



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

**DIPLOMADO EN RIESGO AMBIENTAL
MODULO II; ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL
DEL 7 AL 18 DE ABRIL DE 1997
DIRECTORIO DE ASISTENTES**

ING. FELIPE ALBINO GERVACIO
ACADEMICO
UNAM. FAC. DE ECONOMIA
CIUDAD UNIVERSITARIA
DELEG. COYOACAN
04510 MEXICO, D. F.

ENRIQUE ARELLANO MELCHOR
REPRESENTANTE TECNICO
SEISA

ING. DAVID BAGLIETTO PADILLA
ASESOR EN PROTECCION CIVIL
PERSONAL
TORONJIL NO. 109-2
VICTORIA DE LAS DEMOCRACIAS AZTCAPOTZALCO
02850 MEXICO, D. F.
556-83-16

ING. LUZ MARIA GARCIA LUNA
INGENIERO GEOLOGO
C.M.F.E.
INSURGENTES SUR 449
CIUDAD DE LOS DEPORTES
MEXICO, D. F.
536-51-00 EXT. 17

ING. CRISTOBAL GUERRERO SALAZAR
SUP.DE PROYECTOS TERMoeLECTRICOS
C.F.E.
MISSISSIPPI NO. 71-5° PISO
CUAUHTEMOC DELEG. CUAUHTEMOC
06500 MEXICO, D. F.
229-44-00 - 8643

ING. MARTHA HERCE SOTO
GERENTE DE PROYECTOS
INCHCAPE TESTING SERVICES DE MEX
BLVD. AVILA CAMACHO 182
LOMAS DE CHAPULTEPEC
11650 MEXICO, D. F.
282-41-11

ARTURO LEON MACIN
SISTEMAS HIDRAULICOS Y AMBIENTALES S.A.DE C.V.
CDA. PERPETUA NO.22
SAN JOSE INSURGENTES DELEG.BENITO JUAREZ
03900 MEXICO, D. F.
598-63-33

ING. JUAN JOSE MENDOZA SALGADO
ING. "AAA"
C.F.E.
MELCHOR OCAMPO 469
ANZUREZ DELEG. CUAUHTEMOC
11590 MEXICO, D. F.
254-70-27/254-4318



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

**DIPLOMADO EN RIESGO AMBIENTAL
MODULO II; ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL
DEL 7 AL 18 DE ABRIL DE 1997
DIRECTORIO DE ASISTENTES**

ING. RENE MERCADO MARMOLEJO
JEFE DE SECC.DE INF. Y ESTADISTICA
D.D.F. D.G.C.O.H.
AV.DIV. DEL NORTE 3330
CIUDAD JARDIN DELEG. BENITO JUAREZ
MEXICO, D. F.
544-51-81

ING. GABRIELA QUIRA PEREZ GARCIA
INGENIERO DE PROYECTOS
SELBACH Y ASOCIADOS S.A. DE C.V.
IRAPUATO 12
CONDESA
MEXICO, D. F.
277-31-88

ING. ALEJANDRO PULIDO LARA
DIRECTOR DE PROYECTO
GRUPO IMPULSOR MEXICANO
AV. MORELOS 41
BOULEVARES DE SIV. CRISTOBAL
55020 ECATEPEC MEX.
770-00-45

ING. LUIS ROMO GARCIA
ASESOR
D.E.K. CONSULTORIA AMBIENTAL
FUENTE DE LAS CIBELES 513
FRACC. FUENTES DE LA ASUNCION
20263 AGUASCALIENTES, AGS.
9149-78-08-70

ING. HERMELINDA CONCEPCION SANCHEZ TLAXQUE;O
PROFESOR DE ASIGNATURA "A"
FACULTAD DE INGENIERIA
CIUDAD UNIVERSITARIA
COYOACAN
MEXICO, D. F.

MARCO HUMBERTO SAN LUIS CORONA
COORD.DE ESTACIONES TRANSFERENCIA
DIRECC.GENERAL DE SERVS.URBANOS
SAN ANTONIO 424
CAROLA DELEG. ALVARO OBREGON
MEXICO, D. F.
515-98-35

ING. MARIA IRMA VILLEGAS ROSAS
JEFE DE SECCION
SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOL.EDO.PUE
KM. 5.5 RECTA CHOLULA SAN ANDRES CHOLULA
PUEBLA PUE.
47-06-23-47-03-03

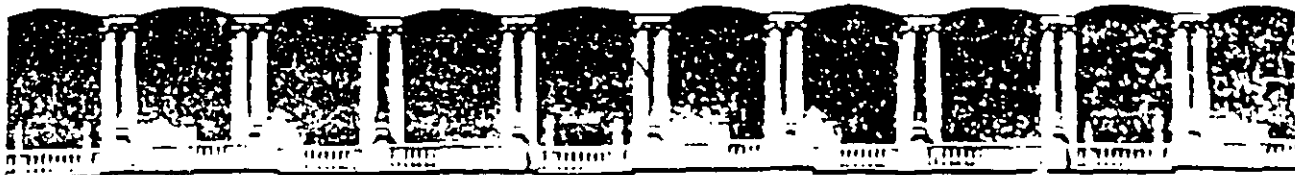
ING. MARCELA VENEGAS BRIONES
INGENIERO DE PROYECTO
TECNICAS MEDIO AMBIENTALES WINCO
PRESA LAS VIRGENES NO. 115 P.B.
IRRIGACION
11500 MEXICO, D. F.
658-86-10



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

**DIPLOMADO EN RIESGO AMBIENTAL
MODULO II; ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL
DEL 7 AL 18 DE ABRIL DE 1997
DIRECTORIO DE ASISTENTES**

**ING. MA. GPE. OLIVA VIGUERAS CUELLAR
JEFE DEL DEPTO. DE PREV.Y CONT.DE LA CONT.
SECRET.DE DESARROLLO URBANO Y ECOL.DEL EDO.
KM. 5.5 RECTA DE CHOLULA
SAN ANDRES CHOLULA
PUEBLA, PUE.
47-03-03 EXT. 206**



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

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

DIPLOMADO
EN
RIESGO AMBIENTAL

MODULO II

ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL

TEMA 1.- IDENTIFICACION DE RIESGOS

- . DEFINICION DE RIESGO INDUSTRIAL
- . DEFINICION DE TERMINOS / ACRONIMOS MAS USUALES
- . HISTORIA DE ACCIDENTABILIDAD
- . DESCRIPCION GENERAL DE METODOLOGIAS DE IDENTIFICACION DE RIESGOS:
 - LISTAS DE CHEQUEO
 - REVISIONES DE SEGURIDAD
 - WHAT IF.....?, HAZOP/HAZAN
 - ARBOLES DE FALLAS
- . DETERMINACION DE ACEPTABILIDAD



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

**DIPLOMADO EN RIESGO AMBIENTAL
MODULO II; ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL
DEL 7 AL 18 DE ABRIL DE 1997
DIRECTORIO DE PROFESORES**

ING. MARTINIANO AGUILAR RODRIGUEZ
ASOSOR
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
RIO MISSISSIPPI No 71
CUAUHTEMOC
06500 CUAUHTEMOC, MEXICO D.F.
229 44 00 EXT 2444

ING. MIGUEL ALONSO CASTILLO HOIL
JEFE DE APOYO A LA TITULACION
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA, FI, UNAM
TACUBA No 5
CENTRO
06000 CUAUHTEMOC, MEXICO D.F.
510 18 68

ING. ENRIQUE JIMENEZ VARGAS
DIRECTOR GENERAL
C.J. Y ASOCIADOS
SUR 26-A No 68
AGRICOLA ORIENTAL
08500 IZTACALCO, MEXICO D.F.
558 58 77

ING. JOSE JULIO HUERTA MORENO
GERENTE DE PROYECTOS
SERVICIOS EN ECOLOGIA APLICADA, SA DE CV
COCOTEROS No 40-4
NUEVA SANTA MARIA
02800 AZCAPOTZALCO, MEXICO D.F.
341 59 63
341 14 31

M. EN A. JOSE MA. REBON GALLARDO
GERENTE DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
INDUSTRIA QUIMICA DE MEXICO, SA DE CV
AV. LAS PALMAS No 555 PISO 7
LOMAS DE CHAPULTEPEC
11000 MIGUEL HIDALGO, MEXICO D.F.
520 38 71

M. EN I. FAUSTO CASTRO LIMA
INGENIERO ESPECIALISTA EN PROCESOS
GIRSA
THIERS No 248
NUEVA ANZURES
11590 MIGUEL HIDALGO, MEXICO D.F.
531 34 60 AL 75 2211
EXT 2201

1.1 Definición de Riesgo Industrial

Un estudio de análisis de riesgos cuantitativo es el proceso de identificación de riesgos o peligros, seguidos por una evaluación numérica de las frecuencias y consecuencias de incidentes, así como de sus combinaciones en una medición conjunta o total del riesgo. Cuando son aplicados a los procesos de la industria, es necesario tener siempre en mente ciertas definiciones oficiales encontradas en la literatura dedicada a los estudios de análisis de riesgos. Las siguientes definiciones fueron obtenidas en guías para análisis de riesgos por el Center for Chemical Process Safety of the AIChE y hasta la fecha se siguen empleando cuando es ejecutado un estudio de riesgos.

Debido a que el análisis de riesgos en forma cuantitativa es una tecnología muy reciente en la industria, siempre habrá variaciones y actualización de la terminología en la literatura publicada que pueda conducir a confusión.

Por ejemplo, mientras que riesgo (risk) se define en la tabla 1.1 como **una medición de pérdida económica o daño humano, en función de ambas la probabilidad fortuita y la magnitud de pérdida o daño.**

Los usuarios deberán tener conocimiento que otras definiciones a menudo son utilizadas por ejemplo Kaplan y Garrick (1981) han discutido varias definiciones para riesgo, como son:

- **Riesgo** es una combinación de incertidumbre y daño
- **Riesgo** es una relación de peligros y salvaguardias.

- **Riesgo** es una combinación triple de acontecimiento imprevisto, probabilidad y consecuencia.

Los usuarios deben también reconocer la interrelación que existe entre un incidente (incident), un resultado de un incidente (an incidente outcome) y una situación del resultado de un incidente (an incident outcome case) términos utilizados en un estudio cuantitativo de riesgos.

La palabra incidente como se indica en la tabla 1.1 es la pérdida del contenido de materia o energía mientras que un resultado de incidente es la manifestación física de un incidente.

Un simple incidente puede tener varios resultados, por ejemplo una fuga de un gas flamable y tóxico podría resultar en:

- Un incendio por salida a chorro (ignición inmediata)
- Una explosión de nube de vapor (ignición retardada)
- Un incendio de nube de vapor (ignición retardada)
- Una nube tóxica (no hay ignición)

El tercero, a menudo término confuso en describir incidentes, es la situación del resultado del incidente.

Esta especifica valores para todos los parámetros necesarios. Únicamente distingue un resultado de incidente a causa de otros. Por ejemplo puesto que ciertos resultados de incidentes son dependientes de las condiciones de clima (dirección del viento, velocidad, estabilidad atmosférica) más de una situación de resultado de incidente se podría desarrollar para describir la dispersión de un gas denso.

El árbol de eventos (event tree) en la figura 1.2 ha sido expuesta para ilustrar la relación entre un incidente resultado del incidente y la situación del resultado del incidente.

El riesgo industrial es definido como la pérdida anual probable para una corporación debido a eventos anormales que lastiman, dañan a los empleados de la planta química industrial y al público, causando daño a las instalaciones , propiedad pública y privada y al medio ambiente.

Para minimizar pérdidas potenciales debido a accidentes industriales mayores y litigio de responsabilidades ha llegado a ser necesario para muchas compañías de dirigir o administrar el riesgo en una forma diferente. La administración de riesgos exitosa puede alcanzarse a través de cuatro procedimientos consecutivos:

- 1) Identificación del riesgo
- 2) Cuantificación del riesgo
- 3) Determinación de la aceptabilidad del riesgo
- 4) Reducción del riesgo inaceptable

Los puntos anteriores y sus problemas serán discutidos en los siguientes párrafos

TABLA 1.1

1.1.1 Definiciones selectas utilizadas en la ejecución de un análisis de riesgos cuantitativo de procesos químicos

Peligro o riesgo (HAZARD):

Una condición química o física que tiene el potencial para causar daño a la gente, propiedad privada o al medio ambiente.

Ejemplo: Un tanque presurizado conteniendo 500 tons. de amoníaco.

FIGURA 1.2

INCIDENTE	RESULTADO DEL INCIDENTE	SITUACIÓN DEL RESULTADO DEL INCIDENTE
100 lb/min venteo de HCN de un tanque de almacenamiento	Vapor tóxico dispersión atmosférica	Viento con velocidad 5 millas/hr, Estabilidad Clase A
		10 millas/hr, Clase D
		15 millas/hr, Clase E
		etc.
	Incendio a propulsión a chorro	
		Tanque lleno
		Tanque al 50 % de capacidad
		etc.
		Después de 15 min. de la fuga
		Después de 30 min. de la fuga
		Después de 60 min. de la fuga
	BLEVE del tanque de HCN	
	Vapor libre Explosión de Nube	

Incidente (INCIDENT):

La pérdida de contenido de material o energía.

Ejemplo: Una fuga de amoníaco de 10 Kg/seg a causa de una tubería de interconexión con un tanque de amoníaco, produciendo vapor tóxico

Secuencia del Evento (EVENT SEQUENCE):

Una secuencia específica no planeada de eventos compuestos de eventos iniciales y eventos intermedios que pueden conducir a un accidente.

Evento iniciador (INITIATING EVENT):

El primer evento en una secuencia de eventos.

Ejemplo: Destrucción por corrosión resultando en fuga/ruptura de la tubería de interconexión con el tanque de amoníaco

Evento intermedio (INTERMEDIATE EVENT):

Un evento que propaga o disminuye el evento inicial durante una secuencia de eventos.

Ejemplo: Una acción incorrecta de un operador falla para detener la fuga inicial de amoníaco y causa propagación del evento intermedio para un accidente; en este caso el evento intermedio podría ser una liberación continua de amoníaco.

Resultado del Incidente (INCIDENT OUTCOME):

La manifestación física del incidente; para material tóxico, el resultado del incidente es una liberación tóxica, mientras que para materiales inflamables el resultado del incidente podrá ser una explosión de vapor esparcido por un líquido en ebullición, un incendio por reevaporación (flash), una explosión ilimitada por nube de vapor, etc.

Ejemplo: Para los 10 kg/seg de fuga de amoníaco, el resultado del incidente es una liberación tóxica.

Situación del resultado del incidente (INCIDENT OUTCOME CASE):

La definición cuantitativa de un resultado simple de un resultado de incidente a través de una especificación de parámetros suficientes para permitir distinción de esta situación a causa de otros por los mismos resultados del incidente.

Ejemplo: Una concentración de 3,333 ppm (vapor) de amoníaco 610m viento abajo desde los 10 kg/seg de fuga bajo una condición de clima clase de estabilidad D y 2.25 kph de velocidad de viento.

Consecuencia (CONSEQUENCE):

Una medición de los efectos esperados de una situación del resultado de incidente.

Ejemplo: Una nube de amoníaco que viene de una fuga con un gasto de 10 kg/seg bajo una condición de clima clase de estabilidad D y 2.25 kph dirigiéndose al norte y pudiendo herir a 50 personas.

Zona de efecto (EFFECT ZONE):

Para un incidente que produce un resultado de incidente de una liberación tóxica, el área sobre la cual la concentración del aire es sostenida igual o excede algún nivel de interés o preocupación. El área de la zona de efecto será diferente para cada situación de resultado de incidente.

Ejemplo: Dado un IDLH (Immediately Dangerous to life and Health) para amoníaco de 500 ppm (vapor) una zona de efecto de 12 km cuadrados es estimado para una fuga de amoníaco de 10 kg/seg.

Para una liberación de vapor inflamable, el área sobre la cual una situación de resultado de incidente en particular produce un efecto basado en el criterio de una sobrepresión específica.

Ejemplo: Una zona de efecto a causa de una explosión de nube de vapor ilimitada de 28,000 Kg de hexano

asumiendo el 1% de rendimiento es de 0.18 Km^2 si un criterio de sobrepresión de 3 PSIG es establecido.

Para una pérdida de un incidente produciendo efectos de radiación térmica en un área sobre la cual una situación de resultado incidente, en particular, produce un efecto basado en el criterio de daño térmico específico.

Ejemplo: Una zona de efecto circular, formando un incendio de cisterna, resultado por causa de un derrame de líquido inflamable cuya frontera es definida por la distancia radial a la cual el flujo de calor proveniente del incendio de cisterna a disminuido a 5 kw/m^2 (+/- $1600 \text{ BTU / hr-pie}^2$).

Probabilidad (LIKELIHOOD):

Una medición de la probabilidad esperada o frecuencia de ocurrencia de un evento. Esto puede expresarse como una frecuencia.

Ejemplo: Eventos/año, una probabilidad de ocurrencia durante algún intervalo de tiempo, o una probabilidad condicional.

Ejemplo: La probabilidad de una ocurrencia dada que un evento precursor ha ocurrido: La frecuencia de un esfuerzo de corrosión en una tubería provocando un agujero de una medida tal que causa una fuga de 10 kg/seg de amoniaco puede ser de 1×10^{-3} por año.

Riesgo (RISK):

Una medición de una pérdida económica o lesión o daño humano en términos de probabilidad del incidente y magnitud de pérdida o daño.

Análisis de riesgo (RISK ANALYSIS):

El desarrollo de un estimado cuantitativo del riesgo basado en evaluación de ingeniería y técnicas matemáticas para combinar los estimados, las consecuencias de incidentes y frecuencias.

Ejemplo: Una nube de amoníaco de 10 kg/seg su nube puede extenderse a 610 m viento abajo y lastimará a 50 personas, los eventos por año están dados como $1 \times 10^{-3} \times 0.1 \times 0.1 = 1 \times 10^{-5}$.

Fijación y determinación del riesgo (RISK ASSESSMENT):

Es el proceso mediante el cual los resultados obtenidos de un análisis de riesgo son utilizados para tomar decisiones, ya sea a través de una jerarquización relativa, una estrategia de reducción de riesgos o a través de comparación con objetivos de riesgos.

Ejemplo: El riesgo de lesionar a 50 personas a una frecuencia de 1×10^{-5} eventos por año a causa de un incidente de amoníaco es juzgado más alto que lo aceptable, por lo que se requiere de diseños que remedien la situación.

Acronimos

AAR	American Association of Railroads
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ACMH	Advisory Commission on Major Hazards
AEC	Atomic Energy Commission
AGA	American Gas Association
AIChE/CCPS	American Institute of Chemical Engineers—Center for Chemical Process Safety
AIChE-DIERS	American Institute of Chemical Engineers—Design Institute for Emergency Relief Systems
AIChE-DIPPR	American Institute of Chemical Engineers—Design Institute for Physical Property Data
AIHA	American Industrial Hygiene Association
AIT	Auto-Ignition Temperature
API	American Petroleum Institute
ARC	Accelerating Rate Calorimetry
ASEP	Accident Sequence Evaluation Program
ASME	American Society of Mechanical Engineers
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion
CAER	Community Awareness and Emergency Responses
CCF	Common Cause Failure
CCPS	Center for Chemical Process Safety
CEP	Chemical Engineering Progress
CMA	Chemical Manufacturers Association
CONSEQ	Consequence Analysis Computer Software (Technica, Inc.)
CPI	Chemical Process Industry
CPU	Computer Processing Unit
CPQRA	Chemical Process Quantitive Risk Analysis
CSTR	Continuous Stirred Tank Reactor
DDCS	Distributed Digital Control System
CRC	Chemical Rubber Company

xxi

Acronimos

DOE	Department of Energy
DOT	Department of Transportation
DSC	Differential Scanning Calorimetry
EEC	European Economic Community
EEGL	Emergency Exposure Guidance Level
EFCE	European Federation of Chemical Engineers
EF	Error Factor
ENF	Expected Number of Failures
EPA	Environmental Protection Agency
EPRI	Electric Power Research Institute
ERPG	Emergency Response Planning Guidelines
ERV	Emergency Response Value
ESD	Emergency Shutdown Device
ETA	Event Tree Analysis
EuReData	European Reliability Data Association
FAR	Fatal Accident Rate
FDT	Fractional Dead Time
FMEA	Failure Modes and Effects Analysis
FN	Frequency Number
FTA	Fault Tree Analysis
HAZOP	Hazard and Operability
HEART	Human Error Assessment and Reduction Technique
HEP	Hazard Evaluation Procedures
HFA	Human Failure Analysis
HMSO	Her Majesty's Stationary Office
HRA	Human Reliability Analysis
HSE	Health and Safety Executive
ICHEME	Institution of Chemical Engineers (Great Britain)
ICI	Imperial Chemical Industries
IDLH	Immediately Dangerous to Life and Health
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IFAL	Instantaneous Fractional Annual Loss
IHI	Individual Hazard Index
INPO	Institute of Nuclear Power Operations
IPRDS	In-plant reliability data system
ISBN	International Standard Book Number
KTT	Kinetic Tree Theory
LC	Lethal Concentration
LCL	Lower Confidence Limit
LD	Lethal Dose
LFL	Lower Flammable Limit
LNG	Liquefied Natural Gas
LPG	Liquefied Petroleum Gas
MAPPS	Maintenance Personnel Performance Simulation
MFEA	Multiple Failure/Error Analysis
MIL-HDBK	Department of Defense Military Handbook
MOCUS	Computer Program for Minimal Cut Set Determination
MSDS	Material Safety Data Sheets

MORT	Management Oversight and Risk Tree Analysis
NAS/NRC	National Academy of Sciences/National Research Council
NASA	National Aeronautical and Space Administration
NFPA	National Fire Protection Association
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NJ-DEP	New Jersey Department of Environmental Protection
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NPRDS	Nuclear Plant Reliability Data System
NTIS	National Technical Information Service
NTSB	National Transportation Safety Board
NUREG	Nuclear Regulatory Commission
OAT	Operator Action Tree
OREDA	Offshore Reliability Data Handbook
ORC	Organization Resources Counselors, Inc. (Washington, D.C.)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PC	Paired Comparisons
PE	Process Engineer
PEL	Permissible Exposure Limits
PERD	Process Equipment Reliability Data
PES	Programmable Electronic System
PFD	Process Flow Diagram
PFOD	Probability of Failure on Demand
PHA	Preliminary Hazard Analysis
P&ID	Piping and Instrumentation Diagram
PV	Pressure Volume
PLC	Programmable Logic Controller
PLG	Pressurized Liquefied Gas
PRA	Probabilistic Risk Assessment
RBD	Reliability Block Diagram
R&D	Research and Development
RLG	Refrigerated Liquefied Gas
ROD	Average Rate of Death
ROF	Average Rate of Failure
RTECS	Registry of Toxic Effects of Chemical Substances
SHTM	Storage and Handling of Highly Toxic Hazard Materials
SLIM-MAUD	Success Likelihood Index Methodology-Multi Attribute Utility Decomposition
SPEGL	Short Term Public Emergency Guidance Levels
SRD	Safety and Reliability Directorate (U.K. Atomic Energy Authority, Warrington, England)
SRS	System Reliability Service
STEL	Short Term Exposure Limits
SYREL	Systems Reliability Service Data Base
TCPA	Toxic Catastrophe Prevention Act
THERP	Technique for Human Error Rate Prediction
TNT	Trinitrotoluene
TLV	Threshold Limit Values
TNO	Netherlands Organization for Applied Scientific Research
TXDS	Toxicity Dispersion
UCL	Upper Confidence Limit
UFL	Upper Flammable Limit
UCSIP	Union des Chambres Syndicales de L'Industrie de Petrole
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
UVCE	Unconfined Vapor Cloud Explosion
VCDM	Vapor Cloud Dispersion Modeling
VRM	Vapor Release Mitigation
VSP	Vent Sizing Package
WASH-1400	Reactor Safety Study (Rasmussen, 1975)
WDT	Watchdog Timer

Definición de Términos

M2-1.12

Absolute application (of CPORA): The application of CPORA in which the results of the analysis are compared against predetermined risk targets.

Adiabatic Lapse Rate (ALR): See Dry Adiabatic Lapse Rate.

Aerosol fraction: The fraction of liquid phase which, when flashed to the atmosphere, remains suspended as an aerosol.

Analysis data base: A data base that contains all input data for a CPORA, including the System Description, as well as environmental data (e.g., land use and topography, population and demography, meteorological data).

Atmospheric dispersion: The low momentum mixing of a gas or vapor with air. The mixing is the result of turbulent energy exchange, which is a function of wind (mechanical eddy formation) and atmospheric temperature profile (thermal eddy formation).

Atmospheric stability: A measure of the degree of atmospheric turbulence commonly defined in terms of the vertical temperature gradient. In neutral stability the gradient is equivalent to the Adiabatic Lapse Rate (ALR). Stable atmospheric conditions refer to a gradient less than the ALR (ultimately to a temperature inversion), and unstable conditions to a gradient greater than the ALR.

Average individual risk: There are three Average Individual Risks introduced in this book:

- A. **Average Individual Risk (exposed population)** is the individual risk averaged over the population which is exposed to risk from the facility.
- B. **Average Individual Risk (total population)** is the individual risk averaged over a predetermined population, without regard to whether or not all people in that population are actually exposed to the risk.
- C. **Average Individual Risk (Exposed hours/working hours).** The individual risk for an activity may be calculated for the duration of the activity or may be averaged over the working day.

Average Rate of Death (ROD): The average number of fatalities that might be expected per unit time from all possible incidents.

Averaging time: The length of time in atmospheric dispersion testing over which concentration data are averaged to produce the concentration-time series.

Availability: The fraction of time a system is fully operational.

Auto-ignition temperature: The lowest temperature at which a fuel/oxidant mixture will spontaneously ignite.

Basic event: A fault tree event that is sufficiently basic that no further development is necessary (e.g., equipment item failure, human failure, or external event). *See also* Undeveloped Event.

BLEVE: A "Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion," which occurs from the sudden release of a large mass of pressurized liquid to the atmosphere. A primary cause is an external flame impinging on the shell of a vessel above the liquid level, weakening the shell and resulting in sudden rupture.

Boolean algebra: A branch of mathematics describing the behavior of linear functions of variables which are binary in nature: on or off, open or closed, true or false. All coherent fault trees can be converted into an equivalent set of Boolean equations.

Bounding group (of incidents): A small number of incidents selected to bracket the spectrum of possible incidents, which may include those catastrophic incidents sometimes referred to as the Worst Credible Incident and Worst Possible Incident.

Catastrophic incident: An incident with an outcome effect zone that extends off site into the surrounding community.

Cause consequence diagrams: A method for illustrating the possible outcomes arising from the logical combination of selected input events or states.

Cell (in study cube): One of the 27 different categories of CPORA, defined by a unique value for each axis of the study cube.

Coherent: A coherent fault tree uses only "AND" and "OR" gates to represent the failure logic. Time delay gates, inhibit conditions, or "NOR" gates are not permitted.

Common Cause Failure (CCF): The failure of more than one component, item, or system due to the same cause.

Component technique: One member of the roster of methods that collectively form the complete CPORA procedure.

Condensed phase explosion: An explosion that occurs when the material is present in the form of a liquid or solid.

Conditional probability: Probability of occurrence given that a precursor event has occurred.

Confidence interval: A range of values of a variable with a specific probability that the value of the variable lies within the range.

Confidence limits: The upper and lower endpoints of a confidence interval.

Contained explosions: An explosion of a fuel-oxidant mixture inside a closed system (e.g., vessel or building).

Consequence analysis: The analysis of the expected effects of incident outcome cases independent of frequency or probability.

Consequences: A measure of the expected effects of an incident outcome case.

Continuous release: Emissions that are long in duration compared with the travel time (time for cloud to reach location of interest) or averaging or sampling time.

CPQRA: The acronym for Chemical Process Quantitative Risk Analysis. It is the process of hazard identification followed by numerical evaluation of incident consequences and frequencies, and their combination into an overall measure of risk when applied to the chemical process industry. It is particularly applied to episodic events. It differs from, but is related to, a Probabilistic Risk Assessment (PRA), a quantitative tool used in the nuclear industry.

Deflagration: The chemical reaction of a substance in which the reaction front advances into the unreacted substance at less than sonic velocity. Where a blast wave is produced that has the potential to cause damage, the term *explosive deflagration* may be used.

Delay gates: A specialized logic form of an "AND" gate where all inputs to the gate must be true for a specified time period before the output from the gate can occur. Delay Gates are common when modeling the runaway reaction kinetics of a chemical reactor.

Delphi method: A polling of experts utilizing the following procedure:

1. Select a group of experts (usually three or more).
2. Solicit, in isolation, their independent estimates on the value of a particular parameter and reasons for the choice.
3. Provide initial results to all experts and all revisions to initial estimates.
4. Use the average of the final estimates as the best estimate of the parameter. Use the standard deviation of the estimates as a measure of uncertainty.

The procedure is interactive, with feedback between interactions.

Demand: (1) A signal or action that should change the state of a device, or (2) an opportunity to act, and thus, to fail.

Demand rate: The number of demands divided by the total elapsed operating time during which the demands occur.

Demand-related failure: A failure that is primarily related to the number of times that a device or system is challenged (cycled) rather than the length of time the device or system is in service. The failure of a piece of wire after repeated bending would be considered to be a demand-related failure. Demand-related failures are sometimes called cyclic failures.

Dense gas: A gas with density exceeding that of air at ambient temperature.

Dependent failure: A failure of multiple devices due to some common cause, for example, the failure of all temperature sensors in a system due to miscalibration during maintenance.

Depth of study: A measure of the level of review, degree of complexity, and extent of detail involved in a CPQRA.

Detonation: A release of energy caused by the extremely rapid chemical reaction of a substance in which the reaction front advances into the unreacted substance at greater than sonic velocity.

Directional probability: Probability in a given wind direction.

Directional incident outcome: An incident outcome whose consequences produce an effect zone determined by a given wind direction.

Dispersion coefficient: The standard deviation σ in a specified direction of the gaussian distribution model used in atmospheric dispersion. The dispersion coefficient is normally expressed as a function of distance for a given weather stability.

Domino effects: The triggering of secondary events, such as toxic releases, by a

primary event, such as an explosion, such that the result is an increase in consequences or area of an effect zone. Generally only considered when a significant escalation of the original incident results.

Dry Adiabatic Lapse Rate (DALR): The negative of the temperature gradient established as dry air ascending in the atmosphere. For air with a molecular weight of 29 and a specific heat ratio of 1.41 the DALR = $0.995^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$.

Effect models: Models that predict effects of incident outcomes usually with respect to human injury or fatality or property damage.

Effect zone: For an incident that produces an incident outcome to toxic release, the area over which the airborne concentration equals or exceeds some level of concern. For a flammable release, the area over which a particular incident outcome case produces an effect based on a specified criterion. For a loss of containment incident producing thermal effects, the area over which a particular incident outcome case produces an effect based on a specified radiative heat stress limit.

Emissivity: The ratio of the radiant energy emitted by a surface to that emitted by a blackbody at the same temperature.

Entrainment: The suspension of liquid as an aerosol in the atmospheric dispersion of a two-phase release or the aspiration of air into a jet discharge.

Episodic release: A release of limited duration, usually associated with an accident.

Equipment reliability: The probability that, when operating under stated environment conditions, process equipment will perform its intended function adequately for a specified exposure period.

Equivalent social cost: A modification of the Average Rate of Death that takes into account society's aversion of large-consequence incidents.

Event: An occurrence involving equipment performance or human action, or an occurrence external to the system that causes system upset. In this book, an event is associated with an incident either as the cause or a contributing cause of the incident or as a response to the initiating event.

Event sequence: A specific unplanned sequence of events composed of initiating events and intermediate events that may lead to an incident.

Event tree (analysis): A graphical logic model that identifies and quantifies possible outcomes following an initiating event.

Expansive list (of incidents): The list of incidents from which the study group is selected. An Expansive List is derived from the Initial list by (1) removing incidents that are too small to be of concern; (2) combining redundant or very similar incidents; and (3) grouping similar incidents into a single equivalent incident.

Expected Number of Failures (ENF): The average number of occurrences of the fault event during a specified time interval.

Explosions: A release of energy that causes a pressure discontinuity or blast wave.

Exposure period: Expressed in terms of a continuous variable, such as the time equipment is operating, or as a function of a discrete variable, such as the number of demands (also called cycles in some tests) imposed on a piece of equipment.

External event: Event caused by (1) a natural hazard—earthquake, flood,

tornado, extreme temperature, lightning, etc; or (2) man-induced events—aircraft crash, missile, nearby industrial activity, sabotage, etc.

Failure frequency: The number of failure events that occur divided by the total elapsed calendar time during which those events occur or by the total number of demands, as applicable.

Failure mode: A symptom, condition, or fashion in which hardware fails. A mode might be identified as a loss of function; premature function (function without demand); an out-of-tolerance condition; or a simple physical characteristic such as a leak (incipient failure mode) observed during inspection.

Failure mode and effects analysis: A hazard identification technique in which all known failure modes of components or features of a system are considered in turn and undesired outcomes are noted.

Failure probability: The probability—a value from 0 to 1—that a piece of equipment will fail on demand (not to be confused with fractional dead time) or will fail in a given time interval.

Failure rate: The number of failure events that occur divided by the total elapsed operating time during which these events occur or by the total number of demands, as applicable.

Failure severity: The degree of function degradation of equipment usually noted through deficient performance; categorized by the terms "catastrophic," "degraded," and "incipient."

Fatal Accident Rate (FAR): The estimated number of fatalities per 10^6 exposure hours (roughly 1000 employee working lifetimes).

Fault tree: A method for representing the logical combinations of various system states which lead to a particular outcome (Top Event).

Fault tree analysis: Estimation of the hazardous incident (Top Event) frequency from a logic model of the failure mechanisms of a system.

Fireball: The atmospheric burning of a fuel-air cloud in which the energy is mostly emitted in the form of radiant heat. The inner core of the fuel release consists of almost pure fuel whereas the outer layer in which ignition first occurs is a flammable fuel-air mixture. As buoyancy forces of the hot gases begin to dominate, the burning cloud rises and becomes more spherical in shape.

Fault tolerant: A control system configuration that inherently provides auto selection of alternate or redundant signal paths to effect uninterrupted operations.

Flash fire: The combustion of a flammable vapor and air mixture in which flame passes through that mixture at less than sonic velocity, such that negligible damaging overpressure is generated.

Fractional Dead Time (FDT): The mean fraction of time in which a component or system is unable to operate on demand. (Also known as Unavailability.)

Frequency: Number of occurrences of an event per unit of time.

F-N curve: A plot of cumulative Frequency versus consequences (expressed as number of fatalities).

Gaussian model: A dispersion model based on the concept that atmospheric diffusion is a random mixing process driven by turbulence in the atmosphere. The concentration at any point downwind of a release source is approximated

by a Gaussian concentration profile in both the horizontal and vertical dimensions.

Generic data: Data that are built using inputs from all of the plants within a company or from various plants within the CPI, from literature sources, past CPORA reports, and commercial data bases.

Gravity slumping: The decrease in elevation from the atmospheric dispersion of a dense gas due to the effects of gravity.

Hazard rate: Also known as the Time-Related Equipment Failure Rate, is an Instantaneous Failure Rate function of time [see equation (5.5.6)].

Hazard: A chemical or physical condition that has the potential for causing damage to people, property, or the environment.

Hazard and Operability Study (HAZOP): A technique to identify process hazards and potential operating problems using a series of guide words to study process deviations.

Hazard warning structure: A modified form of fault tree highlighting event mitigating feature pairs. These are often pairings of incident precursors and protective devices or event terminating features which are combined through an AND gate.

Historical incident data: Data collected and recorded from past incidents.

Human error: Actions by designers, operators, or managers that may contribute to or result in accidents.

Human error probability: The ratio between the number of human errors and the number of opportunities for human error.

Human factors: A discipline concerned with designing machines, operations, and work environments so that they match human capacities and limitations.

Human reliability: The study of human errors.

Human reliability analysis (HRA): A method by which the probability of a person successfully performing a task is estimated.

Importance: The contribution from a subsystem or a component to the complete system.

Impulse: The area under the overpressure-time curve for explosions. The area can be calculated for the positive phase or negative phase of the blast.

Incident: The loss of containment of material or energy.

Incident enumeration: The identification and tabulation of incidents without regard to significance or other biases.

Incident outcome: The physical manifestation of an incident.

Incident outcome case: The quantitative definition of a single result of an incident outcome through specification of sufficient parameters to allow distinction of this case from all others for the same incident outcome.

Individual Hazard Index (III): The Fatal Accident Rate (FAR) for a particular hazard, with the exposure time defined as the actual time that a person is exposed to a hazard of concern.

Individual risk: The risk to a person in the vicinity of a hazard. This includes the nature of the injury to the individual, the likelihood of the injury occurring, and the time period over which the injury might occur.

Initial list (of incidents): A list containing all the incidents identified by the enumeration methods chosen.

Initiating event: The first event in an event sequence.

Instantaneous release: Emissions that are *short* in duration compared with the travel time (time for cloud to reach location of interest) or sampling (or averaging) time.

Intermediate event: An event that propagates or mitigates the initiating event during an event sequence.

Isopleth: A plot of specific locations (in the three spatial coordinates: x, y, z) downwind from the release source that is corresponding to a concentration of interest (e.g., fixed by toxic load or flammable concentration).

Jet discharge: The release of a vapor and/or liquid at sufficient pressure such that significant air entrainment results.

Jet fire: Fire type resulting from fires from pressurized release of gas and/or liquid.

Judgmental data: Equipment failure rate data derived from expert opinion or judgment.

Kinetic Tree Theory (KTT): An approximation method that allows the analyst to estimate fault tree Top Event reliability characteristics through use of minimal cut sets, and failure data for the basic events in the fault tree.

Level of concern: The concentration of an airborne chemical above which there may be adverse human health effects experienced as a result of a short-term exposure during an episodic release.

Likelihood: A measure of the expected probability or frequency of occurrence of an event.

Localized incident: An incident whose effect zone is limited to a plant area (e.g., pump fire, small toxic release), and does not extend into the off-site surrounding community.

Logic gate: A symbol in a logic diagram which specifies the logical combination of inputs required for an output to be propagated.

Major incident: An incident whose effect zone, while significant, is still limited to site boundaries (e.g., major fire, spill).

Maximum individual risk: The individual risk to the person(s) exposed to the highest risk in an exposed population.

Maximum potential quantity: The maximum amount of a chemical that can be released from a process containment system. Such a system may be an isolated pressure vessel and associated piping or two or more interconnected and communicating vessels without isolation capability. This quantity is different from and often much greater than both the typical chemical inventory and design maximum inventory for a containment system.

Median lethal concentration/dose: Concentration or dose levels, respectively, that kill 50% of exposed laboratory animals in controlled experiments.

Minimal cut set approach: A term used in Fault Tree Analysis to describe the smallest combination of component and human failures which, if they all occur, will cause the top event to occur. The failures all correspond to Basic or Undeveloped Events.

Mortality index: An index based on the observed average ratio of casualties to the mass of material or energy released, as derived from the historical record. It is used to characterize the potential hazard of toxic material storage.

Negatively buoyant gas: A gas with density greater than that of air at ambient temperature.

Neutral buoyant gas: A gas with density approximately equal to that of air at ambient temperature.

Performance shaping factors: Any factor that influences human behavior. Performance shaping factors may be external (heat, stress, etc.) or internal to the person (religious beliefs, education, etc.)

Phased mission: A task to be performed by a system, during the execution of which the system is altered such that the failure logic for the system is also altered at specified times. For example unloading a tank car consists of at least three phases: (1) connecting the tank car to unloading system, (2) unloading the tank car, and (3) disconnecting the tank car from the unloading system. An unloading hose rupture during phase 1 results in a minor operational problem. A rupture of the same hose during phase 2 (unloading) may be disastrous.

Physical models: Models that provide quantitative information on source rates and extent of damage (thermal radiation, explosion overpressure, or concentration of dispersing vapor clouds).

Physical explosion: The catastrophic rupture of a pressurized gas-filled vessel.

Plant-specific data: Failure rate data generated from collecting information on equipment failure experience at a specific plant.

Plane (through study cube): A plane surface through the study cube on which the value of one of the three axes of the cube is constant.

Pool fire: The combustion of material evaporating from a layer of liquid at the base of the fire.

Programmable Logic Controller (PLC): Intelligent electronic models to perform the tasks of sequential control and process logic solution.

Positively buoyant gas: A gas with density less than that of air at ambient temperature.

Predicted data: Data generated by using correlations, factored estimation procedures, and analogies to predict equipment failure rates.

Probabilistic Risk Assessment (PRA): A commonly used term in the nuclear industry to describe the quantitative evaluation of risk using probability theory.

Probability: The expression for the likelihood of occurrence of an event or an event sequence during an interval of time or the likelihood of the success or failure of an event on test or on demand. By definition, probability must be expressed as a number ranging from 0 to 1.

Probit: A random variable with a mean of 5 and a variance of 1, which is used in various effect models.

Proof test interval: The time interval between checking a protection system.

Process media: The material (i.e., chemical substances) processed by the equipment.

Propagating factors: Human, process, and environmental actions and influences that contribute to guiding, sustaining, continuing, transmitting, spreading, and extending the sequence of events following the initiating event.

Protective system: Systems such as pressure vessel relief valves, that function to prevent or mitigate the occurrence of an incident.

Puff release: See Instantaneous Release.

Rain out: When a superheated liquid is released to the atmosphere, a fraction of it will flash into vapor. Another fraction may remain suspended as an aerosol. The remaining liquid, as well as portions of aerosol, may "rain out" on the ground.

cloud conditions of temperature, aerosol content, density, size, velocity and mass to be input into the dispersion model.

Statistical dependence: Two events (A and B) are statistically dependent if the probability that A occurs given B has already occurred is different than the separate probability of A occurring. That is, $P(A|B) \neq P(A)$.

Statistical independence: Two events (A and B) are statistically independent if the probability that they both occur is the product of their separate probabilities: $P(A \text{ and } B) = P(A) \cdot P(B)$.

Study cube: A geometrical representation of the variety of depths of study possible for a CPQRA using the three major factors that define the scope of a CPQRA: risk estimation technique, complexity of analysis, and number of incidents selected for study.

Skill based action: The performance of more or less subconscious routines governed by stored patterns of behavior. Examples might be the use of a hand tool by an experienced mechanic or the initiation of an emergency procedure by a trained and experienced operator.

Rule based action: Behavior in which a person follows remembered or written rules. Examples might be the use of a written checklist to calibrate an instrument or a maintenance manual to repair a pump.

Task analysis: A human error analysis method that requires breaking down a procedure or overall task into unit tasks and combining this information in the form of event trees.

Time-related failure: A failure that is primarily due to the degradation over the time that a device or system is in service. For example, the failure of a pump after 2000 hours of continuous service due to wear on the bearings would be considered a time-related failure.

Taxonomy: A hierarchical organization of data categories, where the items contained in a given level have more equipment reliability characteristics in common with each other than they do with items in any other level.

Time to failure: The time period measured from the moment when equipment installation is complete to the equipment's inability to perform its duty or intended function.

Time-varying continuous release: A subset of continuous release (see Continuous Release) that the release rate varies significantly with time.

Time-in-service: Time from that moment when equipment installation is complete, the time period for equipment commissioning, and the operating time thereafter.

Top event: The unwanted event or incident at the "top" of a fault tree that is traced downward to more basic failures using logic gates to determine its causes and likelihood.

Toxic dose: The combination of concentration and time for inhalation of a toxic gas that produces a specific harmful effect.

Transmissivity: The fraction of radiant energy that is transmitted from the radiating object through the atmosphere to a target. The transmissivity is reduced due to the absorption and scattering of energy by the atmosphere itself.

Unavailability: The probability the fault event exists at a specified time.

Raw plant data: Untreated field-equipment-specific failure information often collected as part of plant operating and maintenance records, required as input for preparing plant-specific failure rate data.

Reflected pressure: The pressure on a structure perpendicular to the shock wave.

Relative Application (of CPQRA): A comparison and ranking of various risk estimates to prioritize risk reduction strategies based on their competitive effectiveness.

Reliability parameters: The collection of mathematically defined properties (e.g., Reliability, Availability, Dependability) used in reliability engineering to describe the behavior of systems and their elements, such as chemical processes, process systems, equipment and their components. (See Appendix E.)

Representative set (of incidents): A selection of incidents designed so as to contain one or more incidents from each of the three incident classes (localized, major, and catastrophic).

Risk: A measure of economic loss or human injury in terms of both the incident likelihood and the magnitude of the loss or injury.

Risk analysis: The development of a quantitative estimate of risk based on engineering evaluation and mathematical techniques for combining estimates of incident consequences and frequencies.

Risk assessment: The process by which the results of a risk analysis (i.e., risk estimates) are used to make decisions, either through relative ranking of risk reduction strategies or through comparison with risk targets.

Risk contour: Lines that connect points of equal risk around the facility ("iso-risk" lines).

Risk estimation: Combining the estimated consequences and likelihood of all incident outcomes from all selected incidents to provide a measure of risk.

Risk management: The systematic application of management policies, procedures, and practices to the tasks of analyzing, assessing, and controlling risk in order to protect employees, the general public, and the environment as well as company assets while avoiding business interruptions.

Risk measures: Ways of combining information on likelihood with the magnitude of loss or injury (e.g., risk indices, individual risk measures, and societal risk measures).

Risk targets: Objective-based risk criteria established as goals or guidelines for performance.

Sampling time: The length of time in atmospheric dispersion testing over which concentration data are sampled. Sampling time is normally synonymous with averaging time.

Sensitivity: The sensitivity of a measure to a parameter is defined as the change in the measure per unit change in that parameter.

Sheltering: Physical protection (such as an enclosed building) against the outcome of an incident.

Side-on pressure: The pressure that would be recorded on the side of a structure parallel to the blast.

Societal risk: A measure of risk to a group of people. It is most often expressed in terms of the frequency distribution of multiple casualty events.

Source term: The estimation, based on the release specification, of the actual

Uncertainty: A measure, often quantitative, of the degree of doubt or lack of certainty associated with an estimate of the true value of a parameter.

Unconfined Vapor Cloud Explosion (UVCE): When a flammable vapor is released, its mixture with air will form a flammable vapor cloud. If ignited, the flame speed may accelerate to high velocities and produce significant blast overpressure.

Undependability: The probability the fault event exists at a specified time or occurs during a specified time interval.

Undeveloped event: A base event that is not developed because of insufficient consequence or because information is unavailable.

Unreliability: The probability that the fault event occurs during a specified time interval.

Virtual source: The offset in distance to the specified source of a gas or vapor release that results in a maximum concentration of 100% at the source using a gaussian dispersion model.

Watch Dog Timer (WDT): Program Control Monitor indicates when a program execution has exceeded a prescribed time period.

Wind rose: A plan view diagram that shows the percentage of time the wind is blowing in a particular direction.

Worst credible incident: The most severe incident, considering only incident outcomes and their consequences, of all identified incidents and their outcomes, that is considered plausible or reasonably believable.

Worst possible incident: The most severe incident, considering only incident outcomes and their consequences, of all identified incidents and their outcomes.

