALGUNOS CASOS DEBEN ENTREGARSE COPIAS REPRODUCIBLES Y CADA VEZ ES MAS MARCADA LA TENDENCIA A ENTREGAR ADEMÁS DE COPIAS "DURAS" -EN PAPEL-, COPIAS DIGITALIZADAS DE LOS DOCUMENTOS, YA SEA EN DISQUETES O EN "CD ROM").

PLANOS.- TODOS LOS RELATIVOS AL PROYECTO, DESDE LOS PLANOS DE TRAZO, SECCIONES, PROYECTO, CURVAS MASA, FOTOGRAFÍAS AÉREAS, RESTITUCIÓN, PLANOS DE LOS PUENTES, DE LOS DISTRIBUIDORES, DE LAS OBRAS DE ARTE, DE LOS PASOS ELEVADOS, DE LOS PASOS INFERIORES; Y EN GENERAL, DEBEN ENTREGARSE COPIAS DE TODOS LOS PLANOS QUE SIRVIERON PARA LA CONSTRUCCIÓN Y ÉSTOS DEBEN SER LA ÚLTIMA VERSIÓN QUE REFLEJARÁ EL ESTADO DE LA OBRA TAL Y COMO FUE CONSTRUIDA.

MEMORIAS

MEMORIAS Y ESTUDIOS.- TODOS LOS RELATIVOS AL PROYECTO: MEMORIAS DE CÁLCULO, ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL, Y OTROS QUE HUBIESEN SIDO NECESARIOS. EN ESTE CASO, SE INCLUIRÁN LAS RESPONSIVAS CORRESPONDIENTES A LOS ESTUDIOS O CÁLCULOS, CON LOS DATOS DE LOS PERITOS Y ESPECIALISTAS QUE LOS HUBIERAN HECHO, ALCANCE DE SUS SERVICIOS Y RESPONSIVA QUE DIERON, ASÍ COMO LOS DATOS QUE PERMITAN LOCALIZARLOS, LLEGADO EL CASO.

PROTOCOLOS DE PRUEBA.- LOS QUE SE GENERARON PARA VERIFICAR LA CALIDAD DE LAS OBRAS, DE LOS EQUIPOS Y DE LAS INSTALACIONES, DEBIDAMENTE FIRMADOS POR LOS QUE INTERVINIERON.

OBRAS, EQUIPOS E INSTALACIONES.- LA ENTREGA DE LAS OBRAS MISMAS Y SUS COMPONENTES, QUE DEBEN HACERSE CONSTAR EN RELACIONES EN LAS QUE CONSTEN LAS ACTAS DE ENTREGA PARCIALES POR TRAMOS, OBRA ESPECÍFICA (PUENTE, PASO A DESNIVEL, CASETA, ETC.), EQUIPOS (COMPUTADORAS, LECTORES DE TARJETAS, DETECTORES), Y SISTEMAS (SOFTWARE ESPECIALIZADO, POR EJEMPLO)

POR LO QUE SE REFIERE A LOS EQUIPOS SE INCLUIRÁN EN LA ENTREGA LAS GARANTÍAS, LOS MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO Y DISQUETES O CD ROMS CON EL SOFTWARE.

CARRETERA.- EVIDENTEMENTE EN UN PROYECTO CARRETERO ESTA ES OBJETO PRINCIPAL DE LA ENTREGA QUE, COMO HEMOS DICHO EN OTROS APARTADOS, SE HARÁ EN PARTES Y DURANTE EL PROCESO DE PRUEBAS, HACIENDO ACTAS PARCIALES POR TRAMOS ENTREGADOS. (PUEDE DARSE EL CASO DE QUE LA OBRA SEA UN PUENTE IMPORTANTE QUE POR SÍ MISMO CONSTITUYE EL OBJETO DE LA ENTREGA).

OBRAS DE DRENAJE.- EN CADA TRAMO DE CARRETERA ENTREGADO SE INCLUIRÁN ÉSTAS, HACIENDO LA DESCRIPCIÓN DE CADA UNA QUE PUEDA O DEBA IDENTIFICARSE COMO UNA UNIDAD, INDICANDO CLARAMENTE SU UBICACIÓN CON RESPECTO AL KILÓMETRO CERO.

PUENTES, PASOS A NIVEL, PASOS A DESNIVEL DISTRIBUIDORES.- CADA UNO DE ELLOS SERÁ OBJETO DE UN ACTA PARCIAL DE ENTREGA.

CASSETAS, SERVICIOS.- IGUALMENTE CADA UNIDAD SEPARADA SERÁ MOTIVO DE LA ELABORACIÓN DE UNA ACTA ESPECÍFICA. Y SE IDENTIFICARÁN CON EL NOMBRE QUE SE LES HUBIESE ASIGNADO Y SU UBICACIÓN REFERIDA AL KILÓMETRO CERO.

ALMACÉN (ES) DE MATERIALES Y REFACCIONES.- SE ENTREGARÁ POR UNA PARTE EL EDIFICIO O INSTALACIONES QUE LO CONTIENEN Y POR LA OTRA, SU CONTENIDO CON UN INVENTARIO DETALLADO Y VALORIZADO.

OTRAS INSTALACIONES.- PUEDEN ESTAR CONSTITUIDAS POR PATIOS. OTRAS INSTALACIONES DE SERVICIOS, TELÉFONOS DE EMERGENCIA, SISTEMA DE ILUMINACIÓN, BANCOS DE MATERIALES, ETC.

5.5 ESTADO FÍSICO

EL ESTADO FÍSICO EN EL MOMENTO DE LA ENTREGA, DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS QUE SE ENTREGAN SEGÚN SE DETALLÓ EN EL INCISO ANTERIOR, SE HARÁ CONSTAR EN EL ACTA RESPECTIVA Y SERÁ APOYADO CON LOS PROTOCOLOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS.

5.6 PROGRAMA

ESTE APARTADO SE REFIERE AL PROGRAMA DE PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA CUYA ACTIVIDAD ÚLTIMA ES LA FIRMA DEL ACTA DE ENTREGA QUE TENDRÁ COMO ANEXOS LOS QUE SE HAN MENCIONADO EN INCISOS ANTERIORES.

5.7 ENTREGAS PARCIALES

NUEVAMENTE SE HACE ÉNFASIS Y SE RECALCA LA NECESIDAD DE HACER ENTREGAS PARCIALES A LO LARGO DEL PROCESO DE PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA, INCLUSIVE, ES CONVENIENTE QUE SE HAGAN ENTREGAS DE OBRAS AFINES PARA LO CUAL PUEDEN CONSTITUIRSE GRUPOS DE TRABAJO DE LA GERENCIA DE PROYECTO Y DE LA ENTIDAD QUE RECIBE, PARA RECIBIR PUENTES, POR EJEMPLO, QUE REVISARÁN LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DE CADA UNO DE ELLOS Y DESPUÉS HARÁN LA REVISIÓN FÍSICA. DE LA MISMA MANERA PUEDEN FORMARSE OTROS GRUPOS DE TRABAJO PARA GRUPOS DE OBRA ESPECÍFICAS. UN CASO CLARÍSIMO DE ESTA NECESIDAD LO CONSTITUYE LA ENTREGA DE LOS SISTEMAS DE CÓMPUTO O DE COMUNICACIONES QUE DEBE HACERSE ENTRE TÉCNICOS ESPECIALIZADOS POR AMBAS PARTES.

5.8 ALMACÉN

YA MENCIONAMOS EN UN INCISO ANTERIOR QUE LA ENTREGA DEL ALMACÉN DEBE HACERSE CON UN INVENTARIO DETALLADO Y VALORIZADO DE SU CONTENIDO. LA VALORIZACIÓN DEBE HACERSE CON LOS PRECIOS UNITARIOS AUTORIZADOS, YA SEA PORQUE FORMAN PARTE DE LOS ANÁLISIS DE LOS PRECIOS DE LA OBRA O PORQUE FUERON AUTORIZADOS DE UNA MANERA EXPRESA. LOS MATERIALES O REFACCIONES QUE HUBIESEN ENTREGADO LOS PROVEEDORES DE EQUIPOS COMO PARTE DE SU COMPROMISO DE VENTA PUDIERAN NO TENER UN VALOR UNITARIO, PERO SE DEBERÁN RELACIONAR POR SEPARADO EXPLICANDO CLARAMENTE A QUE EQUIPO SE REFIEREN, LOS MANUALES QUE SE DEBEN CONSULTAR EN SU CASO Y PARA CUANTO TIEMPO ESTÁ CALCULADO EL STOCK.

5.9 FINIQUITO DEL CONTRATO

HASTA AQUÍ SE HA HECHO ÉNFASIS EN LA PARTE TÉCNICA DE LA ENTREGA, LA CALIDAD DE LA OBRA Y DE SUS COMPONENTES Y ACCESORIOS.

ADMINISTRATIVAMENTE ES NECESARIO REALIZAR EL FINIQUITO DEL CONTRATO PARA QUE FORME PARTE DE LA ENTREGA, LO QUE SIGNIFICA QUE ESTÁN RESUELTOS TODOS LOS ASUNTOS RELATIVOS AL CUMPLIMIENTO DEL CONTRATO DE EJECUCIÓN DE LA OBRA, EL CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA, EL EJERCICIO DEL PRESUPUESTO, LOS CONCEPTOS EXTRAORDINARIOS O EXCEDENTES Y LAS NECESARIAS AMPLIACIONES AL MONTO CONTRATADO, LA APLICACIÓN DE MULTAS SI FUERA EL CASO, ETC.

ESTA ES LA PARTE DE LA ENTREGA QUE SE REFIERE AL TIEMPO Y EL COSTO DE LA OBRA, COMPLETÁNDOSE ASÍ LAS TRES PARTES FUNDAMENTALES DEL CONTROL QUE SON EL COSTO EL TIEMPO Y LA CALIDAD DE LA OBRA QUE SE ENTREGA

5.10 ACTA DE RECEPCIÓN

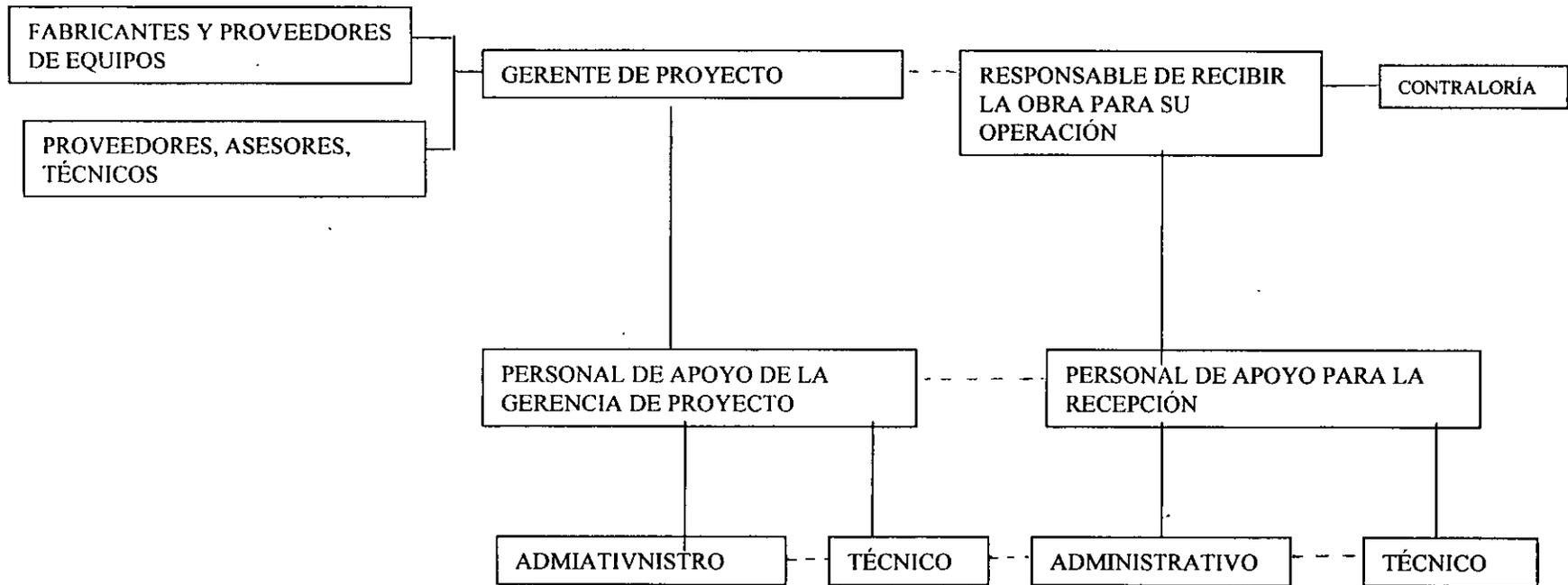
ES EL DOCUMENTO FINAL, OFICIAL Y LEGAL EN EL QUE CONSTA LA ENTREGA DE LA OBRA, DEBE SER FIRMADO POR LOS REPRESENTANTES LEGALES DE LAS ENTIDADES PARTICIPANTES. QUIENES SE APOYARÁN EN LAS FIRMAS DE QUIENES REALIZARON LA ENTREGA FÍSICAMENTE, Y A SU VEZ EN QUIENES HICIERON LA ENTREGA DETALLADA. HAY FORMATOS DE ACTAS PARA LA ENTREGA DE OBRA PÚBLICA O PARA LA ENTREGA ENTRE PARTICULARES, QUE NO DIFIEREN MAS QUE EN LA FORMA PERO NO EN LA ESENCIA.

LAS CARRETERAS SON SUJETAS DE LA APLICACIÓN DE LA LEY DE ADQUISICIONES Y OBRAS PÚBLICAS SI SON FEDERALES O DE LAS LEYES EQUIVALENTES EN CUANTO SEAN ESTATALES. LA LEY OBLIGA AL CONTRATISTA A DAR AVISO DE LA TERMINACIÓN DE LA OBRA Y OTRAS OBLIGACIONES IMPORTANTES POR LO QUE ES CONVENIENTE TENER PRESENTES LOS ARTÍCULOS 74, 75, 85 Y 86, PARA ESTE PROCESO.

5.11 LIBERACIÓN DE FIANZAS, GARANTÍAS Y RESPONSABILIDAD CIVIL

UNA CONSECUENCIA DE FORMALIZAR LA ENTREGA, ES QUE PUEDEN LIBERARSE LAS FIANZAS OTORGADAS AL FIRMAR EL CONTRATO, DE CUMPLIMIENTO Y GARANTÍA, EL SEGURO O SEGUROS DE RESPONSABILIDAD CIVIL, Y PUEDE PROCEDERSE AL FINIQUITO ADMINISTRATIVO DEL CONTRATO DE OBRA.

PRUEBAS PUESTA EN MARCHA Y ENTREGA DE UN PROYECTO CARRETERO



ACTA DE ENTREGA - RECEPCION

GSTI-AR-012/96

NUMERO DE CONTRATO EN DEPENDENCIA O ENTIDAD: CR-PS-S* 7/95

I.- DEL OBJETO:

NOMBRE DE LA ENTIDAD QUE RECIBE

RECEPCION TOTAL **GERENCIA DE SERVICIOS TECNICOS E INGENIERIA**

PARCIAL

NOMBRE DEL CONTRATISTA QUE ENTREGA: RUAL, S. A. DE C. V.

R.F.C.	RUA-831020-DAO
CAMARA	374
PEMEX	1800

II.- DE LA INFORMACION BASICA INICIAL

SUPTCIA. ENCARGADA DE LOS SERVICIOS: UNIDAD DE CONCURSOS PARA EJECUCION DE PROYECTOS

OBJETO DEL CONTRATO ESTUDIO Y ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS, REVISION DE PRESUPUESTOS, COTIZACIONES, ESTUDIOS ESPECIALES NECESARIOS PARA EL DESAHOGO DE AUDITORIAS, FACTOR PARA JORNADAS EXTRAORDINARIAS, ESTUDIOS DE GASTOS NO RECUPERABLES, ACTUALIZACION DE MANUALES DE PROCEDIMIENTOS, ESTUDIOS DE AJUSTES DE COSTOS, ELABORACION DE ANEXOS AC I, II Y III PARA LOS CONTRATOS ADMINISTRADOS POR LA GERENCIA DE SERVICIOS TECNICOS E INGENIERIA.

ENTIDAD FEDERATIVA: VERACRUZ CLAVE: 30

III.- ANTECEDENTES:

NUM. DE OFICIO DE AUT. DE INVERSION S H. C. P. :	<u>801.1.95-I-167</u>	DE FECHA	<u>21-02-95</u>	P. PRESUPUESTAL	<u>VER ANEXO</u>
NUM. DE PROYECTO.	<u>VER ANEXO</u>	MODALIDAD DE LA ADJUDICACION	<u>LIC. PUBLICA</u>	NUMERO DE ASIGNACION	<u>CC-PS-ST-010/95</u>
F. ADJUDICACION	<u>21-04-95</u>	F. CONTRATO ORIGINAL	<u>17-05-95</u>	F. INICIO SEGUN CTO. QUE SE RECIBE	<u>29-05-95</u>
FECHA TERMINACION SEGUN ULTIMO CONVENIO	<u>03-03-96</u>	FECHA REAL INICIACION	<u>29-05-95</u>	FECHA REAL TERMINACION	<u>03-03-96</u>

IV.- DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS QUE SE RECIBEN ESTUDIO Y ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS, REVISION DE PRESUPUESTOS, COTIZACIONES, ESTUDIOS ESPECIALES NECESARIOS PARA EL DESAHOGO DE AUDITORIAS, FACTOR PARA JORNADAS EXTRAORDINARIAS, ESTUDIOS DE GASTOS NO RECUPERABLES, ACTUALIZACION DE MANUALES DE PROCEDIMIENTOS, ESTUDIOS DE AJUSTES DE COSTOS, ELABORACION DE ANEXOS AC I, II Y III PARA LOS CONTRATOS ADMINISTRADOS POR LA GERENCIA DE SERVICIOS TECNICOS E INGENIERIA.