1.2 Historia de Accidentabilidad

1.2.1 Introducción

Ya sea una desgracia por negligencia en el hogar, una colisión inevitable de automóviles en las carreteras, o un cálculo erróneo en una planta química, los accidentes forman parte de nuestra vida. Incluso en los tiempos de la prehistoria, mucho antes de la llegada de la tecnología, un círculo o club de líderes cavernarios mecía a su víctima e inadvertidamente derribada a su amigo en lo que únicamente se clasificaba como un accidente. Así como el hombre ha progresado, también ha aumentado la crueldad de sus desgracias. La **Era Moderna** ha efectuado líneas de ensamble o montaje, fabricantes de químicos, plantas de fuerza nucleares, etc., todas acarreado la capacidad de un desastre. Para ir al mismo paso con los tiempos cambiantes, las precauciones de seguridad deben progresar constantemente. No es suficiente, como el cavernícola, gritar una advertencia ¡cuidado con ese objeto!. Los problemas de hoy requieren sistemas más elaborados de controles y alarmas para minimizar los accidentes serios.

Los accidentes industriales ocurren de diferentes maneras como: derramamiento químico, una explosión, una planta nuclear fuera de control. Hay a menudo problemas en transporte, con camiones de carga volcándose en la carretera, trenes descarrilados, hundimiento de barcos. Fenómenos naturales, como terremotos, ciclones, tormentas, el único punto común de estas situaciones es de que son raramente esperados y frecuentemente mal manejados.

En nuestro capítulo de **Historia de accidentes** se examinarán desde los primitivos incidentes hasta recientes catástrofes. En conjunción con esta revisión se observará la evolución de las precauciones de seguridad o protección, particularmente a las que apliquen a plantas químicas. Una parte decisiva en el diseño de una planta industrial, química o nuclear es la inclusión de los controles o instrumentación de seguridad. Ya sea si se trata de un reactor nuclear o si se esta en la fase de planeación de una planta química, ciertos pasos se

tomarán en cuenta para disminuir la probabilidad y consecuencias de un accidente.

También es importante darse cuenta como la planeación para evitar accidentes ha mejorado con el propósito de criticar y aceptar los avances tecnológicos modernos.

La meta de este capítulo es proporcionar al lector una gran variedad de accidentes que han ocurrido en el pasado. Esto proporcionará un entendimiento de accidentes para reforzar los capítulos subsiguientes que tratarán sobre seguridad industrial y riesgo industrial.

1.2.2 Accidentes antiguos

Los accidentes han ocurrido desde que comenzó la civilización humana, cualquiera que cruce una calle, se suba a un automóvil o nade en una alberca corre el riesgo de sufrir una lesión o daño a través del descuido, ignorancia, falta de juicio u otra circunstancia. Esto no ha cambiado a través de la historia. En las siguientes hojas se examinarán un gran número de accidentes y desastres que se efectuaron antes de llegar a la tecnología moderna.

Frescia, Italia

Una explosión catastrófica se reportó en el año de 1769 cuando un sexto de la población fue destruida por una explosión de 100 toneladas de pólvora almacenada. Más de 3000 personas murieron.

Rhodias, Grecia

La peor explosión de la historia ocurrió en el año de 1856. Una iglesia, en esta isla, que almacenaba pólvora en su bóveda y fue encendida por un relámpago. La ráfaga resultante mató a 4000 personas. Esto permanece como el número de víctimas muertas más alto que se tenga, por una simple explosión.

Chicago, Illinois

Uno de los más legendarios desastres ocurrió en esta ciudad en el año de 1871. El **gran incendio de Chicago**

como es ahora conocido, se afirma que comenzó en un establo propiedad de Patrick O'Leary cuando una de sus reses golpeó y volteó una linterna. Sea o no cierto, la casa de O'Leary escapó ilesa debido a que los vientos dominantes se dirigían hacia arriba del incendio pero el establo quedó destruido así como 860 hectáreas de propiedades de Chicago.

El incendio de Chicago puede responsabilizar a la res del granjero; sin embargo, la razón verdadera para la extensión del daño fué de que había mucha construcción con lana.

Casi todos los edificios y casas fueron contruidos de madera y muchas banquetas y caminos fueron contruidos de madera. Las calles eran peligrosamente angostas, permitiendo que las flamas brotaran fácilmente a través de las estructuras vecinales. Se demostró que el agua suministrada fué insuficiente a pesar de que la ciudad de Chicago se encuentra localizada sobre malecones del lago de Michigan.

Agregue a esto, las condiciones de sequía del verano de 1871, la cual ocasionó pequeños incendios.

La ciudad de Chicago no estaba preparada para tal acontecimiento la cual tuvo lugar en Octubre de 1871. La ciudad fue planeada y construida sin cuidar el aspecto de protección civil y prevención de incendios. Ningún plan de emergencia fue ejecutado, el pánico fue la orden del día, con gente arrebatando cualquier posesión y huyendo de la ciudad. Saqueadores y ladrones rompieron las ventanas de las tiendas y entre ellos mismos se ayudaron para complacer cualquier tipo de hurtos. Todo se dijo de 200 a 250 personas fueron muertas, se reportaron 200 personas desaparecidas y 100,000 personas se quedaron sin hogar. La pérdida total de propiedad se estimaron en \$200 millones de dólares, forzando a más de 60 compañías aseguradoras a ir a la quiebra financiera. Seguramente que nadie esperaría que una res causara tal incendio masivo, pero así sucedió, y se comprueba una y otra vez, que los accidentes pueden ocurrir bajo cualquier circunstancia improbable.

Johnstown, Pennsylvania

En mayo 31 de 1889 ocurrió un accidente que tomó por vidas a 2209 personas. El lugar fué Johnstown, Pennsylvania y el acontecimiento fue una presa fracturada la cual inundó la ciudad. La presa del sur fue construida originalmente para proporcionar agua a un sistema de ducto-canal entre Johnstown and Pittsburgh. Después de terminada la presa, el proyecto por algunas razones fue abandonado. Los propietarios de la presa cambiaron varias veces de manos y con el tiempo se convirtió en propiedad de un grupo de ricos industriales quienes abastecieron el lago con peces e instalaron rejas de alambrado sobre los canales de drenajes para evitar que los peces se escaparan. Estas rejas prontamente se atascaron, disminuyendo la capacidad de drenaje de la presa. Ingenieros estructurales advirtieron que la presa podía colapsarse, pero esta advertencia fue desatendida.

En mayo 31 de 1889 una fuerte lluvia causó que el nivel del lago se elevara, finalmente causó la ruptura de la presa. Un muro de agua de 12 m de alto desmoronó el valle dentro de la ciudad. El lago **drenaba** a la razón de 5664 m³/seg, y todo el lago fue vaciado en tan sólo 36 minutos. La **apresurada ola** levantó casas, arboles, gente y escombros.

La inundación fué detenida cuando un puente sobre el río Conemaugh atrapó mucho más escombros, formando un dique natural. Finalmente el agua se esparció y el peligro se terminó. Aunque esto parece ser un claro caso de negligencia, fue juzgado como un **acto de providencia** y ningún daño fue pagado por los propietarios de la presa. Ante un evento como este, realmente no hubo un plan de salida y protección para la población. Una vez que la presa se había colapsado el agua alcanzó la ciudad en cuestión de minutos, desafortunadamente muy poco tiempo para que una ciudad pudiera reaccionar. Sin embargo, las advertencias de los inspectores debieron haberse tomado en cuenta seriamente. Johnstown, era una ciudad de 30000 personas la cual fue destruida debido al descuido e ignorancia de unos cuantos.

Oppau, Alemania

Como la tecnología fue avanzando, grandes fábricas comenzaron a crecer alrededor del mundo. Fabricantes de químicos fueron solicitados por la sociedad para incrementar otros productos nuevos. Con estos cambios se generan otros peligros potenciales, uno de ellos tuvo lugar en Oppau, Alemania el 21 de Septiembre de 1921. Muy temprano dos explosiones masivas estremecieron los alrededores. El daño fue reportado hasta una distancia de 85 Km en Frankfurt, mientras que la conmoción se sintió tan lejos como a unos 233 Km fuera de la ciudad. Más de 700 casas fueron destruidas en las colonias de Oppau y se perdieron 561 vidas. La causa del relámpago fue una explosión repentina de 4500 tons. de sulfo-nitrato de amonio. Como es usual, en este tipo de gigantescos desastres, ningún operador de la planta, presente en el accidente, sobrevivió. Detalles específicos pertenecientes al accidente y sus causas fueron esparcidos. Los grandes edificios conteniendo el sulfonitrato de amonio desaparecieron completamente y nada fue encontrado, excepto un cráter de 760m de diámetro con 9m de profundidad. El sulfonitrato de amonio nunca había sido conocido como explosivo o de fácil ignición. Cuando se almacena en cantidades grandes se forma una masa dura la cual usualmente era secada o atizonada aparte con dinamita, para prepararla para su transporte. Esta técnica había sido usada miles de veces, sin tener un incidente, pero en este caso, aparentemente fue la responsable de la explosión. Se había notado que la sal había cambiado su color blanco original a un color ligeramente amarillo y la temperatura de los cuartos de almacenamiento se habían elevado a 20°C arriba de lo normal. Estas condiciones pudieron haber conducido a una descomposición del sulfo-nitrato de amonio la cual causó una ignición espontánea de la masa.

La explosión de Oppau se debió a la falta de entendimiento e investigación profunda de las propiedades fisicoquímicas del elemento fabricado. Muchas vidas fueron innecesariamente perdidas por lo que la compañía decidió renunciar.

Compañía de gas, Ohio

Algunos accidentes son atribuidos a fallas estructurales. El 20 de Octubre de 1994, uno de los cuatro tanques de gas líquido comenzó a fugarse en la planta de gas al este de Ohio. La planta convertía gas, natural a la forma líquida la cual era almacenada para casos de emergencia en los tanques de reserva. Der ser necesario podría reconvertirse a su estado gaseoso y alimentar a las líneas de distribución de la ciudad. Los tanques fueron construidos en 1941 y tenían una capacidad de más de 11,380m³ en la forma líquida.

El líquido se escapó dentro de la planta por tierra y cielo, vaporizándose en su trayecto. Una chispa o una flama encendió el gas combustible causando un incendio que rápidamente hundió a los tanques y a la misma planta.

Los 80 trabajadores subían con anterioridad lo que podría suceder, la explosión derrumbo muros demolió estructuras de la planta de gas, matando por completo a toda la fuerza-trabajadora. El incendio se disperso rápidamente dentro del distrito, destruyendo 52 casas y dañando otras 200. Cuatro plantas industriales fueron arrasadas y otras 20 dañadas; 131 muertes y 72 personas quemadas.

Como fue en el caso en Oppau, Alemania en 1921, cualquier persona con conocimientos básicos del desastre fue muerto, en el lugar de los hechos. Esto ocasiona que se desconozcan las causas. Se razona que la debilidad de la estructura en uno de los tanques fue la causa de la fuga y aunque el gas licuado no estaba bajo cualquier presión. Los tanques tenían 3 años de antigüedad cuando el accidente ocurrió y ciertamente no se esperara que hubiera alguna fuga. Es difícil de decir que tan frecuente, las estructuras de una planta química deban inspeccionarse. Un tanque nuevo debe usarse con la garantía de que su estructura está sólida y firme.

La extensión del desastre se incremento por la localización de la planta la cual estaba tan cerca a una zona residencial. Este caso se utiliza como un argumento contra el establecimiento de instalaciones de gas natural licuado en zonas urbanas.

Planta química de Monsanto, Texas

Accidentes catastróficos han ocurrido en el mar como en la tierra. En 1947 un extraño episodio involucran a ambos. El buque de carga francés Grand camp arribó a la ciudad de Texas. La ciudad requería un cargamento de 1400 tons de un fertilizante de nitrato de amonio. Por alguna razón en la noche, se presentó un incendio en el buque Grand camp. La tripulación del buque únicamente se limitó a apagar las flamas, aparentemente agua aterradora dañaría el resto del cargamento. Debido a que el Grand camp fue atracado en el muelle, únicamente a 220 m de la planta química de Monsanto, la cual producía estireno, altamente combustible, ingrediente para la elaboración de hule sintético. Se ordenó que el Grand camp fuera remolcado fuera del puerto. Mientras los botes remolcadores se preparaban para engancharse, el Grand camp explotó en un destello de fuego y fragmentos de estructura. La ráfaga hizo vibrar ventanas a 241 Km de distancia registrado en un sismógrafo en Denver y matando mucha gente parada en todo el desembarcadero. La planta química de Monsanto explotó minutos después, haciendo pedazos muchos inmuebles de negocios en la ciudad de Texas y ocasionando incendios alrededor de la ciudad. Como el incendio quedó fuera de control y el cargador High Flyer con nitratos también explotó en el puerto.

Ciento de personas fueron obligadas a abandonar la ciudad, permitiendo que el incendio continuara su curso. Las series de explosiones mataron a 468 personas e hiriendo con seriedad a otras 1000. La marca final de muertes pudo haber sido tan alto como 1000. Por los alrededores del muelle vivían muchos trabajadores emigrantes sin hogar permanente.

El desastre fue probablemente causado por algún fumador negligente dentro del Grand camp.

1.2.3 Accidentes mayores recientes

Los avances de la tecnología moderna han ocasionado nuevos problemas.

Quizás el más serio de estos, es la amenaza de un accidente nuclear.

En esta sección, varios de estos desafortunados accidentes de la era atómica serán examinados, posiblemente con una explicación de lo ocurrido.

Flixborough, England

Una explosión en Nypro Ltd, fábrica de caprolactama, el primero de Junio de 1974 fue una de las más serias de la historia de la industria química y la más seria en todo el Reino Unido. Fueron 28 personas muertas y 36 heridas de gravedad. Afuera de la planta 53 personas se reportaron como heridas mientras que 1821 casas y 167 tiendas sufrieron cuantiosos daños. El costo estimado del daño sobre pasan los \$100 millones de dólares.

La oxidación del ciclo hexano en la planta de Flixborough contenía seis reactores en serie. Un reactor se tuvo que quitar por motivos de reparación. La abertura o el hoyo remanente fue tapado con un tubo temporal de 20 pulgadas, conectado por codos en ambos lados y soportados por un andamio temporal. Cuando el tubo se colapsó, la planta contenía una gran cantidad de ciclohexano a 120 PSIG y 145°C. En el instante antes de la ignición alrededor de 50 tons se fugaron. El daño que ocurrió pudo haber resultado a partir de una deflagración tan pequeña como de 10 a 20 tons. Ningún cálculo fue hecho para averiguar si los codos o la tubería podrían soportar el esfuerzo mecánico. El único cálculo hecho fue sobre la capacidad del ensamble para conducir el flujo requerido. No se tomó en cuenta algún estandard, ni tampoco una guía del diseñador o procedimiento aprobado por el fabricante de los codos. Ninguna prueba de presión se efectuó, tanto para la tubería como para el montaje completo, antes de la instalación. Aparentemente nadie se dió cuenta que el montaje o el ensamble presurizado sería sujeto a momentos de torsión, imponiendo fuerzas cortantes en los codos para los cuales ellos no fueron diseñados. Ni tampoco, nadie apreció el golpe hidráulico en los codos tendería a hacer que la tubería pandeara en las juntas. Esta tubería temporal funcionó satisfactoriamente después de que se

instaló. Nunca se inspeccionó, se observó desplomarse los soportes del andamio que fueron puestos durante la instalación.

Lo que sucedió en el desvío final, nunca se pudo conocer, debido a que todas las personas que laborarán en el cuarto de control murieron y los registros de lecturas de instrumentos quedaron destruidos. La explosión ocurrida se estimó tener una fuerza equivalente de por lo menos 15 tons de TNT.

Guatemala

No todos los accidentes mayores han sido **provocados por el hombre**. Han habido numerosas tragedias de inundación, derrumbes, erupciones volcánicas y terremotos. Uno de esos terremotos estremeció Guatemala central, el 4 de Febrero de 1976, matando a más de 24000 personas e hiriendo a 50,000. Y una sexta parte de la población se quedó sin hogar. Por el número de muertes, lo hace el peor segundo desastre del hemisférico oeste, únicamente excedido por el terremoto de 1970 en Perú que fueron alrededor de 70,000 vidas.

El primer gran temblor ocurrió a las 3.04 a.m. cuando todo Guatemala dormía en sus hogares. El terremoto que medido en la escala Richter fue de 7.5 colapso a miles de construcciones humildes, sepultando a todos los ocupantes en sus casas. Un terremoto con estas mismas características, de intensidad a la misma hora en los E.U.A. hubiera causado menos daños a edificios y casas, la diferencia se ubica en la construcción de los edificios. Como en todos los países subdesarrollados, la gente de Guatemala está más segura afuera de sus casas las cuales son usualmente de estructuras débiles de adobe o piedra instaladas sobre falsos armados de madera y a menudo entechada con losa de barro y ~~hojas~~ de metal corrugado. En la ciudad de Guatemala, por ejemplo, los edificios de reciente construcción hoteles de lujo sufrieron daños pequeños durante el terremoto, permanecieron esencialmente intactos. Por el contrario las casas antiguas de **construcción tradicional** colapsaron totalmente. La mayoría de las muertes y destrucción fueron fuera de la capital en pequeñas regiones, las cuales quedaron completamente destruidas.

Three Mile Island, Pennsylvania

El accidente nuclear más conocido en E.U.A. fue el ocurrido en Three Mile Island en Pennsylvania en Marzo de 1979. Una serie de descomposturas en el sistema de enfriamiento en el reactor de la planta número 2 condujo a un accidente mayor en las primeras horas del día 28 de Marzo. por Marzo 30 la comisión reglamentaria nuclear (NRC) advirtió de una posible fusión del reactor (Core meltdown) un suceso catastrófico que podía involucrar un mayor número de pérdidas humanas. La posible explosión de una burbuja de gas de hidrógeno que se había formado en el sobrecalentado recipiente del reactor de la estropeada planta fué una amenaza mayor. Debido a que continuaban las emisiones de gases radioactivos, se les advirtió de alejarse del área de la planta de un radio de 8 Km a niños y mujeres embarazadas. En Abril 2, hubo un reducción considerable en el tamaño de la peligrosa burbuja de gas. Una semana después la burbuja había sido eliminada.

El accidente amenazó el futuro de la fuerza nuclear en los E.U.A. y puso en duda los sistemas de seguridad reglamentados por la Comisión Reglamentaria Nuclear y los utilizados por la industria nuclear en general. En el momento del accidente 72 reactores nucleares proporcionan el 13 % de la corriente eléctrica en E.U.A.

La causa del incidente ha sido calurosamente contestada por los propietarios de la planta la Metropolitan Edison Co., la NRC, el estado de Pennsylvania y compañías que participaron en la construcción de los reactores. Lo que aparentemente sucedió fué que una válvula en una bomba en el sistema de enfriamiento principal falló. El flujo de agua utilizada para eliminar calor del reactor fue interrumpida lo cual condujo al paro de la turbina de vapor y la consecuente parada del reactor. El reactor continuó generando calor. Como resultado el sistema de enfriamiento de emergencia comenzó a operar automáticamente.

Sin embargo, en una fase del cambio del sistema primario al sistema de emergencia de enfriamiento; un operador de planta apago el sistema de emergencia y después de un

tiempo, la volvió a encender. En este momento el núcleo de reactor fue dañado como algunos de los granitos del combustible de uranio enriquecido se volvieron tan calientes que ellos inclusive fundieron o fracturaron los tubos de zirconio que los sostenían.

Parte del agua utilizada para enfriar el núcleo del reactor se derramó sobre el piso del edificio de reactores. Cuando parte de esa agua radioactiva se convierte en vapor, se ventea a la atmósfera para aliviar la presión. Este vapor venteado no fue la única fuente de fuga radioactiva, sin embargo, la radiación había escapado penetrando 1.2m de las paredes de los edificios de la planta. El combustible de uranio en el núcleo del reactor permaneció tan caliente que los gerentes de la planta tuvieron que ventear más vapor a la atmósfera para evitar una explosión dentro del edificio de reactores. El resultado directo del venteo fue liberar pequeñas cantidades de yodo, criptón y xenón radioactivo. Los niveles de emisión fueron descritos como **bastante bajos** y no dañinos para humanos. Aparentemente no hay exposición seria para los trabajadores de la planta. Los efectos de gran alcance se desconocen todavía. De acuerdo con Ernest Sternglass, profesor de radiología en la Universidad de Pittsburgh, dijo que **No es un desastre donde la gente vaya a caer como moscas. Es un asunto de horror.**

Investigadores de protección Federal reportaron que una serie de errores humanos, mecánicos y de diseño contribuyeron en el accidente de Three Mile Island. Metropolitan Edison había cerrado tres bombas de enfriamiento auxiliares para mantenimiento dos semanas antes del accidente y las había mantenido cerradas. Esto fue una violación mayor de los reglamentos federales. Otros errores que habían contribuido significativamente al incidente fueron: las válvulas de alivio del tipo eléctrico-magnético habían fallado para cerrar como fue planeado, después de que abrieron para aliviar una elevación de la presión de agua en el reactor fue detectado pero los operadores recibieron lecturas incorrectas del indicador de presión acerca de la cantidad de agua en el reactor y en dos ocasiones después del accidente prematuramente los operadores cerraron el sistema de enfriamiento de emergencia. También la liberación de agua ligeramente radioactiva adentro del río Susquehanna y el venteo de

vapor a la atmósfera habían sido hechos sin la aprobación de la Comisión Reglamentadora Nuclear.

Los temores de toda la gente acerca de la energía nuclear, se convirtieron en realidad en Abril de 1986. Un gran reactor Soviético (unidad 4 chernobyl, 130 Km al norte de Kiev y solamente de 3 años de uso) explotó, voló y se quemó, arrojando desechos radioactivos sobre Europa. Los niveles de radiación se incrementaron en todo el continente Europeo, desde Suecia al Reino Unido através de Polonia llevando al sur de Italia. El daño que el incidente causó al ambiente sobrepaso aquél hecho por el accidente de Three Mile Island.

La secuencia de eventos que el reactor produjo pudieron haber sido:

Primero, el reactor sufrió una pérdida de agua de enfriamiento lo cual ocasionó que el combustible de Uranio se sobrecalentara. El reactor no tenía un edificio contenedor para conservar o guardar cualquier descarga radioactiva. En consecuencia, toda la radioactividad generada en esta parte del accidente fue liberada a la atmósfera. Finalmente, la temperatura del combustible se elevó a un punto en el cual la carcasa de grafito que sostenía al uranio se inflamaron. El agua no pudo usarse para abatir el incendio debido a que el agua evaporada causaría "plumas" de radioactividad.

La explosión fue el resultado de una serie de errores por los operadores de planta quienes estaban conduciendo un experimento no autorizado después de fallar el sistema de enfriamiento de emergencia. Los operadores estaban intentando probar que si una turbina se disparara, en el caso de una falla de potencia, y fuera desconectada del suministro de vapor, ellos serían capaces de atraer energía cinética a partir de las inmóviles aletas del rotor giratorio para operar las bombas con refrigerante de emergencia hasta que los generadores de diesel de repuesto comenzaran a operar.

Los operadores comenzaron a reducir la producción de energía el 25 de Abril. Los ensayos fueron dirigidos al 7% de potencia, un nivel en el que la planta se para automáticamente. A esos bajos niveles de potencia o energía, el gas xenón se incrementa para absorber neutrones y detiene el proceso de fisión o rompimiento.

Esto causó pérdida de control del reactor. La energía descendió hasta 1% hasta que finalmente se estabilizó nuevamente a 7%. Para incrementar el flujo de vapor al reactor, dos bombas de enfriamiento, además de las seis que normalmente se utilizaban, fueron incorporadas. El agua de enfriamiento adentro de los tubos de presión del reactor está cerca al punto de ebullición o había alcanzado ese punto debido a la caída en presión a causa de la baja producción de energía ocasionando calentamiento del refrigerante.

Cuando la turbina se disparó, el refrigerante pasó a la fase de vapor. El calor no pudo escapar debido a que los sistemas de emergencia habían sido parados. La energía comenzó a agitarse a medida que el agua se disipó en el reactor. Un incremento de calor causado por el combustible de circonio reacciona con el agua, desprendiendo hidrógeno. Dos explosiones ocurrieron, desprendiendo la tapa del reactor, destruyendo el sistema de enfriamiento y dañando el núcleo.

El accidente reportó 31 personas muertas hirió a 299 y causó el desalojo de 135,000 del sitio. La extensión total del daño a causa de este accidente probablemente nunca se conozca por años. Son de efectos prolongados a causa de la exposición a la radiación por lo que mucha gente está espantada y puede aun convertirse en una horrible realidad.

Los accidentes nucleares, al mismo tiempo que son los más temidos, no han ocurrido en forma frecuente. Solamente han habido un puñado de accidentes fatales desde que se entendió la energía y la radiación nuclear. Muchos de los primeros iniciadores de la investigación de radiación, como Madame Curie se decía que habían muerto a causa de envenenamiento radioactivos. Ellos no fueron advertidos del riesgo involucrado con trabajar con este tipo de energía poderosa. Hoy con un mejor entendimiento de la radioactividad ha conducido a disminuir el número de muertes. En Chernobil se comprobó que la industria está muy lejos de perfeccionar la ciencia para utilizar energía nuclear.

Bhopal India

El peor desastre que se tiene en la historia reciente de la industria química ocurrió en Bhopal en India central el 3 de Diciembre de 1984. Una fuga de isocianato de metilo proveniente de una planta química donde era utilizado como un intermediario en la fabricación de un insecticida, se dispersó dentro de la ciudad adyacente causando muerte por envenenamiento a más de 2500 personas e hiriendo a 20000 personas.

El propietario de la planta, Unión Carbide Corporation reportó que el accidente fué **el resultado de una combinación única de eventos o acontecimientos extraños**, aunque también hubo la versión de un posible sabotaje, pero ningún comprobante ha sido presentado para confirmar esta afirmación.

La causa del accidente fué atribuida a faltas en el diseño del sistema de seguridad de la planta la cual es total responsabilidad de Unión Carbide.

El isocianato de metilo fué arrojado de un tanque de almacenamiento por una presión generada a causa de una reacción desbocada de polimerización inducida por agua. El último lote de isocianato de metilo puesto adentro del tanque antes del accidente, contenía más cloroformo que el permitido por especificación. El cloroformo promovió la polimerización del isocianato de metilo aunque el cloroformo solo no puede reaccionar sin las temperaturas altas causadas por la presencia de agua. El exceso de cloroformo es uno de los **extraños e inusuales acontecimientos anteriores al desastre**, aunque la presencia de agua parece ser el primer criminal.

La pregunta más intrigante es porque ~~los~~ controles y equipo de seguridad que debieron de haber sido diseñados para cubrir con una capa con un químico que es conocido como escudo a reacciones violentas, nunca trabajó. El tanque de isocianato de metilo tenía tres sistemas de seguridad. Una tubería conductora desde el tanque contenía una válvula automática que fué ajustada para disparar si la presión del tanque excedía 40 PSIG. Después de la válvula había otros dos sistemas de seguridad. Uno era el quemador de campo, para quemar fuga de gases. El

otro era un depurador de gases (scrubber), una torre empacada con material suelto a través de la cual una solución de sosa cáustica que derramó rápidamente sobre el isocianato de metilo para descomponerlo.

El 3 de Diciembre de 1984, el operador del cuarto de control observó que la presión en el tanque de isocianato de metilo se había elevado desde 2 hasta 30 PSI G, y en cuestión de unos minutos se había elevado arriba de la presión máxima de 55 PSIG. El tanque estaba caliente y emitiendo ruidos, su revestimiento de concreto se estaba fracturando y su válvula de seguridad estaba chillando. El quemador de campo estaba fuera de servicio por mantenimiento, por lo que el operador se dirigió hacia el depurador de gases. El medidor de flujo falló para indicar que un flujo de sosa cáustica se había iniciado. Sin embargo, la mañana siguiente, se indicó que el depurador de gases había trabajado y la bomba había operado apropiadamente. El indicador de flujo comenzó a trabajar apropiadamente una vez que se fue limpiando. Esto indica claramente que el mantenimiento fue pobre e inoportuno en la planta. Otra evidencia indica que la concentración de solución cáustica no había sido revisada desde el mes de Octubre. A pesar de esto, parece que el deparador de gases trabajo normalmente en la noche del accidente. Sin embargo, el depurador de gases no contenía el isocianato de metilo. Después de que había estado operando por 45 minutos, el superintendente de planta verificó que el isocianato de metilo se estaba escapando a la atmósfera via el domo del depurador de gases.

Además de las fallas de los sistemas de seguridad, la pregunta más presionante fue de como el agua hizo su camino o trayectoria dentro del tanque de isocianato de metilo causando la reacción total.

Una investigación comprobó que el agua sola causó el desastre de Bhopal y que la planta no pudo contener una reacción desbocada de polimerización inducida por agua. Una posible fuente de agua, fue una válvula del tanque que interactuaba con la atmósfera y que pudo haber estado abierta unos días antes del accidente. El

nitrógeno que forma una cámara inerte presurizada en el tanque de isocianato de metilo fué bombeado adentro

del tanque, el 30 de Noviembre y primero de Diciembre. el tanque no **pudo estar presurizado si el nitrógeno en verdad estaba escapándose; la ruta de escape pudo también comprobar una nube de entrada de agua.** No hubo una mampara de retención para prevenir que el agua entrara al tanque. Si varias válvulas estuvieron abiertas, el agua podría haber entrado al tanque. Otro error de los operadores de planta fue el permitir que el isocianato de metilo que debió almacenarse en su punto de congelamiento en el tanque, se elevará a 16°C. La refrigeración habría retardado las fases iniciales de la reacción desbocada, sin embargo el sistema de refrigeración no estaba trabajando.

Mucha gente se pregunta en el momento del accidente, porque una planta química que produce un compuesto tan peligroso fue construida tan cerca a una zona residencial. La planta fue originalmente construida a 2.5 Km de la casa más cercana pero la pequeña colonia creció cerca de la planta. En muchos países desarrollados leyes de urbanización previenen de tal desarrollo ilógico pero no en la India. El accidente de Bhopal refuerza la necesidad de controlar el crecimiento de industrias peligrosas cerca de zonas residenciales.

El químico producido en Bhopal, isocianato de metilo, es un químico intermedio en la fabricación de carboril. Este accidente sugiere que quizás, cada vez que sea posible, la industria debe desarrollar y utilizar materia prima menos peligrosa para el ser humano. Todas las plantas se convierten seguras con tan sólo adicionar el equipo protector, que como el accidente de Bhopal, algunas veces pueden fallar o resultan inadecuados. Si la planta no usa o produce materiales peligrosos, la probabilidad de que exista un accidente es nulo. En vez de tratar de controlar el peligro, la industria deberá concentrar sus esfuerzos en desarrollar diseños de procesos más seguros.

Ashland Oil Terminal, Pittsburgh

Un accidente ocurrido recientemente, aunque no hubo perdidas humanas, se puede considerar como un desastre. El 2 de Enero de 1988 un tanque de

combustible de 14.8m de altura en la terminal de Ashland Oil se fracturó. Cerca de 15 millones de litros de combustible destilado No.2 brotó estrepitosamente. La fuerza del impacto causó que el tanque retrocediera 30m y envió una onda de 10m de alto chocando con otro tanque desplazándolo 30m. Mucho del combustible derramado fue atrapado por un dique de contención; sin embargo 2 271 000 L se escaparon al río Monongahela. Después del derrame, un rumor circuló de que había la posibilidad de una fuga de gasolina, se imaginó en un posible incendio de gran magnitud por lo que se desalojaron 250 hogares.

El combustible que había derramado en las aguas frías comenzó a emulsificar y hundirse. El clima extremadamente frío, formó hielo sobre el río. Es imposible recuperar petróleo que se hunde debajo de las faldas de las cadenas de recuperación o que quede atrapado en el hielo. Varios métodos fueron utilizados para remover el petróleo del río. Ciertos científicos desarrollaron un método que mezcló el agua contaminada con carbón en polvo y bentonita que hace que la pasta formada sea mas absorbente. La mezcla es bombeada a una planta de tratamiento donde otros químicos se adicionan para balancear la acidez y para hacer que el petróleo coagule en un tanque decantador. Este tratamiento no es nuevo pero los científicos tuvieron que aparecer con las combinaciones exactas de químicos para manejar el petróleo. En este momento la Enviroment Protection Agency (EPA) permitió el uso de una sustancia llamada **Elastol**. El elastol tiene la propiedad de congelar hidrocarburos de un tamaño que puede ser fácilmente recuperado.

El derrame de Ashland ocasionó una pesada pérdida en la vida silvestre del río Ohio, aunque un dictamen razonable no podrá ser hecho por algún tiempo. Más de 5000 aves acuáticas murieron. El petróleo causó que los pájaros perdieran su protección natural y flotación, pudiéndose ahogar o morir de frio. El área de Pittsburgh fué dañada duramente por el derrame. Dos comunidades con una población combinada de 23000 habitantes se quedaron completamente sin agua durante cinco días. Para aligerar el problema, se construyo una línea de 12 pulgadas de

diámetro para suministrar agua a la población, tomando agua del río Allegheny.

Se ha descubierto que el tanque que colapsó fue construido sin un permiso y no fue probado por los medios más rigurosos. Ashland niega que estos factores, contribuyeron en la falla mecánica. Ellos también afirman que el volumen del dique era suficientemente grande para captar todo el petróleo derramado pero el tanque se rompió tan rápidamente que un torrente de 14.4 millones de litros generaron una ola de petróleo que reventó sobre el malecón. El tanque con dimensiones de 17m de altura y 36.6m de diámetro fue construido en 1986 sobre una reciente cimentación de concreto agrandada anteriormente soportaba un tanque más pequeño.

El tanque fue recientemente cambiado desde una terminal cerca de Cleveland y reensamblado. El acero tenía una edad de 40 años. Este acero más viejo presumiblemente contenía menos carbón y será más quebradizo que los aceros utilizados hoy en día. Para mover el tanque a la ciudad de Pittsburgh se corto verticalmente y horizontalmente atravesando las soldaduras originales, después reencimado en ocho anillos arriba de un piso de acero cóncavo en el nuevo sitio. Este procedimiento ha sido cuestionado. Algunos expertos sostienen que para propósitos estructurales el tanque no debe haber sido cortado horizontalmente.

Aunque Ashland mantiene que el acero del tanque era aún fuerte la compañía admitió que los procedimientos de prueba usuales no fueron ejecutados antes de ponerlo en servicio. La prueba hidrostática es recomendada por la American Petroleum Institute (API) pero Ashland afirma que las bombas con cabeza suficientemente grande para traer agua al domo del tanque, no estaba disponible en el sitio. Un procedimiento alternativo fue que el tanque fue rociado con combustible diesel y sujeto a un vacío. El tanque no fue inspeccionado por una agencia exterior antes de usarlo.

Este derrame masivo de petróleo expone el suministro de agua a más de un millón de personas como vaya moviéndose corriente abajo sobre el río Ohio pasando por

Pennsylvania, Ohio y West Virginia. Muchos nos preguntamos si una reglamentación mucho más exigente pudiese ser implementada.

1.2.4 Otros Accidentes

En los párrafos anteriores se han dado únicamente un muestreo de los accidentes mayores que han ocurrido a lo largo de la historia. Sin embargo ha habido otros numerosos accidentes que quizás tengan menos renombre pero ciertamente no menos trágico para aquellas familias involucradas.

Iraq

En septiembre de 1971 un inmenso embarque de cebada americana y trigo mexicano llegaron al puerto de Al Basrah en Iraq. El grano había sido tratado con una solución de mercurio con el propósito de evitar descomposición durante el embarque y almacenaje. Si bien que niveles altos de mercurio son venenosos, el grano fue encaaminado para utilizarse únicamente como semilla. Las advertencias y precauciones a tomar habían sido anexadas tanto en ingles como en español pero no en árabe. El grano fue robado del desembarcadero de carga y fue reempacado y se vendió como alimento. Un envenenamiento masivo ocurrió a todo lo largo del país. Cientos de personas murieron y miles de personas quedaron cojas, ciegas o sufrieron daños en sus cerebros. Aunque el gobierno Iraquí no hizo pública la noticia de envenenamiento. Se estimó varios años después, que 1000 personas murieron y que 10000 resultaron gravemente heridas.

Boston

En Enero 19 de 1919 un gran tanque de almacenamiento conteniendo melaza, propiedad de Purity Distilling Co. en la ciudad de Boston se fracturó. El tanque tenía 15.24m de altura y 27.4 de diámetro y contenía 7.57 millones de litros de melaza para la elaboración de ron. Cuando el tanque estalló una ola de melaza de 10m de altura, arrasó el norte de Boston y desembocó al mar a la velocidad de 56.35 kg/hr. Oficinas, tiendas y casas fueron aplastados.

bajo el liquido pesado. Muchas personas pudieror escapar a pie, pero docenas de personas murieron y alrededor de 150 fueron heridas, siendo de las catástrofes más grotescas de la historia.

Caracas

El 9 de Abril de 1952 en Caracas, Venezuela una gran multitud de feligreses se habían reunido en una iglesia católica para iniciar los festejos de la semana santa. Aparentemente un carterista, deseando crear confusión grito ¡fuego!. La multitud devota salió apresurada hacia las salidas posteriores de la iglesia. Mucha gente cayó y fue pisoteada por los mismos feligreses quienes corrían apresuradamente para escapar del fuego imaginario. Murieron 53 personas, casi la mitad eran niños.

Glasgow

El 2 de Enero de 1971, en el estadio de fútbol de Ibrox en Glasgow, Escocia; 66 personas murieron y 145 personas fueron heridas cuando una barda de acero se colapsó, debido al peso de la agitada multitud. La tragedia continuo y 80,000 espectadores apresurados alrededor de las salidas siguieron el encuentro ardientemente entre los Celtics y Rangers, rivales tradicionales. Un grupo de aficionados de los Rangers localizados en las rampas del estadio cuando ellos escucharon que su equipo había empatado el juego a 1-1 una masa humana fue apilada en las rejas de la entrada causando una horrorosa pérdida de vidas.

Vail

Cuatro personas murieron y otras 8 quedaron heridas el 26 de Marzo de 1976 cuando dos carros góndola cayeron al vacío (+- 35m) en las montañas de Vail, Colorado. El accidente ocurrió debido a una falla el mecanismo automático de cierre, diseñado para responder ante un descarrilamiento de un carro al frente, de dos que chocaron. La causa fue rastreada con cinco cordones de funda de acero cubriendo el cable. Los cordones habían comenzado a desenredarse alrededor de 2/3 del camino que conducía hacia la montaña. El cable desgastado ocasionó que los carros descarrilaran y que se trabaran,

se esperaba que el carro activara un interruptor por sobrecarga eléctrica para detener la góndola. No hubo una explicación de porque el sistema de seguridad no haya funcionado.

Milán

Por lo menos 220 personas fueron evacuados de sus casas localizadas en el suburbio de Seueso entre el 26 y 28 de Julio de 1976 en la zona industrial norte de Milán, donde una fábrica de químicos explotó, liberando una nube de triclorofenol, conteniendo dioxin en la atmósfera. Aproximadamente cinco libras de dioxin fueron liberados. El dioxin es un tóxico muy fuerte utilizado para la defoliación, utilizado por la armada de Vietnam de los E.U.A y es conocido por causar daños irreversibles al hígado y al riñón y alteraciones genéticas. Después de 18 días de la fuga, cientos de conejos, pájaros, gatos, perros y pollos murieron. Las plantas se marchitaron y cerca de 30 personas tuvieron que ser hospitalizadas con su piel dañada y con desordenes internos. Una superficie de 700 hectáreas fue contaminada y aislada con malla de puas, mientras el plan de emergencia era procurado para evacuar 15000 personas adicionales por si continuaba la dispersión de la nube.

Un desinfectante consistiendo de agua y aceite de olivo fue probado en el campo en el sitio el 28 de Agosto. Durante 48 horas de aplicación del desinfectante el 707 de la toxina había sido eliminada. Un portavoz del gobierno estimo que el daño total era de 48 millones de dólares.

Condado de Montoomery, Filadelfia

Accidentalmente... la tubería de suministro mal etiquetada o identificada que conducía oxígeno y óxido nítrico a un cuarto de emergencia del hospital del condado de Montoomery, Filadelfia, causaron seis **muertes prematuras** de acuerdo a un reporte de un médico forense, el 10 de Septiembre de 1977. Las líneas intersectadas habían sido descubiertas el 6 de Julio por el anestiologista del hospital, casi siete meses después de que la nueva instalación había sido abierta. Durante el periodo en que el error no fue detectado, algunos 300

pacientes erróneamente se les habían suministrado gas risueño, una sustancia que normalmente no es dañina pero potencialmente fatal a personas propensas a sufrir un paro al miocardio o que padecen enfisema pulmonar. Se anunció que 35 personas murieron en el mes de Diciembre y Julio. Los certificados de muerte de aquellos quienes concluyentemente habían muerto como resultado de una equivocada clasificación de gas, fueron cambiados más tarde, para indicar que sus muertes fueron accidentales debido a una falta de oxígeno.

Willow Island, Virginia

Un andamio sobre una torre de enfriamiento en una planta de fuerza, que se construía en Willow Island, Virginia; se colapso el 27 de Abril de 1978, matando a 51 trabajadores quienes se encontraban sobre él. Los trabajadores quienes habían estado colando cemento, murieron instantáneamente cuando ellos, la plataforma y las toneladas de concreto cayeron de 50m al piso. Aunque más de 1000 trabajadores estaban trabajando en el sitio, únicamente unos cuantos estaban en el piso adentro de la torre de enfriamiento y muchos de ellos fueron capaces de ponerse a salvo. Los testigos dijeron que el andamio, el cual se había suspendido o colgado sobre el domo, tanto hacia adentro como afuera de la torre de enfriamiento, se había desmoronado como un montón de dominos. No tuvieron oportunidad aquellos que se encontraban en el andamio de alcanzar un lugar seguro en las escaleras propias de la torre de enfriamiento.

Una investigación demostró que hubieron tres factores interdependientes que condujeron al accidente:

- 1.- Hubo un descuido en probar si el concreto que estaba siendo colado, se había curado lo suficiente antes de que los moldes de apoyo hayan sido retirados.
- 2.- El andamio fue incapaz de soportar todo el peso, algunos birlos necesarios no fueron utilizados como amarre.

- 3.- Hubo una falla para anclar y sostener las vigas que soportaban el sistema del elevador de concreto, de tal manera que pudieran sostener las cargas que estaban subiendo.

Como resultado de estas fallas, la estructura interior del andamio y las pescantes de la grúa sobre la torre de enfriamiento, se ladearon al interior, jalando el andamio más afuera del otro lado del pico de la pared y provocando la caída de los trabajadores sobre el piso.

Lo Occupational Safety and Health Administration (OSHA) fue criticada por no haber inspeccionado el sitio un año antes del accidente, aunque la agencia había advertido que **un posible desastre de consecuencias graves** podría ocurrir si el andamio de la torre de enfriamiento no fuese diseñado apropiadamente.

Hilton Head Island

El 27 de Junio de 1978, un accidente caprichoso tuvo lugar en Hilton Head Island. Se reportaron cuatro víctimas. Un hombre y una mujer aparentemente rompieron una de las lámparas de iluminación de los adornos que se encontraba dentro de una gran piscina residencial, mientras que las luminarias caían adentro del agua a las 20:00 hrs, varios cientos de volts fueron captados a través del agua; otra mujer compañera de habitación entró a la piscina, inadvertido del peligro, intentó salvar a las dos personas. Un vecino saltó al rescate de los tres. Las cuatro personas murieron electrocutadas.

Monte Santa Helena

El 20 de Marzo de 1980, una red sísmica regional, operada por la investigación geológica de E.U.A. y la Universidad de Washington, registro un temblor de 4° de magnitud en la escala Richter, al norte de la cúspide de la montaña de Santa, Helena. Esta montaña era un volcán durmiente que la última vez que hizo erupción fue en el año de 1857. Dos días después, la intensidad sísmica se incrementó, los geólogos sospecharon que la magma o roca fundida estaba moviéndose hacia arriba del volcán. La actividad volcánica siguió incrementándose.

El 27 de Marzo, una nube de vapor de agua y cenizas fue emitida por la montaña de Santa Helena y se elevó a más o menos 2100 m arriba de la montaña. En un punto al norte de la cúspide del cráter aproximadamente 1.6 km de distancia, una gran comba se estaba formando al lado de la montaña. En los primeros días de Mayo, esta comba había crecido a 2 km de largo por 1 km de ancho. Los vulcanólogos observaron que esta comba de tales signos podría cuartearse a la atmósfera, arrojando magma. El 18 de Mayo sin ninguna advertencia, la montaña Santa Helena repentinamente explotó.

Aparentemente disparada por un temblor de 5° grados en la escala Richter, la pendiente intacta del norte estalló a lo largo de la punta superior de la comba, liberando los gases y magma en grandes concentraciones. Hasta tres kilómetros cúbicos de roca y cenizas fueron esparcidos en la montaña.

La ráfaga arrojó 1000 millones de m³ de material volcánico a la atmósfera. Casi todo objeto localizado entre los 8~ kilómetros del volcán fue destruido. Toneladas de ceniza sofocante y polvo fueron soltados en la parte central y oriente de Washington y al norte de Oregon e Idaho e incluso en el oeste de Montana. El volcán continuó haciendo erupción durante todo el año de 1980 y a través del verano y otoño del año de 1981. El número de víctimas fue confirmado en 1981, siendo de 34 personas muertas, mientras que otras 27 se reportaron como extraviadas. Oficialmente se reportó que aproximadamente 10000 animales domésticos y silvestres murieron en este fenómeno volcánico.

1.3 DESCRIPCION GENERAL DE METODOLOGIAS PARA LA IDENTIFICACION / EVALUACION DE RIESGOS

1.3.1 Introducción

La aproximación tradicional a la seguridad, fuera y dentro de la industria, ha sido la de diseñar plantas químicas y de fuerza, basándose en la experiencia individual o del equipo trabajo, incorporándola a lo que se ha denominado códigos o normas de buena práctica de ingeniería que recogen dicha experiencia en forma de diferentes recomendaciones y precauciones.

A continuación se muestra un resumen, indicando algunas organizaciones concernientes a la seguridad industrial que manejan y editan normas de ingeniería muy confiable.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA)
National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)
Department of Energy (DOE)
Department of Transportation (DOT)
Environmental Protection Agency (EPA)
Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office (CEPP)
Center for Chemical Process Safety (CCPS)
American Institute of Chemical Engineers (AIChE)
National Fire Protection Association (NFPA)
American Society of Safety Engineers (ASSE)
Underwriters Laboratories Inc. (UL)
National Electrical Code (NEC)
Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)
National Electrical Manufacturers Association (NEMA)
American Society of Mechanical Engineers (ASME)
American Society of Testing Materials (ASTM)
American National Standards Institute (ANSI)
American Petroleum Institute (API)
Tubular Exchanger Manufacturers Association (TEMA)
Instrument Society of America (ISA)
Scientific Apparatus Makers Association (SAMA)
American Instrument Society of America (ISA)
Scientific Apparatus Makers Association (SAMA)
American Institute of Steel Construction (AISC)
American Concrete Institute (ACI)
National Association of Corrosion Engineers (NACE)
American Welding Society (AWS)

State, country and city fire, planning and development, police and public utility departments.

Y compañías aseguradoras.

Las graves consecuencias de los accidentes mayores ocurridos en los últimos años han puesto de manifiesto que esta visión retrospectiva, si bien es absolutamente necesaria, puede resultar insuficiente por si sola.

Es necesario anticipar que situaciones peligrosas se pueden presentar y una vez hecho esto tratar de determinar la posibilidad y severidad de tales siniestros en orden a adoptar las medidas de prevención y protección oportunas.

Esta necesidad de prevención sin que sea posible apoyarse exclusivamente en la experiencia, obliga a indagar con el debido detalle la totalidad de la planta o instalación industrial.

Sin embargo, la complejidad de muchas de estas plantas o instalaciones hace que no sea razonable, desde un punto de vista práctico, considerar separadamente y en detalle, cada uno de los componentes y procedimientos de las mismas.

No debe olvidarse, que el mundo de la seguridad como cualquier otro no es un mundo de recursos ilimitados por lo que es absolutamente necesario establecer una estrategia de acción que garantice una adecuada aplicación de los mismos.

A continuación se tratan los diferentes aspectos a considerar en la prevención de los accidentes mayores y la disminución de sus posibles consecuencias, dentro de los que como se indicará posteriormente, cobra una particular importancia la identificación y evaluación de riesgos. Se describen brevemente algunas de las técnicas disponibles para dicho objetivo, para proponer una posible estrategia de aplicación de las mismas acorde con las anteriores consideraciones.

1.3.2 Aspectos a considerar

Para enumerar los diferentes aspectos a considerar dentro de la estrategia general de acción ante los siniestros mayores basta con referirse al propio Real Decreto 886/1988 sobre prevención de accidentes que basa dicha actividad en el desarrollo de diferentes acciones complementarias.

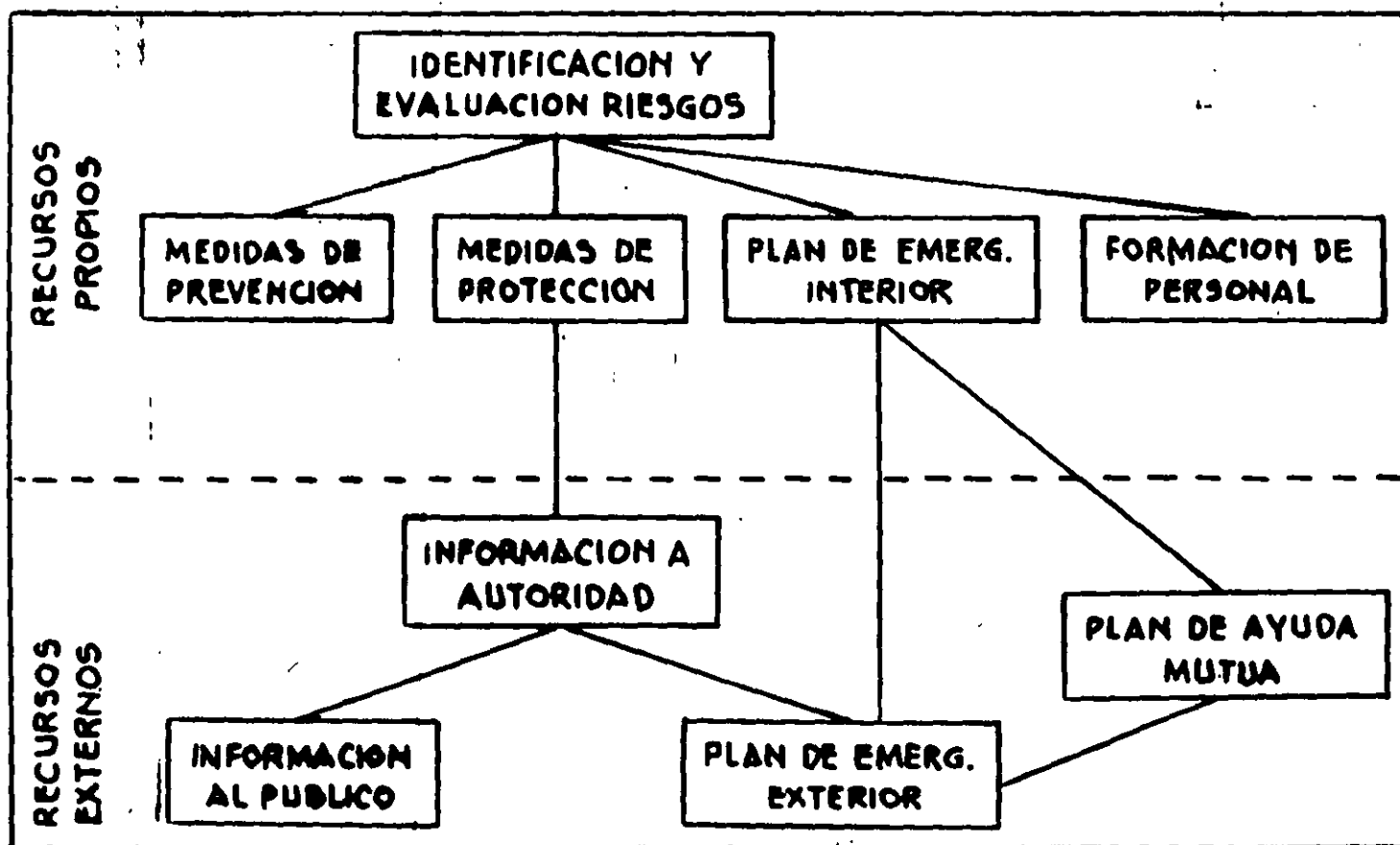


Figura 1.3.1

Estas acciones que esquemáticamente pueden representarse en la figura 1.3.1 comprenden por parte de la industria privada y paraestatal las siguientes :

- Identificación y evaluación de los posibles riesgos
- Elaboración del Plan de Emergencia Interior
- Información, formación y equipamiento del personal propio

Dentro de las anteriores e implícitamente queda englobada la evaluación y adopción, en su caso de las medidas necesarias de prevención o protección, las diferentes autoridades, el citado Real Decreto les asigna las siguientes acciones :

- Recabar y recibir la información pertinente de los industriales y paraestatales.
- Elaborar basándose en dicha información los correspondientes Planes de Emergencia Exterior
- Informar a los ciudadanos .

Se define por tanto una estrategia de actuación basada claramente en la complementariedad de diferentes acciones, aspectos éste que viene aún más remarcado por la mención expresa que hace el Real Decreto a posibles planes de ayuda mutua entre industriales y paraestatales.

Aunque no es posible analizar aquí cada uno de estos aspectos es claro en cualquier caso que todos ellos resultan igualmente importantes y que, por otra parte la mayoría de ellos engloban a su vez una diversidad de actuaciones concretas que en cada caso deben ser definidas específicamente.

Así por ejemplo cuando se trata de medidas de prevención se puede pensar entre otras en :

- Adición de alarmas, sensores, válvulas pertinentes en el proceso
- Establecimiento de un programa adecuado de revisiones y mantenimiento
- Registro y análisis de incidencias periódicas
- Establecimiento de procedimientos estrictos de operación

Si se analiza detenidamente el esquema de acción citado, resulta evidente que el éxito o fracaso de la mayoría de las acciones señaladas depende, en primera instancia, de una correcta identificación y evaluación de los riesgos de cada industria, tal como la propia Comisión de la Comunidad Europea :

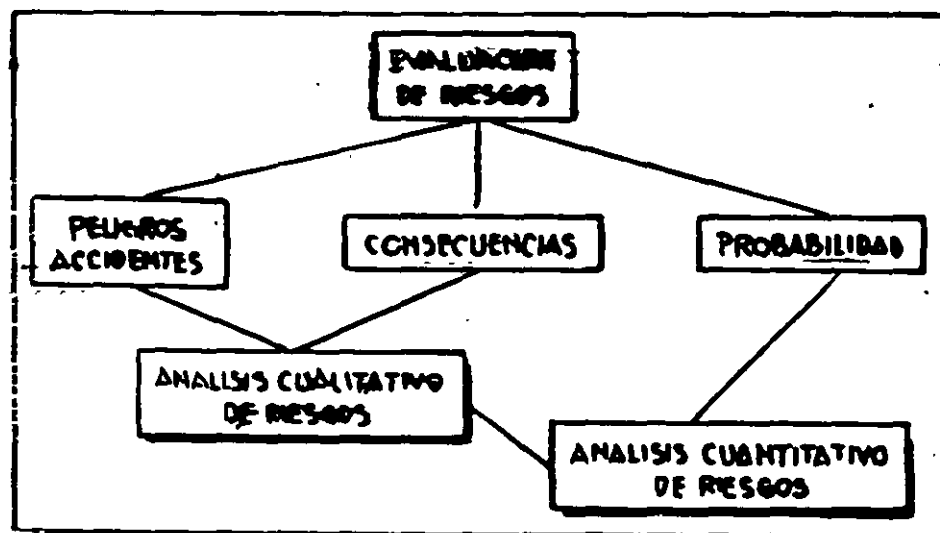
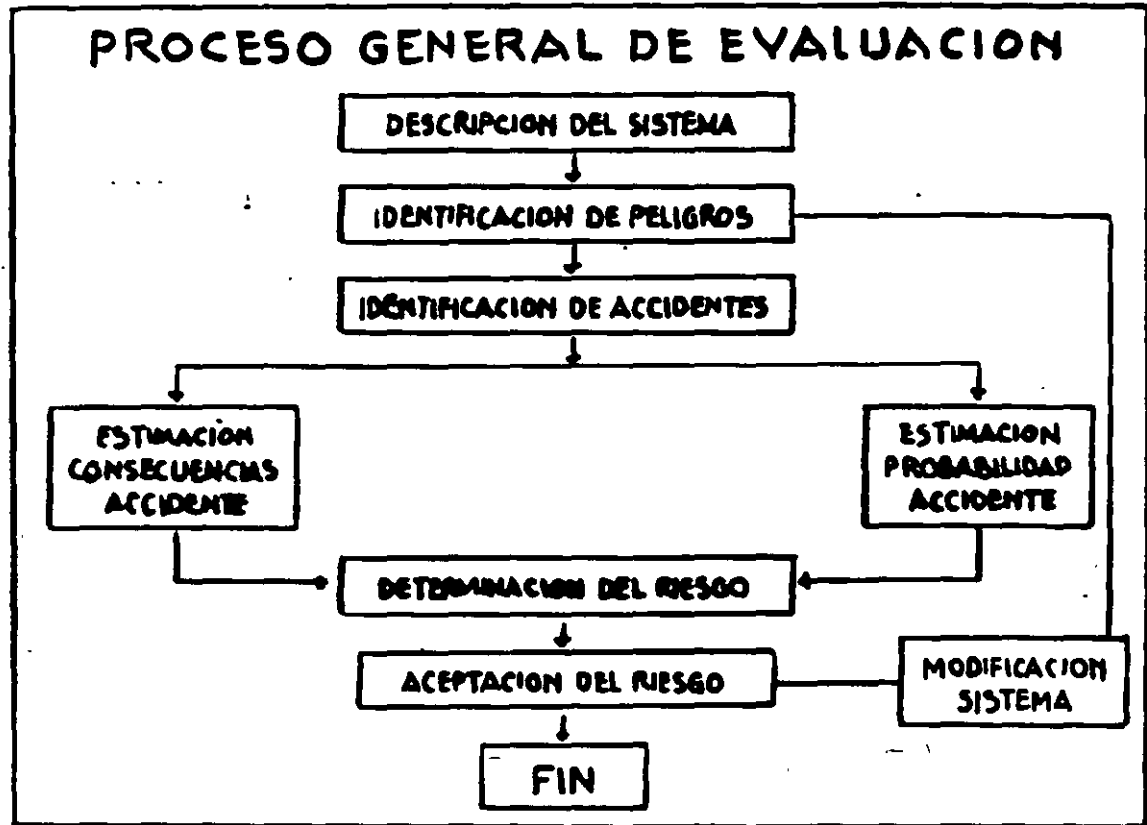


Figura 1.3.2

- El objetivo del análisis de riesgos es evaluar los riesgos asociados con una instalación así como sus consecuencias sobre el hombre y el medio ambiente.

Un riesgo inadecuadamente evaluado puede consumir recursos innecesarios.

Sirve como base para definir medidas de prevención que persiguen evitar los accidentes para elaborar el plan de emergencia interior, por parte del industrial así como el plan de emergencia exterior asociado.

Por tanto toda la prevención y gestión de riesgos definida por la dirección depende del análisis de riesgos de la instalación.

Resulta obvio decir en este sentido que un posible riesgo que no haya sido identificado como tal, difícilmente puede ser combatido

Pero puede no serlo tanto el hecho de que un riesgo inadecuadamente evaluado puede consumir recursos innecesarios y lo que es peor distraerlos de su aplicación a otro que pudiera requerirlos con mayor justicia.

Parece por tanto conveniente establecer una adecuada estrategia de identificación de los riesgos lo más completa posible pero que ya desde el inicio, permita concentrar los esfuerzos disponibles en aquellos que realmente lo requieran.

1.3.3 La Identificación y Evaluación de Riesgos.

Se puede definir la evaluación de riesgos como el proceso de identificación de posibles accidentes y la estimación de su probabilidad y consecuencias, que permite, en última instancia adoptar decisiones al respecto.

La figura 1.3.3 muestra el árbol de decisión genérico de la evaluación de riesgos.

La identificación y evaluación de riesgos de una determinada planta industrial o sistema de procesos estará dirigida a identificar y evaluar los peligros inherentes a dichas instalaciones así como los accidentes que puedan ocurrir en la misma en relación con estos peligros.

No debe de haber dificultad en identificar peligros industriales tradicionales que pudieran resultar de pequeñas explosiones o incendios y lesiones a empleados causando los accidentes ocupacionales. También debe ser relativamente fácil determinar los peligros a la salud debido a la exposición

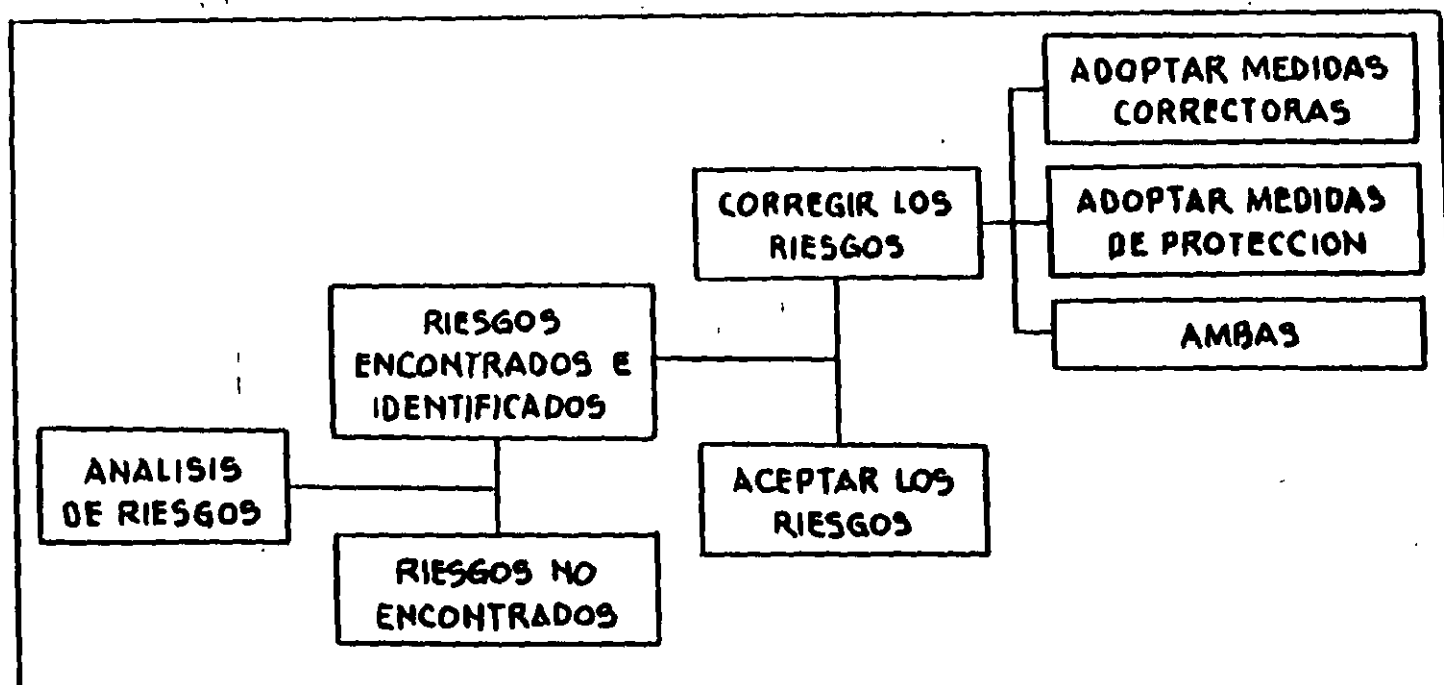


Figura 1.3.3

de químicos. Pero únicamente hay un fragmento de los peligros potenciales que pueden identificarse para salvaguardar a la planta industrial o corporación contra una calamidad mayor o un costoso litigio de responsabilidad.

Dicho de otra manera la identificación / evaluación de riesgos pretende responder a las siguientes preguntas:

¿Existen químicos utilizados en la planta que pueden no haber sido tratados de acuerdo con las técnicas de eliminación de peligros aun cuando se manejan en pequeñas cantidades; tradicionalmente, han sido declarados como inofensivos o se monitorean comparándolo contra mediciones de ; qué tan eficientes son estas mediciones?

Los registros médicos de los empleados quienes son expuestos a manejar estos químicos ¿Son revisados ?

Además se han realizado estudios de toxicidad en animales para soportar la inocuidad de estas sustancias pero los químicos ¿Podrían tener efectos desconocidos de largo plazo para la gente?

- ¿Qué productos químicos peligrosos son transportados fuera y dentro de la planta?
- ¿Podrían estos químicos liberarse accidentalmente a la atmósfera con resultados perjudiciales para la gente, propiedad privada, o a tocar el medio ambiente?
- ¿Qué tipo de transporte se utiliza y que ruta se eligen?
- ¿Cuales son las descargas normales de químicos de las instalaciones ? ¿Dónde terminan y que tan a menudo se hacen? ¿Dónde y de que manera se toman las muestras de aire y agua? ¿Cómo se analizan las muestras ? ¿ Se lleva un registro de los análisis ?¿Son revisados por un laboratorio externo ?¿Cuales son los peligros potenciales para el ambiente y público externo en las fronteras de la planta a causa de fugas?
- ¿Qué clase de desperdicios y residuos son generados en la planta?¿ Su destino? ¿Qué tipo de peligros potenciales a corto y largo plazo existen para los obreros, público y medio ambiente durante el almacenamiento, transporte, procesamiento de estos desperdicios?
- ¿Cuáles son los productos de la compañía que alcanzan al público? Los productos son empacados, etiquetados y anunciados adecuadamente? ¿Existen avisos pertinentes en las etiquetas de empaque del producto?
- ¿Se han considerado los eventos naturales potencialmente peligrosos (terremotos, inundaciones, huracanes, mareas altas) y accidentes relacionados con el hombre (vandalismo, sabotaje,

- impacto de avión) en el diseño y arreglo general equipos de la planta química?
- ¿Los códigos y estándares elegidos para el diseño y construcción de la planta son los correctos ?
- Enumerar todos los peligros de la planta
- ¿Qué accidentes podrían ocurrir en relación con dichos peligros?
- ¿Cuales serían las posibles causas de estos accidentes?
- ¿Cuál es la probabilidad de que dichos accidentes ocurran?
- ¿Cuáles serían las consecuencias de dichos accidentes, si llegaran a ocurrir?

Y lo que es más importante :

- ¿Cómo podrían eliminarse esos peligros ?
- ¿Cómo podrían evitarse los accidentes o al menos cómo podría reducirse su probabilidad?
- ¿Cómo podrían en último extremo reducirse las consecuencias posibles?

Para encontrar respuesta a estas preguntas pueden utilizar diversas técnicas (Guidelines for hazard evaluation procedures AIChE, 1985) y en ocasiones será preciso usar varias de ellas para cubrir todos los aspectos que ya se han comentado y que quedan reflejados en la figura.

Debe indicarse finalmente que, aunque en principio la evaluación del riesgo debe considerar tanto los términos de probabilidad como los de consecuencias en ocasiones puede ser suficiente con evaluar uno de estos factores, normalmente éste último para adoptar las necesarias decisiones al respecto. Según el análisis comprenda o no un estudio probabilístico se hace referencia a evaluación cuantitativa del riesgo o a evaluación cualitativa.

1.4 METODOS DE IDENTIFICACION / EVALUACION DE RIESGOS

Como ya ha quedado de manifiesto existen dos vías de aproximación a la identificación / evaluación de riesgos.

A) Verificación del cumplimiento con las normas de buena práctica.

B) Evaluación predictiva.

Dentro de las técnicas de evaluación de riesgos encaminadas a verificar el cumplimiento de las normas de buena práctica cabe resaltar las Listas de Chequeo y las Revisiones de Seguridad. Dentro de este apartado podría

incluirse la consulta a Bases de Datos de accidentes así como la revisión de los datos históricos de incidentes de la propia planta.

En la aproximación de tipo predictivo la primera tarea suele ser la de identificar los peligros inherentes a la planta o proceso examinado para a continuación centrar la atención en los posibles sucesos asociados con dichos peligros. Entre las técnicas dirigidas a identificar peligros cabe mencionar los índices de Mond y de Dow de los que se tratará con mayor profusión a continuación, así como el análisis preliminar de riesgos el método ¿Qué pasa si? el análisis de modos y efectos y los estudios de seguridad y probabilidad más conocidos como "Hazop".

Estos últimos persiguen además identificar las causas de los posibles accidentes asociados con dichos peligros.

Finalmente, existen diversas técnicas que permiten identificar secuencias de sucesos que desembocan en accidente entre las que cabe citar los Arboles de fallas Arboles de sucesos y Análisis de Causas y Consecuencias.

Estas últimas técnicas permiten además la introducción de probabilidades dentro de la secuencia del accidente postulado con el fin determinar la éste.

En la siguiente tabla se enumeran los principales y más comunes procesos de identificación de riesgos, algunos de los cuales se describirán brevemente a continuación.

METODOS DE IDENTIFICACION / EVALUACION DE RIESGOS

1.4.1. LISTA DE CHEQUEO

1.4.2. REVISIONES DE SEGURIDAD

1.4.3. INDICES DOW / MOND

1.4.4. QUE PASA SI ?

1.4.5. HAZOP / HAZAN

1.4.6. MODOS Y EFECTOS

1.4.7. ARBOLES DE FALLOS

1.4.1 LISTA DE CHEQUEO

Las listas de chequeo son el medio empírico más simple de aplicar la experiencia durante el diseño o revisión de una planta o sistema con el fin de asegurarse de que ninguno de los aspectos citados en la misma han sido pasados por alto.

Las listas de chequeo pueden referirse a aspectos muy diversos de una planta relacionados o no con la seguridad y resultan herramientas muy útiles para controlar el desarrollo de un proyecto desde la fase de diseño hasta el desmantelamiento de dicha planta.

Es el método más básico de identificación de peligros en cuanto que permite detectar desviaciones de la buena práctica pero cuando se trate de identificar posibles Accidentes Mayores no puede confiarse en la simple aplicación de las mismas como método capaz de identificar con suficiente profundidad que puede ir mal y cómo; pues los aspectos que no estén incluidos en la lista son ignorados y quedan ocultos.

1.4.2 REVISIONES DE SEGURIDAD

Es una técnica sencilla para identificar riesgos pero limitada ya que solo se puede llevar acabo en una planta industrial ya construida y que consiste en que el Director o Gerente General se reúna en forma periódica a lo largo del año laboral con sus ingenieros o expertos en seguridad industrial para recorrer todas la áreas de trabajo, ya sean de proceso, recibo y almacenamiento de productos, servicios auxiliares (vapor, agua, aire, sistemas de lubricación, refrigerantes, drenajes, deshechos corriente eléctrica, etc.) y se revisan las condiciones inseguras.

Condiciones Inseguras: Es la forma en la que se encuentran las cosas en nuestro lugar de trabajo o en la planta industrial y que en un momento podrían causar un accidente.

Como ejemplos de condiciones inseguras y que se detectan con mucha frecuencia son :

- Instalación impropia de maquinaria
- Falta de limpieza
- Equipos de proceso, mecánicos, eléctricos sin mantenimiento
- Falta de guardas en equipos e instalaciones
- Instalaciones eléctricas sin protección

Actos Inseguros : Son aquellos en los cuales un empleado hace alguna actividad que pudiera provocar un accidente.

Algunos ejemplos :

- Desconocimiento total del equipo de seguridad
- Caminar en vigas sin amarrar o en andamios sin fijar
- No respetar las señales de advertencias en la planta

1.4.3 INDICES DOW / MOND

Estos métodos aplicables en las diferentes unidades de proceso de una planta, se basan en la asignación de penalizaciones o bonificaciones a las mismas en función de sus características específicas (ver la siguiente tabla)

Las penalizaciones se asignan por la existencia de productos o condiciones del proceso que puedan contribuir a un accidente mientras que las bonificaciones se aplican en función de las medidas de seguridad existentes que puedan amortiguar los efectos de un accidente.

Estas bonificaciones o penalizaciones se combinan para obtener unos índices del riesgo asignable a cada unidad.

Ambos métodos son similares si bien el índice de Mond permite considerar la toxicidad de los productos manejados cosa que no permite el de Dow.

Se trata de un método cualitativo aunque puede calificarse de relativamente cuantitativo cuya mayor virtud es que permite valorar la influencia de posibles medidas de seguridad sobre el nivel del riesgo a la vez que establecer una clasificación de las unidades de una planta en función de su mayor peligrosidad lo que puede resultar muy interesante de cara a concentrar posteriores esfuerzos en aquellas que más lo requieran.

INDICE DE MOND

FACTORES DE PENALIZACION

- PROPIO SUSTANCIA
- RIESGO ESPECIFICO SUSTANCIA
- RIESGO GENERAL PROCESO
- INVENTARIO
- TIPO DE CONSTRUCCION
- TOXICIDAD

INDICES DE RIESGO

- INDICE GENERAL RIESGO
- INDICE RIESGO INCENDIO
- INDICE RIESGO EXPLOSION INTERNA
- INDICE RIESGO EXPLOSION EXTERNA
- INDICE RIESGO TOXICO

FACTORES DE BONIFICACION

- SISTEMAS DE CONTENCIÓN
- SISTEMAS DE CONTROL DE PROCESO
- POLITICA DE SEGURIDAD
- SISTEMAS DE PROTECCION C.I.
- SISTEMAS DE AISLAMIENTO
- SISTEMAS DE LUCHA C.I.

ESCALA DE RIESGOS

INDICE MOND	CATEG. RIESGO
0 - 20	LEVE
20 - 100	BAJO
100 - 500	MODERADO
500 - 1.100	ALTO (GR 1)
1.100 - 2.500	ALTO (GR 2)
2.500 - 12.500	MUY ALTO
12.500 - 65.000	EXTREMO
> 65.000	MUY EXTREMO

1.4.4 ¿QUE PASA SI.....?

(WHAT.....IF?)

Los análisis de riesgos ¿Qué pasa si? (What.....If?) involucra un enfoque formal de sesiones con especialistas en varias ramas de la ingeniería en generar ideas para identificar los peligros presentes en el sistema mediante un análisis de un posible accidente con secuencia de eventos.

El Análisis ¿Qué pasa si....? identifica peligros y riesgos resultantes a causas de ciertas desviaciones que tiene el proceso original o como se concibió su ocupación inicialmente mediante una serie de preguntas y respuestas comenzando con ¿Qué pasa si....? dirigidas a las causas posibles de aquellas desviaciones.

La técnica ¿Qué pasa si....? puede utilizarse en cualquier momento del ciclo de vida de la instalación industrial. Durante el diseño de una nueva instalación, un análisis con esta técnica puede usarse para identificar peligros prontamente en las etapas de diseño conceptual o preliminar. Esto permite una ejecución mucho más oportuna y costo moderado el diseño se acerca a su fin, el análisis ¿Qué pasa si.....? puede emplearse como proceso final de análisis de riesgos antes del arranque de la instalación industrial.

Para una planta existente la técnica ¿Qué pasa si.....? sirve para poner en pantalla o en escena un simple riesgo o para una revisión más profunda.

La técnica también es efectiva en las revisiones de administración de cambio.

El grupo de ingenieros especialistas desarrolla una lista de causas y consecuencias potenciales para las desviaciones por la pregunta ¿Qué pasa si.....? y registrando la información generada en un formato de trabajo llamado lógicamente ¿Qué pasa si.....?

Para cada causa potencial, los ingenieros analistas se concentran en medios para prevenir o minimizar la oportunidad de que un evento ocurra y para elaborar las recomendaciones apropiadas.

Para cada consecuencias los ingenieros analistas consideran los sistemas de alivio o moderación potenciales o los lineamientos de diseño requeridos para minimizar los efectos potenciales del evento.

SEVERIDAD (S)

	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	7	8
3	3	6	7	8	9
4	4	7	8	9	10
5	5	8	9	10	10

PROBABILIDAD
(P)

CUADRO DE JERARQUIAS
(R)

Figura 1.3.4

Formato de Que pasa si.....?

Sistema : Sistema de Alimentación/Almacenamiento de Trióxido de Azufre					
Sistema : Tanque de almacenamiento de SO ₃					
Que pasa si....?	Peligro o Riesgo	Consecuencias	S	P	R
1. El tanque de almacenamiento de SO ₃ , durante la operación de descarga, fuera sobre llenado.	Elevando la presión del tanque	Fractura del tanque y fuga formación de nube tóxica	3	2	3
2. La alimentación de SO ₃ el tanque de almacenamiento fuese contaminado de agua	Derrame en el dique, calentamiento del SO ₃	Elevación de presión y temperatura con posible presionamiento	3	2	3
3. El sistema de control de temperatura no funciona adecuadamente	A baja temperatura se forma un estado sólido en que el SO ₃ es explosivo	Explotar el tanque y/o las tuberías	2	2	2

1.4.5 HAZOP / HAZAN

1.4.5.1 Estudios de seguridad y operabilidad (HAZOP)

Los estudios de seguridad y operabilidad fueron concebidos inicialmente como un método de identificación de peligros u otros problemas de operabilidad de riesgos que pudieran repercutir sobre su rendimiento productivo.

El método se basa en que una serie de expertos o ingenieros especialistas en los diferentes giros que tienen gran experiencia y conocimiento de una planta química industrial (diseño, proceso, instrumentación, mecánicos, flexibilidad, civil, tuberías, control automático, etc.) comandados por un líder experto en la aplicación de esta técnica pasa, revista de forma sistemática a la planta o proceso objeto de estudio tratando de encontrar desviaciones no previstas y potencialmente peligrosas respecto a las condiciones normales de la misma.

La prevención y gestión de riesgos depende del análisis de riesgos de la instalación industrial.

Para ello se apoyan en la aplicación en cada punto o "nudo" objeto de estudio de una serie de palabras claves a los diferentes parámetros característicos del proceso en este nudo.

Las palabras claves son :

NO
MAS
MENOS
ADEMAS DE
PARTE DE
INVERSO
ÓTRO QUE

Los objetivos de las discusiones del equipo de trabajo serán las consecuencias de las desviaciones generadas por las palabras claves como ya se han indicado y luego decidir si dichas desviaciones son peligrosas en cuyo caso se deberán definir posibles acciones correctivas.

Siempre que se mantengan claros estos objetivos resulta una metodología particularmente eficaz a la hora de identificar posibles causas de accidente.

Su mayor virtud que es su exhaustividad hace que su aplicación a la totalidad de una planta resulte poco práctico, por lo que es aconsejable su aplicación a áreas o partes muy concretas de la misma que haya sido previamente identificadas como potencialmente peligrosas.

METODOLOGIA HAZOP

SELECCIONAR LINEA DE PROCESO



SELECCIONAR PARAMETRO DE DISEÑO



APLICAR PALABRAS CLAVE



ESTUDIAR DESVIACIONES SIGNIFICATIVAS



EXAMINAR POSIBLES CAUSAS



IDENTIFICAR POSIBLES PELIGROS



DEFINIR ACCIONES REQUERIDAS

PALABRAS CLAVE

- NO
- MAS
- MENOS
- ADEMAS DE
- PARTE DE
- INVERSO
- OTRO QUE

Figura 1.3.5

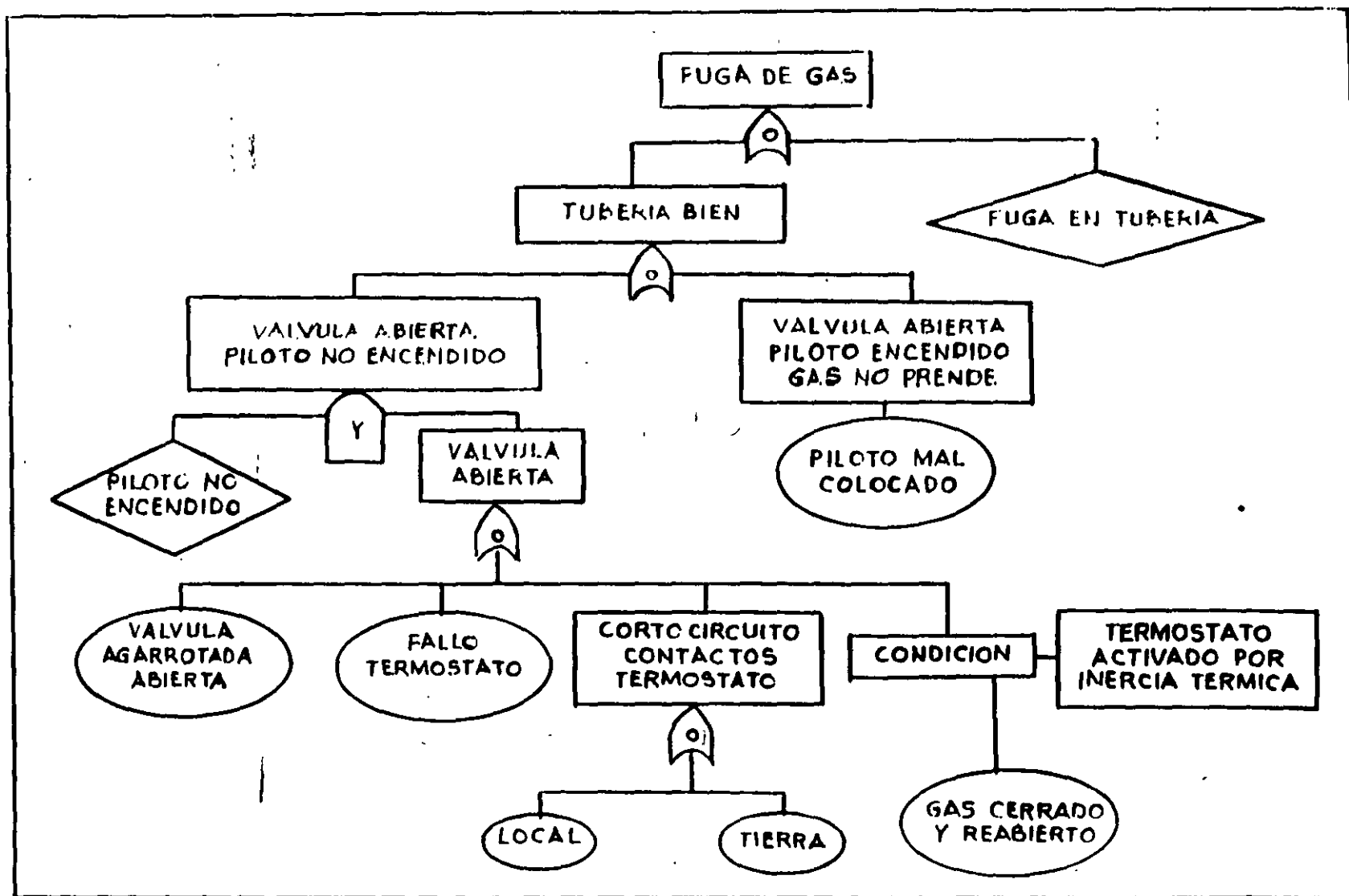


Figura 1.3.6.

1.4.5.2 Estudio de Análisis de Riesgos (Cuantitativo) Hazard Analysis (Haza)

Definición :

- Es la identificación de eventos indeseables que conducen a la materialización de un riesgo.
- El análisis de los mecanismos por los cuales estos eventos indeseables podrían ocurrir así como la estimación de la extensión, magnitud y probabilidad de cualquier efecto dañino.
- Es la aplicación de métodos cuantitativos a problemas de seguridad.

Cuantificación del riesgo

Una vez que el peligro ha sido identificado, el siguiente paso en la valuación del riesgo es cuantificar el riesgo asociado con cada peligro. Esto es llevado a cabo con determinar los parámetros : la frecuencia anual de un evento y la severidad correspondiente del accidente que alguien puede contemplar que suceda adentro o fuera del perímetro de la planta. El producto de estos dos parámetros parece cualquier riesgo es una medida del riesgo anual a cau de este peligro.

$$\begin{array}{ccccc} \text{Frecuencia} & & \times & & \text{Severidad} & & = & & \text{Riesgo} \\ \\ \left[\begin{array}{c} \text{Número de eventos} \\ \text{esperados por año} \end{array} \right] & & & & \left[\begin{array}{c} \text{Pérdida promedio} \\ \text{del evento} \end{array} \right] & & & & \left[\begin{array}{c} \text{Pérdida esperada por} \\ \text{año} \end{array} \right] \end{array}$$

Con el propósito de determinar la frecuencia y severidad, los accidentes industriales pueden clasificarse de la siguiente manera :

1. Accidentes ocupacionales tradicionales (común) que pueden resultar en daño o fatalidad a un empleado o a un pequeño número de empleados en cualquier tiempo.

Ejemplos : Derrumbes, electrocuciones ataque de ácidos, pequeños incendios.

2. Grandes incendios, explosiones, liberación de químicos peligrosos que pueden resultar en lesiones y fatalidades múltiples de empleados y/o a la población civil y daño extensivo a la planta industrial, propiedades publicas aledañas y el medio ambiente.

Ejemplos : Fuga de Amoniaco a causa de un descarrilamiento de un furgón en un área poblada, la explosión de un reactor despegando de tierra para llegar a una unidad habitacional.

3. Fugas de químicos que puedan causar efectos duraderos en la gente y medio ambiente.

Ejemplos : Fuga en forma de vapor de cloruro de vinilo, fibra de asbesto, policlorados bifenílicos en aguas de desperdicio alcanzando la fuente de agua natural de la población.

4. Accidentes que lesionan a la gente ya sea a través del uso, maltrato o abuso de un producto de consumo.

Ejemplo : Un niño tragándose parte de un juguete o debido a cualquier propiedad peligrosa inherente del producto.

Ejemplo : Gases tóxicos generados por la quema de un aislamiento de poliuretano.

Las frecuencias de accidentes ocupacionales tradicionales generalmente han sido medidos por el número de lesiones que provocan inhabilitación y que se han detectado durante un cierto número de horas de trabajo de personas - año.

Similarmente relaciones de severidad han sido expresadas en unidades de pérdida de tiempo.

The National Safety Council y la OSHA obtienen tales datos sobre una base ligeramente diferente.

Con datos históricos y datos obtenidos en la planta, es posible predecir la relación de incidencias y severidades para años futuros, evaluar el cumplimiento de seguridad año con año y comparar el cumplimiento de otras plantas similares de acuerdo al código Standard Industrial Classification (SIC).

FALLA DE UNA VALVULA RELEVADORA DE PRESION

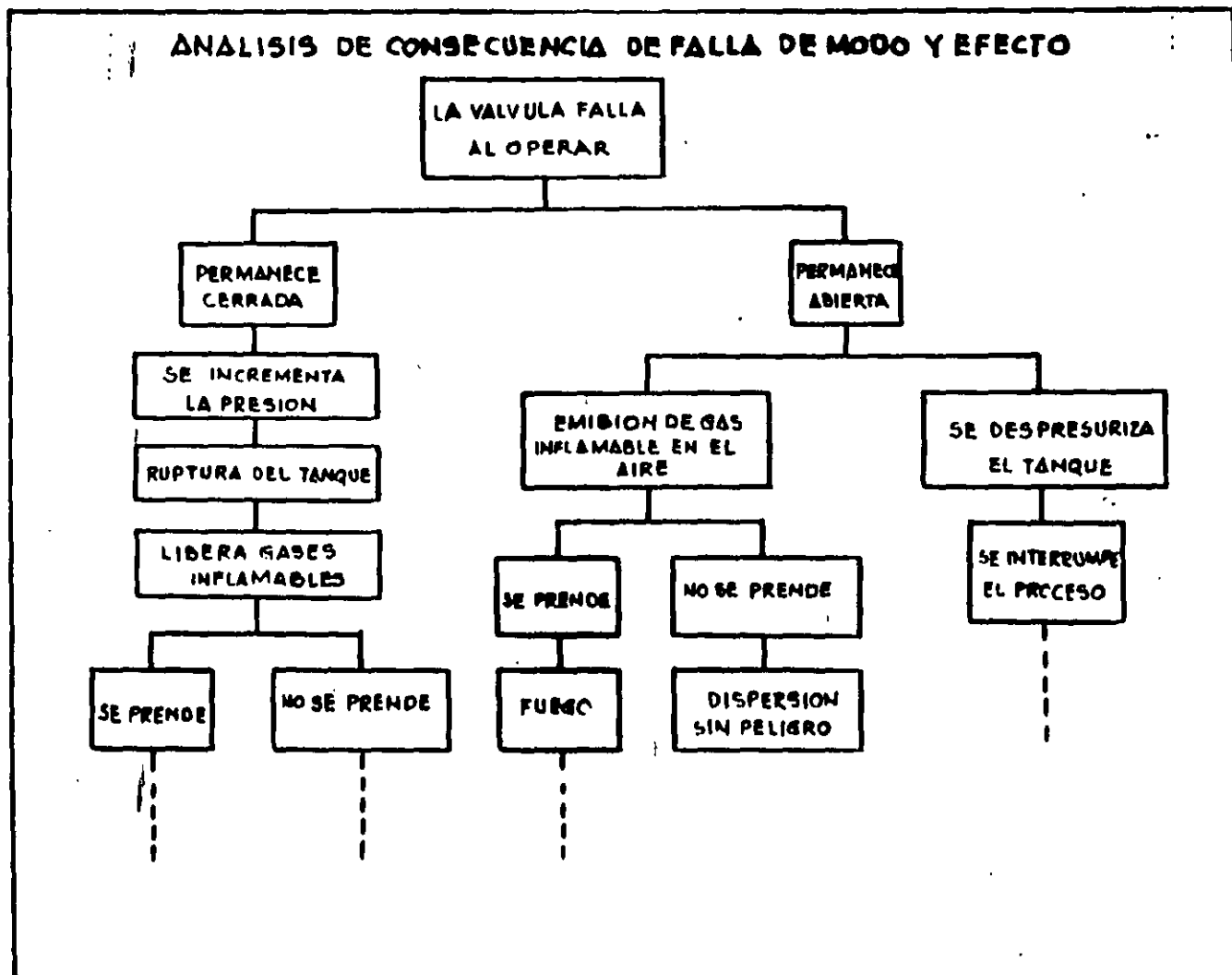


Figura 1.3.7

Aunque estos accidentes ocupacionales tradicionales son los menos preocupantes para el gerente de riesgos de el corporativo, ellos no deben de ser despreciados.

La persona afirma que tales accidentes son comparativamente pequeñas y amenudo limitados en las cláusulas de las compañías de seguros.

Sin embargo, el número de tales accidentes pueden ser muy grandes de tal forma que la pérdida total anual pueda se inaceptable.

No obstante, los problemas mayores en la cuantificación de riesgos son aquellos asociados con las tres últimas categorías de accidentes.

Un problema es que aunque las frecuencias anuales de estas ocurrencias son muy pequeñas, sus severidades pueden ser extremadamente grandes.

Con la excepción de unos pocos casos, los datos históricos de accidentes son demasiado pequeños para ser capaces de predecir frecuencias con cualquier grado de seguridad.

Usualmente, uno tiene que confirmar en el complicado análisis de árbol de fallos en la cual todas las secuencias posibles de eventos y ramales que conduciendo a un evento catastrófico, son identificados.

Como ejemplo se tiene en la siguiente figura donde se expone la falla de un tanque conteniendo LPG.

Cada evento conduce a una falla inducida internamente podría extenderse mas a fondo como se muestra en la otra figura analizando tener un incremento excesivo en el vacío del tanque. Las probabilidades se fijan entonces en cada ramal del árbol y se calcula probabilidad total para el caso en que ocurra el accidente.

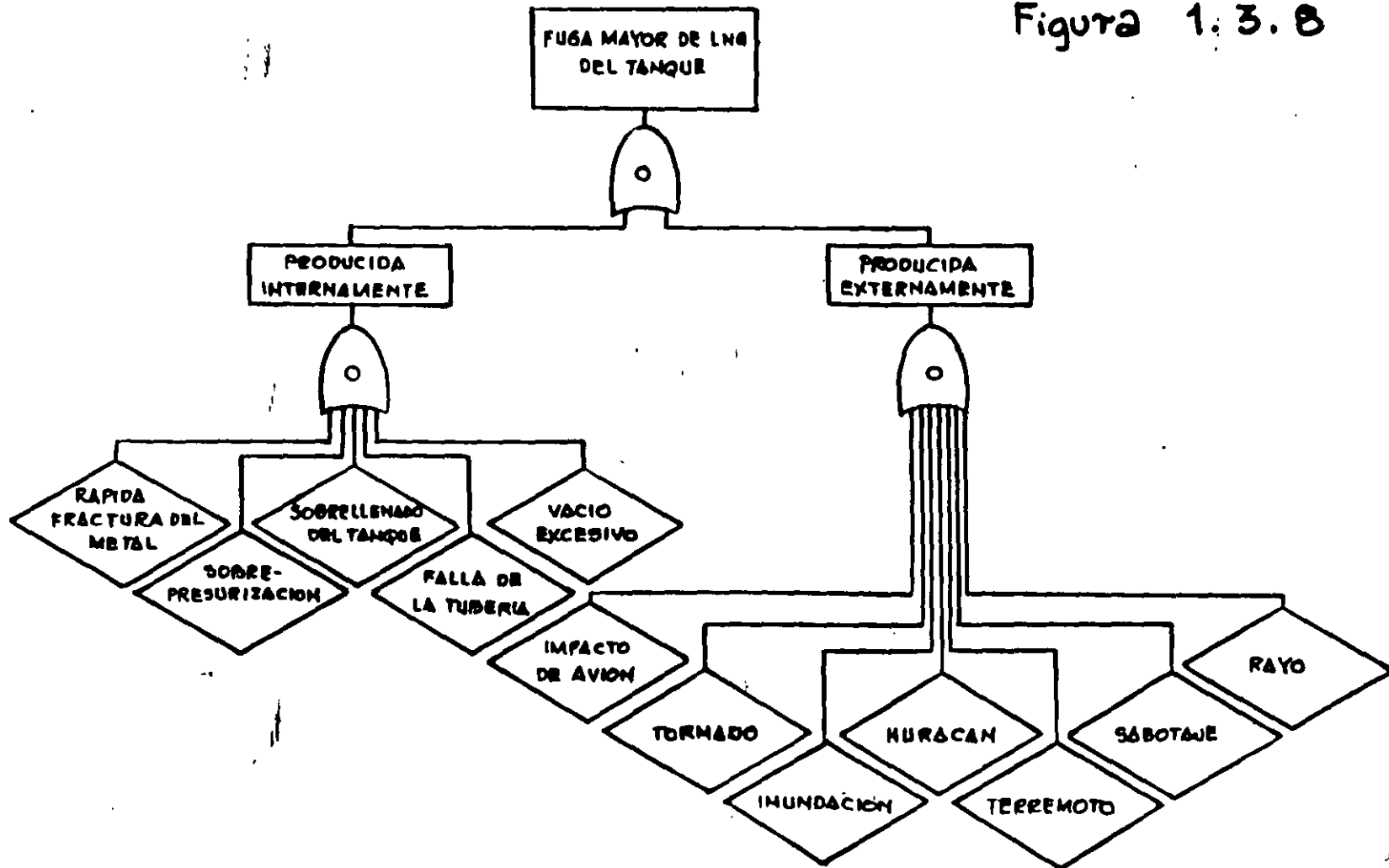
EXCESIVO VACIO EN UN TANQUE.