V.- DESCRIPCION DE LAS MODIFICACIONES

A).- Ci-1, CP-1, CP-2 Y Ci-2

VI.- DE LAS GARANTIAS

FIANZA NUMERO	IMPORTE	FECHA	COMPAÑIA AFIANZADORA	DE	A
<u>III-251106-D1</u>	<u>N\$ 77,460.44</u>	<u>03-05-95</u>	<u>FIANZAS ATLAS, S. A.</u>		
<u>III-251107-DI (CANCELADA)</u>	<u>N\$ 60,178.58</u>	<u>03-05-95</u>	<u>FIANZAS ATLAS, S. A.</u>		
<u>III-251106-D1 (ENDOSO)</u>	<u>N\$ 103,758.61</u>	<u>11-12-95</u>	<u>FIANZAS ATLAS, S. A.</u>		
<u>III-251106-DI (ENDOSO)</u>	<u>N\$ 150,624.61</u>	<u>07-02-96</u>	<u>FIANZAS ATLAS, S. A.</u>		
<u>III-251106-D1 (ENDOSO)</u>	<u>N\$ 158,979.78</u>	<u>16-04-96</u>	<u>FIANZAS ATLAS, S. A.</u>		

VII.- OTRAS GARANTIAS

<u>180,154.00</u>	<u>699209</u>	<u>02-06-95</u>	<u>GP NACIONAL PROVINCIAL, S. A.</u>	<u>DE</u>	<u>A</u>
				<u>29-05-95</u>	<u>03-03-96</u>

VIII.- DE LA LIQUIDACION:

DE LAS ESTIMACIONES DEFINITIVAS

		NUM ESTIM	FECHA	DE	A	IMPORTE TOTAL	DEDUCCIONES	REG. PAGO
IMPORTE CTO. ORIGINAL								
N\$ 673,569.00								
NUM	IMPORTE							
	AMPLIACIONES							
CI-1	N\$ 100,344.72							
CP-1	N\$ 162,637.02							
CP-2	N\$ 468,660.28							
CI-2	N\$ 83,551.74							
IMPORTE TOTAL DEL CONTRATO			SALDO POR CANCELAR	IMPORTE TOTAL ESTIMADO		IMPORTE TOTAL DEDUCCIONES		
N\$ 1,488,762.76			N\$ 10,043.08	N\$ 1,478,719.68				

IX.- DE LAS SANCIONES

CAUSA

IMPORTE

RECIBO No.

X.- ADEUDOS

SALDO PENDIENTE POR ADEUDOS (A FAVOR DE PEMEX). (SOLICITAR INFORMACION A LA SUPTCIA. GRAL. DE CONTRATOS ANTES DEL CIERRE DEL ACTA)

EL CONTRATISTA RECONOCE EXISTE EL SIGUIENTE SALDO POR CONCEPTO DE ADEUDOS. IMPORTE: **\$ 0.00**

XI.- TERMINOS BAJO LOS CUALES SE EFECTUA LA RECEPCION

DEPENDENCIA O ENTIDAD DENTRO DE LOS TERMINOS DEL CONTRATO. RECIBE LOS TRABAJOS DESCRITOS, RESERVANDOSE EL DERECHO DE HACER POSTERIORMENTE LAS RECLAMACIONES QUE ESTIME CONVENIENTE. POR FALTANTE, MAL EJECUTADA, MALA CALIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS, PAGOS INDEBIDOS O VICIOS OCULTOS, POR SU PARTE EL CONTRATISTA MANIFIESTA QUE NO TIENE RECLAMACIONES. EL REPRESENTANTE DE LA S. P. P (D. G. M. A. A. O. P.) CUYA PERSONALIDAD SE HA ACREDITADO INTERVIENE PARA CERTIFICAR LA REALIZACION DEL PRESENTE ACTO DE CONFORMIDAD CON LAS FACULTADES QUE A SU REPRESENTADO CONFIEREN LAS FRACCIONES IX Y XVI DEL ARTICULO 32 DE LA LEY ORGANICA DE LA ADMINISTRACION PUBLICA FEDERAL, LA LEY DE INSPECCION DE CONTRATOS Y OBRAS PUBLICAS Y DEMAS DISPOSICIONES LEGALES APLICABLES.

XII.- OBSERVACIONES

XIII.- NOMBRE, CARGO Y FIRMA DE LAS PERSONAS QUE REAL Y FISICAMENTE INTERVINIERON EN ESTE ACTO:

EL DIA 30 DE ABRIL DE 1996, A LAS 10:00 HORAS EN LA UNIDAD DE CONCURSOS PARA EJECUCION DE PROYECTOS.

UNIDAD DE CONCURSOS PARA EJECUCION DE PROYECTOS
NOMBRE Y CARGO

CONTRATISTA
NOMBRE Y CARGO

SECODAM
NOMBRE Y CARGO

NO NOMBRE
REPRESENTANTE

ARQ. MATILDE CARD MARTINEZ
UNIDAD DE CONCURSOS PARA EJECUCION DE PROYECTOS

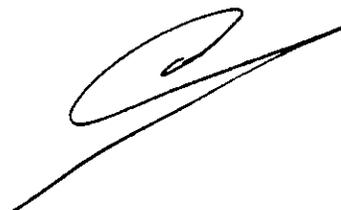
ING. RAMON ARMIJO ROMO
APODERADO

ANEXO RELATIVO AL APARTADO III

III.- DESCRIPCION DE LOS PROYECTOS Y PARTIDAS PRESUPUESTALES

PROYECTO	PARTIDA	IMPORTE
58355291	58355291	956,473.54
Q-168-82-02	Q-168-40-77	1,209.14
QC-016-163	491-Q-3019	533.91
QQ-038-133	405-Q-3019	37,020.89
Q-151-63-06	Q-151-60-88	177.97
Q-780-73-04	Q-780-73-94	1,651.94
Q-151-74-04	Q-151-74-84	62,218.08
QQ-005-104	405-Q3020	27,064.98
QD-015-184	835-Q-3019	9,517.71
QD-020-184	835-Q-3019	18,646.53
QC-072-183	800-Q-3019	2,606.97
Q-168-42-09	Q-168-42-94	4,539.60
QD-014-164	835-Q-3019	72,220.48
QC-018-165	491-Q-3019	3,106.26
QQ-004-124	405-Q-3019	36,732.30
QC-037-163	800-Q-3019	234,518.50
Q-780-73-03	Q-780-73-94	10,480.88

\$ 1,478,719.68



LEY DE ADQUISICIONES Y OBRAS PUBLICAS
(30 de diciembre de 1993)

ARTICULO 74.- El contratista comunicará a la dependencia o entidad la terminación de los trabajos que le fueron encomendados y ésta verificará que los trabajos estén debidamente concluidos dentro del plazo que se pacte expresamente en el contrato.

Una vez que se haya constatado la terminación de los trabajos en los términos del párrafo anterior, la dependencia o entidad procederá a su recepción dentro del plazo que para tal efecto se haya establecido en el propio contrato. Al concluir dicho plazo, sin que la dependencia o entidad haya recibido los trabajos, éstos se tendrán por recibidos.

La dependencia o entidad, si esta última es de aquéllas cuyos presupuestos se encuentren incluidos en el Presupuesto de Egresos de la Federación o en el mismo gobierno del Distrito Federal o de las que reciban transferencias con cargo a dichos presupuestos, comunicará a la Contraloría la terminación de los trabajos e informará la fecha señalada para su recepción a fin de que, si lo estima conveniente, nombre representantes que asistan al acto.

En la fecha señalada, la dependencia o entidad, bajo su responsabilidad, recibirá los trabajos y levantará el acta correspondiente.

ARTICULO 75.- Concluida la obra, no obstante su recepción formal, el contratista quedará obligado a responder de los defectos que resultaren en la misma, de los vicios ocultos, y de cualquier otra responsabilidad en que hubiere incurrido, en los términos señalados en el contrato respectivo y en el Código Civil para el Distrito Federal en Materia Común y para toda la República en Materia Federal.

Para garantizar durante un plazo de doce meses el cumplimiento de las obligaciones a que se refiere el párrafo anterior, previamente a la recepción de los trabajos, los contratistas, a su elección, podrán constituir fianza por el equivalente al diez por ciento del monto total ejercido de la obra, presentar una carta de crédito irrevocable por el equivalente al cinco por ciento del monto total ejercido de la obra, o bien, aportar recursos líquidos por una cantidad equivalente al cinco por ciento del mismo monto en fideicomisos especialmente constituidos para ellos.

Los recursos aportados en fideicomiso deberán invertirse en instrumentos de renta fija.

Los contratistas, en su caso, podrán retirar sus aportaciones en fideicomiso y los respectivos rendimientos, transcurridos doce meses a partir de la fecha de recepción de los trabajos.

Quedarán a salvo los derechos de las dependencias y entidades para exigir el pago de las cantidades no cubiertas de la indemnización que a su juicio corresponda, una vez que se hagan efectivas las garantías constituidas conforme a este artículo.

ARTICULO 85.- La Secretaría, la Contraloría y las dependencias coordinadoras de sector, en el ejercicio de sus respectivas facultades, podrán verificar, en cualquier tiempo, que las adquisiciones, los arrendamientos, los servicios y la obra pública, se realicen conforme a lo establecido en esta Ley o en otras disposiciones aplicables y a los programas y presupuestos autorizados.