Aquellos eventos con probabilidades altas de ocurrencia pueden entonces identificarse y minimizarse las frecuencias de ocurrencia a través de medidas preventivas adecuadas.

La probabilidad de la ocurrencia de un evento desastroso natural se puede derivar o estimar de datos sísmicos y climatológicos históricos específicos del lugar y criterios de diseño de la instalación industrial (espesores de tanques de almacenamiento a presión, cimentaciones, etc.)

FALLA DE UN TANQUE DE GAS

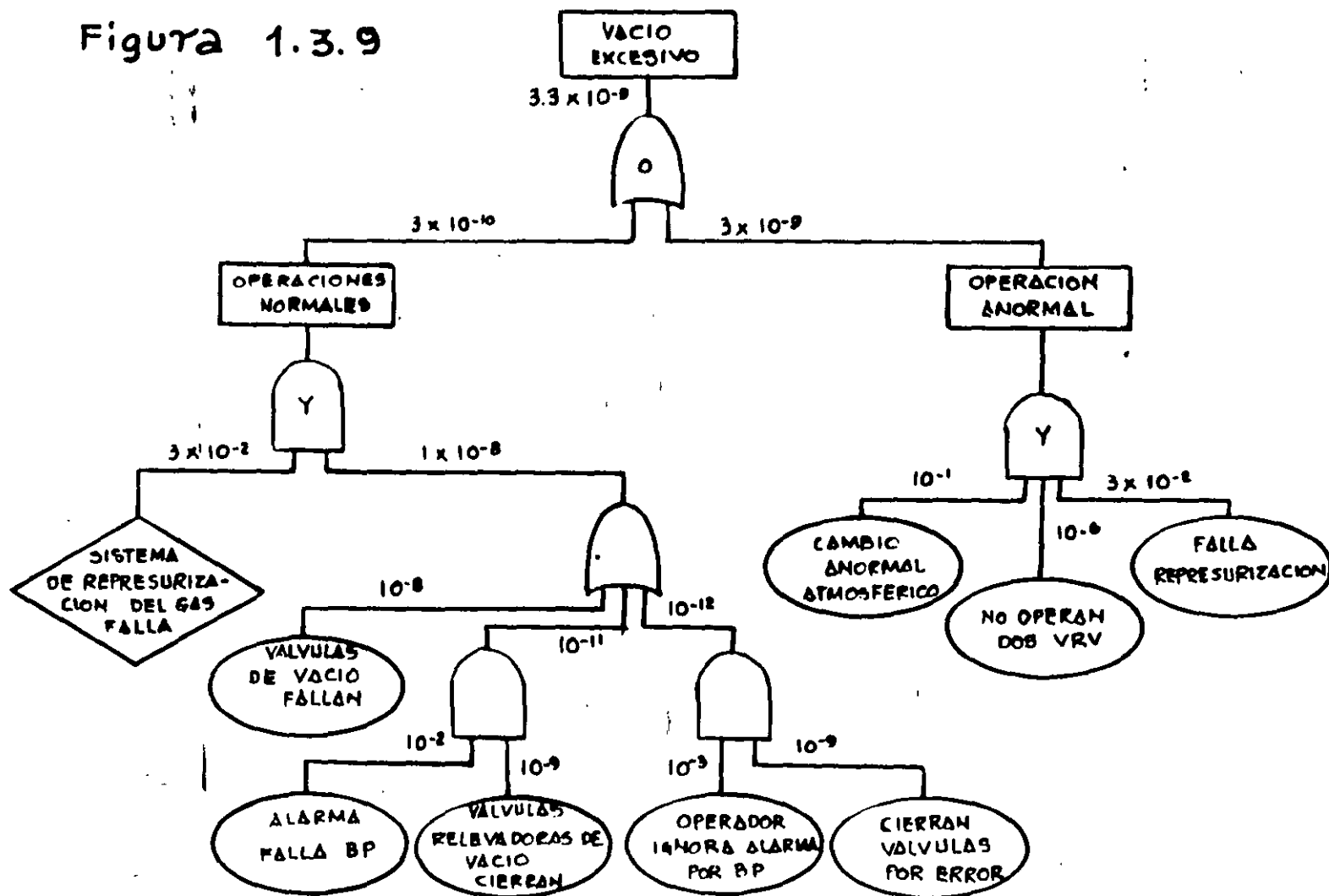
Figura 1.3.8



ARBOL DE FALLAS

FALLA DE UN TANQUE DE GAS (CONTINUACION)

Figura 1.3.9



LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA APARECE EN EL RAMAL

La probabilidad de que un avión se impacte cerca de un aeropuerto se puede calcular utilizando los datos locales de accidentes nacionales de aviación, la localización de el sitio con respecto a vías rápidas de transito, la distancia entre el sitio y el aeropuerto y frecuencias de vuelos y despejes de avión

Predecir la probabilidad de un sabotaje es un problema mayor puesto que es altamente dependientemente de la localización y la situación polémica y social y económica en la que se encuentra la instalación industrial.

Probabilidades de fallas de algunos componentes mecánicos y eléctricos se han colectado a partir de datos industriales y autoridades oficiales y se muestran en las siguientes tablas.

DATOS DE FALLAS TIPICAS PARA EQUIPOS

MODO DE FALLAS	RELACION MEDIA DE FALLA FALLA EN LA PROBABILIDAD DE PETICION
Ruptura de Válvulas	1×10^{-8} /hora
Ruptura de Tanques	1×10^{-6} /año
Ruptura de bridas de conexión	1×10^{-8} /hora
Ruptura de eslabones	1×10^{-8} /hora
Ruptura de juntas de expansión	1×10^{-8} /hora
Rupturas de compresores	1×10^{-8} /hora
Rupturas de bombas	1×10^{-8} /hora
Fallas de válvulas de alivio para abrir en el momento de la demanda	1×10^{-5} /PETICION
Abertura de válvula de alivio antes de requerirse	1×10^{-5} /hora
Falla de válvula automática para abrir en el momento de la demanda	1×10^{-3} /PETICION
Fallas de sistemas electrónicos	1×10^{-6} /PETICION
Fallas de accesorios de paro automático	1×10^{-4} /PETICION
Fallas de motor electrónico	1×10^{-3} /PETICION
Fallas de accesorios de paro en el momento de la demanda	1×10^{-4} /PETICION
Fallas de un operador en Observar	1×10^{-3} /PETICION
Fallas de un operador para tomar una acción	1×10^{-4} /PETICION
Fallas de un operador para atender una alarma sonora	1×10^{-5} /PETICION

Fallas de una alarma sonora en el momento de la demanda	1×10^{-5} /PETICION
Ruptura de tubería mayor a 6 pulgadas de diámetro	1×10^{-9} /PETICION

PROBABILIDAD TIPICA DEL ERROR HUMANO EN LA INDUSTRIA

Actividad	Probabilidad de Error/Tarea
Tarea de rutina crítica (Ejemplos : aislamiento de tanque)	10^{-3}
Tarea de rutina no crítica (Ejemplos : Mala lectura de temperatura)	3×10^{-3}
Error general en actividades con alto estrés que ocurren rápidamente	2.5×10^{-1}
Operaciones que no son de rutina (Ejemplos : arranques, mantenimiento)	10^{-2}
Inspección de listas de chequeo	10^{-1}
Inspección a pie	5×10^{-1}
Operaciones con alto estrés	
Respondiendo después de un accidente mayor	
Primer minuto	1
después de cinco minutos	9×10^{-1}
después de 30 minutos	10^{-1}
después de varias horas	10^{-2}
Error humano general al observar	5×10^{-2}
Acción del operador en interrumpir corriente electrónica o control	10^{-3}
Acción del operador en interrumpir botón clave (eléctrico o control)	10^{-4}
Error humano general de olvido o descuido	10^{-2}

Sin embargo las probabilidades de que muchos eventos o fallas de equipos modernos se desconocen y se tiene que llegar a un "dictamen de mejor ingeniería". Además, la probabilidad de ciertos eventos cambian con el paso del tiempo (falla por corrosión, fuga radiactiva, etc.).

Otros eventos se afectan por la confiabilidad y efectividad de sistemas preventivos y de protección que involucran la respuesta humana como sería la brigada contra incendio de la planta, guarda costas nacional. Todos estos factores se deben considerar en el análisis final.

1.4.6 Análisis de fallos de modos y efectos

El análisis de fallos de modos y efectos , (en inglés sería Failure Modes and Effects Analysis) (FMEA), fue utilizado por primera vez en los años 60 en el campo de la aeronáutica por los analistas de seguridad de la aviación. Desde entonces se ha extendido a un gran sector industrial.

- En los E.U.A. y Francia, es ordenado por las autoridades reglamentadoras para estudios de seguridad en aeroplanos, se utilizó para el proyecto concorde y Airbus. También esta técnica se utilizó para la valuación de seguridad del módulo lunar.
- Después del accidente de Three Mile Island se ha recomendado para plantas de fuerza nuclear en los E.U.A.
- Un estándar internacional sobre este método fue publicado por la International Electrotechnical Commission. (IEC)
- La literatura abunda en artículos sobre esta técnica y sus aplicaciones; inicialmente sólo se empleaba en el campo aeronáutico, investigación espacial e ingeniería nuclear, el método ha sido llevado al campo químico y en años recientes en el automotriz.

Este método comprende un análisis inductivo utilizado sistemáticamente para estudiar las causas y efectos con probabilidad de afectar los componentes de un sistema.

Esta técnica se utiliza para :

Valuar los efectos de cada modo de fallo de los componentes de un sistema sobre varias funciones del sistema.

Identificar los modos de fallos que afectan significativamente la disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad y seguridad del sistema.

Hay cuatro pasos importantes para efectuar un análisis de fallos de modos y efectos.

- 1.- Definición del sistema, sus funciones y componentes
- 2.- Identificación del componente con modos de fallas y sus causas
- 3.- Estudio de los efectos de modo de fallos
- 4.- Conclusiones y recomendaciones.

1.4.6.0 Definición del Sistema sus funciones y componentes

Con este método el sistema estudiado y sus funciones deben primeramente definirse con precisión. Otros estados de operación del sistema deben

identificarse (de relevo, operación respaldo, prueba, mantenimiento). La información siguiente también se requiere.

- La función principal del sistema
- Las limitaciones funcionales del sistema (como un todo, también como a todos sus componentes.
- Las especificaciones tomando en cuenta la operación del sistema y sus componentes como también las especificaciones concernientes al medio ambiente en el cual el sistema y sus componentes son colocados.

1.4.6.1 Identificación de los modos de fallos de un componente y sus causas.

Los modos de fallos de cada componente de un sistema son inventariados para el estado de operación del sistema que se pretende estudiar. Debe recordarse que el modo de falla de un componente es definido como el efecto por el cual una falla es observada. El inventario debe ser tan exhaustivo como sea posible debido a que un análisis subsecuente es basado en el inventario. En primer término los modos de fallos probables o potenciales serán identificados simultáneamente, las causas posibles de cada modo de fallo deberá identificarse.

Desde luego no es siempre fácil distinguir entre los modos de fallos de un componente y una causa de falla, a menudo esta es una de las principales dificultades encontradas en el análisis.

Para facilitar esta distinción digamos que los modos de fallos son los efectos de causas de fallas sobre las funciones del componente; los modos de fallos son definidos con respecto a los efectos sobre el componente o sus funciones.

Aquí debemos dar importancia a que es extremadamente difícil, pero no imposible inventariar todas las causas posibles de un modo de fallo. Estas causas pueden ser muy numerosas, variadas y algunas, veces difícilmente de concebir. Únicamente a través de un análisis muy detallado basado en otros métodos convencionales (tal como árbol de causas o el método combinado de imperfecciones recolectadas) podrían estas causas modelarse para tomar en cuenta el componente como un sistema y sus constituyentes como componentes.

La pregunta sería como se pueden identificar los modos de fallos. Las siguientes consideraciones son utilizadas como una guía en este proceso:

- Si el componente ya ha sido utilizado en instalaciones, su experiencia operativa, también como las pruebas a las que ha sido sujeto, deben de utilizarse.
- Si se trata de un diseño nuevo, otros componentes y luminosos similares deben tomarse en cuenta; finalmente, un análisis de confiabilidad de este componente debe de utilizarse.

Una clasificación de los principales modos de fallos se dan o continuamos para facilitar su inventario.

- Operación prematura (accidental)
- Falla para operar en el tiempo prescrito
- Falla para cesar la operación en el tiempo prescrito
- Falla durante la operación

El análisis debe considerar por lo menos estas cuatro posibilidades en el modo de fallos. También se pueden tomar en cuenta los siguientes de tipo genérico.

Modos de fallos genéricos

- 1.- Falla estructural (ruptura)
- 2.- Interferencia física
- 3.- Vibración
- 4.- Fallas de permanencia (en posición)
- 5.- Fallas para abrir
- 6.- Fallas para cerrar
- 7.- Fuga interna
- 8.- Fuga externa
- 9.- Fuga fuera tolerancia (baja-alta)
- 10.- Operación accidental
- 11.- Operación intermitente
- 12.- Operación errática
- 13.- Indicación errónea
- 14.- Flujo restringido
- 15.- Acción falsa

- 16.- Fallas al parar y arrancar
- 17.- Fallas de interruptor corriente eléctrica
- 18.- Operación retrasada
- 19.- Operación prematura
- 20.- Entrada errónea (incrementada-disminuida)
- 21.- Salida errónea (incrementada-disminuida)
- 22.- Pérdida de entrada / salida
- 23.- Fuga eléctrica
- 24.- Admisión conexión no prevista (eléctrico)

Desde luego que los modos de fallos se definen por una operación de estado dado del componente y el sistema. Como forma de ilustración, considere un sistema comprendiendo una válvula que está abierta cuando el sistema está operando, en otra condición la abertura de la válvula es normal, mientras que para otro estado de sistema pudiera convertirse en un modo de fallo.

Como un ejemplo, mencionamos los modos de fallos generalmente considerados para una bomba centrífuga con accionador eléctrico:

- Falla al arrancar
- Falla al parar
- El gasto de la bomba abajo del requerido (falla durante operación)
- La presión de descarga de la bomba se encuentra abajo de la requerida (falla durante operación)
- Arranque inadvertido
- Fuga externa

Obviamente que estos modos de fallos deben adaptarse a cada estudio en particular.

Para ciertos tipos de componentes, modos de fallos adicionales tendrán que considerarse, o en contraste, algunos serán omitidos. Este ejemplo puede utilizarse para especificar causas internas y externas, veremos el siguiente cuadro:

Modos de Fallos	Causas Internas	Causas Externas
Falla al arrancar	• Impedimento mecánico	- Pérdida del suministro electrónico - Error humano por exceso ajuste en los empaques
Flujo del fluido de la bomba a bajo del especificador	• Falla mecánica • Vibración	- Pérdida del suministro - Cavitación - Significante caída de presión corriente arriba

Como se puede ver en este ejemplo concreto, la definición de causas de fall debe ser consistentes con el tipo de las partes del componente involucradas; el componente se desglosó en otras partes tales como, mecánica, suministro de energía eléctrica, etc.

El componente y su relación funcional con su ambiente (suministro de energía eléctrica) es modelado paso por paso.

Algunas causas externas deberían analizarse como por ejemplo : seria interesante indagar más sobre la cavitación de la bomba, que sucede en la operación del sistema.

Causas de fallas finalmente se pueden encontrar ser modos de fallos. Tomemos nuevamente el ejemplo anterior de la bomba y consideremos su vibración.

Este problema ha sido clasificado bajo causas internas fue asumido una vibración a normal de cierta parte mecánica de la bomba resultando en su falla durante la operación, para que esto fuera equivalente a otras fallas mecánicas (tal como una repentina descompostura del motor).

Imagine que estas vibraciones normales puedan tener efectos significativos sobre la tubería y de los componentes corriente abajo a causa de la bomba

En este caso, la vibración anormal de la bomba debe considerarse como un modo de fallo.

1.4.6.2 Estudios de los efectos de los modos de fallos de componentes

Los efectos de cada modo de fallo en las funciones del sistema también como de cada uno de sus componentes son sistemáticamente estudiados y valuados. Estos efectos son descritos tan a fondo como sea posible considerando que únicamente hay un modo de fallo y que los otros componentes están operando o están en un estado operable. El estudio de los efectos es realizado más fácil considerando las variables importantes del sistema y sus variaciones. Algunas veces puede ser necesario modular un fenómeno físico o preguntar al especialista para que especifique que efecto ocurrirá bajo ciertas condiciones.

Ya hemos mencionado que en esta fase ayuda a definir mejor o redefinir las causas de un modo de falla; un modo de falla de un componente puede ocasionar otro. Por lo que fallas secundarias también pueden ser identificadas.

El estudio no debe de apartarse de los objetivos iniciales.

No es fácil de escoger de antemano donde parar el estudio de los efectos. Como una regla al ejecutar un análisis de efectos y modos de fallos de un sistema elemental próximamente interactuando con otro sistema elemental es necesario mencionar los efectos en el otro sistema elemental.

Los efectos en el otro sistema estudiado, tendrán que diferenciarse a partir de los condicionantes impuestos para el sistema externo o aledaño; esta diferenciación lo hace más fácil cuando se usa un método suplementario al de análisis de efectos y modos de fallos tal como es el método de combinación de fallas conocidas, si fuese necesario.

Por otra parte, usualmente es importante mencionar aquello el cual resulta a causa de la existencia de sistemas de control o alarmas sonoras. Esto ayudará al analista a identificar modos de fallo detectables.

Conclusiones y Recomendaciones

Una vez habiendo pasado por todos los pasos, el analista es capaz de bosquejar conclusiones y proponer todas las recomendaciones relevantes. Se mencionan tan sólo unas:

- Aseguramiento que todos los modos de fallos concebibles y sus efectos en la operación del sistema se han tomado en cuenta en la etapa de diseño.
- La identificación de fallas simples; esta técnica fue propuesta para la confiabilidad de operación del módulo lunar. En el campo nuclear donde los sistemas de seguridad generalmente son diseñados para cumplir con el criterio de falla simple, esta metodología se utilizó para asegurar que el criterio de diseño estaba satisfecho.
- Un inventario de los modos de fallos considerando la extensión de sus efectos en las funciones del sistema.
- La identificación de fallas secundarias y la redundancia requerida.
- El diseño de medios de detección para los modos de fallos (alarmas, pruebas, periódicas); la suficiencia de estos medios se podrían valorar.
- Anticipación de procedimientos de mantenimiento correspondiendo a cada modo de fallo.

IDENTIFICACION DE LOS MODOS DE FALLOS DE UN COMPONENTE

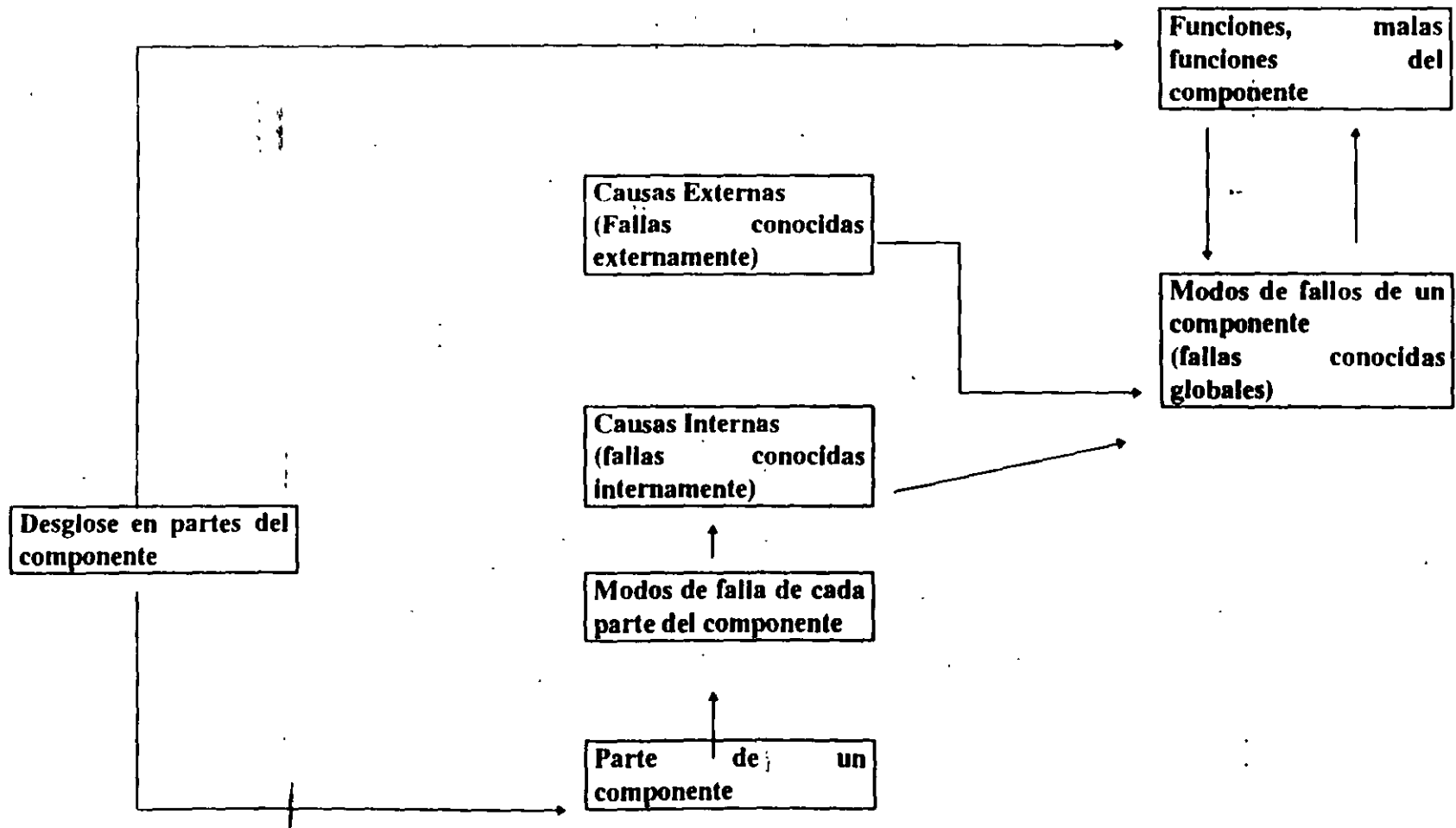


Figura 1.3.10

Gráfica mostrando una manera lógica de la última consecuencia al falla. ... componente simple de un sistema como es el caso de una válvula relevadora de presión o de seguridad.

Los componentes que pudieran producir un evento catastrófico hasta la falla, se pueden reemplazar con otras más confiables. Un sistema redundante o componente se puede utilizar para mejorar la confiabilidad. Una detección de falla y un accesorio de alarma se podrán incorporar para prevenir la falla.

1.4.7 ARBOLES DE FALLOS

El análisis de árboles de fallos es una técnica ampliamente utilizada en el análisis de sistemas relacionados con la seguridad. Su mayor virtud es que permite representar de una forma sistemática toda la lógica de ocurrencia de fallos que contribuyen o pueden desembocar en un determinado accidente. La lógica utilizada es binaria, de forma que las líneas del diagrama que unen los diferentes fallos pueden ser sólo SI o NO.

Puede decirse que los árboles de fallos descomponen el accidente en los diferentes fallos mecánicos o errores humanos que contribuyen a su ocurrencia, hasta encontrar los fallos más básicos o simples relacionados el mismo.

En la figura se puede ver de forma simplificada un pequeño ejemplo de aplicación.

El proceso que se sigue es por tanto de encadenamiento hacia atrás a partir del suceso tope (Top event). El primer paso será encontrar un primer nivel de fallos que solo o en combinación puede dar lugar al suceso tope. El siguiente paso será tratar de determinar todos los posibles fallos que podrían dar lugar a los fallos del primer nivel y así sucesivamente hasta encontrar fallos del sistema sobre los que se disponen datos. Estos fallos finales se denominan, dentro del argot sucesos básicos.

Como puede deducirse esta técnica permite no sólo identificar todos los posibles sucesos básicos sino también comprobar como se interrelacionan entre sí los posibles fallos del sistema, lo que puede permitir identificar secuencias de fallos no previstas que podrían desembocar en un accidente.

Esto desde un punto de vista puramente cualitativo, pero el árbol de fallos abre además la vía del enfoque cuantitativo (estima de probabilidad de ocurrencia del accidente) en efecto al nivel de los sucesos básicos sur-

disponerse de datos sobre tasas de fallo de los componentes. Estas tasas (o probabilidades de fallo aplicadas a los sucesos básicos permiten determinar, por encadenamiento probabilístico la probabilidad del suceso tope así como valorar la incidencia sobre la misma de cualquier mejora que se pretenda introducir en el sistema.

Sin embargo su uso debe ser realizado de un modo realista y consecuente, pues :

- a) Se trata de una técnica compleja, cuya aplicación suele absorber una gran cantidad de recursos.
- b) El uso de valores numéricos puede encontrar graves dificultades, cuando se trate por ejemplo, de sucesos poco frecuentes o cuando intervengan factores humanos que hace que los resultados numéricos deban ser manejados con las reservas necesarias.

1.4.8 Determinación de aceptabilidad de riesgos

Hay que reconocer que la seguridad absoluta o riesgo cero es imposible de alcanzar; ahora uno se enfrenta al grave problema de determinar cual de estos eventos presenta un nivel de riesgo aceptable y cual no. Sin un modelo a que atenerse al problema resultaría como aquel sirviente de cocina en un restaurante que se le pide separar un montón de papas en dos pilas : una de grandes y otra de pequeñas, sin definir previamente lo que es grande y lo que es pequeño. Pero aún teniendo un modelo establecido, el nivel de riesgo que pudiera ser aceptable en la empresa, no pudiera serlo para otros sectores de la sociedad, como la población civil, compañías de seguros e instituciones gubernamentales.

Riesgos anuales expresados en unidades de dólares o tiempo perdido de empleados u obreros por año son más fáciles de tratar que un riesgo industrial hacia la salud o seguridad pública.

El evento infrecuente con consecuencias catastróficas es particularmente de interés para el gerente de riesgos de cualquier corporación. Pudiera ser improbable pero no deja de ser creíble que pudiera ocurrir; como ejemplo podemos recordar los siguiente siniestros.

- Destrucción de una planta de almacenamiento y habitantes en los alrededores por la falla de un tanque de LPG en el año de 1944 en

Cleveland con el subsecuente incendio y fuga de dioxina en Seveso, Italia en 1976.

- Lesiones o muertes de miles o cientos de personal a lo largo de una carretera donde pueda viajar un autotank transportando un gas tóxico o muy inflamable, como fue el accidente del autotank de propileno con el subsecuente incendio en la región Los Alfaques en España en el año de 1978.
- Lesiones o muertes de mucha gente debido a un defecto en un producto popular, como sería la pobre localización y protección de los tanques de gasolina en ciertos modelos de automóviles que al chocar provocan incendios.

Mucho se ha publicado acerca de los riesgos de aceptabilidad. Generalmente se acepta que nosotros tenemos un riesgo personal al realizar nuestras actividades de la vida diaria, tales como el manejar para ir al trabajo, cruzar la calle, subir una escalera para pintar una casa, etc.

Nosotros estamos dispuestos a tener otros riesgos mayores cuando participamos voluntariamente en ciertas actividades como bucear en ríos o mar, trabajar en una plataforma marina o en una mina, fumar, etc.; ya sea por placer o beneficio (un buen salario). Por otro lado, exigimos un nivel más alto de seguridad (o un riesgo más bajo) cuando estamos involuntariamente expuestos a un peligro resultante a causa de otras actividades ajenas a nosotros como sería la construcción de una planta de fuerza nuclear o tener un tanque de almacenamiento de LPG, cerca de nuestras casas. Esto es particularmente cierto si no percibimos un beneficio directo a causa de tales actividades.

Una aproximación para la determinación de la aceptabilidad de riesgo es comparar los niveles de riesgo industrial con otros que la gente tiene ya sea involuntaria o voluntariamente en su vida diaria. Para obtener esto una unidad común debe seleccionarse y utilizarse para expresar varios tipos de riesgos.

El número promedio anual entre las fatalidades o fallas, generalmente mencionado como intervalo de repetición o periodo de retorno, ha sido sugerido como una medición del riesgo. El intervalo de repetición, el cual es simplemente el inverso de una frecuencia anual, se utiliza hoy por deducción

en el diseño de edificios de concreto y estructuras. Las presas en Holanda son diseñadas para un periodo de retorno de 10,000 años.

Muchos estándares de ingeniería para la construcción de edificios de E.U.A. o Europa, por ejemplo significan un intervalo de repetición de 50 años especificando que una estructura soportara la velocidad máxima de viento teniendo un intervalo de recuperación de 50 años.

Las frecuencias de solamente unos accidentes industriales comunes pueden encontrarse examinando datos históricos sucedidos en un país dado.

En la siguientes tablas se muestran frecuencias físicas para accidentes industriales en los E.U.A. involucrando la falla de tanques de almacenamiento y desprendimiento de químicos peligrosos durante su transportación. Estas frecuencias no son necesariamente aquellas en las que el público viva cerca de una instalación industrial o lesiones por transportación en carretera.

Tabla 1.4.8.A.

FRECUENCIA DE ACCIDENTES DE TRANSPORTE

PELIGRO	DERRAME PROMEDIO TAMAÑO (GALONES)	FRECUENCIA (PER MIL)
Derrame de embarcaciones provocando incendio, contaminación del mar y liberación de nubes tóxicas e inflamables.	12,800	0.42×10^{-6}
Descarrilamiento de furgones y liberación de volumen	10,600	0.231×10^{-6}
♦ Líquidos inflamables (incendio, contaminación de agua)		
♦ Gas comprimido inflamable (explosión/dispersión de vapores inflamables)		
♦ Líquido corrosivo (contaminación del agua)		
Accidente de Autotanques		
Tubería manejando líquidos		
♦ Contaminación de agua	6,000	1.7×10^{-3}
♦ Incendio	42,000	1.7×10^{-4}
♦ Liberación de amoníaco	82,000	5.5×10^{-4}
Líneas de transmisión de gas (gas natural y propano)	a 350 pies zona de peligro	6.4×10^{-4} por año por mil

Fuente de Información:

"Safety considerations in Siting Housing
Projects" U.S. Department of Housing and
Urban Development, HUD-PDR-161, 1976

Tabla 1.4.8.B.

FRECUENCIA DE PELIGROS INDUSTRIALES TÍPICOS

PELIGRO INDUSTRIAL	FRECUENCIA (por año)
Incendios en tanques conteniendo petróleo líquido (crudo, nafta, gasolina, etc.) u otros líquidos inflamables en tanques de almacenamiento	3.3×10^{-6}
Derrame mayor de tanque de almacenamiento de LPG	$<3 \times 10^{-6}$
Incendio/Explosión de tanque de almacenamiento de LPG	3.3×10^{-4}
Avería de tanques conteniendo materiales no inflamables.	2×10^{-5}

Fuente de Información : "Safety Considerations in Siting Housing Projects" U.S. Department of Housing and Urban Development, HUD-PDR-161, 1986.

Para reducir el riesgos al público se debe tomar en consideración el terreno y la distancia entre el sitio potencial de accidente y centros de población, densidad de población, medidas. Protectivas y preventivas empleadas por la industria, fuerzas de respuesta, instituciones reglamentadoras del gobierno.

El problema con el uso del intervalo de repetición para expresar el riesgo es que no toman en consideración la severidad potencial de accidente. Además, no hay un criterio simple que el gerente de riesgos pueda utilizar para tasar, si un accidente teniendo un cierto intervalo de repetición pudiera ser aceptable a la empresa y a la sociedad civil.

El equivalente monetario de un riesgo podría ser una unidad ideal para la medición y comparación de riesgos ya que convierte todos los riesgos a

pérdidas potenciales en dólares por año (una unidad que es bien entendida por el industrial, el público e instituciones de gobierno).

El valor de propiedad en riesgo es fácil de estimar. Pero para igualarlo con la vida humana, lesión y dolor por unos pesos en una cuestión difícil de tasar. Aunque se han realizado esfuerzos para estimar el valor de la vida humana y el costo de ciertas lesiones que puede sufrir la gente, estos valores estimados nunca serán aceptados y vistos con agrado por la parte afectada.

El número de muertes por hora o año debido a la exposición de un riesgo han sido sugeridos como una unidad para la comparación y medición del riesgo.

La muerte es una unidad conveniente y precisa para la valuación de riesgos y no es dependiente del tipo de peligro involucrado.

El uso de fatalidades por persona/año de exposición, normaliza todas las operaciones y actividades y permite la comparación entre todas las clases de riesgos.

Además, esta unidad proporciona a cualquier persona algunos estándares comparativos que son ya aceptados por la sociedad.

Una desventaja mayor es que no alberga lesiones o daños a la propiedad pública y el medio ambiente. Las lesiones humanas como resultado de accidentes industriales son alrededor de cientos de veces más frecuentes que las fatalidades.

Pero los datos estadísticos sobre lesiones son más difíciles de obtener.

Los datos de lesiones también suelen ser menos confiables que las estadísticas de fatalidades y es difícil el combinar varios grados de lesiones.

La tabla 1.4.8.c es una lista de algunos peligros a los que la gente es expuesta.

El número de muertes anuales y el riesgo de muerte suponiendo una exposición constante a esos peligros también se muestran. Utilizando datos similares y estimando los beneficios que la gente los deriva a causa de varias actitudes, se ha concluido que la población civil acepta un nivel de riesgo equivalente o menos que esa de la muerte debido a enfermedad o accidente.

(Y 9×10^{-3} fatalidad/persona-año de exposición) a causa de actividades voluntarias y un riesgo al rededor de 1000 veces más bajo para una exposición involuntaria para un riesgo dado. con la misma filosofía aunque se creo la tabla de la probabilidad típica de errores humanos en la industria se ha demostrado como el riesgo a la población ante una exposición de una planta de fuerza nuclear es muy pequeña, las estimaciones de muerte al riesgo de muerte debido a una exposición de accidente nuclear en 100 reactores es de 3×10^{-9} por año esta cifra se basa sobre una exposición de población de alrededor de 15 millones de personas localizadas entre 32 Km. a partir de la planta de fuerza nuclear otra aproximación que ha sido utilizado es calcular los perfiles de riesgos derivados de datos históricos para varias catástrofes naturales y provocadas por el hombre.

Los perfiles de riesgo consisten en una gráfica de frecuencia medida en unidades de eventos por año causando el número de fatalidades (o perdidas de dinero) más grande que N fatalidades, contra el número de fatalidades (o perdidas de dinero) N.
(observar las figuras siguientes).

La primera figura, por ejemplo, muestra que un tornado causando diez o más fatalidades ocurre en promedio una vez cada año, mientras que un terremoto que mate a más de 10,000 personas se espera que ocurra alrededor de 100 años.

El perfil de riesgo para una planta industrial se podría calcular y sobreponerse sobre estas curvas para comparación con otros riesgos. los perfiles de riesgo se pueden utilizar para evaluar el costo -beneficio de cambios en el diseño de plantas y localización o el efecto de introducir mediciones preventivas y protectivas.

Se debe enfatizar que ninguno de los enfoques pasa determinar la aceptabilidad de riesgo ha sido universalmente u oficialmente adoptada por la industria, compañía de seguro y autoridades oficiales de gobierno.

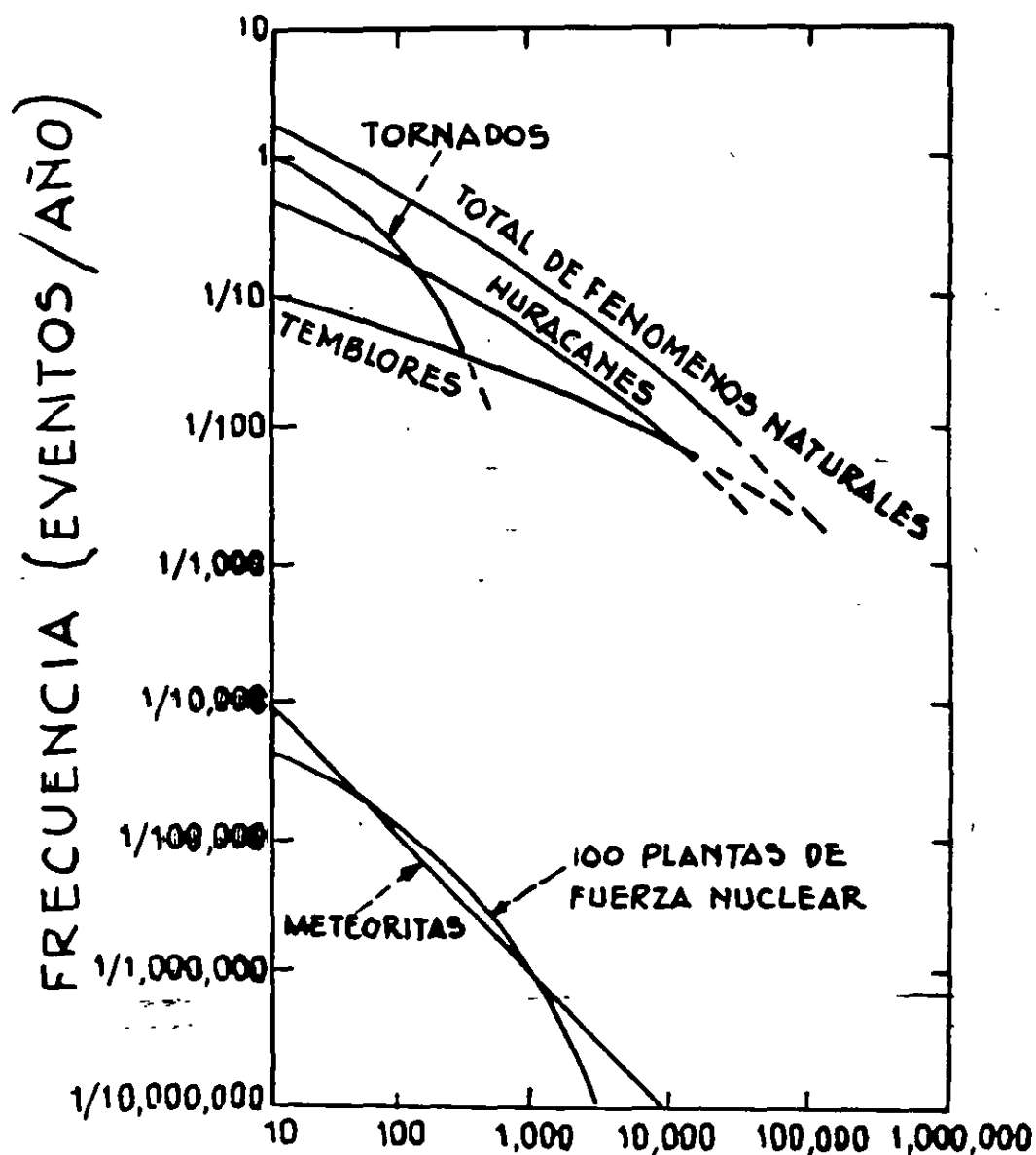
Pero cualquiera que sea el enfoque o la aproximación que se haya escogido para determinar la aceptabilidad del riesgo, el gerente de riesgos tendrá una lista de riesgos potenciales de consecuencias de las cuales algunas no son aceptables en el momento de una conclusión de trascendencia.

La tarea final es reducir estos riesgos a un nivel aceptable.

TABLA 1.4.8.C
RIESGOS DE MUERTE POR VARIAS CAUSAS
(Basados en una exposición continua de la población de E.U.A en 1974 excepto
donde se indique otra cosa)

RIESGO	NUMERO TOTAL DE MUERTES	RIESGO DE MUERTE POR AÑO DEBIDO A EXPOSICION CONTINUA FATALIDAD/PERSONA AÑO
Todas las causas	1,973,003 (1973)	0.009
Enfermedades de corazón	757,075 (1973)	0.0034
Cáncer	351,055 (1973)	0.0016
Accidente de trabajo	13, 400	0.00015
Todos los accidentes	105, 000	0.00048
Automotores	46, 200	0.00021
Homicidios	20, 466 (1973)	0.000093
Caídas	16, 300	0.000074
Ahogamientos	8, 100	0.000037
Incendios	6, 500	0.00003
Envenenamiento por líquidos y sólidos	3, 800	0.000017
Asfixia, por objetos ingeridos	2, 900	0.000013
Arma de fuego, deportivo	2, 400	0.000011
Vías de ferrocarril	1, 989 (1973)	0.000009
Aviación civil	1, 757	0.000008
Transporte de agua	1, 725	0.0000078
Envenenamiento por gases	1, 700	0.0000077
Actividades de placer en barcos (deportivo)	1, 446	0.0000066
Relámpagos	124 (1973)	0.00000056
Huracanes	93 (promedio 01-73)	0.00000041
Tornados	91 (promedio 53-71)	0.00000041
Mordeduras y picaduras	48 (promedio 70-73)	0.00000022

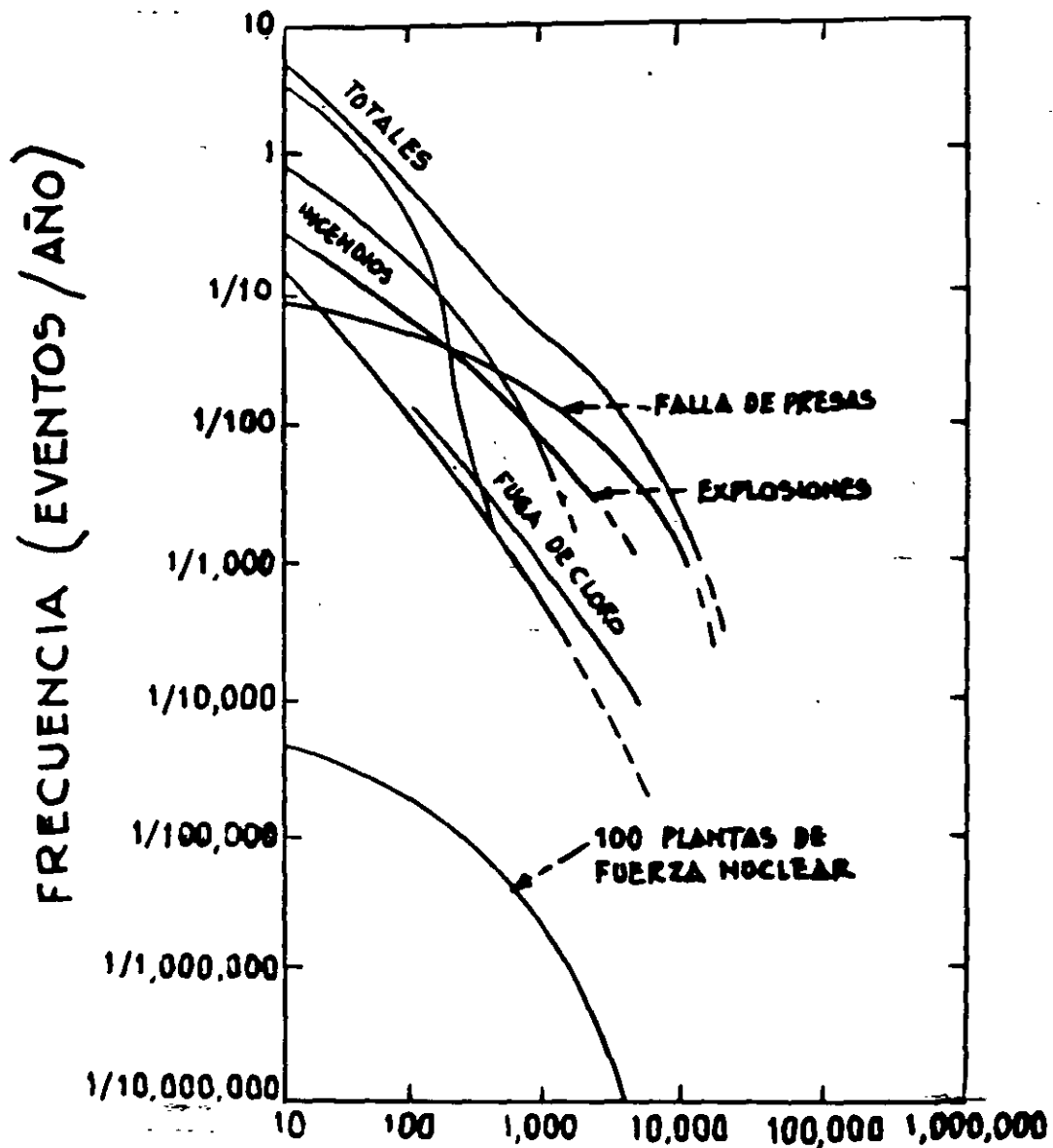
FRECUENCIA DE EVENTOS NATURALES CON FATALIDADES MAYOR QUE 10



FATALIDADES N

Figura 1.3.11

FRECUENCIA DE EVENTOS CAUSADOS POR EL HOMBRE
CON FATALIDADES MAYOR QUE 10



FATALIDADES N

Figura 1.3.12

1.4.9 ESTIMACION DE LAS CONSECUENCIAS

Dentro del proceso de evaluación y una vez establecidos los posibles escenarios de accidente de una planta es preciso tratar de determinar las consecuencias de cada uno de ellos en orden a valorar su potencial de peligrosidad.

Para ello y en cada caso habrá que determinar.

ESTIMACION DE CONSECUENCIAS

- ◆ TIPO DE DESCARGA
- ◆ REGIMEN DESCARGA
- ◆ CANTIDAD PRODUCTO LIBERADA
- ◆ COMPORTAMIENTO PRODUCTO
- ◆ MANIFESTACION EFECTOS/DISTANCIA
- ◆ DETERMINACION DE DAÑOS

Para la determinación del tipo y características de la descarga, es preciso identificar la tubería o depósito que contiene el producto si está o no a presión y si la descarga se deberá al colapso de dicho elemento o se tratará simplemente de una fuga.