La Secretaría y la Contraloría, en el ejercicio de sus respectivas facultades, podrán realizar las visitas e inspecciones que estimen pertinentes a las dependencias y entidades que realicen adquisiciones, arrendamientos, servicios y obra pública, e igualmente podrán solicitar de los servidores públicos y de los proveedores contratistas que participen en ellas, todos los datos e informes relacionados con los actos de que se trate.

ARTICULO 86.- La comprobación de la calidad de las especificaciones de los bienes muebles se hará en los laboratorios que determine la Contraloría y que podrán ser aquéllos con los que cumple la dependencia o entidad adquirente o cualquier tercero con la capacidad necesaria para practicar la comprobación a que se refiere este artículo.

El resultado de las comprobaciones se hará constar en un dictamen que será firmado por quien haya hecho la comprobación, así como por el proveedor y el representante de la dependencia o entidad adquirente, si hubieren intervenido.



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

"DIPLOMADO SOBRE GERENCIA DE PROYECTOS"

ICA-DECFI, UNAM.

MODULO V.

PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA

Del 20 al 22 de agosto.

Coordinador: ING. RAFAEL ABURTO VALDES.

PALACIO DE MINERIA

1998.

LA OBRA CIVIL EN EL STC METRO

**(EXPERIENCIA DE LA RECEPCION INTEGRAL PUESTA A PUNTO
Y OPERACIÓN DE LA LINEA "A")**

I.- PRESENTACIÓN

II.- LA CONSTRUCCION DEL METRO

III.- UNA GRAN ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

IV.- PERSPECTIVAS : UN METRO PARA EL SIGLO XXI

V.- LA LINEA "A" DEL METRO FERREO

5.1.- UBICACIÓN Y CARACTERISTICAS

5.2.- PROCESO CONSTRUCTIVO

5.3.- RESUMEN DE EXPERIENCIAS

VI.- CONCLUSIONES GENERALES

Elaborarón: Ing. Rafael Muñoz Cruz
Ing. Jesús Franco Ortega

I.- PRESENTACION

La historia del Metro se enmarca en la iniciación del proceso de modernización de la ciudad. No fue tarea fácil. Se consideraba imposible la construcción de un transporte subterráneo precisamente en la capital de México, cuyo subsuelo hacía impensable el proyecto.

Para fortuna nuestra, se conjugaron como factores definitivos el genio de Bernardo Quintana, figura notable de la ingeniería civil; la disciplina y la decisión del general Alfonso Corona del Rosal, entonces jefe del Departamento del Distrito Federal; y el total del respaldo político que dio el presidente en turno.

Un proyecto de esta naturaleza requería, además de la mejor tecnología de operación disponible entonces y de un esquema de financiamiento que garantizara su viabilidad a largo plazo.

El crédito del gobierno francés a través de COFASE, junto con el apoyo del Metro de París y su tecnología, probaron ser la fórmula del éxito al combinarse con la ingeniería civil mexicana y el entusiasmo de servidores públicos y trabajadores mexicanos.

El Sistema de Transporte Colectivo es una empresa pública del gobierno de la ciudad. Para quienes trabajamos en ella constituye un orgullo ser responsables de la misma, porque sentimos que el Metro es mucho más que un conjunto de materiales y tecnología. Es un elemento vivo, incorporado a la ciudad, al servicio de sus habitantes.

Desde su inauguración, el 4 de septiembre de 1969, el Metro ha transportado cerca de **30 mil millones de usuarios**. Ellos han hecho suyo este sistema de transporte y lo han convertido en factor cotidiano de sus vidas; lo

sienten como propio y por ello lo respetan, lo cuidan y nos demandan cada día un servicio de excelencia.

Nos acercamos al final del siglo y por nuestras líneas transitan 217 trenes que recorren, diariamente, dos veces y media la circunferencia de la Tierra en los **178 kilómetros** de vías que intercomunican las distintas zonas de la ciudad. En 1998 habrán de sumarse gradualmente los 13 nuevos trenes de última generación los FM 95 de la Línea "A" y por otra parte, los **23 kilómetros de la Línea B**, actualmente en construcción, que correrá desde Buenavista, en el centro de la ciudad, hasta San Cristóbal Ecatepec, en el Estado de México.

UN METRO PARA LA CIUDAD DE MEXICO

La idea de construir en la Ciudad de México un tren subterráneo aparece por primera vez en 1958, a fines de la administración del presidente Adolfo Ruiz Cortinez. Entonces fue desechada no sólo por la magnitud de la inversión que hubiese requerido y las limitaciones financieras que enfrentaba el país, sino también por las dificultades técnicas de su construcción, impuestas por las características del subsuelo de la ciudad y por el hecho de encontrarse ésta asentada en una zona sísmica.

Uno de los principales promotores del proyecto para construir un Metro en la Ciudad de México fue el Ingeniero Bernardo Quintana, al frente de Ingenieros Civiles y Asociados, ICA, A partir de 1958, ICA realiza una serie de estudios que permitirían elaborar un anteproyecto y más tarde el proyecto de construcción de un Metro para la Ciudad de México. Entre ellos destacan los siguientes: las características y el comportamiento del subsuelo de la Ciudad de México; el hundimiento de la ciudad y la forma de contrarrestarlo en las construcciones subterráneas y de superficie; un análisis crítico de la construcción, instalaciones y operación de los 33 principales metros en el mundo, y un estudio de la situación de la red vial de la ciudad y de sus perspectivas. Al mismo tiempo, el Grupo de Empresas ICA adquiría una importante experiencia con la construcción de obras civiles en la ciudad, como el drenaje profundo, que le permitió desarrollar una serie de soluciones técnicas aplicables a la eventual construcción del Metro.

En cuanto a la solución de la restricción financiera, la participación del licenciado Carlos Abedrop Dávila fue estratégica. Se propuso un esquema de financiamiento similar al que ICA había empleado en la construcción del sistema hidroeléctrico de Infiernillo, obtenido en Francia. La construcción de Infiernillo y la del Metro coincidieron en el tiempo con la activación de una política del gobierno francés, presidido por el general De Gaulle, de acercamiento con los países latinoamericanos tanto en lo político como en lo económico.

El anteproyecto de construcción del Metro fue por fin presentado al presidente Adolfo López Mateos por el ingeniero Bernardo Quintana. El presidente dio instrucciones para que se le turnara al **regente de la ciudad**, licenciado Ernesto P. Uruchurtu. Paralelamente, ordenó a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes que dictaminara sobre la posibilidad de construir un Metro subterráneo en la Ciudad de México. El dictamen de la Secretaría fue positivo, pero **el licenciado Uruchurtu rechazó el anteproyecto.** Sus razones fueron fundamentalmente las siguientes: en el corto plazo, el costo de construcción de un tren subterráneo era significativamente más alto que el de construir vías rápidas de superficie para vehículos; además, ninguna ciudad había optado por esta solución al transporte público por aquellos años y, de las que ya contaban con un Metro ninguna había ampliado su red durante las tres décadas anteriores. Uruchurtu **consideraba que el modelo de la ciudad del futuro estaba ejemplificado en la ciudad estadounidense de Los Angeles.**

El cambio de administración da un nuevo aliento a las perspectivas del Metro. Sin embargo, el presidente Gustavo Díaz Ordaz ratifica a Uruchurtu en su cargo. La promoción del proyecto queda, pues, en suspenso; no obstante ello, ICA continúa poniendo al día y ampliando el anteproyecto.

Al inicio de la administración del presidente Díaz Ordaz, se reciben diversas propuestas de compañías extranjeras que ofrecen sus servicios para realizar estudios de factibilidad para la construcción de un Metro en la Ciudad de México. En caso de resultar viable, ofrecían también los proyectos de construcción. Ninguna de estas propuestas fue aceptada.

En octubre de 1966 renuncia el licenciado **Uruchurtu** y es nombrado como **nuevo regente del Distrito Federal el general Alfonso Corona del Rosal.** De inmediato se **retoma la propuesta del proyecto para un Metro.**

El ingeniero Bernardo Quintana busca la intervención del secretario de la Presidencia, el licenciado Emilio Martínez Manatou, quien gira instrucciones al licenciado Emilio Mújica Montoya, director general de Planificación Económica, para concertar la presentación del proyecto al regente del Distrito Federal.

El general Corona del Rosal sometió a revisión el anteproyecto, obteniendo un dictamen positivo. **El regente manifestó al ingeniero Quintana su interés de que el proyecto no se dividiera en varios contratos y de que el Grupo de Empresas ICA se responsabilizase de llevar a buen término los trabajos.** Es así como, en febrero de 1967, ICA constituye la empresa Ingeniería de Sistemas de Transporte Metropolitano (ISTME), la cual tendría a su cargo la realización del proyecto.

El 29 de abril de 1967 se publica en el *Diario Oficial* el decreto presidencial mediante el cual se crea un organismo público descentralizado, el Sistema de Transporte Colectivo, con el propósito de construir, operar y explotar un tren rápido con recorrido subterráneo y superficial para el transporte público en el Distrito Federal; el 15 de junio, se celebra el contrato de ingeniería entre el Sistema de Transporte Colectivo e Ingeniería de Sistemas de Transporte Metropolitano para el proyecto de la primera etapa del Metro de la Ciudad de México; al día siguiente, mediante boletín de prensa, el regente del Distrito Federal anuncia públicamente el inicio de la obra.

El 19 de junio de 1967, en el cruce de la avenida Chapultepec con la calle de Bucareli, el general Corona del Rosal preside la ceremonia de inauguración de las obras del Metro de la Ciudad de México. **Así se da inicio a la obra civil más grande en la historia de la ciudad,** tanto por su dimensión y costo, cómo por los beneficios que aporta a sus habitantes. Ese mismo día se celebró el contrato para las obras civiles entre el sistema de Transporte Colectivo y el Grupo de Empresas ICA.

Escasamente dos años más tarde, el 4 de septiembre de 1969, un flamante convoy naranja hace el recorrido inaugural, entre las estaciones de Insurgentes y Zaragoza. El 20 de noviembre de 1970 queda concluida la primera etapa de la red del Metro de la Ciudad de México y se establece la primera de muchas marcas del Metro, se había logrado construir un kilómetro de Metro por mes, un ritmo de construcción que no ha sido igualado en ningún Metro del mundo, ni antes ni después.

II.- LA CONSTRUCCIÓN DEL S.T.C. METRO

El Metro es, probablemente, **la obra civil y arquitectónica más grande y compleja de la Ciudad de México**. Su principal característica radica en que está en un proceso permanente de transformación y crecimiento, por la incorporación de nuevas tecnologías y la ampliación de la red. Por lo que respecta a la construcción de ésta, se identifican históricamente cinco etapas. La primera corresponde al proyecto elaborado por el Grupo de Empresas ICA; se inicia el 19 de junio de 1967 y concluye el 10 de junio de 1972. La segunda, da comienzo a principios de 1978 y se termina a fines de 1982; la tercera, de principios de 1983 a fines de 1985; la cuarta, de principios de 1986 a fines de 1988; y la quinta, de principios de 1991 a mediados de 1994.

El arquitecto Ángel Borja estuvo a cargo de la elaboración del proyecto **“Estudio de Vías Rápidas para la Ciudad de México”**; posteriormente dirigió la empresa Ingeniería de Sistemas de Transporte Metropolitano, S.A., creada ex profeso para la construcción de la primera etapa del Metro.

En los estudios parciales que integran el “Estudio de Vías Rápidas para la Ciudad de México” y en el proyecto para la primera etapa del Metro, se elaboraron las bases y los criterios que luego normarían su construcción y diseño. Se analizaron las características del subsuelo lacustre, las técnicas de construcción puestas a prueba hasta entonces en la Ciudad de México (en el drenaje profundo, el Viaducto y el Periférico, así como en los grandes edificios) y en la construcción de trenes subterráneos en otras ciudades del mundo. **También se estudió cuidadosamente el diseño y la operación de los 33 sistemas de transporte urbano masivo a base de trenes**, con la finalidad de evitar la repetición de deficiencias y errores.

CONSTRUIR EN EL LECHO DE UN ANTIGUO LAGO

Los problemas técnicos para la construcción de un Metro subterráneo con un subsuelo lacustre y en una zona sísmica se habían resuelto en principio. También se habían desarrollado técnicas de construcción a fin de eliminar rigideces excesivas en las estructuras y dar la flexibilidad necesaria a la construcción para resistir los efectos de los sismos. El análisis del hundimiento de la ciudad se fundamentó en una teoría formulada por el doctor Nabor Carrillo y desarrollada por el doctor Marsal y el ingeniero Fernando Hiriart, en la Comisión Federal de Electricidad, en 1953, que permitía hacer predicciones sobre este fenómeno. Dicha teoría puso de manifiesto, por otro lado, la necesidad de detener la extracción de agua de la zona lacustre para aminorar el hundimiento de la ciudad.

En la construcción del Metro se optó por la técnica conocida como túnel de cajón y se utilizó el sistema de los llamados muros de Milán, empleado en la construcción del Metro de esta ciudad italiana, que ha habido sido utilizado en la ciudad de México (en el paso a desnivel en Tlaxcoaque, en el Viaducto y en el Periférico). Se construye a cielo abierto. Inicialmente se abren zanjas para los dos muros paralelos que forman las paredes del túnel, que se cuelan y se dejan fraguar; posteriormente, se excava entre ambos muros y se cuela el firme del piso; por último se construye la losa del techo.

El sistema de los muros de Milán elimina el riesgo de deslaves laterales del suelo hacia el interior de la excavación, lo cual además de entorpecer los trabajos puede ocasionar daños a edificaciones vecinas. También hace posible trabajar en espacios más angostos, ya que no se requieren amplios taludes inclinados a ambos lados del túnel para estabilizar la excavación. Además, el bombeo del agua filtrada del subsuelo se puede efectuar en un espacio limitado, que es sólo el existente entre ambos muros, lo que permite desalojarla con mayor rapidez y prácticamente sin afectar la consistencia del subsuelo a los lados del túnel.

Como medida precautoria, entre otras, las zanjas recién excavadas se rellenan con lodo bentonítico, que tiene un peso similar al de la tierra que se ha extraído, lo que evita que se venzan las paredes de la excavación.

El sistema constructivo de muros de Milán resolvió parte importante de los problemas de construcción, asociados al subsuelo de la Ciudad de México; sin embargo, a dicho sistema se **le incorporaron algunas variantes técnicas** para su total adecuación, **como es el caso del sistema de compensación del peso del subsuelo desplazado**. Este se sustenta en el mismo principio que permite flotar a una embarcación, **el llamado “principio de Arquímedes”**. Los túneles construidos deben pesar lo mismo que la tierra y el agua que tuvo que desalojarse para realizar la obra, ya que si un túnel pesara menos, tendería a emerger, a salir a la superficie, y a la inversa, si pesará más tendería a hundirse. Aparentemente es simple la solución de este problema técnico, dependiendo de la previa cuantificación de las variables que deben intervenir en los cálculos matemáticos que lleva aparejados son complejos y exigen gran precisión. **El problema se acentúa en el caso de las estaciones**, debido a la desproporción entre su gran volumen vacío y lo relativamente escaso de su peso. Para compensar esta diferencia, fue necesario construir edificios encima de las estaciones, a fin de que el peso de éstos restableciera el equilibrio entre las variables.

En el año de 1967, el nivel freático de la Ciudad de México, se localizaba en promedio, a partir de los **dos metros bajo la superficie, en tanto que la construcción de los túneles del Metro y de sus estaciones requería de excavaciones a profundidades mucho mayores**. El agua representó por ello un obstáculo persistente. No obstante tal inconveniente, se tuvo la ventaja de excavar en un suelo con baja resistencia, debido a la relativa ausencia de obstáculos rígidos o de difícil penetración.

La naturaleza del subsuelo plantea otro tipo de dificultades, como es el caso de las paredes, que tienden a ser inestables porque la presión del agua que contienen los mantos de arcilla, aunada al peso de las construcciones

aledañas puede deformarlas o fracturarlas, poniendo en riesgo las estructuras de las edificaciones circundantes. **Ello obliga a controlar el nivel de agua localizada en el lugar en que se realiza la obra. Si no se hubiese aplicado la avanzada tecnología que se empleó y continúa utilizándose en las obras del Metro, serían constantes los hundimientos o protuberancias del suelo.**

En las zonas de la Ciudad de México que no pertenecen al área antaño cubierta por agua y que presentan pendientes superiores a la máxima permitida para el tránsito de los trenes, **fue necesaria la excavación de túneles profundos. En estos casos se utilizó el método de escudo,** que consiste en el empleo de una **máquina excavadora circular que avanza bajo tierra,** perforando el suelo y expulsando hacia atrás el material extraído, el cual se retira con vagones diseñados para tal propósito.

III.- UNA GRAN ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Transcurridos 30 años desde el comienzo de la primera etapa del Metro de la Ciudad de México, haciendo a un lado la aportación fundamental que ha hecho a la solución del transporte masivo en el área metropolitana, aún queda un aspecto por considerar.

En la construcción de la obra civil de 178 kilómetros de túneles, viaductos y tendido de superficie, en el montaje de la cantidad correspondiente de vías e instalaciones eléctricas y electrónicas, en el diseño y construcción de las 154 estaciones de la red, se ha llevado a cabo una obra que medida en las unidades que se suelen emplear para cuantificar obras de ingeniería (metros cúbicos de construcción, toneladas de fierro, etcétera), arrojaría cifras astronómicas. **Es una tarea titánica que ha involucrado a decenas de miles de personas, destacadamente a profesionistas y técnicos de las diversas disciplinas de la ingeniería y la arquitectura.**

Para dar una idea de la dimensión de la obra del Metro, en términos de su complejidad técnica, una estimación del ingeniero Servando Delgado Gamboa, exdirector general de Construcción de Obras del S.T.C. y a quien se debe la reflexión, de que **“por cada metro de Metro se requiere dos planos y un documento de especificaciones técnicas”**, lo que supone, por ejemplo en el caso de la **Línea B,** actualmente en construcción, la cantidad de **50 mil planos y 25 mil documentos, en cifras gruesas.**

Es pues este impresionante volumen de obra, aunado a su dificultad técnica, lo que ha convertido al Metro, sin lugar a dudas, en la mayor y más exigente escuela de ingeniería del país. No es producto de la casualidad el bien ganado prestigio internacional de la ingeniería mexicana que mucho debe a la obra del Metro. Y recíprocamente, desde luego; mucho deben el Metro y sus usuarios a los ingenieros, técnicos y obreros mexicanos: sus constructores.