En muchas ocasiones existirán gases almacenados o manejados en estado líquido ya sea por efecto de la presión de almacenamiento o bien porque se encuentre refrigerado adecuadamente. En este caso habrá que determinar además si la descarga se realiza en fase líquida, en fase vapor o en ambas.

A continuación habrá que determinar el comportamiento del producto una vez liberado. Si se trata de un gas licuado por simple refrigeración o de un líquido a temperatura ambiente, la descarga producirá inicialmente un encharcamiento de producto que comenzará a evaporarse. En otras ocasiones se obtendrá directamente una nube de gas que comienza a dispersarse en la atmósfera.

En esta fase del análisis, no sólo intervienen ya las características propias de la planta y, o de los productos manejados, sino también otros factores, que podrían denominarse entorno como son:

- Condiciones meteorológicas (temperatura, vientos, estabilidad, atmosférica, etc.)
- Condiciones orográficas (rugosidad del terreno, posibles retenciones, etc.)
- Otras como por ejemplo, existencia de posibles focos de ignición (chimeneas, vehículos, etc.)

Uno de los factores más importantes al evaluar posibles consecuencias de la dispersión de un gas es la densidad de la nube. Si es más ligera que el aire, se elevará y se dispersará más o menos rápidamente. Si por el contrario se trata de un gas pesado que el aire se concentrará a nivel del terreno extendiéndose no solo en la dirección del viento sino incluso en dirección contraria al mismo.

Si el producto liberado es inflamable puede alcanzar un foco de ignición en el mismo punto de la descarga y provocar una explosión o bien, arder ya sea en forma de antorcha como un simple derrame. Pero normalmente aparte de las grandes explosiones el mayor peligro para la población proviene de la dispersión de productos en forma gaseosa o de aerosol y que son tóxicos o si son inflamables no han ardido instantáneamente.

En cualquier caso será preciso calcular los efectos de la descarga -ya sean de la radiación térmica, sobre presión o concentración de producto -a cualquier distancia del punto de origen, en función del tiempo, estos efectos, en muchos casos se identificarán con posibles daños incluida la muerte a personas.

En el caso de productos tóxicos la principal consideración desde el punto de vista de un plan de emergencia es generalmente el efecto sobre la salud de exposiciones breves, pero a concentraciones relativamente altas.

En el caso de la radiación térmica así como de las sobre presiones, habrá que comparar los valores estimados con ciertos valores umbral que determinan diferentes tipos de daños o lesiones.

Finalmente no hay que olvidar posibles efectos dominó o efectos del accidente sobre instalaciones cercanas, como por ejemplo los debidos a lanzamiento, en caso de explosión de verdaderos misiles en forma de fragmentos de la instalación siniestral o la influencia de la radiación térmica procedente del incendio en un tanque de combustible sobre otros tanques próximos.

En cualquier caso parece claro que existe una gran variedad de factores a la hora de evaluar las posibles consecuencias de un accidente

Afortunadamente se dispone hoy en día de diversas técnicas y conocimientos que permiten su estimación con cierta confianza aunque debe reconocerse que en ningún caso se trata de un conocimiento completo.

Resulta de particular interés el uso, en este campo de modelos de simulación por ordenador (SAFETI, WHAZAN, SCRI, etc.) que si bien no sustituyen la tarea el analista si la facilitan enormemente.

A quedado pues de manifiesto que existen diversas metodologías y técnicas de análisis de riesgos, cada una de las cuales requiere una determinada información de partida y a su vez suministra un determinado tipo de conclusiones.

También conviene recordar la necesidad de garantizar, durante esta fase de análisis de riesgos la mayor exhaustividad posible, así como una adecuada objetividad de las conclusiones y "aterrizar" siempre los resultados o las conclusiones.

Como ya se adelantaba, parece necesario realizar una adecuada selección de las metodologías a aplicar en cada momento, pues, aunque pudiera parecer deseable, no resulta realista pensar en una aplicación indiscriminada de las metodología más exhaustivas y, por ende, más onerosas. Conviene proceder con la suficiente gradualidad, aplicando en primera instancia metodologías más generales, pero que permitan ir identificando aquellas áreas de mayor riesgo o criticidad, sobre las que se irán aplicando, a continuación, metodologías más complejas y detalladas.

Se puede ver así el proceso de evaluación como un proceso de profundización progresiva, que permite realizar en cada fase la valoración oportuna y decidir qué aspectos deben ser analizados con mayor detalle.

Además, se propone la aplicación de una metodología que pudiera denominarse mixta, en tanto en cuanto contrastes los resultados obtenidos por consulta a bases de datos históricas, sobre incidentes relevantes en instalaciones semejantes, con las conclusiones de la aplicación de técnicas de tipo predictivo.

En la figura pueden verse las diferentes fases que, con carácter general, pueden definir esta metodología. Las técnicas de evaluación a utilizar serán más exhaustivas conforme se avance en el proceso, reservándose, por tanto, la aplicación de las técnicas como Hazop y de árboles de fallos, sólo a

aquellas unidades de la planta que, por su nivel de riesgo y peligro potencial, realmente lo requieran.

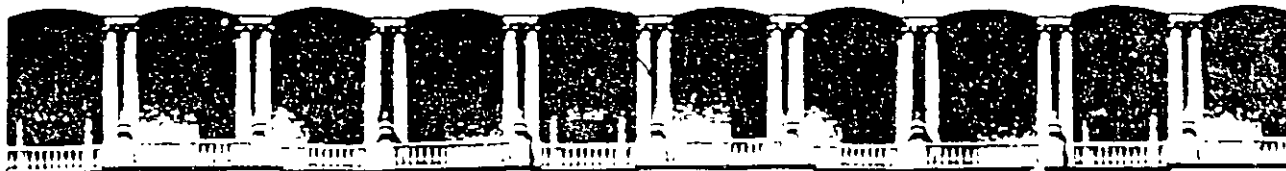
METODOLOGIA DE ACTUACION

1. IDENTIFICACION AREAS POTENCIALMENTE PELIGROSAS
2. EVALUACION INICIAL RIESGO Y CLASIFICACION
3. UNIDADES, ESTIMACION CONSECUENCIAS <<PEOR CASO>>
4. VALORACION FACTORES EXTERNOS
5. EVALUACION/CONCLUSIONES
6. ANALISIS DETALLADO RIESGOS ESPECIFICOS
 - ♦ Causas accidentes/Escenarios
 - ♦ Estimación Consecuencias
7. EVALUACIONES/CONCLUSIONES
8. ANALISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS
9. EVALUACION/CONCLUSIONES

Las fases 4, 6 y 8, que se han resumido bajo el título de evaluación y conclusiones, comprenderían básicamente las siguientes actuaciones:

- ♦ Identificación de medidas de prevención y/o protección
- ♦ Aplicación de las conclusiones al desarrollo y/o revisión, en su caso, del Plan de Emergencia, programas de formación del personal, determinación de equipamiento necesario, etc.
- ♦ Selección de unidades que requieren un análisis más detallado.

y, según los casos, podrán determinar el fin del proceso general, cuando no se considere preciso, basándose en las conclusiones obtenidas, un análisis más detallado.



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

**FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO
EN
RIESGO AMBIENTAL**

MODULO II

ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL

TEMA 2.- RIESGO POR FACTORES HUMANOS (SEGURIDAD INDUSTRIAL)

- . FACTORES HUMANOS EN DISEÑO DE SISTEMAS
- . ¿QUE ES SEGURIDAD INDUSTRIAL?
 - VEHICULOS Y PEATONES
 - MAQUINARIA EN MOVIMIENTO
 - PROYECCIONES DE PARTÍCULA
 - ÁREAS CONFINADAS
 - TRABAJO CON TUBERÍAS A PRESIÓN
 - MANIOBRAS PESADAS
 - CAÍDAS
 - ELECTRICIDAD
 - GASES A PRESIÓN Y VAPOR
 - QUEMADURAS
 - SUSTANCIAS TÓXICAS
 - INCENDIO
- . EQUIPO DE SEGURIDAD
- . PLÁTICAS DE SEGURIDAD
- . ÍNDICES DE ACCIDENTABILIDAD
- . LA GERENCIA Y EL MANEJO PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES:
 - INSTRUIR
 - INSPECCIONAR
 - INVESTIGAR
 - ACCIONES CORRECTIVAS

2.- RIESGO POR FACTORES HUMANOS (SEGURIDAD INDUSTRIAL)

• FACTORES HUMANOS EN DISEÑO DE SISTEMAS

El hombre siempre deja su huella por donde va, es impredecible o racional pero siempre es un factor a considerar por el daño que es capaz de hacer a todo lo que le rodea inclusive a sí mismo.

• ¿QUE ES SEGURIDAD INDUSTRIAL?

En los lugares en donde hemos trabajado, en los medios de comunicación así como en conversaciones con amigos hemos oído hablar de SEGURIDAD INDUSTRIAL.

Pero ¿que es Seguridad Industrial?

Son las técnicas y acciones empleadas que tienen como fin el reducir y eliminar los accidentes y las enfermedades de trabajo.

Una operación sin accidentes es el proceso de producir un producto vendible, aun costo aceptable sin acontecimientos inesperados y penosos, que puedan resultar en heridas, daños al equipo o pérdida de producto

Todos alguna vez hemos conocido a alguien que ha sufrido un accidente y pensamos la manera de como nosotros hubiéramos evitado ese accidente. La Seguridad Industrial es la reunión de todas las formas y procedimientos para evitar accidentes.

Los accidentes suceden en cualquier lugar, de formas no esperadas y de 100 accidentes 90 o mas son prácticamente por culpa de quien tiene el accidente.

Hasta ahora, hemos hablado de accidentes, pero, ¿que es un accidente?. La definición mas aceptada de un accidente puede sintetizarse como sigue:

“Un hecho inesperado y lamentable que puede o no resultar en heridas, daño al equipo, pérdida de producción o cualquiera de estos resultados penosos”

Los accidentes pueden ser leves o graves. En un accidente leve, la lesión que pueda ocurrir no provoca que el empleado pierda un día de trabajo completo. Mientras tanto, en un accidente grave, se provoca la pérdida de

cuando menos un día laboral y puede causar la privación de algún miembro o de la vida misma.

Los accidentes pueden provocar incapacidades, que para fines prácticos es la imposibilidad de trabajar por un período de tiempo.

Existen dos tipos de incapacidades, la temporal (dejar de trabajar por un cierto período de tiempo y al terminar el incapacitado quedà tan bien como antes) y la permanente (imposibilidad de un trabajador de efectuar un trabajo como lo hacía anteriormente y así permanece el resto de su vida)

Es importante evitar accidentes y seguir las reglas de seguridad industrial porque de esta manera, cuidaremos nuestra vida, nuestro trabajo, la vida de nuestra familia así como la de nuestros amigos y compañeros de trabajo.

¿Que puede causar un accidente? .

Las causas principales de un accidente pueden sintetizarse en dos grandes rubros: Actos Inseguros (son los actos realizados por un ser humano que pueden provocar un accidente) y Condiciones Inseguras (son las situaciones relativas al estado en que se encuentran las cosas en el lugar de trabajo de tal manera que puedan causar un accidente).

Algunas de las condiciones Inseguras mas frecuentes:

- Falta de orden y limpieza
- Instalaciones en la maquinaria impropriamente diseñadas y/o construidas
- Instalaciones en mal estado de mantenimiento
- Protección inadecuada o inexistente en la maquinaria
- Falta de protección en instalaciones eléctricas
- Señalización insuficiente o mal colocada

A continuación veremos algunos elementos que nos ayudarán a evitar accidentes.

Vehículos y Peatones: Los vehículos pueden atropellar a los peatones, chocar entre sí tirar la carga causando perjuicios, golpear ellos o con su carga las instalaciones, originar incendios, accidentar a sus mismos tripulantes, etc.

La velocidad en un planta deberá ser de 20Km/hr y en los patios de 40 Km./hr. En todos los cruceros y desembocaduras de calles y vías

peligrosas debe haber avisos de peligro; las cargas en vehículos deben ir afianzadas para que no se muevan y no sobresalir en forma peligrosa.

Durante la carga o descarga se debe alejar al personal extraño; los vehículos deben calzarse en las ruedas, nadie viajará sobre la carga o estribos.

Deben existir señales de advertencia adecuadas: barreras, espejos, etc. en los cruceros peligrosos; ventanillas en las puertas de paso para ver del otro lado cuando se ván a abrir y contar con la mayor protección posible contra salpicaduras o materiales proyectados sobre los pasillos.

Maquinaria en Movimiento: Puede atrapar, golpear o cortar pies, manos, cabello, topa anillos, etc., del personal que se aproxime o esté cerca de las máquinas.

Las partes de la maquinaria que representan riesgo, deben protegerse con guardas, barandales, mecanismos automáticos, etc. en cuanto sea posible. También hacerlas notar pintándolas con colores llamativos de prevención, como listas negras y amarillas. Las personas que trabajen o transiten cerca de maquinaria en movimiento y en general todos los que trabajen en la planta, no deben usar ropa suelta que pueda ser atrapada por las máquinas, ni usar anillos, pulseras, pelo largo suelto, etc.

Debe evitarse que se hagan reparaciones o lubricar maquinaria en movimiento. En el evento de requerirse engrasado o ajustar partes peligrosas, deben pararse y asegurar su interruptor principal con candados o avisos, para evitar que por error o descuido, las pongan a trabajar.

Tal vez sea mas peligroso efectuar trabajos en máquinas paradas que por ignorancia, error o accidente puedan ser puestas en movimiento, lesionando gravemente a los que en ellas trabajan. Los arrancadores deben asegurarse siempre con candados o en su defecto poner avisos de equipo en reparación.

Proyecciones de Partículas y objetos: Cualquier objeto que se mueva con rapidez, puede causar un serio accidente a alguna persona. El movimiento puede adquirirlo al ser despedido por una explosión, al soltarse de una máquina en movimiento o al ser arrancado de un material por un cincel o esmeril o simplemente al caer de cierta altura.

Deben prevenirse las explosiones, caída de herramienta o material para trabajos en altura e inspeccionarse con periodicidad las partes que puedan desprenderse por el movimiento de las máquinas. Asimismo, se deben utilizar cascos protectores cuando haya riesgo de recibir algún objeto que caiga de las alturas; gafas o goggles al cincelar, martillar, esmerilar o cuando se despidan o puedan despedirse proyectiles que puedan causar heridas en los ojos. Al estar ensamblando objetos pesados o bromosos en

altura, deben amarrarse las partes que puedan caer. Además es necesario colocar avisos para que no transiten personas por debajo.

Áreas Confinadas: En estas áreas donde las personas quedan fuera de la vista de los demás es fácil que alguien pierda el conocimiento o se quede atrapado y nadie se dé cuenta. También puede haber acumulación de gases tóxicos e inflamables, equipos que puedan ser abiertos o ponerse en movimiento accionados desde el exterior, o válvulas que puedan ser abiertas y descargar materiales dentro de este área. Otro riesgo es que ya se haya consumido o absorbido el oxígeno.

La entrada a estos lugares debe reglamentarse, de manera que se obligue a efectuar una inspección de todos estos elementos y utilizar la protección adecuada en cada caso, como candados en arrancadores o en válvulas, máscaras de cartucho o con línea de aire, ropa especial, escaleras interiores, cuerdas para rescate, vigilancia exterior especial, control de ventilación, equipo a prueba de chispas, medición de la explosividad, etc.

Trabajos en tuberías a Presión: Cuando se abre o corta una tubería con presión, puede salir con mas o menos violencia el líquido o gas que se encierra en ella, lesionando a las personas cercanas o constituyendo un riesgo de incendio. Pueden también moverse sus partes machucando, cortando o golpeando a las personas; o también caer las partes sueltas o escapar un líquido con alta temperatura y / o presión.

Antes de iniciar trabajos en tuberías, deben identificarse perfectamente todas las condiciones en que se va a trabajar, que no vayan a cortarse tubos que lleven líneas eléctricas y por supuesto, conocer los riesgos que representa el material manejado. Posteriormente cerrar las válvulas anterior y posterior, vaciando perfectamente el tramo intermedio; amarrar o soportar las partes para evitar tener que sostenerlas mientras se trabaje en ellas; por supuesto, poner avisos de advertencia e impedir el transito de personas por debajo o en las cercanías; abrir la brida o profundizar el corte, sólo lo suficiente para aliviar la presión interna que puede haber quedado o haberse formado por fuga de las válvulas, vaporización del líquido, etc. y cuidarse de los escurrimiento de líquidos corrosivos que pueda haber al mover los tramos de tubería.

Maniobras Pesadas: Los que efectúan estas maniobras, están muy expuestos a machucarse los dedos de las manos o los pies; caer o sufrir dolores musculares y pueden inclusive, ser aplastados gravemente. Otras personas que transiten u observen la maniobra también estarán expuestas a ser lesionadas. El objeto que se está moviendo, puede romper líneas eléctricas, tuberías con ácido, desprenderse de sus amarras, etc. como riesgo principal. El material que se mueve puede también sufrir daños considerables y costosos.

Para llevar a cabo esta clase de maniobras, debe estudiarse bien el movimiento con asesoría de especialistas en seguridad. La maniobra debe ser dirigida por una sola persona (teóricamente la más capacitada para ello). Las cargas bromosas o pesadas, sólo deben ser movidas por cuadrillas especializadas. No se permite que ninguna persona cargue más de 50 Kg; tampoco debe permitirse el tránsito de personas ni abandonar o estacionar vehículos en el área de la operación. Para realizar este trabajo, el personal debe utilizar guantes de cuero, punteras de acero en las botas, casco y cinturón como mínimo.

Caídas: Las caídas desde cierta altura, por lo general son graves, pero también suelen serlo muchas que ocurren a nivel de piso.

Deben evitarse las carreras y los juegos dentro de las plantas y tratar de que todo peatón transite solamente por donde está destinado al tránsito de peatones. Debe procurarse que estos pasillos estén bien iluminados y provistos de luces de emergencia.

Para hacer trabajos en altura, debe utilizarse andamios adecuados y escaleras firmes, sujetas por la parte alta con zapatas de seguridad. Si a pesar de esto se observa inseguridad, los trabajadores deben amarrarse o colocar redes para reducir el daño en caso de una caída.

Electricidad: La energía se manifiesta en muchas formas como la radioactividad, electricidad, calor, cinética, etc. Todas son peligrosas principalmente porque no se ven. El cuerpo humano es muy sensible a la electricidad. Las corrientes ordinarias pueden causar la muerte si atraviesan la cabeza o caja torácica, sobre todo cuando se esta haciendo un buen contacto en los dos polos de la corriente.

Otros riesgos de la electricidad son la posibilidad de que haya arco o que salten chispas y desarrollen calor, que se produce cuando se sobrecargan las líneas puesto que pueden causar un incendio. Siempre que se abre o se cierra un circuito eléctrico saltan chispas o se forma un arco, lo mismo cuando se produce un corto circuito o cuando se rompe un foco encendido. Las instalaciones deben estar construidas de acuerdo con el Código Eléctrico Nacional. Cualquier falla como deterioro del aislamiento de algún alambre, falso contacto, calentamiento excesivo, maltrato de conductores, etc. debe inmediatamente ser corregido o reparado. En las áreas donde existe riesgo inminente de incendio o de explosión, deben utilizarse equipos y herramientas a prueba de explosión y mantenerse en perfectas condiciones. Cuando sea necesario hacer una instalación provisional debe ser exactamente eso: *una instalación provisional* y retirarse inmediatamente después de su uso.

Las áreas de equipo eléctrico deben mantenerse secas sin añadirles agua bajo ningún motivo.

Gases o Vapores a Presión: El aire, oxígeno, vapores orgánicos, etc. Muchas veces se manejan con altas presiones para disminuir su volumen y ser almacenados económicamente. Si el recipiente que lo contiene no resiste la presión, toda la energía acumulada se libera de improviso arrancando a gran velocidad todo lo que se encuentre a su alcance. Tanto estos proyectiles como el golpe de gas que se expande, son capaces de producir lesiones muy serias a las personas que alcancen y daños graves al equipo y edificios que estén cerca.

Los recipientes que trabajen a presión deben estar protegidos con válvulas o discos de seguridad que se abren o rompen en caso de que se alcancen presiones más en el límite de seguridad y se libera lentamente el exceso de energía.

Estos recipientes no deben de golpearse o ser cerrados inadecuadamente, sobre todo cuando están sometidos a presión, puesto que pueden llegar a calentarse y explotar.

Los cilindros con gases a presión pueden fugar por estar expuestos al sol o caer. Algunos contienen gases inflamables como acetileno, amoníaco, butano o hidrógeno. El oxígeno favorece tanto el que otras sustancias se inflamen, que a menudo las hace explotar. Aunque fueron construidos con un buen margen de seguridad sobre la presión a que van a trabajar, el uso y maltrato los va debilitando poco a poco y puede llegar el momento en que revienten a pesar de esto, si no abren sus válvulas de seguridad.

Deben probarse cuando menos una vez al año. Para ello se llena con agua o cualquier líquido inofensivo, subiendo la presión con una bomba hasta 25 - 50% más que la presión de trabajo. Si aparece alguna fuga hay que descartarlo. No se debe hacer esta prueba con aire o gas ya que en caso de falla se produciría la explosión que se pretende evitar.

Quemaduras: Pueden producirse por contacto con un objeto o un material caliente, como una tubería, un líquido, una fuga de gas o vapor caliente, derrames o salpicaduras. Las quemaduras químicas se producen por contacto con materiales corrosivos como ácido sulfúrico, nítrico, sosa cáustica que aunque se encuentren fríos, producen quemaduras muy profundas que destruyen los tejidos rápidamente.

Debe buscarse la mayor protección posible, para evitar el contacto, fugas o salpicaduras, pero en evento de producirse la quemadura lo mejor es quitar la ropa contaminada y lavar bien con exceso de agua lo mas fresca o helada posible.

Sustancias Irritantes o Tóxicas: Pueden penetrar al organismo por ingestión, respiración o directamente al contacto con la piel, causando trastornos permanentes dependiendo de la sustancia dañina, de la concentración en que se encuentra y del tiempo de exposición a la misma. Es recomendable tener hojas de seguridad de las sustancias manejadas en

la planta (Safety Data Sheets) así como las instrucciones de que hacer en el evento de daño.

Riesgos de Incendio: Uno de los riesgos mas grandes en la industria y el comercio, así como de la economía de un país y el bienestar de un pueblo, son los incendios.

Las empresas que son víctimas de alguno, sufre pérdidas irreparables que afectan a todos los que forman parte o que en una forma u otra están relacionadas con ellos como proveedores, clientes y consumidores. Aunque la mayor parte industrias de cierta importancia y muchas de las pequeñas están aseguradas parcial o totalmente contra los daños materiales que pudiera causar un incendio, los seguros nunca cubre la totalidad de los perjuicios como la suspensión de la producción, la pérdida de los clientes, las dificultades de la reiniciación de sus actividades, etc. Muchas de las Empresas han sido paralizadas por un siniestro no vuelven a levantarse a lo que antes eran y en ocasiones hasta fracasan, perdiéndose un Centro de producción y una fuente de trabajo para el país.

El riesgo de que se declare un incendio es muy grande, como puede ser observado por los casos que tan frecuentemente aparecen en periódicos y noticieros. Las causas que los originaron son por lo general muy insignificantes y muy comunes; por ejemplo un cigarrillo, un corto circuito, un descuido, etc. Es por eso que los directivos de las empresas se han preocupado hondamente por prevenirlos en lo posible y estar preparados para poder combatir los que pudieran declararse. Es una responsabilidad de todos los que laboran en una empresa, estar preparados y alerta para eliminar todo lo que pudiera originar un incendio, así como estar listos para ayudar a combatir eficientemente los que se presenten.

• EQUIPO DE SEGURIDAD

El trabajar sin el equipo de seguridad que proporciona la Empresa, es un acto inseguro que puede provocar en el extremo, la muerte del trabajador. Las personas creen que el uso del equipo de seguridad les estorba más de lo que les ayuda, esto ocurre muchas veces por desconocer la gente cual es el objetivo de usar dicho equipo.

Equipo Básico de Seguridad:

- **Casco:** La protección principal que ofrece es proteger la cabeza contra caída de objetos, golpes en la cabeza, protección contra salpicaduras, calor, etc. Para cada uno de estos propósitos, debe llevarse el casco puesto a fin de evitar accidentes dolorosos.
- **Guantes:** Estudios realizados en la industria se ha encontrado que las lesiones en las manos son las que mas se registran; esto nos

lleva a proponer un análisis de cuales serían las tareas que necesitan del uso de guantes para efectuarse previniendo:

- ◊ Riesgos contra los que hay que proteger (objetos filosos, sustancias abrasivas, corrosivas, calientes electricidad, etc.)
- ◊ Sensibilidad que se requiere tenga el operador.
- ◊ Área que debe protegerse (dedos, toda la mano, la muñeca, brazo, etc.)
- *Lentes:* Sirven para proteger los ojos de golpes, salpicaduras, chispas, rebabas, luz, etc. Su uso debe ser constante y apropiado a fin de realmente proteger constantemente los ojos de su usuario. Es importante concientizar a todos los empleados de la importancia de usar esta protección en todo momento, ya que es muy común que el personal rechace el uso continuo del equipo.
- *Calzado:* Casi la misma proporción de accidentes que se sufren en las manos, se tienen en los pies, resbalones, quemaduras por fuego, soldadura o ácidos.
- *Protección al Cuerpo:* Existen muchas condiciones en una planta que exigen el uso de ropa de protección como pueden ser overoles, batas, delantales, pecheras, polainas, trajes completos, etc.
- *Respiradores o Máscaras:* Su uso elimina partículas suspendidas en la atmósfera que pueden ser dañinas para la salud, como son: polvos, gases tóxicos, ácidos, etc. Dependiendo del tipo de industria y productos que se manejen, se elegirá el tipo de respirador o máscara con que se tiene que aprovisionar al personal.
- Mediante la identificación de los trabajos con alto riesgo que requieren protección para el cuerpo, se puede conseguir con los proveedores de equipo de seguridad la protección adecuada para cada tarea.

• **LA GERENCIA Y EL MANEJO PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES**

Una operación sin accidentes es el proceso de producir un producto vendible a un costo aceptable, sin acontecimientos inesperados y penosos que puedan resultar en daños al equipo o pérdida del producto.

La efectividad de un supervisor se mide por los resultados que logre conforme luche por una operación sin accidentes dentro de su área de responsabilidad.

Las responsabilidades principales que tiene un supervisor en la previsión de accidentes:

Estimular: "Estimular o Incitar a los empleados para que desempeñen sus labores en forma eficaz sin accidentes, gustosamente y en forma satisfactoria".

La cantidad y la calidad de lo que hace una persona en cualquier trabajo se puede expresar como:

$$\text{Desempeño} = \begin{array}{ccc} \text{quiere hacer} & \times & \text{puede hacer} \\ \text{(motivación)} & & \text{(habilidad)} \end{array}$$

Si el desempeño es igual a lo que una persona quiere hacer multiplicado por lo que la persona puede hacer así podemos decir que:

- a) Si la motivación o la habilidad son pocas el desempeño será también poco.
- b) Altos niveles de desempeño requieren altos niveles tanto de motivación como de habilidad.

Una verdad aceptada del aprendizaje es que un aprendiz debe de querer aprender para poder aprender. Por lo tanto la primera responsabilidad de un supervisor al desarrollar a sus empleados es estimularlos a que aprenda su trabajo. Cuando los empleados han adquirido el nivel de habilidad que cumpla con el nivel estándar se les debe de mantener estimulados para que su desempeño continúe a ese nivel o para que se mejore.

La motivación no es algo que se le hace a alguien. Por lo contrario, los estudios han indicado que la gente se ve motivada a hacer cosas por sus propias razones y no por las de otra persona. El trabajo del supervisor o gerente es darle impulso a estas personas para que se motiven y continúen estando motivadas.

Modelo de discusión de Acción Correctiva:

1. Describa el acto inseguro que observe
2. Póngase de acuerdo que hay un problema
3. Discuta las soluciones posibles
4. Llegue a un acuerdo con el empleado en cuanto a la acción que tomará él
5. Inicie el seguimiento

Principios clave:

1. Mantenga y refuerce la autoestima del empleado
2. Escuche y responda con empatía
3. Pida ayuda al empleado. No juegue al psicólogo

Instruir: "Instruir a los empleados para que puedan desempeñar sus labores en forma eficaz y sin accidentes".

Instruir significa dar información, capacitar y evaluar.

En nuestro trabajo normal hay muchas formas de instruir tales como:

- Dar orientación a los nuevos empleados
- Informar a la gente reglas y procedimientos para un trabajo seguro
- Capacitación inicial en el trabajo
- Dar órdenes (qué, cuando, cómo, dónde y por qué)
- Asignación de un trabajo nuevo
- Llevar a cabo reuniones de prevención de accidentes

En una situación de trabajo, el memorizar no es aprender. Los empleados deben adquirir el conocimiento y las habilidades para poder hacer las cosas. El aprendizaje se ha presentado y puede medirse solamente cuando el empleado se comporta en forma diferente en el trabajo como resultado del aprendizaje.

Por lo tanto aprender es el adquirir conocimiento y habilidades que se requieren para desempeñarse satisfactoriamente.

Antes de comenzar una instrucción debe revisarse lo siguiente:

- Crear una atmósfera de aprendizaje positiva
- Usar ejemplos comprensibles
- Los aprendices deberán ver, oír, tocar, etc. cuanto sea posible.
- Utilizar diversas formas de repetición
- Formular preguntas y alentar a que haya preguntas
- Buscar la retroalimentación/ proporcionar retroalimentación

Inspeccionar: "Inspeccionar para ver que no haya acciones y condiciones inseguras así como tomar la acción o acciones correctivas adecuadas cuando sea necesario".

Inspeccionar es examinar o reconocer atentamente una cosa.

La inspección de personas y de cosas es el control principal de un gerente o supervisor en el manejo de la prevención de accidentes.

Después de que a los empleados se les estimula e instruye usted deberá observarlos con frecuencia para determinar si se están desempeñando de acuerdo con los estándares prescritos. Por muchas razones algunas veces los empleados se desvían del desempeño estándar. Cuando lo hacen, su desempeño poco satisfactorio puede ser intencional o puede deberse a razones fuera de su control.

En cualquier caso el desempeño poco satisfactorio deberá:

- Identificarse por observación directa
- Hacerse del conocimiento de los trabajadores para detener el acto o la falta de acción y evitar un accidente
- Cambiar un desempeño estándar, tomando la acción correctiva correspondiente que incluya el uso de las técnicas de estímulo y/o instrucción.

La mayoría de los accidentes son el resultado de actos inseguros por parte de alguien.

La mayoría de las condiciones inseguras son el resultado de actos inseguros por parte de alguien.

Las condiciones inseguras requieren medidas correctivas similares a aquellas usadas para actos inseguros. En resumen:

- Observar la condición
- Eliminar la condición
- Evitar que se repita la condición

Investigar: "Investigar los accidentes, tomar la acción correctiva y reportar lo que se encuentre para evitar que se repita el accidente".

Investigar es examinar en detalle, averiguar.

El gerente o supervisor, como encargado de la prevención de accidentes, es el responsable de la investigación de dichos accidentes para determinar las causas y tomar las acciones necesarias para evitar que se repitan.

Como se ha aprendido hasta ahora, un accidente puede o no tener un resultado indeseable. Tampoco se puede predecir que grado de gravedad tendría la lesión en el caso de que la hubiese.

Se tienen que considerar todos los accidentes (aún aquellos que no tienen un resultado indeseable) tienen igual importancia e investigarlos.

La investigación de un accidente se lleva a cabo para:

- Determinar las causas

- Evitar que un accidente igual o similar se repita eliminando las causas

Por lo general el supervisor inmediato de la persona que ha sufrido el accidente es la persona lógica que debe encabezar la investigación. El supervisor puede investigar sólo o junto con un comité de investigación.

Esto es determinado por la política local de empresa. Las circunstancias cambian y la memoria de la gente se empaña entre mas tiempo se tarde en investigar. Lo mejor es llevar a cabo la investigación lo más pronto posible después de que se presente el accidente. Será más fácil obtener la información y ésta será más precisa.

Los accidentes deben investigarse en la escena para poder reconstruir los detalles precisos de lo que pasó. No se puede investigar sentado en una oficina.



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

DIPLOMADO EN RIESGO AMBIENTAL

MODULO II: ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

TEMÁ : PREVENCION DE RIESGOS EN EL DISEÑO

1997

MODULO II

ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL

TEMA 3.- PREVENCIÓN DE RIESGOS EN EL DISEÑO

1.- BASES (ASEGURAMIENTO DE CALIDAD).

2.- CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD Y SEGURIDAD.

2.1.- PRINCIPIOS DE CONFIABILIDAD.

2.2.- PROGRAMA DE CONFIABILIDAD.

2.3.- FASE DE DESARROLLO.

2.4.- FASE DE CONSTRUCCIÓN O PRODUCCIÓN.

2.5.- MANTENIBILIDAD.

2.6.- SEGURIDAD DE PRODUCTO.

3.- ERRORES DE DISEÑO.

3.1.- CLASIFICACIÓN DE FALLAS DE ACUERDO A SU NATURALEZA.

3.2.- ERRORES DE DISEÑO.

III.- PREVENCIÓN DE RIESGOS EN EL DISEÑO

1.- BASES

Para la prevención de riesgos en el diseño, la cláusula 4.4 Control del diseño de la NMX-CC-003 (ISO-9001) Diseño, Desarrollo, Producción, Instalación, y Servicio, conjuntamente establece las bases necesarias con las otras 19 Cláusulas de ésta Norma, cuyo texto es el siguiente:

4.4.- Control del Diseño

4.4.1 Generalidades.

El proveedor debe establecer y mantener procedimientos documentados para controlar y verificar el diseño del producto, con el fin de asegurar que se cumplan los requisitos especificados.

4.4.2 Planeación del diseño y desarrollo.

El proveedor debe elaborar planes para cada actividad de diseño y desarrollo. Los planes deben describir o hacer referencia a estas actividades, y definir responsabilidad para su implantación. Las actividades de diseño y desarrollo deben estar asignadas a personal calificado y equipado con los recursos adecuados. Los planes deben actualizarse según la evolución del diseño.

4.4.3 Interrelaciones organizacionales y técnicas.

Deben estar definidas las interrelaciones organizacionales y técnicas entre los diferentes grupos que proporcionan datos de entrada para el proceso del diseño, y la información necesaria debe estar documentada, y ser transmitida y revisada regularmente.

4.4.4 Datos de entrada del diseño.

Se deben identificar y documentar los requisitos para los datos de entrada del diseño relacionados con el producto, incluyendo los requisitos legales y regulatorios aplicables y el proveedor debe seleccionarlos y revisarlos para su adecuación. Los requisitos incompletos, ambiguos o conflictivos, deben ser resueltos con aquellos responsables del establecimiento de estos requisitos.

Los datos de entrada del diseño deben tomar en consideración los resultados de cualquiera de las actividades de revisión del contrato.

4.4.5 Resultados del diseño.

Los resultados del diseño deben documentarse y expresarse en términos que puedan verificarse y validarse contra los requisitos de entrada del diseño.

Los resultados del diseño deben:

- a) cumplir con los requisitos de entrada del diseño;
- b) contener o hacer referencia a los criterios de aceptación;
- c) identificar aquellas características del diseño que son cruciales para la seguridad y funcionamiento apropiado del producto (tales como requisitos de operación, almacenamiento, manejo, mantenimiento y disposición después del uso).

Deben revisarse los documentos del resultado del diseño antes de su liberación.

4.4.6 Revisión del diseño.

En etapas apropiadas del diseño, deben planearse y realizarse revisiones formales documentadas de los resultados del diseño. Los participantes en cada revisión del diseño deben incluir representantes de todas las funciones involucradas en relación a la etapa del diseño que se trate, así como a otros especialistas según se requiera.

Deben mantenerse registros de tales revisiones (véase 4.16).

4.4.7 Verificación del diseño.

En etapas apropiadas del diseño, debe realizarse la verificación del mismo para asegurar que los resultados del diseño cumplan los requisitos de entrada. Las medidas de control del diseño deben ser registradas (véase 4.16)

NOTA

10. Además de realizar las revisiones del diseño (véase 4.4.6), la verificación del diseño puede incluir actividades tales como:

- La realización de cálculos alternativos;
- La comparación del diseño nuevo con un diseño similar probado, si está disponible;

- La adopción de pruebas y demostraciones; y
- La revisión de los documentos de la etapa del diseño, antes de su liberación.

4.4.8 Validación del diseño.

Debe realizarse la validación del diseño para asegurar que el producto cumple con las necesidades y/o requisitos definidos por el usuario.

NOTAS

11. La validación del diseño sigue a la verificación del diseño si ésta fue satisfactoria (véase 4.4.7).

12. La validación se realiza generalmente bajo condiciones de operación definidas.

13. La validación se realiza generalmente al producto final, pero puede ser necesaria en etapas iniciales previas a la terminación del producto.

14. Pueden realizarse validaciones múltiples si hay diferentes usos intencionados.

4.4.9 Cambios del diseño.

Todos los cambios y modificaciones del diseño deben ser identificados, documentados, revisados y aprobados por personal autorizado antes de su implantación.

2.- CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD Y SEGURIDAD

La disciplina de la ingeniería de la confiabilidad es muy joven ya que nació de la falta de confianza en el material de guerra durante la Segunda Guerra Mundial y la Guerra de Corea. Su evolución se aceleró gracias al desarrollo explosivo de la tecnología electrónica a lo largo de varias décadas. Por esta razón, los métodos y las técnicas básicas que se emplean hoy en día, se aplican principalmente a los vehículos espaciales que no se pueden reparar, a los sistemas o dispositivos mecánicos y a los dispositivos que se usan una sola vez en particular. En los últimos diez años ha surgido un nuevo reto que aún no ha sido solucionado, se trata de la rápida proliferación de los sistemas controlados por software. Se han efectuado algunos intentos por definir la confiabilidad del software, pero todavía queda mucho por hacer en este sentido.

2.1 PRINCIPIOS DE LA CONFIABILIDAD

La confiabilidad no es tan sólo una disciplina que se deba poner en práctica, sino que es una parte inherente del diseño. Si el diseño no conlleva la confiabilidad, ninguna actividad subsecuente podrá compensar esta deficiencia. Incluso con la confiabilidad incluida en el diseño, se debe efectuar una serie de tareas para garantizar que la confiabilidad diseñada se convierta en realidad.

La premisa básica de la teoría de la confiabilidad es que los productos del mismo diseño y de la misma manufactura sean, en esencia, homogéneos y que sus fallas sigan un patrón definido. Una vez que se acepte esta premisa, la tarea siguiente será definir tal patrón.

Este patrón se conoce como la distribución y se presta a la solución estadística. Muchos de los primeros intentos en el desarrollo de la disciplina de la confiabilidad seguían líneas estadísticas. Se hicieron intentos con el ajuste de la curva de los datos empíricos. Pero, como no existe el ajuste perfecto, la búsqueda se centra en la distribución representativa.

La confiabilidad suele definirse en términos de la probabilidad de que el producto funcione de manera adecuada en las condiciones estipuladas. Esto se expresa como la probabilidad de éxito (P_e). Otro término de confiabilidad es el tiempo medio entre fallas (MTBF, Mean Time Between Failure), que es el periodo promedio entre las fallas de un producto que se puede reparar. Este término se expresa, por lo general, en horas y es más fácil de medir debido a que la mayoría de los registros históricos documentan las fallas, pero en muy pocas ocasiones documentan los éxitos. El índice de fallas es el inverso del MTBF, que por lo general, se identifica mediante la letra griega lambda (λ). Existen numerosas fuentes de índices de fallas, principalmente para las partes de las piezas. Estos datos son vitales para el logro del programa de confiabilidad.

Modelos de fallas

Uno de los primeros modelos de fallas, la curva de la bañera (véase Fig. 1), recibió ese nombre debido a su forma. Para mayor comodidad, este modelo de índice de falla contra tiempo puede dividirse en tres regiones. La primera región, la fase de mortalidad infantil, abarca el periodo hasta después de que se entrega el producto e incluye los "escapes" del proceso de diseño y construcción. La segunda región es el piso de la bañera y consiste en un periodo de supuesto índice de falla constante, que se caracteriza por el índice de fallas inherentes a las piezas que componen el producto. La tercera región es la fase de desgaste, en la que las fallas aumentan en forma drástica debido a que las piezas alcanzan el final de su vida útil.

Este modelo de curva ha sido sustituido por varias razones. La primera, es que se ha encontrado que los elementos microelectrónicos no experimentan el fenómeno de desgaste común, pero son muy susceptibles al calor y a las variaciones de la electricidad. Segunda, se ha encontrado que el llamado índice de falla constante es más una probabilidad que un fenómeno observable. El término falla aleatoria se ha usado para designar la porción del índice de falla constante de este modelo y ha sido en detrimento de la práctica de la ingeniería de confiabilidad. No existen las fallas aleatorias, sólo hay incidencias aleatorias de las fallas con respecto al tiempo.

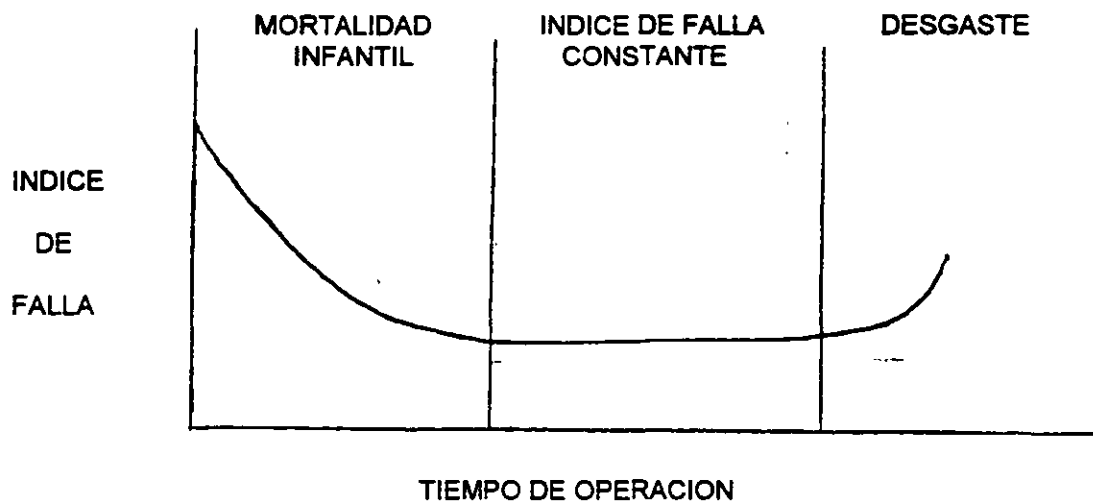


Figura 1. La curva de la bañera.

2.2 PROGRAMA DE CONFIABILIDAD

Son tres los elementos necesarios para un programa de confiabilidad exitoso. Estos elementos deben considerarse como verdades fundamentales, ya que se aplican a todos los productos.

1. **Diseño del producto:** Si en el diseño del producto no se incluyen las consideraciones de confiabilidad adecuadas, no se podrá compensar esta deficiencia por más acciones subsecuentes que se realicen, como inspecciones y pruebas.
2. **Piezas:** Las piezas empleadas para fabricar el producto deben ser las adecuadas de manera que satisfagan los requisitos funcionales, soporten el proceso sin sufrir degradación y sean capaces de sobrevivir y funcionar en el entorno en el que se van a usar.
3. **Control de calidad:** Se deben adoptar y mantener las prácticas, procesos y controles necesarios.

Plan del programa de confiabilidad

El primer paso que se debe seguir para garantizar que el programa de confiabilidad sea exitoso, es el desarrollo de un plan para el mismo. El tamaño y la formalidad de este plan se determinará de acuerdo con la complejidad y los requisitos del programa general del producto y constituye una parte invaluable de cualquier programa, sea grande o pequeño. El plan del programa de confiabilidad proporciona la definición clara de los requisitos de confiabilidad, así como los procedimientos, paso por paso y el calendario para su conclusión. Los principios en los que se basan los programas de confiabilidad y el enfoque de los mismos, varía en gran medida en lo que se refiere al grado y al formato, pero se aplican a todos los mismos principios y los mismos requisitos.

La mayoría de los programas se pueden dividir con facilidad en tres fases distintas, por lo menos: diseño, desarrollo y producción o construcción. El plan del programa de confiabilidad toca todas las tareas de la confiabilidad durante cada una de estas fases.

Fase de diseño

La primera tarea en la fase de diseño consiste en señalar los requisitos y las metas de confiabilidad para después idear el plan pormenorizado y el calendario para su conclusión. En los programas del gobierno, la metodología se define de la manera más adecuada en las especificaciones gubernamentales. En el caso de los programas militares, el documento pertinente es la norma militar MIL-STD-785 del Reliability Program for Systems and Equipment (programa de confiabilidad para sistemas y equipo) que contiene los pormenores de los requisitos de un programa de confiabilidad.

Un programa tradicional de confiabilidad, acorde con los estándares militares consta de los siguientes elementos:

- . Modelado de la confiabilidad.
- . Predicciones de la confiabilidad.
- . Distribuciones (o asignaciones) de la confiabilidad.
- . Análisis de los modos de fallas de los efectos y de la criticidad.
- . Análisis de circuito de fuga.
- . Análisis de tolerancia de los circuitos de las piezas electrónicas.
- . Programa de piezas.
- . Artículos de confiabilidad crítica.
- . Efectos de las pruebas de funcionamiento, de almacenamiento, del manejo, del empaque, del transporte y del mantenimiento.

En el plan del programa de confiabilidad también se incluye una descripción pormenorizada de la estructura organizativa de la actividad. La organización que se encarga de llevar a cabo las tareas de confiabilidad debe estar planeada tan bien como las interfaces y las relaciones entre las organizaciones pertinentes que se encargan de realizar las tareas básicas tales como diseño, prueba, ingeniería de sistemas, calidad, mantenibilidad, seguridad, etc.

Durante la fase de diseño, la organización de la confiabilidad se responsabiliza de llevar a cabo (o de monitorear y coordinar) las tareas anteriores.

Consideraciones analíticas de la fase de diseño

Existen cinco consideraciones analíticas en la fase de diseño:

1. Todos los análisis descritos son interdependientes.
2. La lista de las partes se revisará varias veces antes de que quede terminada, mediante el intercambio de los requisitos de confiabilidad y las consideraciones de diseño y de costo.
3. Los requisitos de calidad de las partes también se incluyen en estos análisis (estudios de modificaciones) para determinar si para las aplicaciones específicas se necesitan piezas de alta confiabilidad (menores índices de falla) que cuesten más.
4. Para optimizar el producto se necesitan otras consideraciones de diseño y confiabilidad, tales como la redundancia de los circuitos o de las partes o diseños a prueba de defectos.
5. Una vez que se han realizado todas las modificaciones e intercambios y que el diseño queda terminado para la producción, es esencial que se realice un análisis completo de la posibilidad de fabricación o construcción, con el fin de determinar si el diseño se puede producir en realidad con las instalaciones y los recursos dados. Aunque éste no es un análisis de confiabilidad, sí puede tener un efecto muy importante en la confiabilidad final del producto. Este análisis consiste en una revisión total del diseño, desde el punto de vista de la construcción o manufactura. Si no se lleva a cabo este análisis, es muy probable que la confiabilidad inherente al diseño sufra una degradación durante el proceso.

2.3 FASE DE DESARROLLO

Mientras que la fase de diseño consistió principalmente en los estudios y análisis de intercambio, la fase de desarrollo consiste, en principio, en programas de pruebas de varios tipos. Esta fase es esencial para la confiabilidad del producto debido a que sirve para verificar la validez de los análisis de confiabilidad y de los estudios de modificación que se realizaron durante la fase de diseño. Es natural que este proceso lleva a más estudios de intercambio. La cantidad de programas de pruebas realizados durante la fase de desarrollo depende del tipo de producto, de su complejidad y del uso a que se destine. Estas pruebas reciben nombres diferentes pero, por lo general, se clasifican en las siguientes categorías:

Pruebas de diseño

Estas pruebas verifican que el diseño satisfaga los requisitos funcionales básicos y que los diversos componentes del sistema funcionen como se espera. Con frecuencia, estas pruebas se realizan en los laboratorios de ingeniería bajo el control del departamento de ingeniería de diseño. Así, la función de confiabilidad debe realizar un esfuerzo extra para dar seguimiento a estas pruebas y a sus resultados ya que éstas suelen documentarse en los cuadernos de ingeniería y tal vez no aparezcan en el sistema formal de información sobre confiabilidad.

Verificación de las pruebas de manufactura

Estas pruebas verifican que el diseño se pueda construir usando los procesos y las técnicas de manufactura normales con las que se cuenta en la fábrica donde se fabricará el producto y que, aun así, satisfaga los requisitos fundamentales. Los cambios necesarios que resulten de estas pruebas pueden tener un efecto significativo en la confiabilidad del producto.

Pruebas de margen de diseño

Estas pruebas se realizan para probar el producto más allá de los límites de diseño para determinar si el producto está en el umbral de falla. Los resultados de estas pruebas pueden hacer que el analista de confiabilidad modifique algunos elementos como el criterio de decremento y con él, la predicción y la distribución de ciertas piezas. En los casos extremos, podría incluso provocar la redistribución de los requisitos de confiabilidad entre los componentes del sistema.

Pruebas fijas y análisis de pruebas

Estas son pruebas aceleradas en las que los productos se sujetan a la simulación del ambiente de uso esperado; las pruebas se hacen de una forma rápida, de manera que se pueda acumular el mayor tiempo de prueba en el menor tiempo que resulte práctico. Esto suele lograrse mediante la prueba de varios artículos, 24 horas al día, siete días a la semana. El objetivo de estas pruebas es poner de manifiesto el mayor número de fallas incipientes, tan rápido como se pueda. En un periodo, lo más breve posible, se simula toda la vida útil del producto. A medida que se detectan las fallas, se deben analizar; de ser posible, el modo de falla se elimina del diseño o del proceso de manufactura. El resultado final es la mejora acelerada de la confiabilidad del producto, lo que de otra manera habría tomado mucho tiempo.

Las pruebas, los análisis y las pruebas fijas se basan en el Postulado de Duane, que se representa en el trazo de la figura 2. La gráfica de Duane es una representación descriptiva de los resultados de la prueba del crecimiento de la confiabilidad. Es un trazo en coordenadas doblemente logarítmicas que muestran el tiempo medio entre fallas (MTBF) medido en el eje vertical y el tiempo de prueba acumulado en el eje horizontal. Los datos empíricos demuestran que el hardware fabricado con buenos controles de confiabilidad y calidad mostrará alrededor de una décima de su confiabilidad madura en el primer hardware que se entregue. La línea inferior representa el MTBF medio acumulado. La pendiente de la línea (alfa) representa el índice de crecimiento de la confiabilidad. Por lo general, se acepta que el máximo crecimiento que se puede lograr durante un programa de crecimiento de la confiabilidad es de 0.6. El crecimiento normal de la confiabilidad de un producto inicial, es de 0.1, resultado de los cambios que se hicieron para que funcionara después de la primera falla.

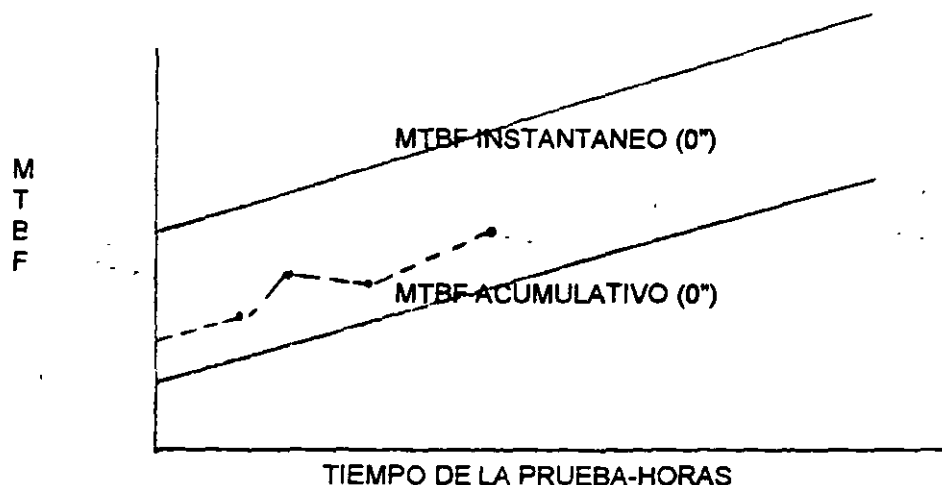


Figura 2. Gráfica de crecimiento de Duane.

Pruebas de calificación ambiental

Estas pruebas se realizan para demostrar que el producto satisface todos los requisitos. Estas pruebas suelen ser formales. A menudo se realizan en presencia del cliente y se deben terminar con éxito antes de que se otorgue el permiso para que inicie la producción. Estas pruebas se efectúan al final de la fase de diseño en un equipo que tenga la configuración de producción.

Un programa de pruebas de calificación ambiental típico de los programas militares constaría de los siguientes elementos:

1. Alta temperatura.
2. Baja temperatura.
3. Ciclaje de temperatura.
4. Temperatura - altitud - humedad.
5. Humedad y/o niebla salina.
6. Vibración.
7. Golpe.
8. Aceleración.
9. Interferencia electromagnética.

Desarrollo

La fase de desarrollo es una fase muy atareada para la función de confiabilidad. Es necesario mantener una supervisión minuciosa y estrecha en torno a la actividad de la confiabilidad debido a los diversos cambios de diseño y de equipo que resultan de las pruebas y de los análisis que se realizan. El mejor método para asegurar que la confiabilidad del producto no sufra una degradación significativa durante el proceso de desarrollo, es mediante el control cuidadoso de las varias correcciones que se incorporan al producto durante este tiempo. La técnica más eficaz para lograr esto es la de insistir en una modificación de intercambio de uno por uno para compensar cada factor de degradación con un factor comparable de mejora.

2.4 FASE DE CONSTRUCCION O PRODUCCION

Muchas personas que practican la confiabilidad creen sinceramente que una vez que el producto hace la transición de la fase de desarrollo a la de producción se da por terminada la tarea de la confiabilidad y el esfuerzo restante se manejará como control de calidad. Esto puede ser, y a menudo lo es, una grave equivocación que puede provocar la insatisfacción del cliente y mayores costos de garantía. La mayoría de los problemas que se sufren a través de este enfoque, se pueden evitar mediante medidas sencillas y rutinarias como las que se describen a continuación:

Sistema de información sobre fallas y de acción correctiva

Los problemas no se pueden arreglar si no se conoce su existencia. El primer paso es conocer el problema. El sistema de información sobre fallas y de acción correctiva de bucle cerrado es indispensable en todos los programas. Bucle cerrado significa que las fallas no sólo se prueban con documentos sino que se analizan con la suficiente profundidad para determinar si se necesita de una acción correctiva y, de ser así, qué es lo que se debe hacer. Este sistema debe estar dentro de una computadora cuyo perfeccionamiento deberá determinarse de acuerdo con los requisitos del programa de confiabilidad. La información de fallas es necesaria en todas las fases del programa, pero resulta esencial durante la fase de producción, ya que proporciona retroalimentación sobre aspectos tales como los rendimientos de manufactura, los resultados de las pruebas y el desempeño del producto en el ambiente en que éste se utiliza, lo que conlleva un efecto directo sobre los costos de garantía.

La porción informativa del sistema se puede manejar de diversas maneras. Puede consistir en un sistema de reporte de fallas de confiabilidad independiente que cuente con su propio programa de computación o puede formar parte de otro sistema de datos como el de información sobre la calidad. (Cabe hacer una advertencia: el sistema que se utilice debe ser susceptible de que se le dé un uso razonablemente eficiente como sistema de bucle cerrado. También significa que las fallas pueden rastrearse hasta la primera vez que sucedieron, mediante cualquier proceso de análisis, hasta la acción correctiva definitiva o cualquier otra disposición. En realidad, es aparente el ahorro que se obtenga cuando se opera sin un sistema adecuado.)

El primer artículo que se debe tomar en consideración para establecer o verificar si el sistema de información sobre fallas es el adecuado, es el documento que pone en marcha y controla el sistema. Si no se cuenta con dicho documento, no existe el sistema, dado que los participantes estarán en libertad de actuar como deseen.

REPORTE DE FALLA

NO _____

FECHA	NO. DE REF. DEL REPORTE DE FALLA	NO. DE REPORTE DE FALLAS DEL CLIENTE	LUGAR	REPORTADO POR:	DEPTO	Q
FALLA DETECTADA EN:			LA FALLA FUE:		AMBIENTE EN EL MOMENTO DE LA FALLA	
1 MOMENTO DE LA INSPECCIÓN ☐			1 PRIMARIA ☐			
2 PRUEBA DE PRODUCCIÓN ☐			2 SECUNDARIA ☐			
3 INSPECCIÓN DE LA ACEPTACIÓN ☐			3 DESCONOCIDA ☐			
4 ANTES DEL AMBIENTE ☐						
5 DESPUÉS DEL AMBIENTE ☐						
6 AMBIENTAL ☐						
7 CLIENTE ☐						
8 OTROS () ☐						
NOMBRE		NUM DE PIEZA	No. DE SERIE	TIEMPO DE OPERACIÓN EN EL MOMENTO DE LA FALLA:		
SISTEMA						
DISPVO.				FALLA VERIFICADA:		
SUBENS.				SI ☐ NO ☐ POR: _____		
DESCRIPCIÓN DE LA FALLA (QUEJA DEL CLIENTE):						
SUPUESTA CAUSA DE LA FALLA:						
DAÑO FÍSICO: DESCRIBIR						
SI ☐ NO ☐						
CAUSADA POR:		PIEZAS ENVIADAS A:	ANALIZADA POR:	COMENTARIOS:		
CLIENTE ☐			CLIENTE ☐			
EMBARQUE ☐			AMBOS ☐			
COPIA BLANCA - INGENIERO DE CONFIABILIDAD				ORIGINAL - ADJUNTAR A LA PIEZA DEFECTUOSA		
COPIA VERDE - INICIADOR						

INFORME DE ANÁLISIS Y CORRECCIÓN DE LA FALLA

REEMPLAZO REPARACIÓN AJUSTE	FECHA DE RECEPCIÓN	DISPOSICIÓN FINAL		INSTALACIÓN DE REPARACIÓN		QUEJA DEL CLIENTE	
		REPARACIÓN ☐	VoBo. REP. PRBA ☐			VERIFICACIÓN ☐	
		MRB ☐	MODIFICACIÓN ☐			SIN VERIFICACIÓN ☐	
ARTÍCULOS REEMPLAZADOS, REPARADOS O AJUSTADOS DURANTE ESTA REPARACIÓN							
	NOM. O No. DE PIEZA	SÍMBOLO	MFGR	No. SERIE	MOD. DE FALLA	COMENT.	
CATEGORÍA DE LA CAUSA DE LA FALLA:							
1. ESPECIFICACIONES ☐		3 PROCESOS ☐		5 MALA APLICACIÓN ☐		7. MAL MANEJO ☐	
2. DISEÑO ☐		4 MANO DE OBRA ☐		6 ACCIDENTE ☐		8. MATERIAL ☐	
						CATASTRÓFICA ☐	
						DEGRADACIÓN ☐	
						DEFECTUOSO	
ACCIÓN CORRECTIVA NECESARIA:				ANÁLISIS DE LA PIEZA DEFECTUOSA:			
NO				NO			
SI NO. DE LA C.C.N. _____				COMENTARIOS: _____			
PARA: _____				SI _____			
PRUEBA POSTERIOR A LA REPARACIÓN:							
SUPERADA ☐		PROCEDIMIENTO _____		FECHA DE LA PRUEBA _____			
NO SUPERADA ☐		PÁRRAFO No. _____		VÉASE No. RPTE. FALLA _____			
PRUEBA REALIZADA POR _____				INSPECCIONADA POR _____			
COMENTARIOS:							

Figura 3 Forma habitual del reporte de falla.

El documento de control debe estar avalado por la alta gerencia, de manera que se pueda cumplir con él. Asimismo, dicho documento debe contener definiciones claras y pormenorizadas de lo que es la falla, cuándo se debe informar sobre ella, quién debe hacerlo y por qué medio.

Una vez establecido el documento de control, así como las normas de base, el siguiente paso es señalar el medio de información. La costumbre es que sea una especie de forma que debe llenar la persona adecuada, en el momento apropiado. Si se está implantando un sistema de información de fallas donde nunca antes se había tenido uno, se debe pensar con seriedad en un sistema computarizado, en línea y de tiempo real. Este puede ahorrar una cantidad considerable de tiempo y dinero, además de minimizar el índice de error del llenado y procesamiento de las formas (la figura 3 es un ejemplo de una forma común de información de falla).

Un ingrediente fundamental de los buenos sistemas es tener una disciplina adecuada para informar sobre las fallas. El sistema de información sobre la falla, análisis y acción correctiva debe también incorporar disposiciones acerca del consejo revisor de fallas, que revisa las fallas significativas así como el análisis de las mismas y la acción correctiva. La definición de las fallas significativas es crucial. De igual importancia es la participación de los organismos necesarios y de los niveles gerenciales correspondientes.

La ingeniería de diseño, la ingeniería de sistemas, la manufactura, la confiabilidad, la calidad y las demás disciplinas necesarias, deben incluirse en el consejo de revisión de fallas. A fin de asegurar la eficiencia de la operación, los participantes deben tener la autoridad como para comprometerse por sus organizaciones. Se puede ahorrar mucho tiempo y dinero si se elimina la necesidad de volverlo a hacer. La Figura 4 es un diagrama de flujo que representa un sistema común de bucle cerrado de información sobre fallas. Para mayor información, consúltase el capítulo 3.

Discriminación de tensiones ambientales

La discriminación o selección de tensiones ambientales (ESS, Environmental Stress Screening) es una herramienta muy poderosa cuando se usa en forma adecuada. No es una prueba sino más bien un proceso de manufactura diseñado, para precipitar los defectos incipientes en fallas detectables mediante el uso de las tensiones ambientales aplicadas al equipo. Este proceso resulta más eficaz cuando se usa en el nivel práctico inferior del equipo. Esta técnica se utiliza comenzando en el nivel de las piezas, donde suele conocerse como quemado.

Los ambientes que más se utilizan en la discriminación de tensiones ambientales son el ciclaje de temperatura y la vibración aleatoria. Se pueden usar otros ambientes como el golpe, la altitud, la humedad, etc., según el tipo de producto y el uso a que se destine. Se ha encontrado que son muy pocas las circunstancias en que se necesita o que incluso resulta conveniente combinar ambientes. Asimismo, se ha encontrado que la secuencia de aplicación de los ambientes juega un papel poco importante en la eficacia de la discriminación de tensiones ambientales.

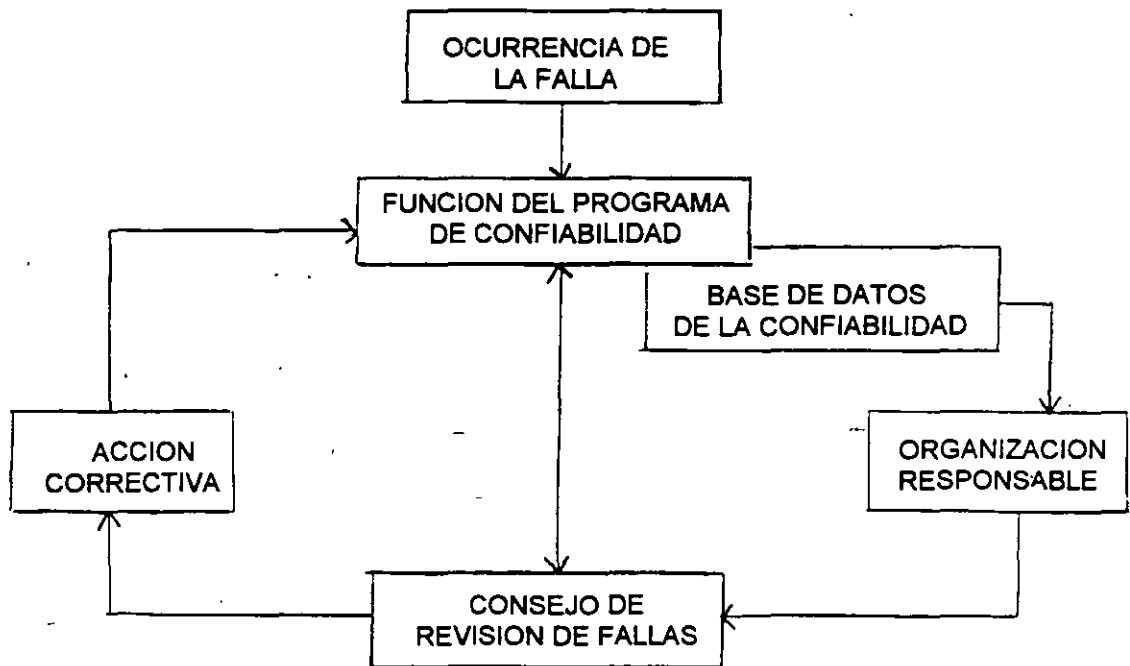


Figura 4. Sistema común de bucle cerrado para informar sobre las fallas.

Son varias las reglas básicas aplicables a la discriminación de tensiones ambientales:

1. Nunca sobrepasar los límites del diseño del producto.
2. Los ambientes más severos deben aplicarse en los niveles inferiores del equipo de manera que los ambientes de discriminación sean menos severos en los niveles superiores de complejidad del equipo. Con esto se logra una precipitación de falla más eficaz en los niveles inferiores, donde es menos costoso reemplazar o reparar.
3. Debido a que la discriminación de tensiones ambientales es un proceso diseñado para eliminar tantos defectos como sea posible, en el nivel práctico inferior del equipo, nunca deberá haber un criterio de pasa/reprueba que provoque la discrepancia del producto con respecto a la discriminación de tensiones

ambientales. Se necesitarán reparaciones pero éstas deberán manejarse como un proceso que no necesita un consejo de revisión de materiales ni acciones similares.

El comité para la discriminación de tensiones ambientales del equipo electrónico (ESSEH, Environmental Stress Screening of Electronic Hardware) del Instituto de ciencias ambientales ha recopilado datos de todo el ramo de la electrónica y ha llegado a formular ciertas recomendaciones:

1. El número de ciclos térmicos para la electrónica es de 10.
2. La vibración aleatoria es un método de discriminación más eficaz que la vibración senoidal.
3. El perfil de vibración aleatoria preferido es el perfil de NAVMAT (véase Fig. 5) que abarca el espectro de frecuencia de 20 hertz a 2000 hertz con un nivel de aceleración general de 6 gramos. Los estudios demuestran que la gran mayoría del daño que se ocasiona con este perfil se da en los primeros 10 minutos de exposición al mismo.

Es importante que se recolecten buenos datos y que se analicen durante la discriminación de tensiones ambientales con el fin de determinar los parámetros óptimos de discriminación. No es necesario discriminar todo el equipo en todos niveles, aunque éste sea un punto de partida razonable. La discriminación de tensiones ambientales no es un procedimiento de muestreo. Cuando se han determinado los niveles de equipo y los ambientes/niveles de discriminación, todo el equipo deberá discriminarse de acuerdo con estos criterios.

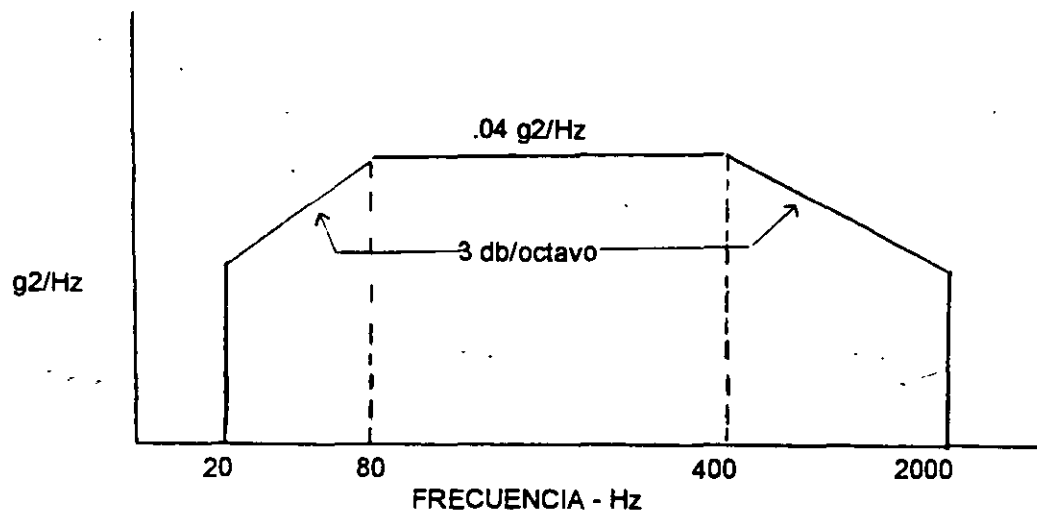


Figura 5. Perfil de variación aleatoria "NAVMAT".

Programa de prueba de calificación de la confiabilidad

La prueba de calificación de la confiabilidad (también conocida como prueba de demostración de la confiabilidad) se estipula en muchos de los programas militares. La prueba se basa en el estándar militar MIL-STD-781; prueba para calificar el diseño de la confiabilidad y la aceptación de la producción: la distribución exponencial. Estas pruebas se realizan en el equipo de configuración de la producción y son pruebas formales que, en ocasiones, lleva a cabo el cliente.

En el MIL-STD-781 se mencionan diferentes tipos de pruebas que se pueden clasificar en dos categorías genéricas: las pruebas de aceptación y las de calificación. La primera prueba de calificación de la confiabilidad de artículos se realiza según el equipo de configuración de la producción y está diseñada para demostrar que el diseño del equipo puede satisfacer los requisitos de funcionamiento, incluyendo la confiabilidad, en las condiciones estipuladas. La prueba de aceptación de la confiabilidad de la producción se lleva a cabo por muestreo durante la etapa de producción con el fin de asegurar que el equipo continúe satisfaciendo los requisitos de la misma forma en que se demostró que lo hacía en la prueba de calificación de la confiabilidad. En algunos casos, la prueba de aceptación de la confiabilidad de la producción se realizará en todos y cada uno de los sistemas producidos, en lugar de que sólo se haga en algunas muestras. La figura 6 muestra un ejemplo de ciclo de prueba ambiental del MIL-STD-781.

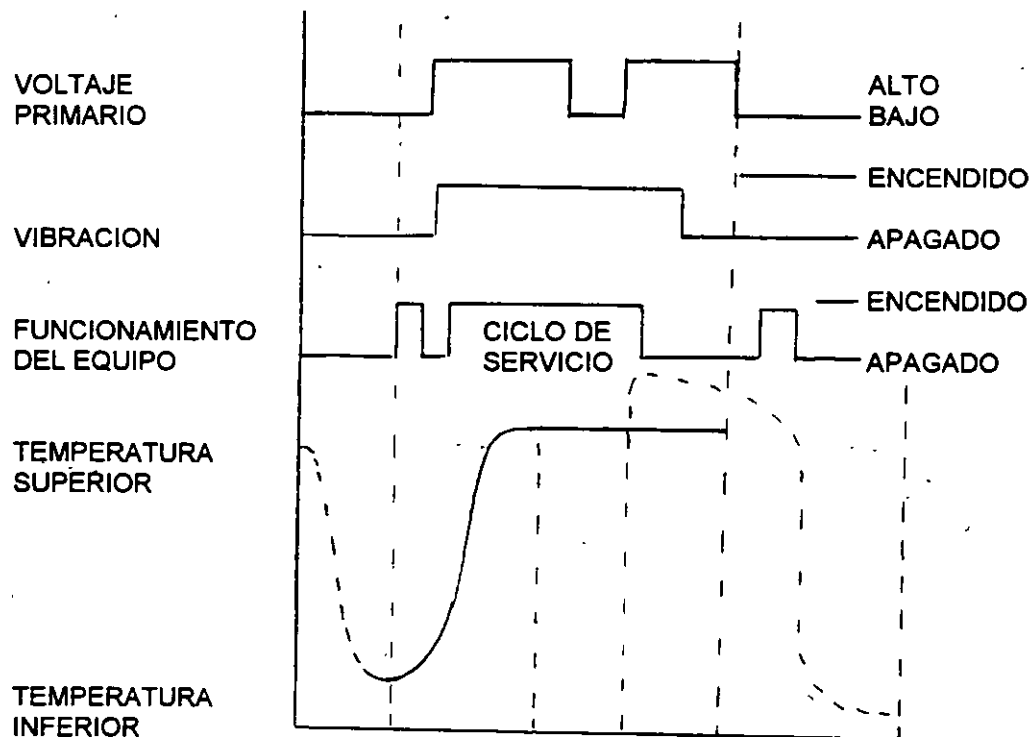


Figura 6. Ejemplo de ciclo de prueba ambiental del MIL-STD-781

Los planes de pruebas estadísticas definidos en el MIL-STD-781 se emplean para hacer estimaciones reales del tiempo medio entre fallas (MTBF) y determinar el cumplimiento del contrato. En dicha especificación también se definen los diversos parámetros que se incluyen en el diseño, la operación y la medición. Los planes de pruebas estándar suponen que la distribución de la falla es exponencial. Estos planes son:

1. Planes de prueba de longitud fija.
2. Pruebas secuenciales de razón de probabilidad (PRST, Probability Ratio Sequential Tests).
3. Planes de pruebas secuenciales de razón de probabilidad (PRST) de alto riesgo y corrida corta.
4. Pruebas de todo el equipo.

Las gráficas de las curvas características de operación (CO), muestran la probabilidad de aceptación vs el tiempo medio entre fallas (MTBF) real y las curvas de tiempo de pruebas esperadas, que muestra el tiempo de prueba esperado vs el MTBF real. Existen definiciones para el riesgo del consumidor y el riesgo del productor, así como definiciones para las categorías de las fallas, tales como las fallas relevantes y no relevantes o las fallas que implican un cargo o no. Los diversos planes de pruebas tienen criterios específicos de aceptación y rechazo.

Si un programa de pruebas debe basarse en el MIL-STD-781, es de vital importancia que se entiendan todas sus implicaciones.

2.5 MANTENIBILIDAD

Una definición de la mantenibilidad dice que es "la cualidad de las características combinadas y las características del diseño del equipo que permite o mejora el mantenimiento realizado por el personal de habilidad media, en las condiciones naturales y ambientales en las que funcione". Esta definición no es particularmente útil para el ingeniero que debe analizar el producto desde el punto de vista de la mantenibilidad.

Aunque la confiabilidad y la mantenibilidad guardan una relación muy cercana, e incluso suelen compartir algunos de los análisis que se realizan en los programas militares, se debe prestar especial atención a los requisitos de cada una. Por lo regular, al analista de la confiabilidad le interesa el índice de fallas y las probabilidades de éxito. Al analista de la mantenibilidad le corresponde atender al índice de acciones de mantenimiento y el tiempo que tome reinstaurarlas. En la mantenibilidad, la expresión equivalente para el tiempo entre fallas es la expresión tiempo medio entre acciones de mantenimiento (MTBA, Mean Time Between Maintenance Actions). Si la única causa de las acciones de mantenimiento fueran,

las fallas, entonces los dos acrónimos serían iguales (en inglés). En las consideraciones de mantenibilidad se incluyen todas las medidas preventivas que se deben tomar para evitar las fallas. Un buen ejemplo de ellas son los ajustes y la lubricación.

Mediciones de mantenibilidad

La especificación normal de gobierno respecto a la mantenibilidad en los programas militares es el MIL-STD-470, Maintainability Program Requirements for Systems and Equipment. Existen documentos complementarios para la demostración de la mantenibilidad (MIL-STD-471) y la predicción de la mantenibilidad (MIL-HDBK-472). Las tareas que se exigen en el programa militar se describen a continuación:

1. Preparar un plan de programa de mantenibilidad. Este plan es similar al plan de programa de confiabilidad y, a menudo, se combina con éste para formar un plan del programa de mantenibilidad y confiabilidad. Este plan define todas las tareas de conservación que se deben realizar, las fases de tiempo de cada una de ellas y el elemento de la organización que se responsabiliza de ellas.
2. Realizar un análisis de la mantenibilidad. Este análisis abarca:
 - a. Conceptos y requisitos de operación y apoyo, incluyendo las condiciones ambientales.
 - b. Requisitos generales y cuantitativos de la mantenibilidad.
 - c. Las restricciones del subsistema de personal.
 - d. Instalación proyectada, programa de capacitación, habilidades, equipo y disponibilidad de herramientas.
 - e. Restricciones de costo.
 - f. Listas de las herramientas y el equipo estándar.Los análisis de mantenibilidad se usan durante las diversas fases del programa para evaluar los logros en los requisitos de mantenibilidad
3. Proporcionar entradas de información al concepto de mantenimiento detallado y al plan de mantenimiento pormenorizado. Estas entradas incluyen la profundidad y la frecuencia de los requisitos de mantenimiento en cada nivel, las instalaciones necesarias, el equipo y las herramientas de apoyo necesarios, así como los niveles de habilidad y la cantidad necesaria de personal.
4. Establecer los criterios del diseño de la mantenibilidad. Los lineamientos de diseño de la mantenibilidad suele incluir:
 - a. Accesibilidad y espacio de trabajo adecuados.
 - b. Posibilidad de intercambiar las piezas.
 - c. Límite del número de tipos de herramientas y equipo de apoyo.
 - d. Características a prueba de fallas.
 - e. Reducir al máximo el mantenimiento preventivo.
 - f. Tolerancias compatibles con el desgaste del ciclo de uso.

- g. Control y prevención adecuados de la corrosión.
- h. Detección rápida de las fallas de funcionamiento.
- 5. Llevar a cabo las modificaciones e intercambios de diseño.
- 6. Predecir los valores de los parámetros de la mantenibilidad. Por lo general, la predicción se hace de acuerdo con el MIL-HDBK-472. A menudo, éste emplea los resultados de la predicción de confiabilidad y/o el análisis de árbol de la falla.
- 7. Participar en las revisiones del diseño.
- 8. Establecer la recolección de datos, el análisis y el sistema de acciones correctivas.
- 9. Demostrar el cumplimiento de los requisitos de la mantenibilidad. Esta demostración suele realizarse de acuerdo con el MIL-STD-471, la demostración de la mantenibilidad. Cada vez es más frecuente que las demostraciones de la mantenibilidad se lleven a cabo en conjunto con otras pruebas de programas.

2.6 SEGURIDAD DEL PRODUCTO

El MIL-STD-880 es la especificación que normalmente se aplica a los programas del gobierno. En el prólogo, se estipula que "el principal objetivo del programa de seguridad de los sistemas dentro del Departamento de Defensa, garantizar que la seguridad, de acuerdo con los requisitos de la misión, sea inherente al diseño de los sistemas, los subsistemas, el equipo, las instalaciones y las interfaces". El programa de seguridad del sistema consiste en todas las tareas y las actividades necesarias para satisfacer los requisitos de seguridad definidos a lo largo de todas las fases del programa del sistema.

Objetivos del programa de seguridad del sistema

Los programas de seguridad de los sistemas deben incluir los siguientes objetivos:

- 1. Que la seguridad, de acuerdo con los requisitos de la misión, sea inherente al diseño de los sistemas, eficaz en función de los costos y oportuna.
- 2. Que se identifiquen, se evalúen y se eliminen los riesgos (o que el riesgo se reduzca a un nivel aceptable)
- 3. Que se consideren y se utilicen los datos de seguridad históricos.
- 4. Que se reduzcan al máximo los riesgos para nuevos diseños, materiales, producción y técnicas de prueba.

Definiciones de seguridad de los sistemas

Se dan las siguientes definiciones para el MIL-STD-882:

1. Daño. La pérdida parcial o total del equipo provocada por la falla de los componentes; la exposición del equipo al calor, fuego u otros ambientes, errores humanos y demás acontecimientos o condiciones imprevisibles.
2. Contingencia. Situación que es un requisito previo para un incidente.
3. Evento contingente. Algo que crea una contingencia.
4. Gravedad de la contingencia. La evaluación del peor percance concebible que pueda provocar una contingencia específica.
5. Incidente. Un acontecimiento o serie de acontecimientos no planeados que provocan muerte, lesiones, enfermedad laboral o bien, daños o pérdida del equipo o de la propiedad.
6. Riesgo. La expresión de la posibilidad de un incidente en cuanto a la gravedad o probabilidad de una contingencia.
7. Seguridad. Liberación de las condiciones que pueden provocar muerte, lesiones, enfermedad laboral, o bien daños o pérdida del equipo o de la propiedad.
8. Plan de programa de seguridad de los sistemas. Es una descripción de los métodos planeados para que los use el contratista con el fin de que éste ponga en práctica los requisitos ajustados de este estándar, incluyendo las responsabilidades, recursos, métodos de logro, marcas de referencia, profundidad del esfuerzo e integración con otras actividades de ingeniería y administración y los sistemas relacionados de la organización.

Requisitos de diseño para la seguridad de los sistemas

Los requisitos de diseño para la seguridad de los sistemas dependen de los requisitos específicos del contrato pertinente pero la siguiente es una lista de los requisitos de este tipo que se suelen aplicar:

1. Eliminar las contingencias identificadas o reducir su riesgo.
2. Aislar las sustancias, los componentes y las operaciones peligrosas.
3. Reducir al máximo la exposición del personal a las contingencias.
4. Reducir al máximo el riesgo por una contingencia ambiental excesiva.
5. Reducir al máximo el riesgo provocado por errores humanos.
6. Cuando las contingencias no se puedan eliminar, es necesario considerar otras opciones.
7. Cuando las contingencias no puedan eliminarse mediante otros enfoques, es necesario colocar avisos de advertencia o precaución.
8. Proteger las fuentes de energía, los controles y los componentes esenciales de los sistemas redundantes.

9. Reducir al máximo la amplitud de la lesión o el daño que pueda sufrir el equipo, en caso de un incidente.
10. Diseñar funciones controladas o monitoreadas por medio de software con el fin de reducir al máximo el inicio de acontecimientos peligrosos o incidentes.

Tabla 1. Gravedad de la contingencia

Descripción	Categoría	Definición del incidente
Catastrófico	I	Muerte o pérdida del sistema.
Crítico	II	Lesiones graves, enfermedad laboral grave o daño importante al sistema.
Marginal	III	Lesiones menores, enfermedad laboral menor o daño menor al sistema.
Insignificante	IV	Menos que una lesión o enfermedad de poca importancia o un daño menor al sistema.

Precedencia del sistema de seguridad

El orden de precedencia para satisfacer los requisitos de seguridad del sistema aparece de la siguiente forma en el MIL-STD-882:

1. Diseñar para lograr el riesgo mínimo.
2. Incorporar dispositivos de seguridad.

Tabla 2. Probabilidad de contingencia

Descripción	Nivel	Artículo específico	Flotilla o inventario
Frecuente	A	Probabilidad de que ocurra con frecuencia.	Se experimenta continuamente.
Probable	B	Ocurrirá varias veces durante la vida del artículo.	Ocurrirá con frecuencia.
Ocasional	C	Es probable que ocurra en algún momento de la vida del artículo.	Ocurrirá varias veces.
Remota	D	Es poco probable pero puede ocurrir durante la vida del artículo.	Es poco probable pero es razonable esperar que ocurra.
Improbable	E	Tan poco probable que se puede suponer que no va a ocurrir.	Poco probable pero es posible que ocurra.

3. Proporcionar dispositivos de advertencia.
4. Establecer los procedimientos y la capacitación.

Valoración del riesgo en la seguridad del sistema

Las decisiones concernientes a la resolución de los riesgos identificados se basan en la evaluación de los riesgos correspondientes e incluyen los siguientes elementos:

1. Gravedad de la contingencia. La Tabla 1, tomada del MIL-STD-882 define las categorías que se deben emplear para la gravedad de la contingencia.
2. Probabilidad de contingencia. La probabilidad de contingencia se puede clasificar mediante la Tabla 2, que proviene del MIL-STD-882.
3. Acción correctiva. Los artículos catastróficos o críticos deben eliminarse o bien deben reducirse sus riesgos hasta un nivel aceptable. En caso de que esto sea imposible o impráctico, se deben recomendar otras alternativas.

3.- ERRORES DE DISEÑO

3.1 Clasificación de fallas de acuerdo a su naturaleza

De acuerdo a la naturaleza de las causas de falla, se pueden definir cinco categorías de fallas con relación a un componente o sistema elemental que pertenezca a un conjunto de sistemas elementales interactuando, a una facilidad o a otro grupo de sistemas; las categorías de fallas son las siguientes:

- Peligros ambientales.- Son eventos relacionados con el ambiente exterior o interior de la facilidad, pero en cualquier caso, fuera del sistema elemental estudiado.
- Errores de diseño.- Son errores hechos durante los estudios de diseño (principios de operación, componentes usados, definición de procedimientos de prueba y operación, etc.), del componente o sistema elemental, los cuales perjudican las funciones de éstos.
- Errores de fabricación.- Son errores hechos en la fabricación de componentes del sistema elemental.
- Errores de ensamble.- Son errores cometidos en el curso del ensamble del componente (en la fabrica, en el sitio) y durante las pruebas pre-operacionales realizadas en el componente y en el sistema elemental.
- Errores de operación.- Son errores cometidos durante la operación de componentes y sistemas elementales, que previamente se encontraron adecuados para el servicio.

En la Tabla 3 se muestra ésta clasificación de causas de fallas ordinarias.

Por lo general ésta clasificación resulta del análisis de incidentes ocurridos en facilidades industriales, en particular en los campos aeronáutico y nuclear; ésta clasificación tiene significado para:

- . Facilitar el análisis de fallas reales ayudando a identificar algunas de sus características.
- . Servir como una guía para la predicción de dichas fallas llamando la atención de analistas hacia las categorías de fallas.

En ésta sección solo se examinarán los Errores de Diseño, con ejemplos de fallas.

Tabla 3.- Clasificación de causas de falla ordinarias de acuerdo a sus causas genéricas.

1. RIESGO AMBIENTAL . Ambiente normal generado interna o externamente (polvo, suciedad, humedad, temperatura, vibración, atmósfera corrosiva, radiación ionizante . . .) . Ambiente natural extremo - Condiciones meteorológicas extremas (nieve, viento . . .) - Terremotos - Inundaciones . Ambiente generador de accidentes internamente. - Condiciones ambientales resultantes de un accidente. - Chicoteo de tubería - Misil - Inundación local - Fuego - Explosión . Ambiente generador de accidentes externamente. - Caída de avión - Colapso de presa, inducido por inundación. - Explosión - Fuego	2. ERRORES DE DISEÑO . Componente de sistema no adaptado a su misión. . Diagrama de sistema revelando causa de falla común potencial. . Pruebas periódicas inadecuadas o dañable . Sistema o componente difícil de operar. . Sistema o componente difícil de mantener. . Optimización de diseño inadecuado para causa común. . Optimización de diseño inadecuado para causa de falla común. . Omisión o negligencia en los estudios de diseño. 3. ERRORES DE FABRICACION . No conformidad con las especificaciones técnicas de fabricación. . Errores tecnológicos 4. ERRORES DE ENSAMBLE 5. ERRORES DE OPERACION . Durante condiciones de operación (normal, incidente, accidente) . Durante inspección y pruebas . Durante mantenimiento.
---	---

3.2 Errores de Diseño

Estas son las causas de falla más difíciles de indentificar, puesto que están estrechamente relacionadas con las limitaciones del "saber-como" (know-how). Se refieren tanto a componentes como a sistemas elementales y pueden asumir varios aspectos como se describen a continuación.

- a) Componente o sistema elemental mal adaptado a su misión. Debido a que la condición exacta de una misión específica no fue suficientemente conocida, un componente o sistema elemental puede ser incapaz de satisfacer sus funciones satisfactoriamente.

Por lo general, este tipo de error se detecta durante las pruebas pre-operacionales o periódicas.

Desafortunadamente, hay ejemplos en donde las condiciones exactas de la misión no pueden ser simuladas durante las pruebas, a veces por la pérdida de dinero, de tiempo o porque las condiciones reales no pueden ser reproducidas. Los ejemplos más típicos son los sistemas diseñados para limitar las consecuencias de accidente que dañen severamente las facilidades industriales o el ambiente.

El accidente de pérdida de enfriamiento en una planta nuclear de potencia pertenece a esa categoría de accidentes con una probabilidad de ocurrencia extremadamente baja por los medios implementados para prevenir su ocurrencia. La simulación a plena escala de éste tipo de accidentes esta fuera de discusión y se espera no experimentarlo nunca.

El único método disponible para verificar si el sistema diseñado para satisfacer éste tipo de situación está bien adaptado a su misión, es simular las condiciones del accidente con un programa de computadora el cual es mejorado alimentándolo con datos obtenidos durante pruebas en ciertas fases de la secuencia del accidente.

- b) Configuración del sistema elemental con causas de falla comunes potenciales. La configuración de un sistema elemental o de sus conexiones con otros sistemas, por ejemplo es sistema auxiliar vital, puede ser tal que la falla de un componente puede inducir la falla del sistema completo o de varios sistemas.

Este riesgo puede ser cancelado por un nivel de redundancia aparentemente satisfactorio y solo puede ser identificado después de una evaluación de confiabilidad detallada, esto es, un sistema elemental que cumple varias funciones, es con frecuencia el origen de dichas fallas.

- c) **Pruebas periódicas inadecuadas o perjudiciales.** Las pruebas periódicas están esencialmente dirigidas a mantener la disponibilidad de un sistema elemental o componente de respaldo (standby) en un nivel satisfactorio. Estas pruebas solo se realizan porque el equipo puede deteriorarse mientras no trabaja, sin embargo, su diseño puede llevar a causas de falla comunes.

Por ejemplo, la prueba periódica de un sistema de fluido, durante la cual la posición o estado de las válvulas dentro del sistema puede ser cambiada para el propósito de la prueba, puede ser perjudicial (error humano: falla en regresar a la válvula a su posición apropiada).

Una prueba periódica puede ser también perjudicial porque puede ser causa de desgaste de varios componentes idénticos simultáneamente.

- d) **Componente o sistema elemental no operable fácilmente.** Cuando el diseño de un sistema es tal que no puede ser fácilmente operado o monitoreado por el operador, la probabilidad de errores de operación aumenta, por lo tanto, es un requisito el diseño simple de la configuración del sistema (sin demasiados componentes) y su fácil operación.

El diseño de un sistema cuya función es controlar un accidente, es decir, enfrentarse a un evento raro, es realmente un problema. El diseñador puede elegir entre automatizar enteramente la operación del sistema, dejando solo una parte totalmente pasiva al operador o automatizar parcialmente el sistema con el operador realizando algunas acciones dentro de tiempos prescritos.

- e) **Sistema elemental o componente difícil de mantener.** Si el diseño de un sistema elemental es tal que el acceso al mismo es difícil y las operaciones de etiquetado, desensamble y re-ensamble son problemáticas, la probabilidad de errores de operación se incrementan.

Por lo anterior, las condiciones de mantenimiento correctivo o preventivo, así como las condiciones de operación deben ser estudiadas cuidadosamente con el enfoque de minimizar la probabilidad de errores humanos, tanto como sea posible.

- f) **Inadecuada optimización de diseño con relación a causas de falla comunes.** Las medidas de protección contra causas de fallas pueden resultar ya sea directamente o preparar las bases para otras fallas, por ejemplo:

Las restricciones contra chicoteo para limitar los movimientos de tubería en un sistema de fluidos durante condiciones de accidente pueden ir contra los niveles de libertad requeridos en los movimientos de la tubería durante las condiciones normales de operación.

Colocando las líneas redundantes de un sistema relacionado con seguridad (safety-related) en bunkers separado en una planta nuclear de potencia se ha considerado la mejor garantía contra los peligros ambientales, sin embargo, este tipo de protección ha incrementado la vulnerabilidad del sistema el mal funcionamiento de la ventilación; este sistema de ventilación se ha convertido en un sistema auxiliar vital de los sistemas relacionados con la seguridad. Los bunkers están también en conflicto con la facilidad de acceso.

El análisis crítico del diseño debe ayudar a optimizar la protección contra causas de falla comunes y a evitar dar a una protección más importancia que a otras en su detrimento a una protección que cree condiciones favorables para una causa de falla común sin el conocimiento del diseñador.

- g) Omisión o equivocación en los estudios de diseño. El estudio del control de calidad por lo general se pasa, entre otras cosas, limitar el régimen de ocurrencia de éste tipo de errores.

Las causas de falla comunes que no se toman suficientemente en cuenta o que simplemente se olvidan en la fase de diseño, merecen especial atención. Estas fallas pueden estar relacionadas a las condiciones de la misión del sistema en el evento del accidente.

Por ejemplo, la resistencia sísmica de un sistema relacionado con la seguridad de una planta nuclear de potencia o de uso de sus sistemas auxiliares vitales debe estar provisto de ella en el diseño del sistema y de sus elementos soporte. Una posible omisión solo puede ser detectada checando los cálculos puesto que una simple prueba después no puede revelarla.

Hay varias formas de controlar la calidad de los estudios realizados para detectar las fallas de protección:

- Checando el diseño con relación a los dispositivos de protección cuya omisión no puede ser detectada en una etapa posterior.
- Buscando por protecciones omitidas en la facilidad (preferiblemente en los diagramas de la facilidad).
- Checando la adecuación del diseño durante la pruebas preoperacionales con respecto a todas las otras protecciones.

A continuación se citan algunos errores de diseño en un sistema elemental.

En la Fig. 7 se muestra un sistema elemental que consiste en líneas de bombeo de agua paralelas redundantes, desde un tanque y que a partir de una señal de seguridad inyecta agua en otro circuito; el tanque está localizado en el exterior de la facilidad industrial.

Cuando la tubería de venteo se tapa por hielo o nieve debido a condiciones meteorológicas graves y la bomba empieza a succionar se crea un vacío en el tanque resultando en el colapso y rotura del tanque y la pérdida de alimentación de agua.

Esta causa de falla común se debe al riesgo ambiental, sin embargo, también podría considerarse como una falla de diseño, lo cual muestra la dificultad que hay en clasificarlas.