IV.- PERSPECTIVAS: UN METRO PARA EL SIGLO XXI

De una planeación empírica y –casi podría decirse- intuitiva, resultaron las tres primeras líneas del Metro. Diez años más tarde, con la experiencia adquirida, se elaboró el primer Programa Maestro del Metro, que se revisó en 1982 y, nuevamente, en 1985. Herramientas y recursos más sofisticados (encuestas, modelos matemáticos de simulación) ha sustentado desde entonces la proyección de las etapas subsecuentes de la ampliación de la red. Sin embargo, la distribución del total de usuarios transportados anualmente por cada línea, revela que la red original, producto de la primera etapa del proyecto Metro, acapara casi las dos terceras partes de la afluencia.

Son varios los factores que intervienen en este fenómeno. Por un lado, el hecho de que algunas líneas (la 4, por ejemplo, que es la menos concurrida), no tienen la longitud total originalmente programada y no han alcanzado los núcleos población que incrementarían la “carga” de usuarios de dichas líneas. Simplemente, el hecho de que una línea tenga comparativamente menos estaciones implica automáticamente que tendrá menos usuarios, como lo demuestra el notable incremento habido en la Línea 3 a medida que fue completándose hasta Indios Verdes, por el norte, y a Ciudad Universitaria, por el sur.

Por otro lado, la comparación de una línea que opera por debajo de su capacidad, con otras que lo hacen en condiciones de sobrecarga, como las tres líneas de la red original, arroja datos engañosamente desfavorables. El efecto de esta distorsión puede atenuarse si se compara, en cambio, con el desempeño de líneas en sistemas de transporte de otras ciudades importantes del mundo, en cuyo caso aun las líneas menos utilizadas del Metro mexicano se sitúan en niveles de primer rango.

Un tercer factor es la distribución de la carga que resulta de la red en su conjunto. Se prevé que, conforme las líneas se prolonguen y vayan intersectándose unas con otras, la carga total de la red se incrementará, pero al mismo tiempo se repartirá de manera más uniforme. Este efecto pudo comprobarse al poner en servicio la Línea 9, que contribuyó a descargar la Línea 1, de trazo prácticamente paralelo.

La experiencia ha señalado, asimismo, que en los hábitos de desplazamientos priva un patrón de flujo radical, es decir que converge al centro del área metropolitana, característica común a las primeras tres líneas de la red. Esta tendencia se tuvo mucho en cuenta para el trazo de las líneas 8 y B. En el caso de la primera, aun cuando fue necesario recorrer su trazo –que originalmente cruzaba el Zócalo- hacia el poniente, el rápido crecimiento del número de usuarios han comprobado lo acertado de la conjetura.

Hay un último factor, ajeno al Metro, pero que incide de manera definitiva en su desempeño y esto lo constituye las restantes modalidades del transporte público: los autobuses, los trolebuses, el tren ligero y, no por ser citado al último de menor importancia, el transporte público concesionado a operadores de microbuses y combis –los “peseros” – responsables, en 1995, de más de la mitad de los viajes en el área metropolitana.

Evidentemente, la solución de conjunto al problema del transporte es la Ciudad de México y los municipios conurbados del Estado de México depende críticamente de la posibilidad de articular ordenadamente las distintas modalidades del transporte público de pasajeros. Hacer del Metro la columna vertebral del transporte metropolitano ha sido invariablemente la noción rectora de los diversos planes maestros. En el caso de los trolebuses y los trenes ligeros, por el hecho de ser operados por organismo públicos dependientes del gobierno de la ciudad, el problema se reduce a la planeación cuidadosa de sus respectivas correspondencias con el Metro. El caso de los autobuses es semejante, pues aunque están en vías de ser concesionados a particulares, el

DDF conservará la capacidad de intervenir en la planeación de rutas y regular algunos parámetros del servicio. Lo que ha resultado de mucho más difícil manejo son los "peseros", que han incrementado su participación en el transporte de manera desmedida, llevando a la práctica una estrategia de competencia con el Metro, en lugar de buscar una complementación mutuamente beneficiosa. Si hay una asignatura pendiente, es sin duda esta última.

A casi diez años de la última revisión del Plan Maestro del Metro, en vísperas de un nuevo siglo, y con pronósticos para el crecimiento de la población, la mancha urbana y los tramos de viaje-persona-día, para el año 2020, del 40, del 20 y del 73 por ciento, respectivamente, se impulsó la obligación de reconsiderar una vez más las perspectivas, se impuso la obligación de reconsiderar una vez más las perspectivas del Metro en el contexto del transporte metropolitano a muy largo plazo.

En 1994, la Dirección General de Construcción de Obras del Sistema de Transporte Colectivo solicitó al Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, el levantamiento de una nueva encuesta de origen-destino, a fin de poner al día la información obtenida en 1983. Simultáneamente, Covitur celebró, luego de una licitación pública, un contrato de servicios para la actualización del Plan Maestro del Metro con la compañía ICA Ingeniería, que comprende la creación de una base de datos relativos a la demanda de transporte en toda el área metropolitana, la elaboración de diagnósticos y pronósticos de crecimiento de la población, el área urbanizada y la demanda de viajes de acuerdo a distintos escenarios, su alimentación en modelos matemáticos de generación, atracción, distribución y asignación de viajes y, con base en los estudios técnicos precedentes y los correspondientes análisis de costo, el diseño de propuestas para el crecimiento de la red a mediano y largo plazos.

El 1° de enero de 1995, Covitur transfirió a la Secretaría de Transporte y Vialidad del DDF la coordinación del Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros. Posteriormente, esta función fue transferida al Sistema de Transporte Colectivo y el 1° de septiembre de 1995, el STC asumió la supervisión técnica de la revisión del Plan Maestro del Metro y la responsabilidad de la definición de los programas para horizontes definidos en los años 2003, 2009 y 2020.

Dada la multitud de variables que afectan la definición del trazo de una red de transporte, la variedad de los datos que es necesario recabar y verificar; el tiempo que toma procesarlos, la complejidad de los cálculos que se realizan, y los posteriores ajustes para decantar de las opciones posibles las más acordes a la demanda percibida y los recursos con que se cuenta, el nuevo Plan Maestro y Trenes Ligeros se concluyó en agosto de 1996.

En su horizonte más lejano, el año 2020, el Plan Maestro contempla una red compuesta por 14 líneas de Metro neumático, tres líneas de rodada férrea y diez líneas de tren ligero. La extensión total proyectada es de 483 kilómetros, de modo que faltarían construir aproximadamente 300 kilómetros de líneas en los próximos 24 años.

En el horizonte más inmediato, el año 2003, se prevé, en principio, concluir las siguientes ampliaciones y líneas.

- Línea B, de Buenavista a Ciudad Azteca
- Prolongación de la Línea 7, de Barranca del Muerto a San Jerónimo.
- Prolongación de la Línea 8, de Garibaldi a Indios Verdes, al norte, y de Escuadrón 201 a Acoxta, hacia el sur.
- Construcción de la Línea 12, que comprende el tramo Constitución de 1917-Atlalilco, actualmente parte de la Línea 8, y un nuevo tramo Atlalilco-Mixcoac.

Todo ello supone un aumento de 50.9 kilómetro de red, para dar servicio a una demanda proyectada de 6.4 millones de pasajeros por día laborable.

V.- LA LINEA "A" DEL METRO FERREO

CONTENIDO

- 5.1.- Ubicación y características**
- 5.2.- Proceso Constructivo**
- 5.3.- Resumen de experiencias**

5.1. Ubicación y características

La Línea "A" se ubica al oriente de la zona Metropolitana de la Ciudad de México, sobre uno de los corredores de mayor demanda de transporte urbano que es la Calzada General Ignacio Zaragoza: tiene su origen en el centro urbano Pantitlán en la Delegación Iztacalco, continúa hacia el oriente y termina en el Municipio de la Paz en el Estado de México.

La Línea cuenta con 10 estaciones de las cuales: dos son terminales, Pantitlán, en solución subterránea de triple transbordo con las líneas 1,5 y 9 del metro y La Paz de tipo superficial; tres de correspondencia a futuro en Canal de San Juan, Acatitla y Santa Marta y cinco estaciones de paso: Agrícola Oriental, Tepalcates, Guelatao, Peñón Viejo y Los Reyes. Todas las estaciones tienen una longitud de 150 m. para recibir trenes de nueve carros, en la etapa final.

Los trenes que circulan en esta línea se integran con vagones semejantes a los del metro actual de la Ciudad de México, siendo sus principales diferencias: La rodada metálica, la alimentación de energía eléctrica es mediante pantógrafo, la velocidad máxima de diseño de 100 Kph. Y la comercial de 42.5 Kph.

La razón por la cual se optó por emplear rodada metálica, fue el hecho de que por necesidades propias de la distribución de habitantes en esta zona, se requieren interestaciones de mayor longitud que las normalmente construidas para el resto de la red, por lo que resultaba más conveniente la rueda férrea, además de que los 79 metros del mundo, sólo 7 tiene rodada neumática, por lo que resultaba muy recomendable que ocupando México el tercer lugar en el mundo, en cuanto a cantidad de pasajeros transportados, se aplicara esta tecnología en su red.