Ahora bien, si se considera que hay un punto alto en cada línea, sin tubería de venteo y que después de un mantenimiento los gases se acumulan en ésta área. La entrada de éstos gases ocasionan la falla de ambas bombas; ésta causa de falla se debe a un error de diseño.

Otro ejemplo que muestra la dificultad de asignar los errores de diseño puede ilustrarse con la Fig. 8 en donde se tiene una configuración más compleja que el circuito de la Fig. 7.

El sistema de la Fig. 8 opera solo cuando la presión P_B en el sistema B, conectado al sistema S, cae por abajo de un valor de umbral crítico P_o .

Durante la primera fase de operación del sistema S, $P_B > P_o$, y el agua circula en un circuito cerrado vía la línea de flujo mínimo a través de las válvulas de no-retorno (check) C_i y C_i' y la válvula de aislamiento V_i' de la línea de flujo mínimo. La válvula de no-retorno C_i'' evita que el agua fluya de regreso de B a S.

Durante la segunda fase de operación, cuando $P_B < P_o$, la válvula de no-retorno C_i'' abre y el agua se inyecta de S a B. La caída de presión en la línea de flujo mínimo es tal que el flujo de agua en la línea de inyección Q, excede el flujo en la línea de flujo mínimo. Cuando el régimen de flujo Q_i en la línea i, registrada por un medidor de flujo electromagnético D_i excede un máximo especificado, se envía un señal de cierre a la válvula V_i , y entonces todo el flujo circulado por la bomba se inyecta de S a B.

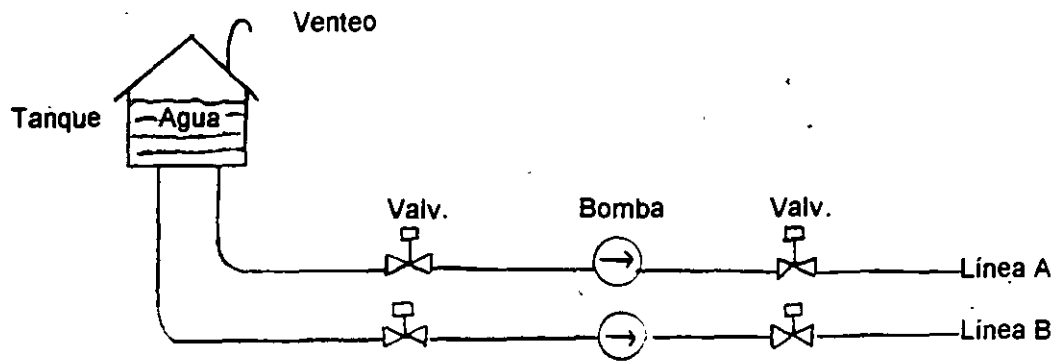


FIG. 7, EJEMPLO DE UN SISTEMA ELEMENTAL

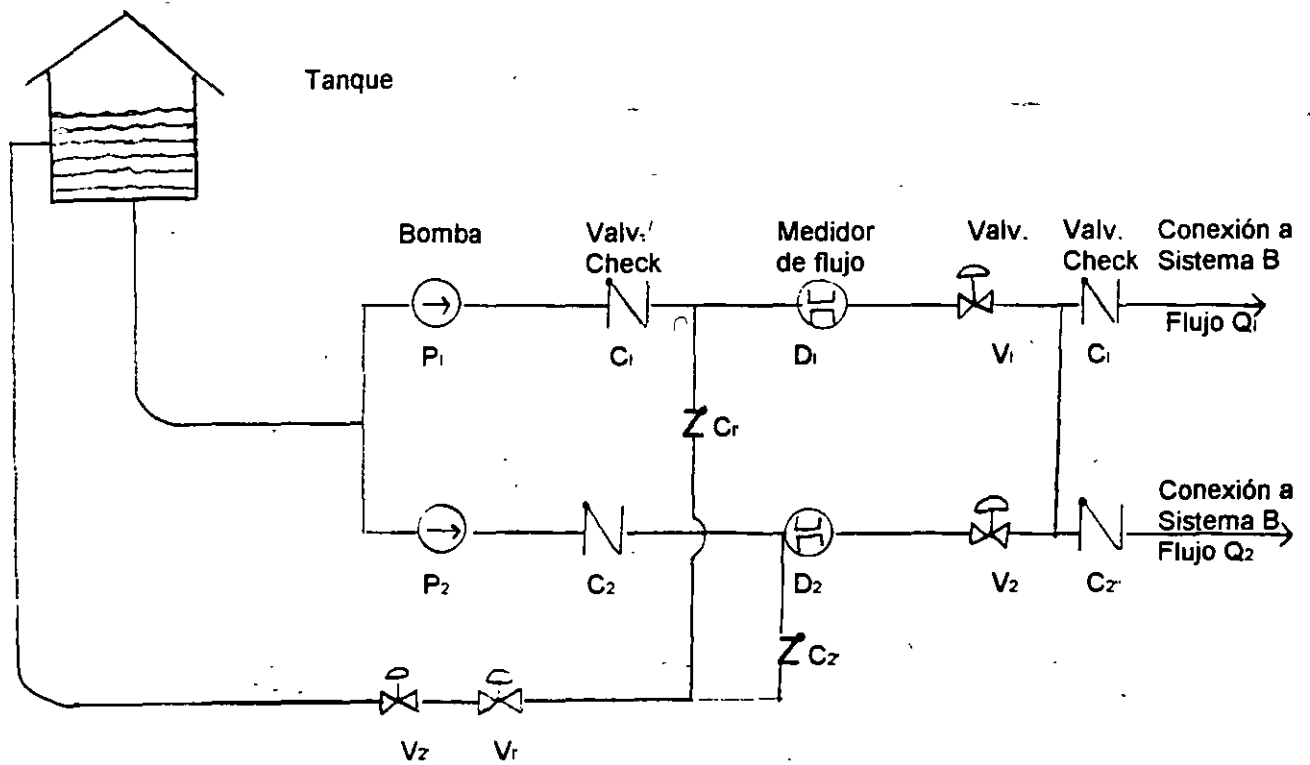
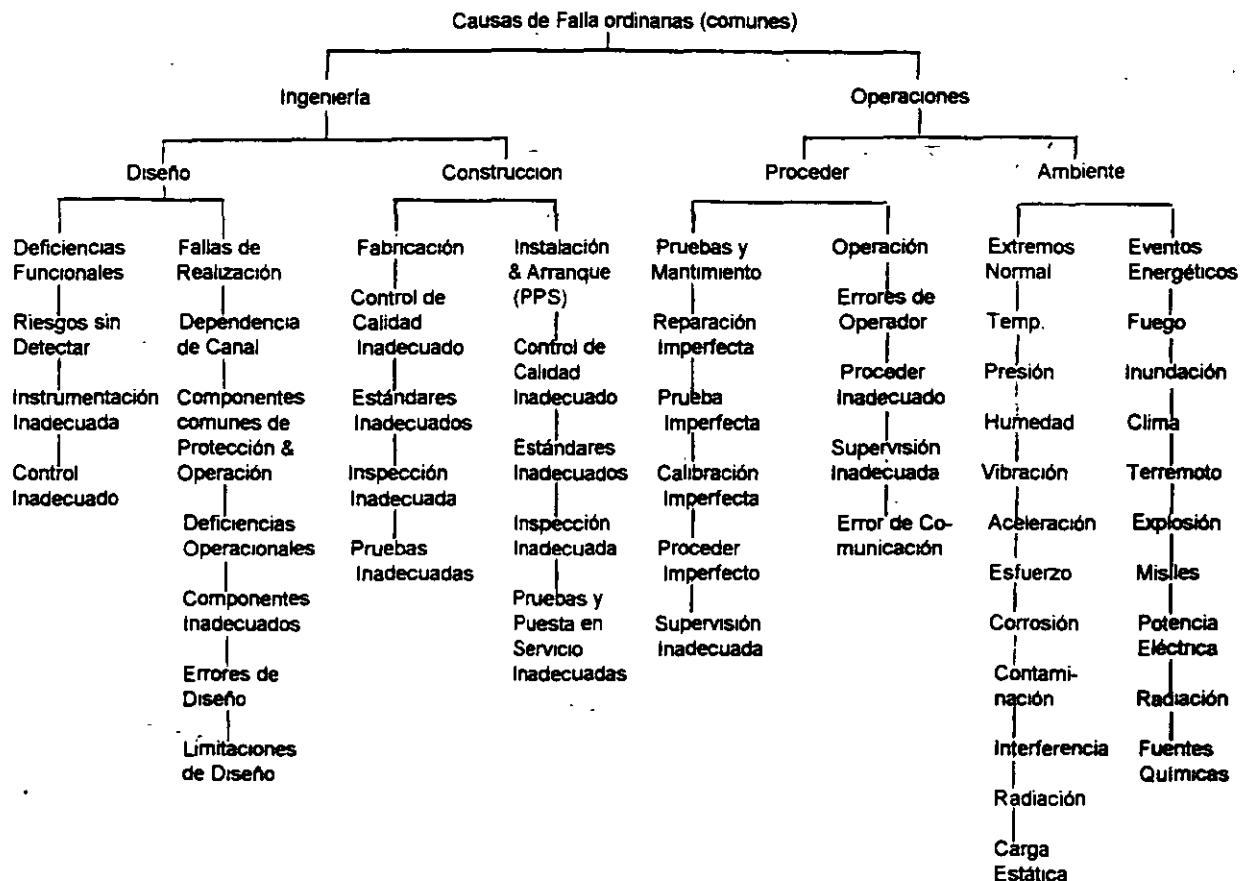


FIG. 8.- DIAGRAMA DE UN SISTEMA TERMO-HIDRAULICO CON UNA FALLA EN CASCADA.

Suponiendo que se pierde la bomba P_1 durante la primera fase de operación ($P_b > P_o$), mientras que P_2 está operando. Aparentemente las válvulas de no-retorno C_i y C_i' evitan cualquier mal funcionamiento de este circuito que tiene solo una línea operando. En realidad, el agua puede circular vía V_1 y C_i' a través de los medidores de flujo D_2 y D_i ; este régimen de flujo es suficiente para causar el cierre de la línea de flujo mínimo y como consecuencia dañar la bomba P_2 . El error de diseño está en el hecho de que las líneas de flujo mínimo están conectadas después de las válvulas de no-retorno C_i previstas para aislar el flujo contrario de las bombas, en lugar de estar conectadas antes de estas válvulas de no-retorno entre P_i y C_i . Este error de diseño resulta en una falla en cascada.

En la Tabla 4 se muestra otra clasificación de causas de falla ordinarias (comunes).

Tabla 4. Clasificación de causas de falla ordinarias (comunes)





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

DIPLOMADO EN RIESGO AMBIENTAL

MODULO II: ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

**TEMA : RIESGO POR INSTALACION (ESTRUCTURAL, ELECTRICO,
MECANICO, RADIACION, OTROS)**

1997

C

MODULO II

ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL

TEMA 4.- RIESGO POR INSTALACION (ESTRUCTURAL, ELECTRICO, MECANICO, RADIACION, OTROS).

1.- RIESGO ESTRUCTURAL (FACTORES PARA INDICE MOND)

2.- RIESGO POR ELECTRICIDAD.

3.- RIESGOS MECANICOS.

4.- RIESGOS RADIATIVOS.

VI.- RIESGO POR INSTALACION (ESTRUCTURAL, ELECTRICO, MECANICO, RADIACION, OTROS).

1.- FACTORES PARA INDICE MOND

Los factores de riesgo en este encabezado son asignados con respecto a los riesgos de una sección ocasionados por la disposición del equipo.

Un punto importante dentro de estas consideraciones es la altura a la que se encuentra en cantidades considerables el material inflamable. Para considerar aspectos relacionados con el arreglo de equipo en la sección, es necesario especificar las principales dimensiones de ésta. La ALTURA de una sección se define como la altura arriba del piso terminado de la UNIDAD DE PROCESOS o de la TUBERIA DE TRANSFERENCIA DE MATERIALES más alta. La tubería de venteo y las estructuras para levantar vigas no se usan para determinar la altura, pero la posición de las tuberías principales de salida de la columna de reacción o destilación, los condensadores de productos del domo, recipientes de alimentación elevados, etc., deben tomarse en cuenta. La altura en metros se identifica como h para su uso en el cálculo de efectos globales.

El área normal de trabajo de una unidad de proceso se define como el área plana de la estructura asociada con la unidad, agrandada cuando sea necesario, para incluir bombas o tubería y equipo que no estén dentro del área plana de la estructura. Se debe considerar como el área rodeada por una cerca de longitud mínima colocada alrededor de la estructura de la unidad y equipos auxiliares. El área normal de trabajo en metros cuadrados se identifica como N .

El área normal de trabajo de una sección de un puente de tubería se define como el área cubierta por el ancho máximo del puente de tubería multiplicado por la distancia entre centros de polos de soporte o refuerzos.

En el caso de un tanque (o tanques) de almacenamiento con dique alrededor, tomado como una selección, el área normal de trabajo se define como el área plana del tanque, más el área local ocupada por cualquier bomba y tubería asociada cuando éstas se incluyen en la sección de la planta que está siendo estudiada. El total del área rodeada NO se debe usar como área normal de trabajo.

En el caso de tanques de almacenamiento enterrados, el área normal de trabajo se define por la posición de los contornos del tanque cuando éstos no estén a más de 10 metros por abajo del nivel del piso. Para almacenamientos subterráneos, etc., localizados a profundidades más grandes, el área normal de

trabajo se define por la posición en plano de las entradas-hombre y conexiones de tuberías a nivel del piso o a menos de 10 metros de la superficie.

a) Diseño de la estructura.

Aunque el arreglo del equipo en una unidad incluye muchos factores que no se pueden prever en un análisis preliminar de riesgo global, hay algunos aspectos clave que pueden intensificarse fácilmente y ser tratados como sigue. Se debe aplicar un factor para estructura de acuerdo con las siguientes indicaciones:

- 1) Para estructuras abiertas de proceso sin pisos intermedios sólidos o diques locales y con más de 5 Tons. de material inflamables presentes en un recipiente cuya base tenga una elevación de 7 metros sobre el nivel del piso, úsease un factor de 50.
- 2) Para estructuras abiertas de proceso, de altura de más de 7 metros, conteniendo entre 1 y 5 Tons. de material inflamable arriba de los 7 metros, sin pisos intermedios sólidos o diques locales, úsease un factor de 30.
- 3) Para estructuras abiertas de proceso, de altura de más de 7 metros, donde hayan sido adaptados localmente diques individuales justamente abajo de todos los recipientes elevados que contengan 1 Ton. o más de material inflamable, úsease un factor de 15.
- 4) Para estructuras abiertas de proceso sin pisos intermedios sólidos o diques locales y con una altura menor de 7 metros, conteniendo más de 5 Tons. de material inflamable presente en o arriba de una elevación de 3 metros sobre el nivel del piso, úsease un factor de 25.
- 5) Para estructuras abiertas de proceso, con altura menor de 7 metros, conteniendo menos de 5 Tons. de materiales inflamables con o sin diques locales o con o sin pisos intermedios sólidos, úsease un factor de 10.
- 6) Para plantas dentro de edificios que tengan una ventilación menor de 6 cambios de aire por hora y contengan más de 5 Tons. de material inflamable por piso (pisos sólidos), úsease un factor de 100.
- 7) Para plantas en el interior de edificios que tengan una ventilación de más de 25 cambios por hora, conteniendo 5 Tons. o más de material inflamable, úsease un factor de 20.
- 8) Para casas de compresor donde se manejen gases inflamables, úsease un factor de 200 si las paredes son continuas hasta el nivel del piso pero en caso de un cobertizo con ventiladores de caballete, estilo Dutch, úsease solamente 40.

- 9) Si la unidad es un edificio o estructura conteniendo materiales inflamables que tengan una densidad de gas o vapor relativa a la del aire de 3 o más y el patrón de ventilación sea solamente hacia arriba, úsese un factor de 100. Si la unidad está sujeta a ventilación natural solamente, úsese un factor de 50. Si se cree que el material inflamable va a formar una niebla en el edificio o estructura, trátase como si tuviera una densidad de 3 o más. Si la unidad cuenta con extracción de aire por la parte inferior, no se requiere factor de riesgo para los arreglos que incluyan escapes de materiales densos.

b) Efecto Dominó.

Cuando unidades de proceso o edificios se localizan juntos, un incidente en una unidad puede involucrar unidades adyacentes por el efecto Dominó. Aquí se considera el debilitamiento de estructuras por fuego, explosión, colapso de los cimientos, etc.; lo principal es asegurarse de que haya suficiente espacio de manera que las unidades que se estén cayendo no lo hagan en las unidades vecinas. Además, se debe considerar la propagación a unidades adyacentes por medio de corrientes de líquido en combustión o gas o chispas o brasas u otros medios.

Se puede obtener recomendaciones para evitar efectos Dominó en el arreglo una Planta de Aseguradores, Autoridades sobre Fuego o Inspectores de Fábricas y otros, para asegurar escapes de seguridad o reducir las pérdidas causadas por fuego y explosión. Debido a que no hay un acuerdo uniforme en estándares sobre espaciamiento y porque las consecuencias de un incidente son diferentes para varias actividades industriales, no hay ninguna base para un arreglo "normal" de equipo en las plantas. Sin embargo está claro que las unidades de proceso muy altas tienen más probabilidad de crear un efecto Dominó, especialmente si son unidades altas con una base pequeña. Se sugieren los siguientes factores para estas características:

- 1) Si la unidad tiene más de 20 metros de altura, se debe añadir un factor de acuerdo con la siguiente escala, EXCEPTO EN LOS CASOS DE UNIDADES DE ALMACENAMIENTO:

Altura de 20 a 30 metros: factor de 20
Altura de 30 a 40 metros: factor de 40
Altura de 40 a 60 metros: factor de 150

- 2) Dependiendo de la proporción de dimensiones entre la altura y la base de la unidad, si requiere un factor adicional cuando la unidad tenga más de 15 metros de alto, como sigue:

Cuando la altura sea entre 3 y 5 veces la dimensión (largo o ancho) del área normal de trabajo más pequeña, úsese un factor de 25.

Si la altura es entre 5 y 8 veces la dimensión del área normal de trabajo más pequeña, úsese un factor de 50.

Si la altura es entre 8 y 12 veces la dimensión del área normal de trabajo más pequeña, úsese un factor de 100.

Si la altura es más de 12 veces la dimensión del área normal de trabajo más pequeña, úsese un factor de 10 VECES la relación entre la altura y el área normal de trabajo más pequeña.

c) Áreas Subterráneas.

Si la estructura de la unidad o el edificio de la planta incluye áreas subterráneas, fosas de recolección o separación, fosas de bombeo u otras abajo del nivel del piso, colocadas dentro del área normal de trabajo de la unidad, úsese un factor de 150. Este factor no se debe aplicar a áreas rodeadas de diques alrededor de tanques de almacenamiento, esferas, etc., que puedan incluir una excavación abajo del nivel de piso terminado.

Tampoco se debe aplicar a secciones consideradas por separado por ser unidades de tratamiento o separación de efluentes, o fosas, siempre que estén separadas de las áreas de drenaje de la unidad de proceso. A los tanques enterrados se les da un factor de 0 a 50.

d) Drenaje superficial.

Si una unidad de proceso tiene un área de contención de derrame donde el gradiente y/o drenaje a otra fosa es tal que el derrame de la unidad pueda producir un charco de líquido inflamable de más de 2" (50 mm) en el centro del área bajo la estructura o equipo de la unidad de proceso, úsese un factor de 100.

e) Otros aspectos.

Si cualquier unidad de procesos que ocupe un área neta que exceda de 400 m² no se rodea por tres lados por caminos de acceso de 7 metros de ancho como mínimo, úsese un factor de 75.

Cuando parte de la unidad de proceso corresponde a almacenamiento de materias primas, productos intermedios o finales con una capacidad para más de 12 horas de demanda o producción, úsease un factor dependiente de la capacidad de almacenamiento involucrada. Determine la más alta capacidad en el proceso para cada material como un valor h horas; luego úsease para la tabulación de este aspecto, un factor dado por: $2(h - 12)$.

Si la unidad de proceso que está siendo estudiada se localiza a menos de 10 metros de la casa de control principal, cafetería, oficinas o límite de talleres, aplíquese un factor de 50; sin embargo, si la unidad está construida sobre o abajo de la casa de control, oficinas, etc., úsease un factor de 250 en lugar de 50.

RIESGO POR LA ELECTRICIDAD

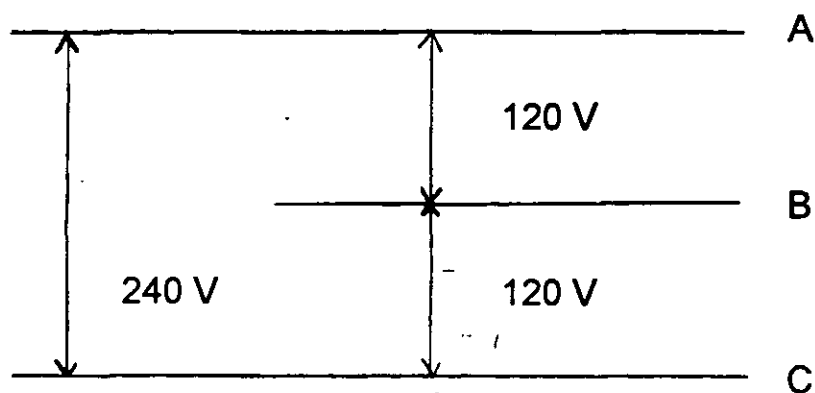
- 1.- SISTEMAS DE GENERACION, TRANSFORMACION Y DISTRIBUCION DE 60 HZ.**
- 2.- SELECCION APROPIADA DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR Y DEL DISPOSITIVO DE PROTECCION.**
- 3.- OSHA**
- 4.- LOS ACCIDENTES ELECTRICOS.**
- 5.- CLASIFICACION DE INSTALACIONES Y DE EQUIPO ELECTRICO.**
- 6.- CARGAS ELECTRICAS ESTATICAS.**

SISTEMAS DE GENERACION, TRANSFORMACION Y DISTRIBUCION DE 60 HZ.

Sistema eléctrico doméstico usual:

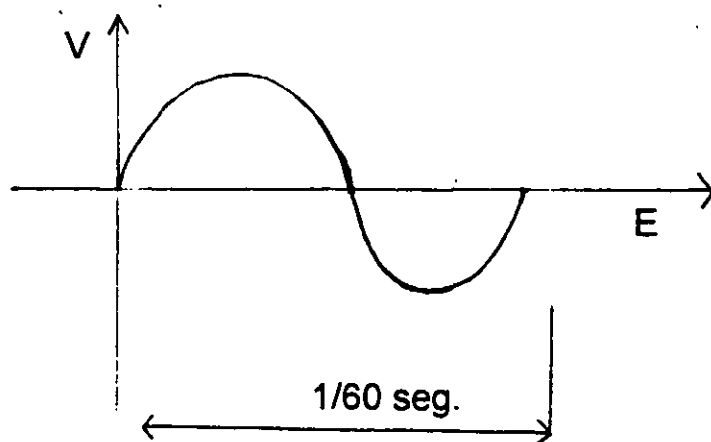
120/240 V, 60 Hz

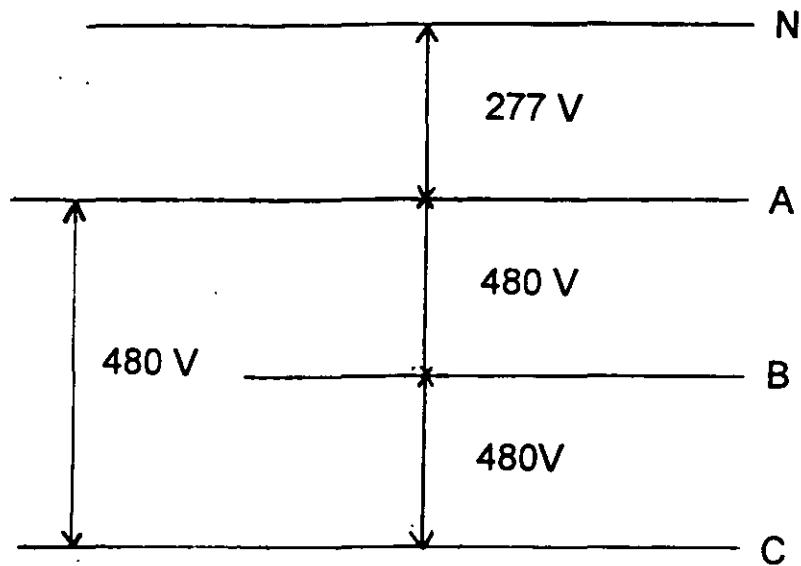
El valor del voltaje es la raíz cuadrada media



$$V_{AB} = V_{BC} = 120 \text{ V}$$

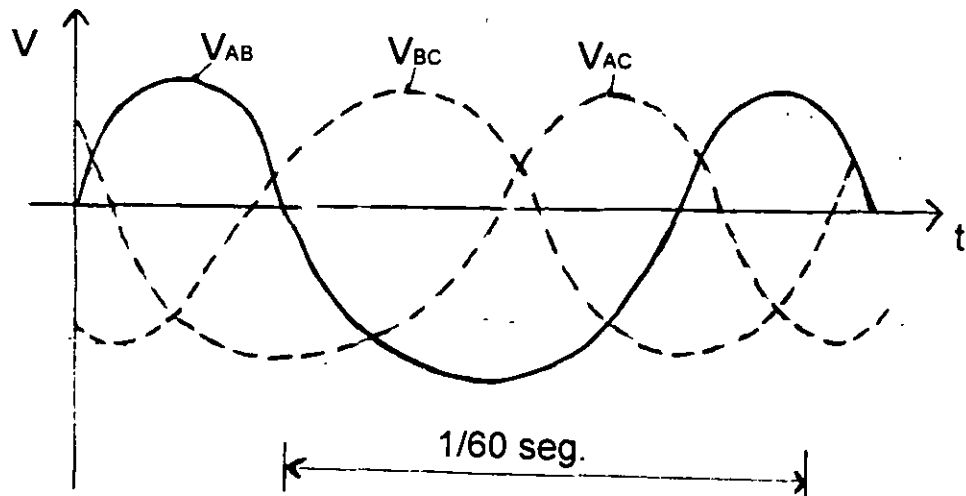
$$V_{AC} = 240 \text{ V.}$$

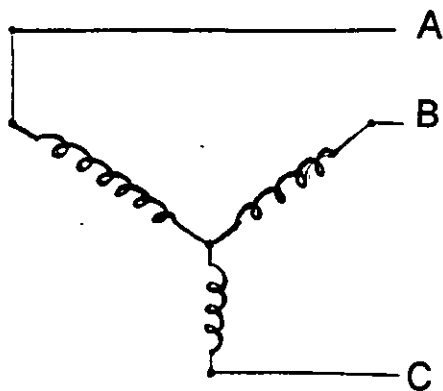




$$V_{AB} = V_{BC} = V_{AC} = 480V$$

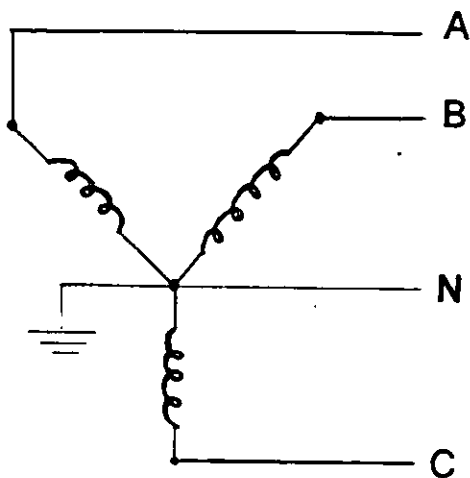
$$V_{AN} = V_{BN} = V_{CN} = \frac{480}{\sqrt{3}} = 277V$$





$$V_{AB} = V_{BC} = V_{AC}$$

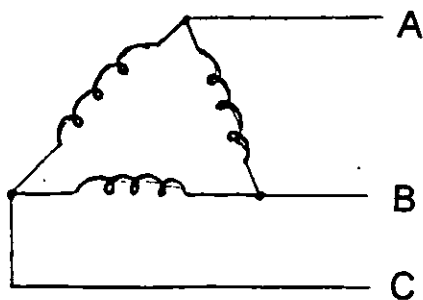
Y No Aterrizado



$$V_{AB} = V_{BC} = V_{AC}$$

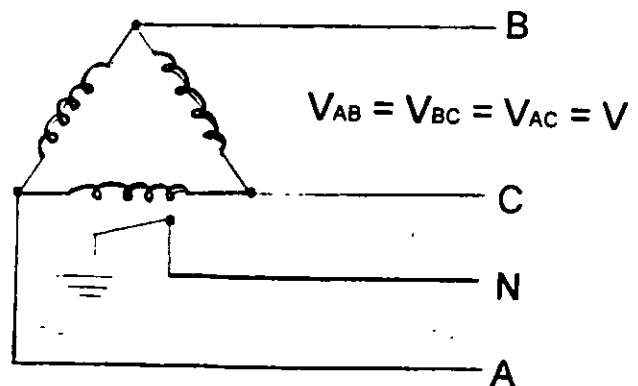
$$V_{AN} = V_{BN} = V_{CN} = \frac{V_{AB}}{\sqrt{3}}$$

Y Aterrizado



$$V_{AB} = V_{BC} = V_{AC}$$

Delta



$$V_{AB} = V_{BC} = V_{AC} = V$$

$$V_{AN} = V_{CN} = \frac{V}{2}$$

$$V_{BN} = \frac{\sqrt{3}}{2} V$$

SELECCION APROPIADA DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR Y DEL DISPOSITIVO DE PROTECCION

La mayoría de los accidentes industriales relacionados con la electricidad en los sistemas eléctricos resultan por inhabilidad para:

- . Llevar la carga sin generación de excesivo calor.
- . Manejar seguramente un corto-circuito o una falla a tierra cuando ocurran.

Los factores que determinan el calibre adecuado de un conductor son:

- . La temperatura ambiente.
- . El calor generado internamente en el conductor.
- . La disipación de calor en el medio ambiente.
- . El efecto de conductores adyacentes con carga.

Otros Factores Importantes:

- . Capacidad adecuada de los dispositivos o equipos de protección.
- . Impedancia y otras características de los circuitos.

OSHA

(Occupational Safety and Health Administration)

La OSHA determinó que los peligros eléctricos en el lugar de trabajo tienen Riesgo significativo de daño o muerte para los empleados.

Como un medio de protección contra esos peligros, la OSHA estableció el documento: "Design Safety Standards for Electrical Systems" conocido como 29 CFR Part 1910, Sub part S. tomando como base el NEC (National Electrical Code).

La NFPA (National Fire Protection Association) publicó el documento "NFPA 70E, Electrical Safety Requirements for Employee Work places" como un estándar de seguridad eléctrica en los lugares de trabajo, con los siguientes criterios:

Parte I Requerimientos de Seguridad de la Instalación.

Parte II Requerimientos de Trabajos relacionados con Seguridad.

Parte III Requerimientos de Mantenimientos relacionados con Seguridad.

Parte IV Requerimientos de Seguridad de Equipo Especial

El National Center for Health Statistics reporta aproximadamente 1000 electrocuciones accidentales en EUA (25% en industria y campo).

Los accidentes eléctricos por lo general son causados por tres factores:

- . Comportamiento inseguro en el trabajo.
- . Trabajo con equipo inseguro.
- . Condiciones ambientales.

La causa más común es la falla en desenergizar el equipo eléctrico durante las reparaciones o inspecciones.

También en EUA, anualmente mueren de 1 a 2 personas y 5 son dañadas por descargas eléctricas (rayos) mientras hablan por teléfono.

Las instalaciones y equipos eléctricos en lugares peligrosos se clasifican en Clase I, II y III conforme a:

- . Densidad de vapores y límites explosivos.
- . Fuentes de ignición.
- . Requerimientos de ventilación.
- . Temperatura de la superficie (de equipos).

En el caso de cargas estáticas se requieren 4 condiciones simultáneas para producir fuego o explosión:

- . Un método para generación de carga estática.
- . Habilidad para almacenar carga a un voltaje.
- . Una cantidad mínima de energía almacenada (energía de ignición).
- . Creación de una chispa en un ambiente inflamable.

Las formas de eliminar o mitigar los efectos indeseables o peligrosos de generación de carga estática incluyen:

- . Humedad
- . Generación de iones
- . Control directo de conductividad
- . Conexión a tierra
- . Descarga pasiva

RIESGOS MECANICOS

ANTECEDENTES

CONSIDERACIONES GENERALES

ESFUERZO Y RESISTENCIA

FATIGA

- . Método Estadístico
- . Mecánica de Fractura Probabilística

SEGURIDAD DE SISTEMAS MECANICOS

El objetivo de los estudios de confiabilidad de Componentes Mecánicos (cojinetes de rodamientos, engranes, etc.) es el de predecir correctamente desde la etapa de diseño su confiabilidad, en particular los componentes estructurales o partes.

Anteriormente se empleaba el concepto de "margen de seguridad", sin embargo se encontró lo siguiente con este concepto:

- . Es ineficiente para prevenir fracturas.
- . Con frecuencia lleva a pesos y costos excesivos. (especialmente en la industria espacial)

Lo anterior llevó a definir estadísticamente los conceptos de Esfuerzo y Resistencia, lo cual dió origen al método probabilístico para calcular la confiabilidad de componentes mecánicos modelando los esfuerzos y la resistencia de los componentes.

En el caso de grandes estructuras y casi únicas (sin estadísticas), el único medio de evaluar su confiabilidad es por el desarrollo de modelos probabilísticos de su comportamiento mecánico, mediante una nueva disciplina llamada "mecánica de fracturas probabilística".

El "Margen de Seguridad" MS, se define como la relación:

$$MS = \frac{\text{Resistencia}}{\text{Esfuerzo aplicado}} = \frac{S}{\bar{I}} > 1$$

Para determinar la resistencia S, algunas veces se utiliza un factor multiplicador de seguridad a partir de la resistencia de cedencia del material.

La resistencia solo puede ser representada por una distribución, ya que no puede ser encontrada determinísticamente porque los materiales:

- . Son heterogeneos.
- . Tienen dimensiones imprecisas.
- . Tienen diferentes métodos de fabricación.

Lo anterior también es para el esfuerzo aplicado que puede variar de acuerdo al ambiente o uso del componente mecánico.

En la fig. 1 puede observarse que bajo ciertas circunstancias el esfuerzo $\bar{I}$ puede ser mayor que la resistencia S y causar la fractura del componente mecánico.

Por lo anterior, el cálculo probabilístico es el único medio de relacionar el margen de seguridad con un nivel de confiabilidad, y no su cálculo con el valor promedio de la distribución.

"La confiabilidad de un componente mecánico es la probabilidad de que S sea mayor que $\bar{I}$ ".

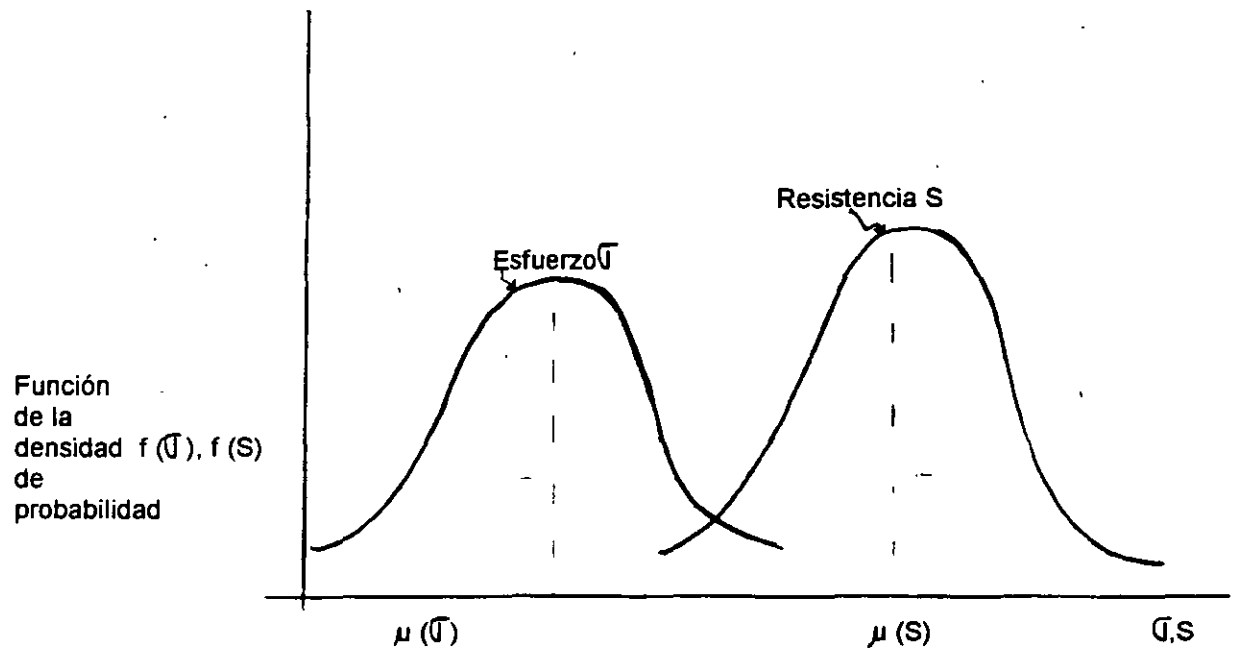


FIG. 1 ESFUERZO σ Y RESISTENCIA S : METODO PROBABILISTICO

ESFUERZO Y RESISTENCIA

La evaluación de la confiabilidad R consiste en calcular la probabilidad P que la Resistencia S exceda efectivamente el esfuerzo aplicado σ durante toda la misión considerada.

$$R = P [\sigma < S]$$

Considerando las funciones de densidad de probabilidad $f_1(\sigma)$ y $f_2(S)$ de la fig. 2, la probabilidad P de tener una resistencia S mayor que σ es:

$$P [S > \sigma] = \int_{\sigma}^{+\infty} f_2(S) dS$$

Por lo tanto, la Confiabilidad R puede escribirse como:

$$R = \int_{-\infty}^{+\infty} f_1(\sigma) \left[\int_{\sigma}^{+\infty} f_2(S) dS \right] d\sigma$$

Dada una resistencia inicial S_2 , puede mostrarse que:

$$R = P [S > \sigma] = \int_{-\infty}^{+\infty} f_2(S_2) \left[\int_{-\infty}^{+\infty} f_1(\sigma) d\sigma \right] dS_2$$

Los métodos para resolver ésta ecuación son.

- . Gráfico
- . Monte Carlo
- . Analítico

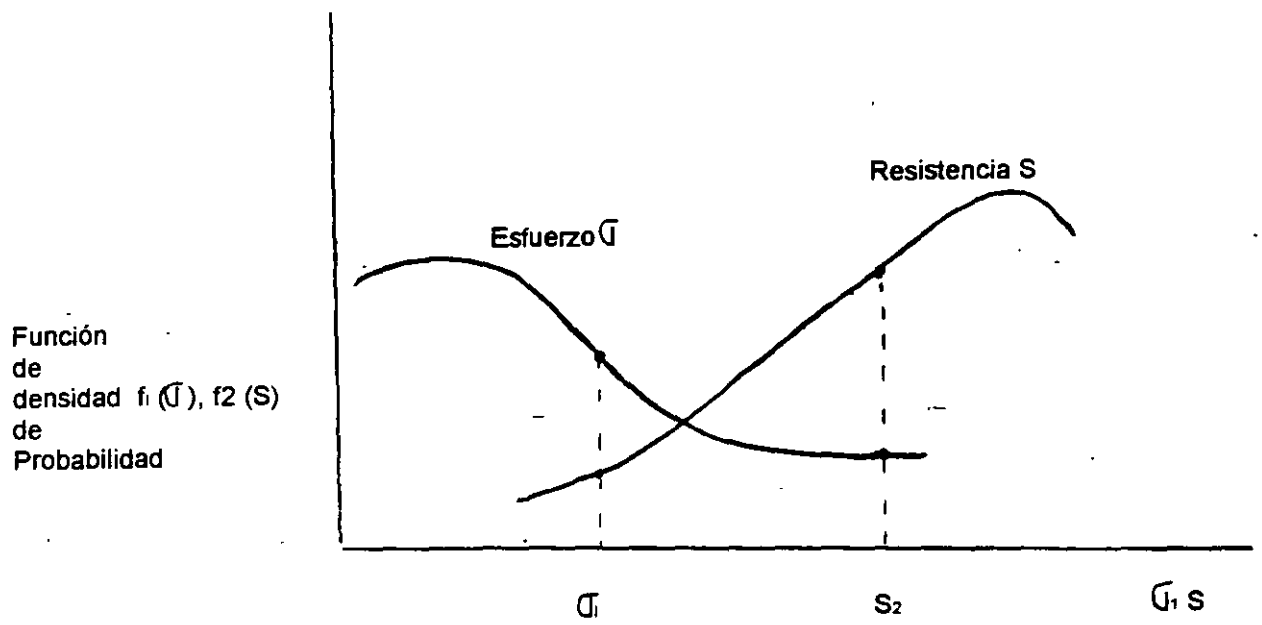


FIG. 2 EVALUACION DE LA CONFIABILIDAD

FATIGA

La aplicación periódica de cargas causa cambios en las propiedades del material.

Esto origina el fenómeno de fatiga que puede resultar en la fractura del componente mecánico a esfuerzos que con frecuencia son menores que el esfuerzo de cedencia del material.

Esta fractura origina una grieta que se extiende progresivamente hasta que la sección restante no puede soportar la carga aplicada.

El método probabilístico de éste fenómeno involucra:

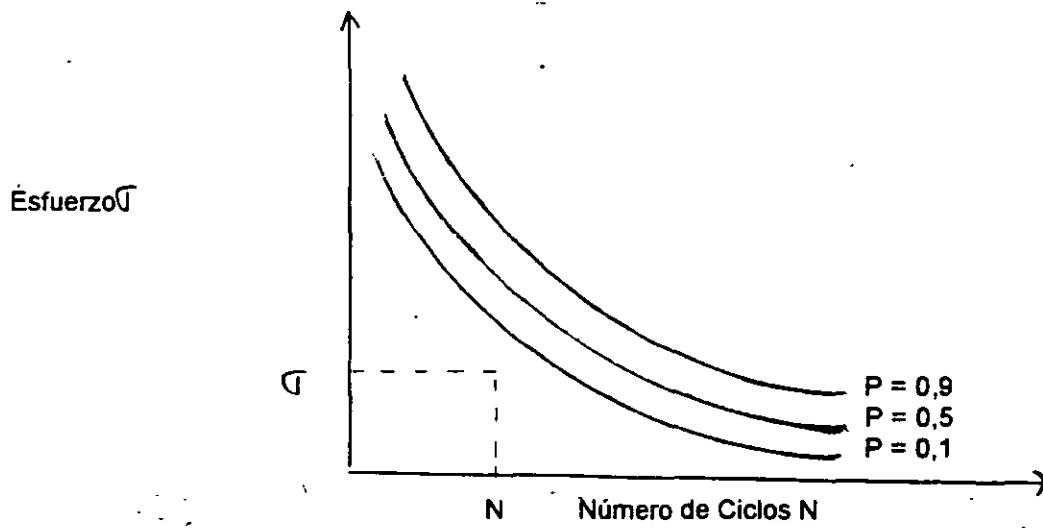
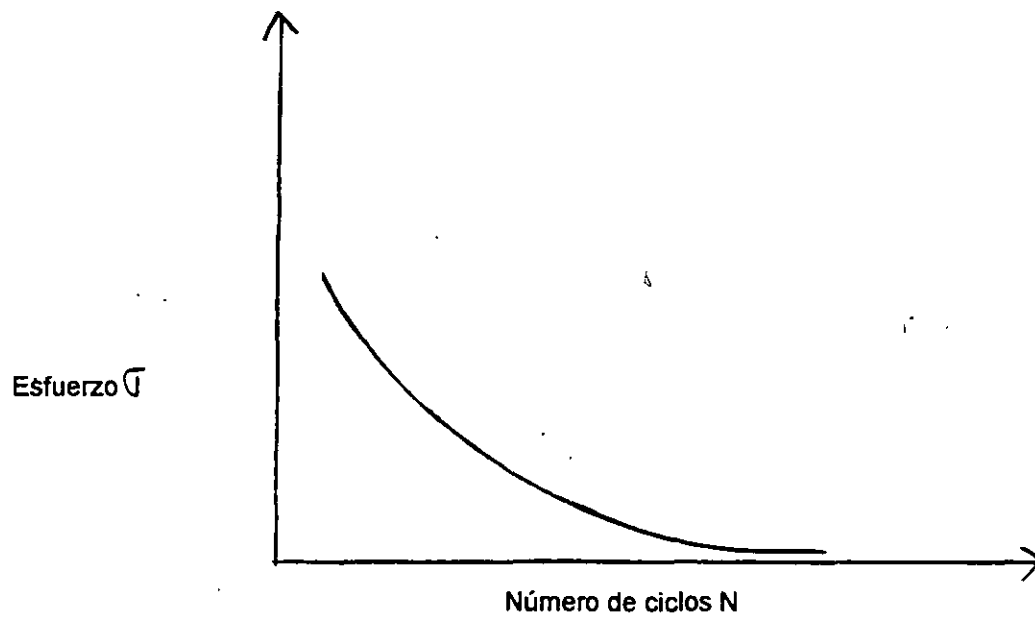
- . Un tratamiento estadístico.
- . Mecánica de fractura probabilística.

Método estadístico. Si se aplica a una muestra de prueba un esfuerzo periódico de ciclos senoidales de una amplitud máxima σ y una frecuencia constante, ocurre una fractura después de un número de N ciclos.

Cuando se varía el esfuerzo máximo, el resultado es una curva S-N conocida como de duración (Fig. 3). Por lo general se observan tres diferentes dominios en esta curva:

- . Una sección de deformación plástica correspondiente a esfuerzo alto.
- . Una sección de fatiga limitada o de duración.
- . Una sección de duración ilimitada o sección de seguridad.

La Fatiga es un fenómeno aleatorio como se evidencia por la dispersión de las características de la resistencia a la Fatiga de componentes aparentemente idénticos. Esta aleatoriedad del fenómeno de fatiga se deduce de la Fig. 4.



Mécanica de Fractura Probabilística

Por lo general la habilidad de los materiales a resistir la fractura es más baja por varias órdenes de magnitud que su resistencia teórica, la cual está basada en la energía de cohesión del enrejado de cristales. Este bajo valor se debe a la presencia de imperfecciones pre-existentes en los materiales.

Bajo ciertas condiciones los defectos se propagan por el efecto de las cargas.

En una estructura sujeta a fatiga, un defecto cuyo tamaño no es crítico, puede volverse crítico por la propagación lenta bajo el efecto de la variación del esfuerzo.

De acuerdo a la teoría de la mecánica de fractura, ocurre una falla catastrófica cuando $K_I > K_{Ic}$, donde:

- . K_I es el factor de intensidad del esfuerzo, que es una medida del nivel de esfuerzo en el componente mecánico, tomando en cuenta la grieta.
- . K_{Ic} es la tenacidad, que es la habilidad del material a resistir la repentina propagación de una grieta.