Debido a que los trenes FM-86 de Línea "A" son diferentes a los del resto de la red, es imposible utilizar estos en la red neumática y viceversa por lo que al oriente de la estación terminal La Paz, se construyeron los talleres generales para su mantenimiento; en una superficie de 18 hectáreas se habilitaron las siguientes áreas.

Depósito para trenes (20 posiciones en primera etapa), Nave de Mantenimiento Menor con 5 fosas, Taller de Pantógrafos, Taller de Vías, Taller de Catenaria, Taller Eléctrico, Torno Rodero, Grupo Compresor, Planta para tratamiento de aguas residuales, Edificio de servicios generales, Puesto de Maniobras, Almacén General, Vía de Pruebas y Reserva para Taller de Mantenimiento Mayor.

También a la mitad de la línea en el lado Sur de la estación Guelatao, se tiene el Puesto de Control de Líneas (P.C.L.), desde donde se concentra y maneja toda la operación de la propia línea.

Por otra parte, se tiene en operación al norte de la estación Pantitlán una nave de depósito para trenes y dos paraderos importantes: uno en el lado Sur de la estación Santa Marta y otro en la terminal La Paz.

5.2.- Proceso Constructivo

Localización de los terrenos y trazo del eje

Una vez autorizado el proyecto definitivo, se procede a efectuar levantamiento topográficos que permitan conocer los alcances de las afectaciones tanto a predios de particulares como del Gobierno Federal o en algunos casos parcelas de cultivo de carácter ejidal.

Después de haber cumplido con los trámites de compra de terrenos, se inicia la demolición y limpieza de los mismos, a fin de esta en condiciones de trazar el eje de la línea o bien de las edificaciones a desplantar.

Obras inducidas

Inmediatamente después de conocer el trazo definitivo, se establecen las coordinaciones con las diferentes empresas de Gobierno, a fin de efectuar los desvíos de todas aquellas instalaciones que interfieren con la construcción del Metro (redes de agua potable, drenaje domiciliario, colectores municipales, energía eléctrica, teléfonos, etc.) a fin de estar en condiciones y con la seguridad de que la obra a realizar, la cual durará en proceso un promedio de 18 meses, no altere considerablemente la vida diaria de los habitantes más próximos a todas estas obras.

Cimentación

Solución superficial (por compensación)

Es a base de una estructura de concreto hidráulico en forma de cajón abierto, integrada por una losa de fondo apoyada directamente en el terreno natural, dos muros laterales que prolongados en la parte superior sirven de confinamiento y un muro central de seguridad para la operación; cerrando éste cajón una losa superior que funciona como losa de rodamiento.

Solución subterránea (cajón clásico del Metro de la ciudad de México)

Se logra a base de un túnel falso de sección rectangular construido a base de muros milan o tabla estaca, losa de piso y muros estructurales, en los cuales se apoyan unas tabletas pretensadas que conforman el cajón convencional.

Basamento (muros laterales y columnas).

Este basamento forma parte de los muros laterales de ella cimentación y para el caso de una estación, la conforman marcos de concreto de 3.50 x 5.00 mts. a lo largo de los 150 mts. de la estación, los cuales en la parte exterior están revestidos por muro block doble hueco vertical de 10 x 10 x 20 cm. esmaltado de color azul talavera liso Sta. Julia en la mayoría de las estaciones y sobre el cual se apoyan 30 columnas de acero estructural por vía, integradas en forma triangular por tubos de 4 ½" c exterior y 5/16" de espesor y por 4.80 m. de altura, las cuales 5 de ellas por vía alojan en la zona central tubos de acero de 4" c que sirven para encausar el agua pluvial hacia los desagües propios de la estación.

Trabe canalón

Esta trabe es el cerramiento de las columnas metálicas y dentro de sus funciones principales está la de recibir una techumbre en forma de bóveda de cañón, a base de lámina acanalada estructural mejor conocida como arco teck, así como la de captar todas las aguas de precipitación pluvial conduciéndolas hasta su bajada correspondiente.

Techumbre arco teck

Esta techumbre la compone una lámina rolada en forma de cañón de calibre 24 la cual está diseñada para soportar además de las cargas producidas por el viento una carga de 90 kg.

De esta techumbre se sostiene el alumbrado principal de la estación consistente en 14 lámparas de vapor de sodio, soportando además en la parte superior y exterior la red de pararrayos.

Pasarelas de acceso

Por lo que se refiere a la totalidad de las estaciones superficiales, estas cuentan principalmente con dos acceso, los cuales además, funcionan como pasos peatonales en horas de servicio teniendo su inicio en las jaulas de acceso de 2.75 x 9.80 x 5.51 mts. de altura con dos puertas abatibles hacia el interior fabricadas con Perfil tabular rectangular (P.T.R.) de 2"x 3" 1/8" y malla de 3x3 Cal. 8, continúan con las rampas de escaleras de 240 x 14.60 mts. de desarrollo, de acero estructural con huella revestida de concreto, dando paso a las pasarelas de acceso, las cuales están conformadas por armaduras de ángulos estructurales de acero con malla de 3.3 cm. calibre 8, de una longitud promedio de 2.50 x 25 mts, el piso de estas las integran una losacero marca Romsa de acabado polyester blanco tipo 3 que funciona como cimbra la cual recibe un firme de concreto armado con acabado de escobillado en forma transversal al puente, rematando estas en el inicio del vestíbulo, separadas únicamente por una junta constructiva rellena de "pencol".

Vestíbulo

Area de 35.0x12.50 mts. Soportada por siete entrejes de acero estructural, sobre la cual se apoya: la lámina marca Romsa, el firme de concreto, y el piso de mármol Sto. Tomas de 40 x 20 cm; además cuenta con dos escaleras hacia el andén de 2.40 x 10.0 mts. En esta misma área se

ubica la taquilla, el módulo de vídeo vigilancia, usos múltiples, sanitarios y torniquetes, donde a estos últimos se les protege de la lluvia a través de marcos de P.T.R. malla criba y cristal flotado de 6 mm.

Acabados

Todos los acabados y recubrimientos que se tienen principalmente en los muros de las estaciones son en su mayoría esmaltados (block Sta. Julia de 20 x 10 x 10 cm.) desalentando el vandalismo, lo que reduce considerablemente las intervenciones del mantenimiento correctivo, salvo cuando se trata de "pintas" originadas con pintura en aerosol debiendo limpiarse éstas únicamente con solventes.

Por lo que se refiere a pisos en andenes, vestíbulos y escaleras interiores, se cuenta con mármol Sto. Tomás de 40 x 20 x 2 cms. Material que por su alta resistencia al desgaste ocasionado por fricción no presenta a la fecha problema alguno, no siendo así en las escaleras y pasarelas de acceso donde existe piso de concreto, mismo que en algunas estaciones de gran demanda (Guelatao, Sta. Marta) presentan ligeros desgastes principalmente en las hullas de las escaleras.

Referente a las taquillas y módulos de videovigilancia, éstos están contruidos con un 35% de cristal, lo que permite una mayor visibilidad en varias direcciones, no olvidando que el cristal es de 6 mm., y con un tratamiento de templado para darle seguridad tanto al personal que ahí labora como a los usuarios.

Interestaciones

Tramos superficiales

Estos son cajones estructurales abiertos cuyos muros laterales son prolongados 1.80 mts., en promedio para recibir una dala de remate de 20 x 20

cm., en donde se aloja la soportería de la malla ciclón, la cual tiene una altura de 1.50 mts, más tres hilos de alambre galvanizado con púas.

Este cajón cuenta con dos tipos de juntas:

- Constructivas
- De expansión.

Juntas constructivas.- Localizadas de 25 a 50 mts. las cuales se proyectaron para absorber los movimientos diferenciales.

Juntas de expansión.- Localizadas de 50 a 100 mts. en forma de Z, las cuales se proyectaron para absorber los movimientos longitudinales.

En la parte exterior y paralela al cajón se localiza el sistema de drenaje, mejor conocido como "canal cubeta" el cual encausa todas las aguas pluviales hacia el colector municipal a través de pozos de visita o bien en slant.

También en la parte exterior se encuentra localizado un sistema de riego de 4" c de agua tratada, cuyas bocatomas se encuentran cada 25 mts; esta sirve para mantener en buenas condiciones las áreas verdes adyacentes al cajón del Metro.

5.3.- RESUMEN DE EXPERIENCIAS (DE LA RECEPCION, PUESTA EN MARCHA Y OPERACIÓN DE LA LINEA "A")

Antecedente

El proyecto de Línea "A" fue concebido para atender uno de los corredores de transporte de mayor demanda en la Zona Metropolitana de la ciudad de México (Z.M.C.M.), con un área de influencia en la que viven más de cuatro millones de habitantes, distribuidos en tres Delegaciones políticas del D.F. (Iztapalapa, Iztacalco y Venustiano Carranza) y siete Municipios del Estado de México (La Paz, Texcoco, Chalco, Chicoloapan, Chimalhuacán, Nezahualcóyotl e Ixtapaluca).

Por lo anterior, con un costo de 1.3 B.D.P. y 20 meses efectivos de intensos trabajos, el D.D.F., a través de la Secretaría General de Obras y de COVITUR, construyó los 17 km. De Línea "A", con sus 10 estaciones, dos paraderos (el de Santa Marta y el de La Paz), los talleres de La Paz en una superficie de 18 Ha., la nave de depósito Pantitlán, 11 Km. De vialidad de la calzada Ignacio Zaragoza (convertida en vía rápida con 14 carriles), incluyendo el drenaje, el alumbrado y reforestación de la misma zona, así como seis puentes viales para evitar los cruces en los 11 Km. sobre la Calzada Zaragoza y 22 puentes peatonales.

TABLA DEL PORCENTAJE DEL COSTO DE LAS OBRAS DE LINEA "A" Y
OBRAS INDUCIDAS

RUBRO	%
PROYECTO	3.3
OBRA CIVIL	68.1
OBRA ELECTROMECHANICA	23.6
ACOMETIDAS DE ENERGIA ELECTRICA	2.0
OBRAS INDUCIDAS	3.0
TOTAL	100

PROBLEMÁTICA INICIAL

Ante el impostergable compromiso de inauguración y poner en operación Línea "A" en la primera quincena del mes de agosto de 1991, se presentaron desde los primeros meses de ese año una serie de circunstancias, limitaciones y problemas que exigían una estrategia especial de solución, destacando por su importancia los siguientes:

- a) El establecer un esquema para asimilar rápidamente el cambio de tecnología de neumático a férreo, así como el de los nuevos y modernos sistemas que se incorporaron a esta Línea.
- b) El establecer un esquema para iniciar operaciones con sólo ocho de los 20 trenes contratados con CONCARRIL, sin el tiempo para las pruebas de recepción como se acostumbra en estos casos.
- c) El establecer un esquema descentralizado con autoadministración para la Línea "A", como una prueba piloto en el S.T.C.
- d) La integración del personal técnico y operativo que laboraría en esta línea, en el esquema básico inicial, en tan sólo dos meses y medio.
- e) La capacitación de este personal, es únicamente dos mes, sobre los conceptos básicos de las nuevas tecnologías.
- f) La integración rápida de los nuevos recursos materiales para operar de manera continua.
- g) El establecer un esquema para ofrecer un servicio de transporte rápido, eficiente, seguro y continuo para los usuarios de esta línea.

ACCIONES DE SOLUCIÓN

Las principales acciones de solución para esta problemática fueron:

- a) El recabar toda la información técnica, sobre las nuevas tecnologías de la Línea "A", ante COVITUR, CONCARRIL y diversos proveedores, para estudiarla, clasificarla y generar los documentos básicos que sirvieron para la capacitación, para las pruebas y para la supervisión y recepción de las instalaciones fijas y del material rodante.

- b) El crear un esquema especial de puesta a punto sobre los aspectos básicos, y muy en particular sobre los aspectos de seguridad de los trenes, para garantizar fundamentalmente su continuidad operativa y realizar, por primera y única vez en el S.T.C, las pruebas de asentamientos y puesta a punto definitiva de los trenes sobre la marcha y con el servicio a usuarios.
- c) Se elaboró un modelo de esquema organizativo simplificado para la autoadministración de Línea "A", mismo que aprobó el H. Consejo de Administración del S.T.C. , como una prueba piloto en el Organismo, aplicado la simplificación administrativa y un modelo de la calidad total, conceptos que han marcado el Ejecutivo Federal para todas las empresas de gobierno.
- d) Con el apoyo del Sindicato, de las gerencias técnicas del S.T.C., y de los directivos de este organismo, se logró integrar el cuadro básico para iniciar las operaciones de Línea "A" con personal que tiene amplia experiencia en la tecnología del Metro neumático, pero sobre todo con un espíritu de profesionalismo, superación, empeño y dedicación por su trabajo, lo que ha permitido asimilar rápidamente la nueva tecnología.
- e) Con el grupo de ingenieros que se incorporaron a Líneas "A", y con el apoyo del INCADE, COVITUR, CONCARRIL y proveedores, se lograron impartir los cursos básicos de capacitación sobre las nuevas tecnologías, así como la nueva mecánica operativa y esquemas de trabajo.
- f) Utilizando computadoras personales, se logró integrar el lote de requisiciones necesarias para la Línea "A", misma que fueron entregadas a la Gerencia de Recursos Materiales de este Organismo en agosto de 1991, donde se solicitaba el mobiliario, las herramientas, los equipos de medición y las refacciones básicas para los sistemas de las nuevas tecnologías que se incorporaron a Línea "A".
- g) Se integraron grupos de mejoramiento con los conductores, inspectores, reguladores y personal de estaciones y paraderos, para infundir el espíritu de servicio hacia el usuario y concientizarlos de la importancia de su labor en Línea "A", y sobre todo hacia un esfuerzo especial que había que realizar, para apoyar la fase de transición y puesta a punto de todas las instalaciones fijas y material rodante

En fin, fue necesario participar en cientos de reuniones sesiones de trabajo, para alcanzar nuestros objetivos, por lo que, gracias a un esfuerzo continuo de la Secretaria General de Obras del D.D.F., de COVITUR, de CONCARRIL, del personal del Metro neumático, del Sindicato y del propio personal de Línea "A", fue posible que a las 13:00 hrs. del 12 de agosto de 1991 el Presidente de la República en turno, inaugurara Línea "A", cuya formal operación con usuarios dio inicio a las 19:00 hrs. de ese mismo día, con tan solo ocho trenes de seis carros, en un servicio que desde entonces se ha brindado de manera continua a los usuarios.

SEGUIMIENTO DE PENDIENTES

Al igual que en la construcción y equipamiento de cualquier otra línea de Metro, en Línea "A" ha sido necesario dar un seguimiento muy detallado a los pendientes de obra y construcción, tanto en el caso de las instalaciones fijas como del material rodante, razón por la cual, durante el primer año de operación, se trabajó muy intensamente con COVITUR, CONCARRIL y con sus proveedores, a fin de que dichos pendientes quedaran atendidos.

Es así como posteriormente a la inauguración se continuo con la revisión y recepción de la obra en conjunto con COVITUR, hasta llegar a la recepción de la misma en un tiempo récord llegando al 96% de equipos e instalaciones debidamente probados y recepcionados por el STC en tan solo 4 meses después de la puesta en operación de la Línea "A".

En lo que se refiere al seguimiento de pendientes del material rodante, se trabajó muy activamente con CONCARRIL y con el Departamento de Ingeniería de la Gerencia de Material Rodante, a fin de agilizar la entrega y puesta a punto de los 20 trenes FM-86 fabricados por esa compañía y que fueron los que operaron inicialmente en la Línea "A".

Actualmente y a siete años de operación de esta Línea estamos por operar nuestra nueva generación de trenes FM-95 A para dar servicio a nuestro público usuario de cara al siglo XXI.

VI.- CONCLUSIONES GENERALES

Sabemos que uno de los elementos vitales en el transporte de nuestra gran ciudad es el Metro. Sería imposible imaginar a la Ciudad de México, con sus dimensiones actuales, sin este servicio que se mantiene como ejemplo entre otros semejantes del mundo. Es el Metro con menor costo por pasajero transportado; el tercero por el número de pasajeros que mueve; el quinto en extensión y ciertamente uno de los mejores del mundo.

La capital demanda acuerdos cada vez más complejos para garantizar su crecimiento. Referente al transporte, después de 50 años fue necesario promulgar una nueva ley y su reglamento para garantizar de esta manera la viabilidad de los organismos públicos y sentar las bases para el mejoramiento del transporte urbano y la expansión de sus vialidades. En el caso concreto del S.T.C. se concluyó la elaboración de un nuevo Plan Maestro y Trenes Ligeros como herramienta de planeación para identificar las mayores alternativas y garantizar una red no contaminante, eficiente y con capacidad creciente.

En esta suma de consensos, sin duda, la calidad en el servicio que otorga el Metro ha hecho que éste sea parte sustantiva en la vida de los capitalinos, quienes sienten el Metro como suyo; por eso lo cuidan y respetan, entienden la necesidad que tiene de fortalecerse para crecer; y saben que los cinco millones de pasajeros que ahí se concentran diariamente son al fin, junto con sus trabajadores, los verdaderos hombres del Metro. Por ello, a las tareas propias del transporte se han incorporado las de difusión, educación sobre el medio ambiente, ciencia y cultura.

En esta gran urbe, en donde diariamente se conjugan necesidades apremiantes con directrices a largo plazo, las soluciones rara vez se plantean con rapidez o facilidad. Buscamos las mejores fórmulas y cuidamos que lo que ya existe funcione bien, como el Metro:

El desarrollo urbano y el crecimiento poblacional hicieron prioritario la construcción de la Línea B del Metro, que añadirá 23 kilómetros a la red, para comunicar dos zonas densamente pobladas. Teníamos que programar el financiamiento de su construcción, con sentido de responsabilidad y servicio, pensando a largo plazo; tuvimos que ajustar las tarifas para garantizar la salud financiera del Sistema y el crecimiento sustentable de este servicio para la ciudad en el largo plazo.