SEGURIDAD DE SISTEMAS MECANICOS

Los métodos de Análisis Predictivo son aplicables a sistemas mecánicos o a sistemas con componentes mecánicos en la medida en que se identifican los componentes mecánicos.

Los Análisis de Modos de Falla y Efectos son eficientes para identificar modos de falla relevantes así como sus efectos (por ejemplo, esfuerzos) sobre otros componentes mecánicos.

Como una regla, se debe determinar los esfuerzos aplicados a los diferentes componentes.

Cuando los componentes soportan los esfuerzos usuales y están disponibles datos de seguridad adecuados se usa el método de "sistemas".

Para estructuras mecánicas que existen en número limitados el método anterior no siempre es posible, y se deben usar los métodos de evaluación de la confiabilidad mecánica descritos anteriormente.

RIESGOS POR RADIOACTIVIDAD

- 1.- PROBLEMAS PRINCIPALES.**
- 2.- PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE OPERACION DE PLANTAS NUCLEOELECTRICAS (PNE).**
- 3.- SEGURIDAD DE LAS PNE.**
- 4.- FUSION DEL NUCLEO DEL REACTOR DE UNA PNE.**
- 5.- EVALUACION PROBABILISTICA DE RIESGO (EPR)**
- 6.- LA GUIA PARA LA EPR.**
- 7.- METAS DE SEGURIDAD CUANTIFICADAS.**
- 8.- OBJETIVOS DE SEGURIDAD DE PNE.**
- 9.- EL ACCIDENTE DE LA ISLA DE TRES MILLAS (TMI).**

RIESGOS POR RADIOACTIVIDAD

PROBLEMAS PRINCIPALES

Los principales problemas de Riesgos por Radioactividad se tienen en las Plantas Nucleoeléctricas (PNE).

El mayor Riesgo o peligro en una PNE resulta de la formación de productos radioactivos durante la fisión de átomos.

Bajo condiciones normales de operación, las PNE solo liberan muy poca cantidad controlada de productos radioactivos, sin embargo, no deben dejarse de considerar los accidentes que causan liberación de grandes cantidades de productos radioactivos y que crean Riesgos significativos a la población vecina.

La liberación de grandes cantidades de productos radioactivos, puede ocurrir si se funde el núcleo del reactor, por lo tanto, la seguridad nuclear está dirigida totalmente a prevenir la ocurrencia de tales accidentes, mediante:

- . La dotación de numerosos sistemas de seguridad a la PNE.
- . La mitigación de sus efectos en caso de ocurrencia.

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE OPERACION DE UNA PNE

El principio general de operación de una PNE es el mismo que el de una Planta Termoeléctrica y esta basado en los dos elementos siguientes:

- . Una fuente de calor (en la PNE un reactor nuclear) para evaporar el agua.
- . Una fuente de vapor (generador de vapor) para mover una turbina acoplada a un generador eléctrico de potencia.

La PNE está hecha esencialmente de lo siguiente:

- . Un edificio del reactor que comprende una estructura de concreto llamada contenedor debido a su función de protección.
- . Un edificio que contiene el equipo nuclear auxiliar.
- . Un edificio para acomodar los medios para la generación de potencia eléctrica.

Dentro del Contenedor se encuentra el reactor nuclear que cuenta entre otras partes con lo siguiente:

- . La vasija o recipiente del reactor conteniendo el núcleo en donde tiene lugar la fisión de los átomos de Uranio-235 que liberan calor. El núcleo es enfriado con agua normal que circula por el exterior del recipiente en circuitos.
- . Los cambiadores de calor (generadores de vapor) en donde el sistema primario de agua transfiere su calor al sistema secundario.

SEGURIDAD DE LA PNE

La Seguridad de la PNE se logra por medio de la siguiente:

- . Un mínimo de cubiertas, llamadas "barreras" que separan el combustible del público.
- . Sistemas elementales que deben operar en el evento de un mal funcionamiento.

Una PNE del tipo RAP (Reactor de Agua a Presión) está provista con una serie de tres barreras.

- . La cubierta o camisa que contiene las pastillas de combustible.
- . El sistema primario.
- . El contenedor.

Algunos de los sistemas elementales que tienen funciones de seguridad "(safety-related-systems)" son los siguientes:

- . Sistema de disparo del reactor, hecho de un grupo de varillas de control, diseñado para detener la reacción de fisión.
- . Sistema de agua de alimentación auxiliar que actúa en el evento de pérdida del sistema de agua de alimentación normal.
- . Sistema de inyección de seguridad que inyecta agua fría boratada en el sistema primario cuando baja la presión en éste sistema.

LA FUSION DEL NUCLEO DEL REACTOR

La fusión del núcleo del reactor puede resultar, por ejemplo, por la prolongada ausencia del núcleo.

El combustible nuclear continua liberando calor después de que se ha parado la reacción nuclear.

Si éste calor no es removido por un enfriamiento como agua, la temperatura del combustible se eleva hasta que se funde.

Los productos radioactivos podrían ir al sistema primario de agua y al aire del edificio del reactor.

La forma en que éstos productos se dispersan por último en el ambiente, depende mucho de las condiciones atmosféricas. Estos productos pueden tener los siguientes efectos:

- . Muerte inmediata de individuos expuestos a dosis muy altas de radiación.
- . Muerte por cáncer de habitantes expuestos a dosis altas de radiación.
- . Desalojo de población de las áreas contaminadas.

EVALUACION PROBABILISTICA DE RIESGO (EPR)

La primera EPR (Reporte Rasmussen) de una PNE tuvo los siguientes resultados:

- . La probabilidad de que se funda el núcleo de un reactor nuclear, fue estimada en alrededor de 5×10^{-5} /año, y sus consecuencias al ambiente menores (menos de una muerte).
- . El peligro de riesgo al ambiente y a la población es muy pequeño.

El reporte Rasmussen fue evaluado en el llamado reporte Lewis, que criticó numerosos aspectos, especialmente encontró fallas con incertidumbres en la evaluación que fue considerada subestimada.

La NRC (Nuclear Regulatory Commission) de EUA rechazó posteriormente el reporte Rasmussen, aunque adoptó sus recomendaciones, concluyendo que hubo fuentes conservadoras y no-conservadoras en el estudio y no fue capaz de contestar a la pregunta ¿Fue el riesgo subestimado o sobrestimado? Entre éstas fuentes, pueden citarse las siguientes:

- . Falla en tomar en cuenta la recuperación del error humano durante el accidente.
- . Falla de exhaustividad del estudio de la secuencia del accidente.
- . La forma de tratar las causas de falla comunes.
- . La propagación de inconsistencias de incertidumbres en los cálculos.

LA GUIA PARA LA EVR

La NRC, el DOE (Department of Energy) y el EPRI (Electric Power Research Institute) emitieron una Guía para la aplicación del método de la EPR, dirigido a:

- . Describir el procedimiento para las organizaciones que deseen realizar dichos análisis.
- . Presentar los métodos disponibles que fueron adaptados a la industria nuclear.

La Guía para la aplicación de métodos de la EPR identifica tres niveles principales:

- . 1er Nivel.- Análisis e identificación de las secuencias del accidente, dirigido a evaluar la probabilidad de fusión del núcleo.
- . 2º Nivel.- Análisis del proceso físico de fusión del núcleo y los modos de falla del contenedor.
- . 3er Nivel.- Análisis del transporte de productos radioactivos en el ambiente y sus consecuencias.

Un análisis que cubra solo los primeros dos niveles se conoce como Evaluación Probabilística de Seguridad, EPS.

METAS DE SEGURIDAD CUANTIFICADAS

Se han propuesto y usado numerosas metas de seguridad cuantificadas para la tarea de decisiones tanto en el diseño como en la operación de los sistemas industriales.

Estas metas se definen bajo las tres consideraciones siguientes:

- . Elección de la meta basada en observaciones estadísticas.- Dada la estadística del accidente se busca en el futuro un mejor record; se llega a la meta ajustada dividiendo el dato estadístico entre un coeficiente que represente la ganancia en seguridad.
- . Elección de la meta basada en razonamiento económico.- El riesgo se compara con la utilidad (con frecuencia evaluada en términos financieros) para el individuo o para la comunidad como en todo, pudiendo considerarse los pros y contras de cada actividad humana. Este tipo de consideración se caracteriza por recomendaciones como : "tan bajo como sea razonablemente posible o logable".
- . Elección de la meta basada en el riesgo individual o colectivo aceptable.- Los niveles de riesgo aceptables pueden determinarse estudiando los riesgos individuales o colectivos incurridos por la sociedad, a partir de los cuales se fija la meta de seguridad.

OBJETIVOS DE SEGURIDAD DE PNE

La NRC propuso objetivos de seguridad cualitativos y cuantitativos para establecer las bases de regulaciones de seguridad que:

- . Ayuden al público a entender y aceptar los riesgos.
- . Ayuden a tomar decisiones en el diseño y operación de PNE:

Los objetivos de seguridad cualitativos son los siguientes:

- . El público en la vecindad de las instalaciones debe estar adecuadamente protegido contra consecuencias potenciales.
- . El riesgo colectivo a la vida y a la salud por la operación de una PNE debe ser comparable o menor a los riesgos por generación de técnicas alternas y factibles.

Los objetivos de seguridad cuantitativos son los siguientes:

- . La probabilidad de muerte inmediata de un individuo en la vecindad del sitio debida a accidentes de una PNE no debe exceder de 1/1000 de las probabilidades de muerte inmediata acumulativa por otros accidentes.
- . La probabilidad de muerte inducida por cáncer en el individuo que puede resultar de la operación de una PNE no debe exceder de 1/100 de la probabilidad de muerte inmediata acumulativa imputable a cáncer inducido por otras causas.
- . Los beneficios para la sociedad de una reducción adicional en la mortalidad deben ser comparados con el ahorro radiológico y costo financiero sobre la base de 1000 dólares ahorrados por hombre-rem.
- . La probabilidad de un accidente en una PNE resultante en una fusión del núcleo extensivo debe permanecer normalmente por abajo de 10^{-4} /reactor-año.

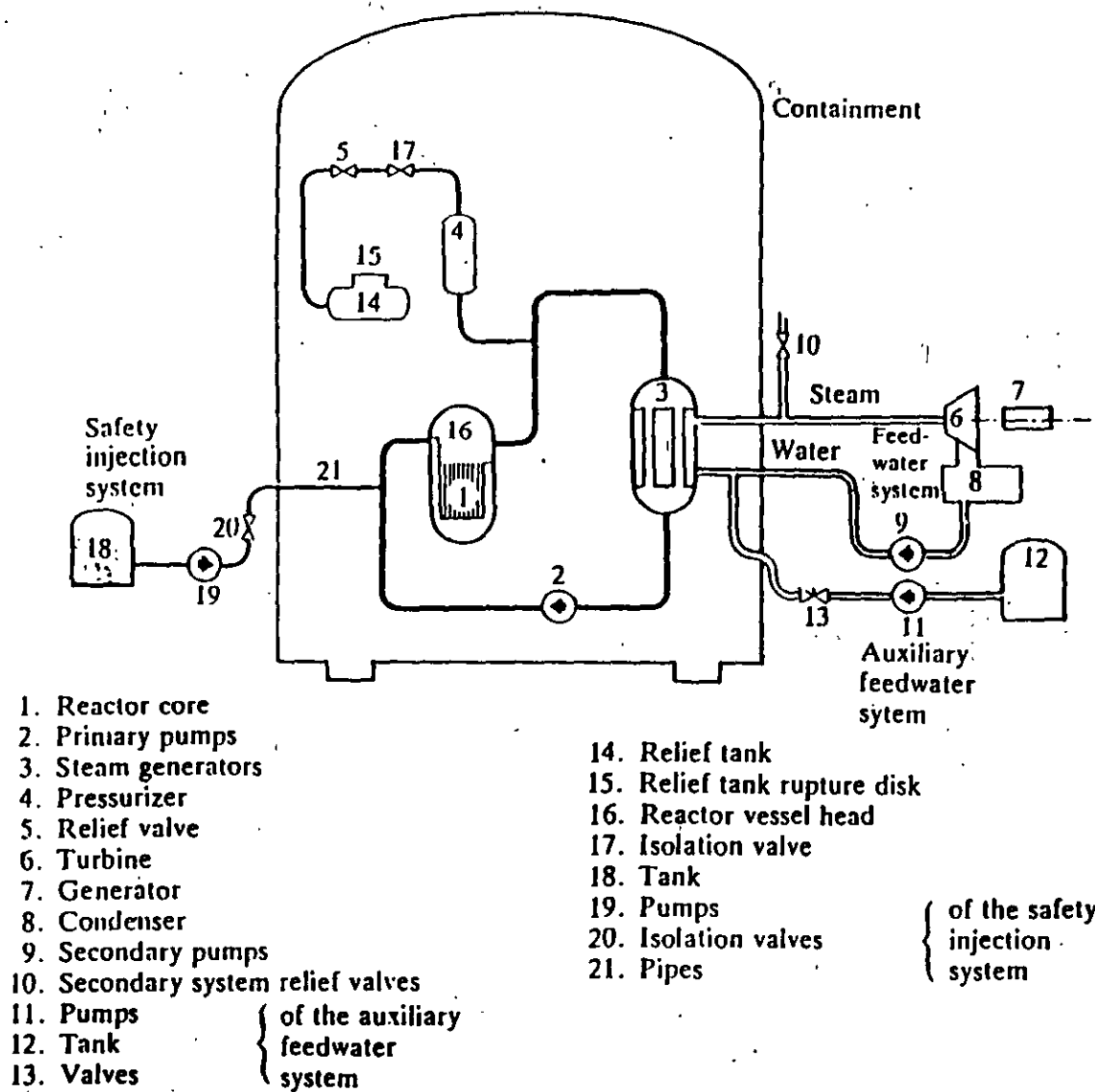


Figure . . . Flow diagram of a pressurized water reactor.



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

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN RIESGO AMBIENTAL

Del 7 al 18 de Abril de 1997.

MODULO II

ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL

TEMA: 5) RIESGO POR FACTORES NATURALES

a) GEOLÓGICOS E HIDROMETEREOLÓGICOS

- * SISMICIDAD Y VULCANISMO**
- * CICLONES, INUNDACIONES, SEQUÍAS, TORMENTAS DE GRANIZO Y NEVADAS**

b) BIOLÓGICOS

- * CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, DESERTIFICACIÓN Y EPIDEMIAS**

c) SOCIALES

- * INTERRUPCIÓN DE SERVICIOS Y SISTEMAS VITALES,
CONCENTRACIONES MASIVAS DE POBLACIÓN**

**INSTRUCTOR:
ING. JOSÉ MA. REBÓN GALLARDO**

3. RIESGO POR FACTORES NATURALES

3.1 Geológicos e hidrometeorológicos

SISMICIDAD Y VULCANISMO

Lo que usualmente experimentamos como un sismo o temblor, es la propagación de ondas a través de las rocas que constituyen nuestro planeta.

Desde el punto de vista del riesgo sísmico, nos interesan los grandes terremotos que ocurren naturalmente en zonas bien definidas de nuestro planeta.

Actualmente sabemos que dichos terremotos ocurren por el rompimiento abrupto de las rocas como consecuencia de las fuerzas de tensión o compresión a que están sujetas. Estos rompimientos ocurren a lo largo de superficies, en las cuales las rocas se deslizan unas con respecto a otras. Tales superficies se conocen como fallas geológicas.

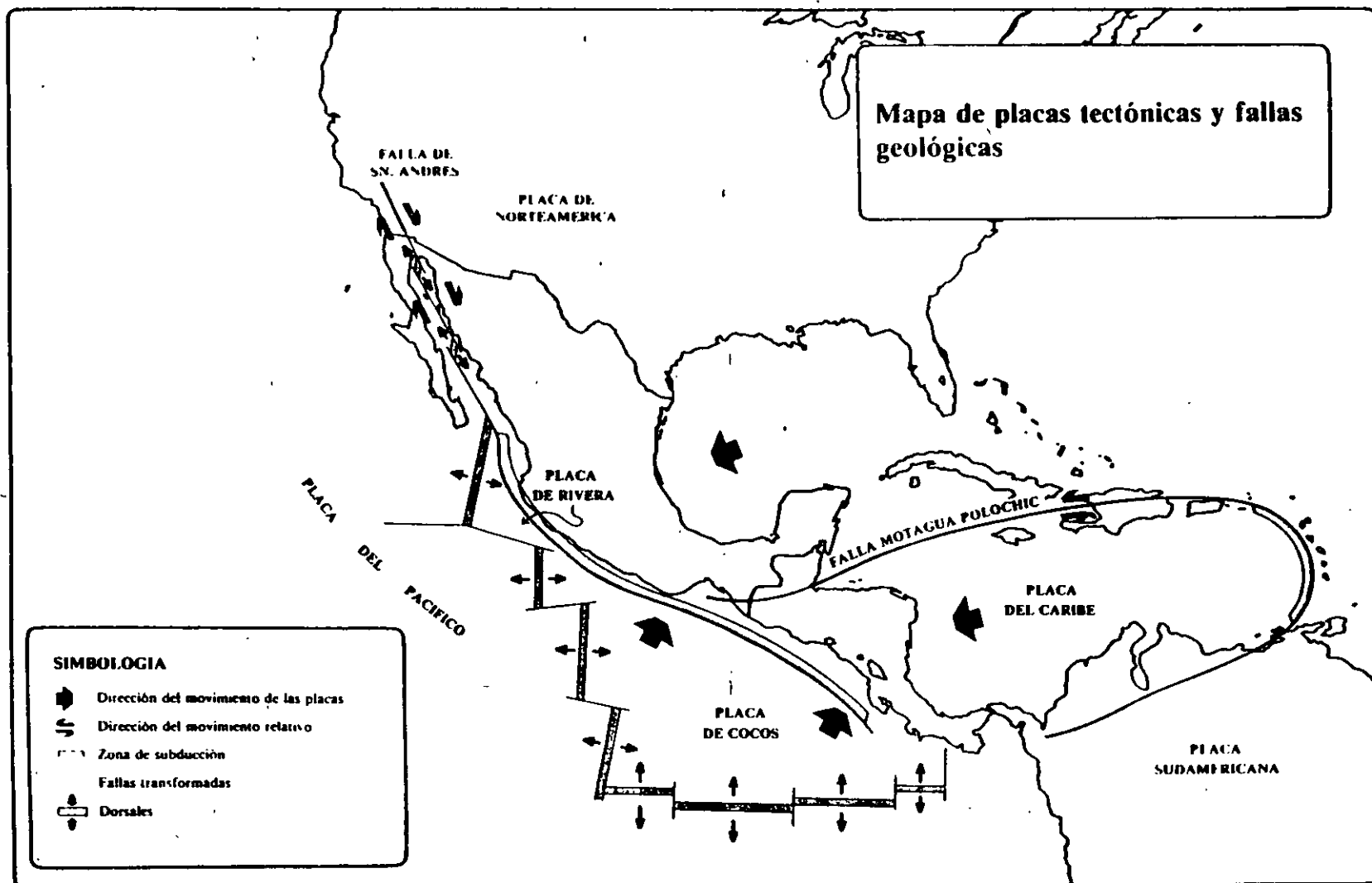
La razón por la que se presentan esas fuerzas de tensión o compresión es debida a que el cascarón más externo de nuestro planeta, la litosfera, formada por la capa rocosa rígida más superficial de la Tierra, esta fragmentada en un mosaico irregular de placas rígidas y móviles llamadas tectónicas, a manera de casquetes, que pueden contener tanto porciones continentales como porciones de corteza del fondo oceánico. Estas placas se mueven, una con respecto a la otra a lo largo de grandes zonas de fractura, y es ahí donde se originan generalmente los más grandes terremotos.

La sismicidad en el territorio nacional se debe principalmente a la actividad de las placas tectónicas y fallas geológicas que lo cruzan y circundan. La República Mexicana se encuentra ubicada en una de las zonas de más alta sismicidad en el mundo; esto se debe a que su territorio está localizado en una región donde interactúan cinco importantes placas tectónicas: Cocos, Pacífico, Norteamérica, Caribe y Rivera (figura 1).

Entre las placas del Pacífico y de Norteamérica se produce un fenómeno de deslizamiento lateral de sus fronteras, el que acumula gradualmente energía elástica, y cuando dicha energía rebasa la resistencia de las rocas, se produce un sismo. Por otro lado, entre las placas de Norteamérica y la de Cocos se da un fenómeno de choque o subducción, en el cual la Placa de Cocos se desliza por debajo de la de Norteamérica. Este tipo de movimiento produce esfuerzos en las rocas de ambas placas, con la subsecuente ruptura y descarga súbita de energía en forma de sismos (figura 2).

El territorio nacional se ve afectado por fallas continentales, regionales y locales. Dentro de las fallas continentales se consideran la de San Andres, que marca la frontera entre las placas de Norteamérica y del Pacífico, en el extremo noroeste del país; la Trinchera Mesoamericana, que separa a las placas de Norteamérica y de Cocos, frente a las costas del Pacífico, desde Nayarit hasta Chiapas, y la de Motagua Polochic, que marca el desplazamiento entre las placas del Caribe y de Norteamérica (figura 1).

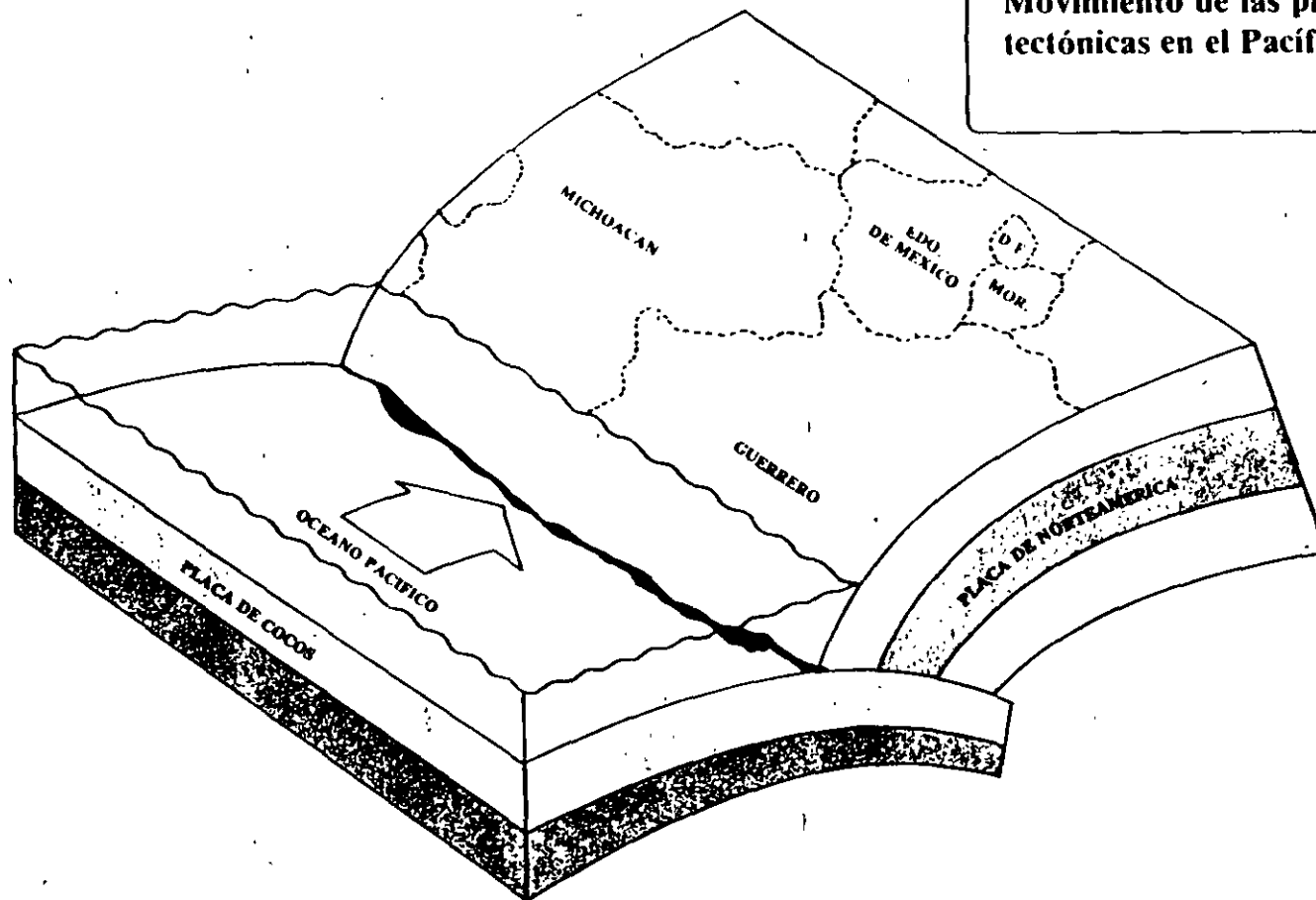
La figura 3 muestra los epicentros que el Servicio Sismológico Nacional ha localizado en la República Mexicana, de 1974 a 1989, donde se observa que están concentrados en regiones definidas.

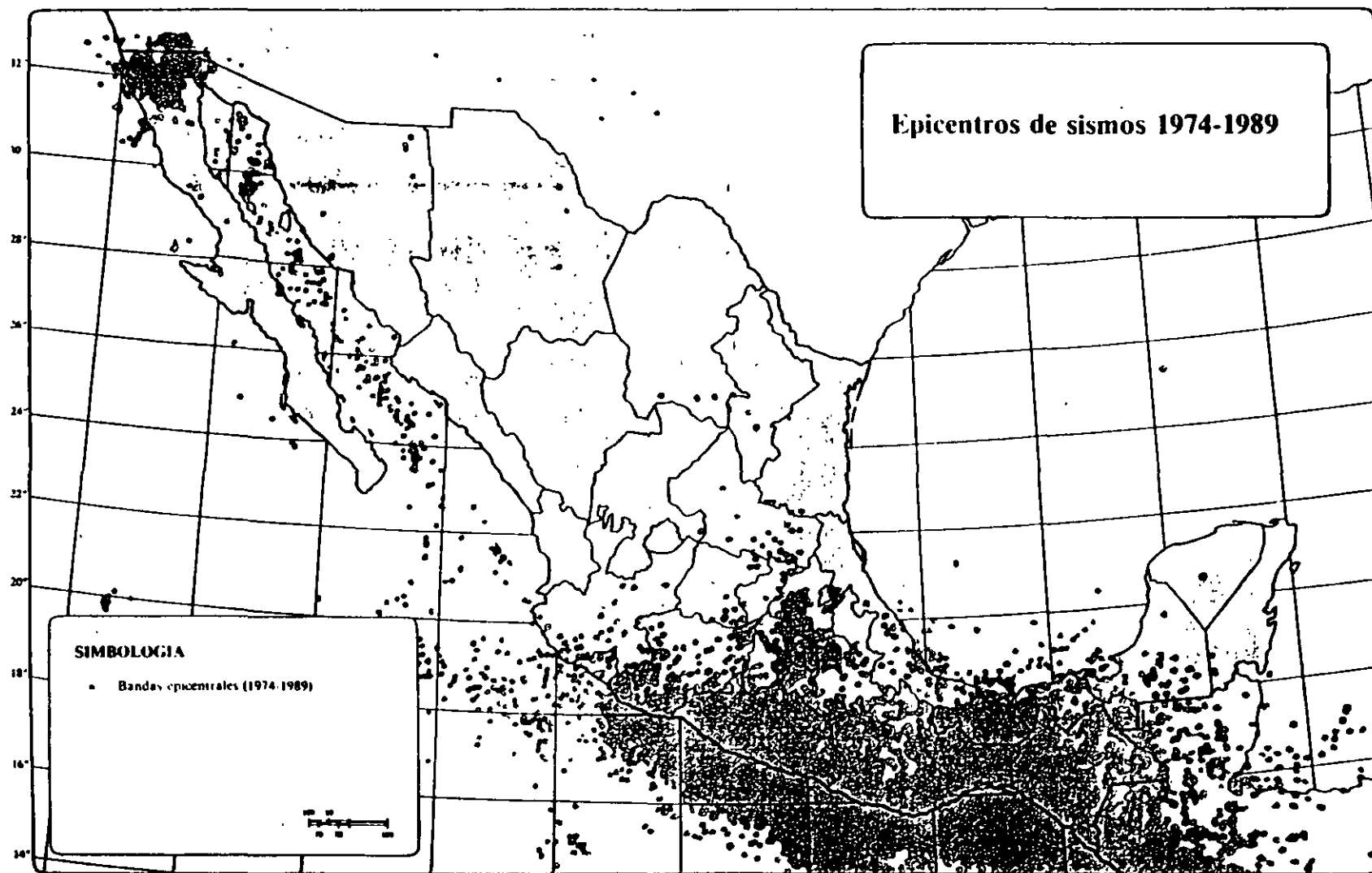


Fuente: Instituto de Geofísica de la UNAM

Figura 1

**Movimiento de las placas
tectónicas en el Pacífico**





Fuente: Instituto de Geofísica de la UNAM.

Figure 3

Parámetros sísmicos

Los sismos se manifiestan como movimientos ondulatorios violentos del suelo, que se propagan en sentido horizontal y vertical. Se originan en un foco o hipocentro, en el interior de la corteza terrestre o en puntos aún más profundos, cuya proyección sobre la superficie terrestre se denomina epicentro o epíforo.

El foco marca el punto en que se inicia el proceso de ruptura. Conforme se desarrolla la ruptura de la falla, la región focal puede extenderse sobre un área considerable. De la superficie de ruptura irradian ondas longitudinales y transversales, que se desplazan en la corteza a velocidades que varían entre 3 y 6 km/s. (figura 4).

Destructividad

La destructividad de un sismo se determina fundamentalmente por la magnitud y naturaleza del proceso de ruptura, la distancia del epicentro a las áreas urbanas, la profundidad del foco, la respuesta local del suelo, la densidad de población y el tipo de construcción.

Magnitud

La magnitud describe la medida del tamaño de los sismos y se basa en la comparación de estos con un sismo patrón. La escala de Richter mide este tamaño en forma logarítmica, en la que cada grado representa aproximadamente 31.6 veces más energía que la liberada por el sismo del grado anterior. Esto significa que un sismo de una magnitud determinada, por ejemplo 6.0, libera casi 32 veces más que uno de 5.0 y cerca de mil veces más que uno de 4.0.

Proceso de ruptura

Las características de las ondas sísmicas que se originan en una superficie de ruptura o fallamiento, depende de la forma en que ésta ocurre, es decir, de características tales como el desplazamiento entre bloques y la velocidad en que se propaga la ruptura.

Distancia focal

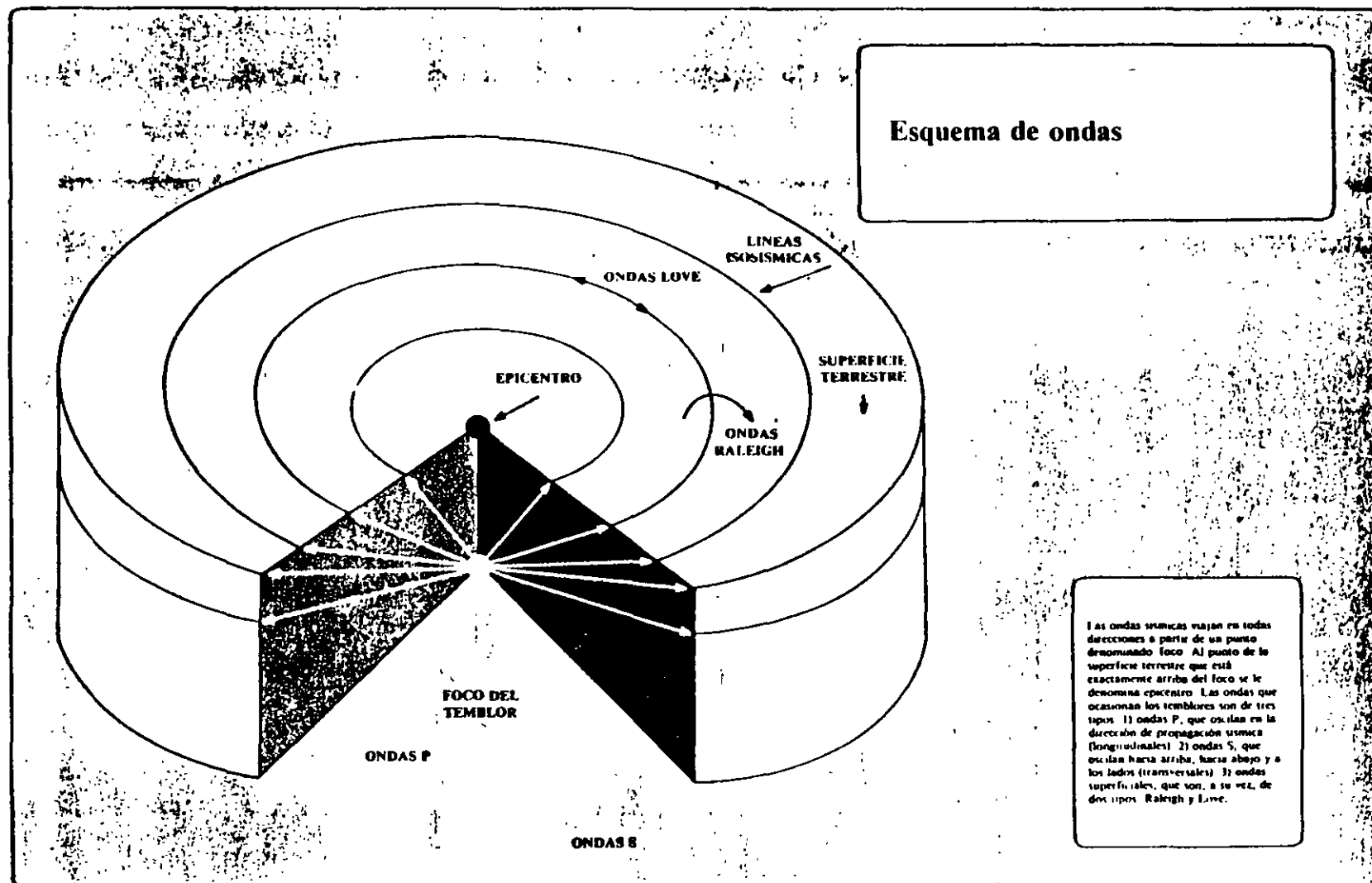
Es aquella que va desde el foco del sismo hasta el punto de observación de las ondas.

Profundidad focal

Es la distancia vertical que hay entre el lugar donde se origina la ruptura (foco) y la superficie (epicentro).

Respuesta local del suelo

La severidad de un sismo puede ser aumentada por la respuesta local del suelo. Esta se determina por el tipo y consistencia del terreno por donde se desplazan las ondas sísmicas, oponiendo mayor o menor resistencia. Entre más sólido sea el suelo, menores serán los efectos sísmicos.



Densidad de población

La densidad de población es sin duda un factor determinante en el grado de destructividad de un sismo, así, a mayor población, podrá haber un número más considerable de víctimas.

Tipo de construcción

La respuesta de una construcción a las ondas sísmicas depende de su calidad; sin embargo, existen otros factores que son inherentes a la construcción misma. Todo tipo de estructura posee un periodo natural de vibración; es decir, realiza oscilaciones naturales que tienen periodos que dependen de la masa, la posición del centro de gravedad y otras características geométricas de la estructura. En el caso de edificios, se encuentra que su periodo natural de vibración aumenta con su altura. Cuando una estructura o edificio es puesto en vibración por efecto de las ondas sísmicas, la amplitud de tal oscilación será mayor si el periodo de las ondas sísmicas es cercano al periodo natural de vibración del edificio. Si la amplitud de oscilación es mayor que la que éste puede soportar, se colapsa o falla.

Intensidad

Se define como la medida del poder destructor local de un temblor (severidad). El sismólogo italiano Giuseppe Mercalli implantó este sistema de medición mediante una escala de doce niveles, y su criterio se basa en la apreciación personal de los efectos producidos por el fenómeno sísmico en la superficie. Por ejemplo, el nivel I representa un movimiento sísmico imperceptible para la mayoría de las personas y únicamente percibido por los sismógrafos; en tanto al nivel XII, corresponde la destrucción casi total de la construcción humana, grandes desplazamientos de tierra, proyecciones de objetos a mucha altura, formación de grandes fallas y notables deformaciones en la topografía de las zonas afectadas.

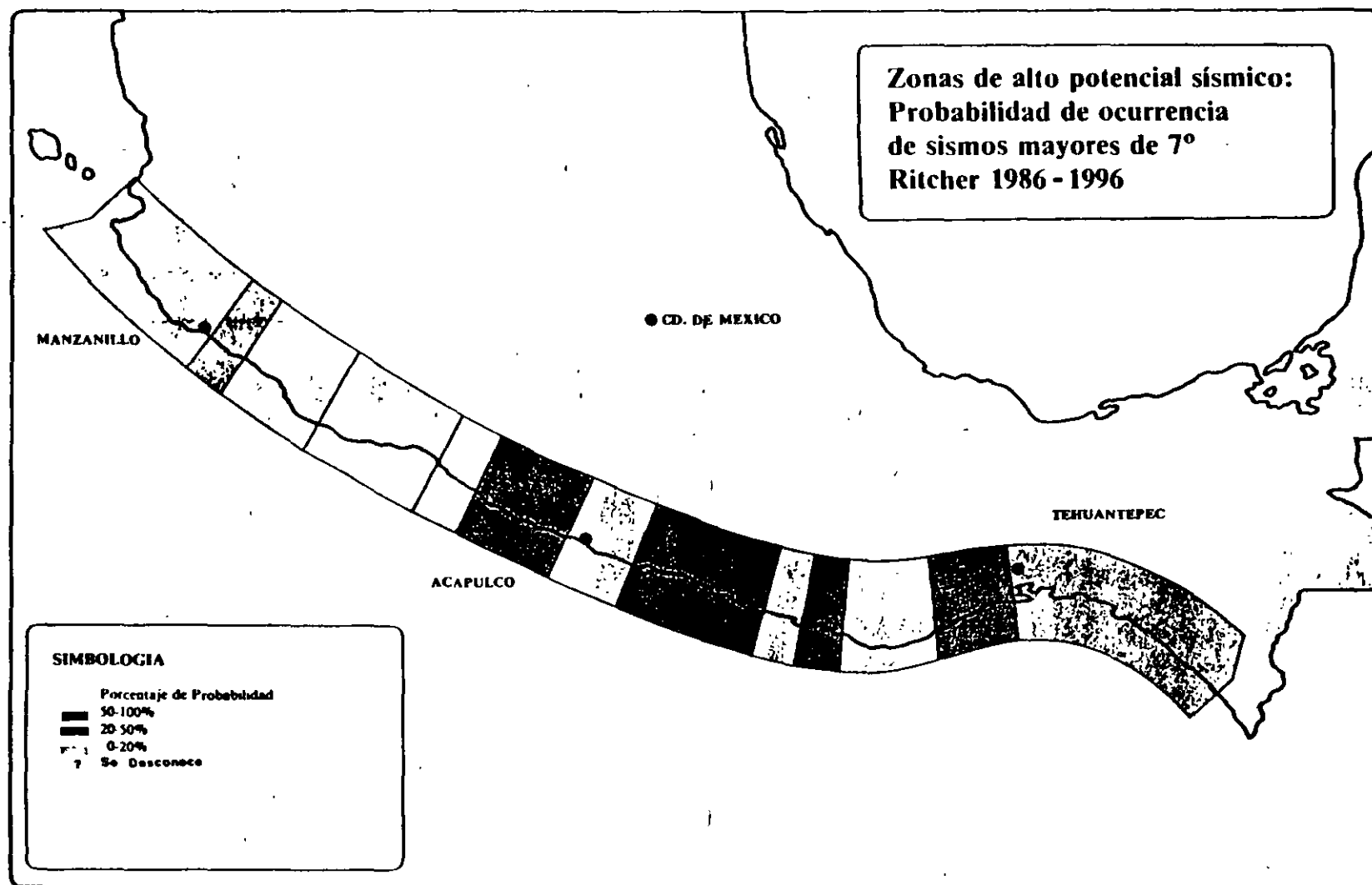
Efectos de los sismos

La vulnerabilidad ante un sismo se ve reflejada en los principales componentes del sistema afectable, tales como:

Vidas humanas: cuyas pérdidas son ocasionadas por derrumbes de construcciones, incendios y explosiones, entre otros.

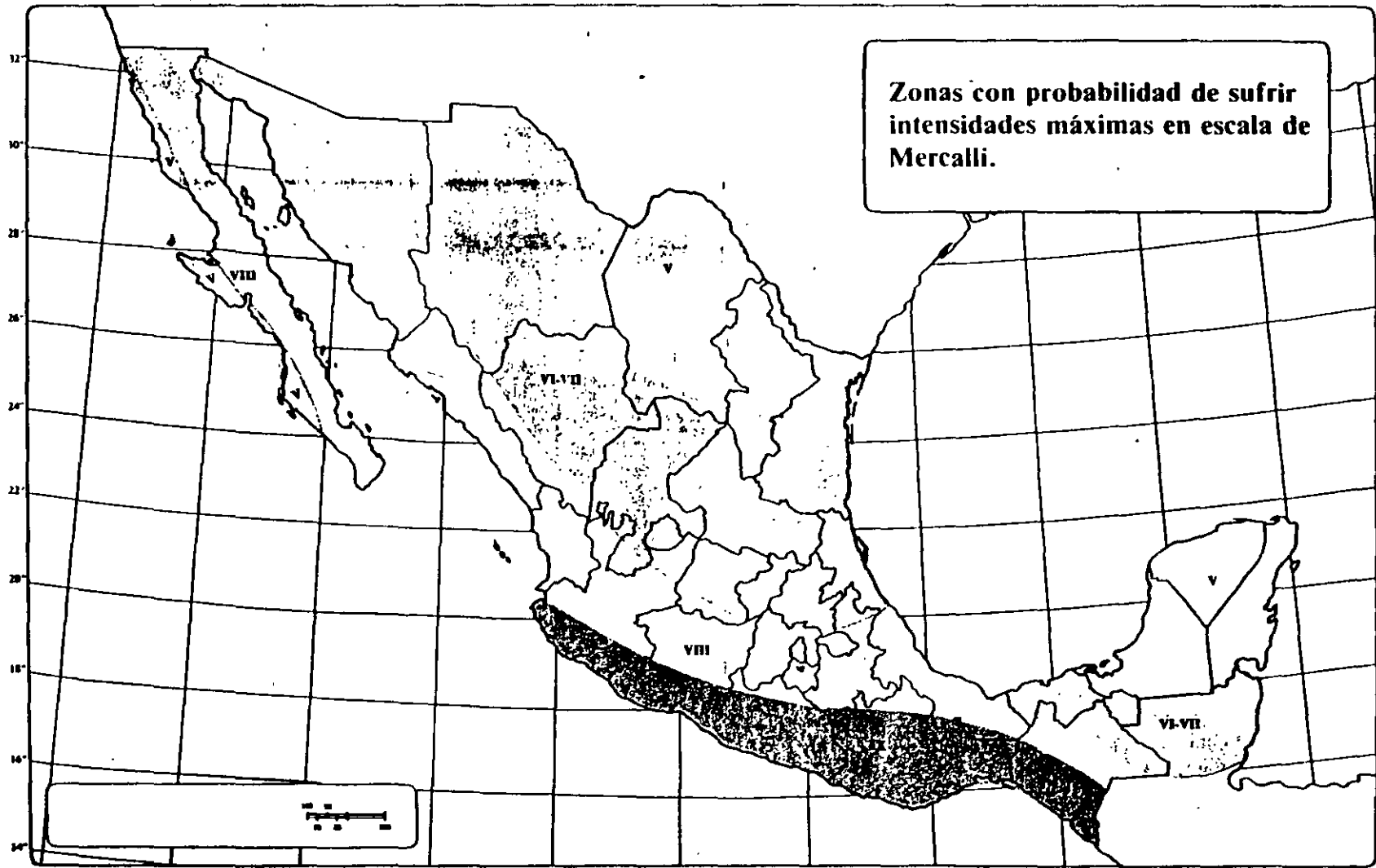
Viviendas y edificios: la cimentación se desestabiliza y los elementos estructurales sufren fuerzas de corte y de tensión que causan agrietamientos e inclusive el derrumbe total de la estructura.

Presas hidráulicas: se afectan el piso, la cimentación y la estructura, ocasionando filtraciones en el vaso y en la cortina, que reducen, en mayor o menor medida, su eficiencia de almacenamiento; las filtraciones también pueden provocar el derrumbe de la presa.



Fuente: Instituto de Geofísica de la UNAM

Figura 3



POBLACION ASENTADA EN ZONAS SISMICAS DEL PAIS HASTA 1987

ENTIDAD	POBLACION*			MUNICIPIOS		
	TOTAL DEL EDO ¹	ZONAS DE INFLUENCIA ²	% ³	TOTAL EN EL EDO ¹	SUJETOS A RIESGO ⁴	% ³
AGUASCALIENTES	666	87	13	9	3	33
BAJA CALIFORNIA	1 368	572	41	4	2	50
CAMPECHE	573	11	1	8	1	12
COLIMA	413	413	100	10	10	100
CHIAPAS	2 477	2 477	100	110	110	100
CHIHUAHUA	2 223	253	11	67	18	26
DISTRITO FEDERAL	10 162	10 162	100	16	16	100
DURANGO	1 366	642	47	38	12	31
GUANAJUATO	3 491	3 268	93	46	39	84
GUERRERO	2 515	2 515	100	75	75	100
HIDALGO	1 797	1 323	73	84	56	66
JALISCO	5 125	4 946	96	124	120	96
MEXICO	11 116	11 116	100	121	121	100
MICHOACAN	3 330	3 330	100	113	113	100
MORELOS	1 227	1 227	100	33	33	100
NAYARIT	835	835	100	19	19	100
PUEBLA	3 996	3 720	93	216	193	89
OAXACA	2 630	2 630	100	570	570	100
QUERETARO	929	223	24	18	12	66
SINALOA	2 311	2 311	100	18	18	100
SONORA	1 771	808	45	69	44	63
TABASCO	1 276	1 150	90	17	15	88
TLAXCALA	655	655	100	44	44	100
VERACRUZ	6 523	4 357	66	203	154	75
ZACATECAS	1 243	465	37	56	29	51
TOTAL	70,018	59,496	85	2,088	1,827	88

FUENTE ¹ Proyecciones de la población de México y de las entidades federativas 1980-2010. INEGI CONAPO

Cuadro 01

² Estimados por la Dirección General del Registro Nacional de Población en base al X Censo General de Población y Vivienda y de las Proyecciones de Población de México y de las entidades federativas 1980-2010. INEGI CONAPO

³ X Censo General de Población y Vivienda de 1980. INEGI. Secretaría de Programación y Presupuesto

⁴ Cifras en miles



Fuente: Instituto de Geofísica de la UNAM.

Figura 7

ALGUNOS SISMOS DESTRUCTIVOS DE MEXICO DURANTE EL SIGLO XX

FECHA	REGION	POBLACIONES MAS AFECTADAS	MAGNITUD ESC. RICHTER	DANOS
NOV 19 1912	EDO. DE. MEX.	ACAMBAY, TIMILPAN Y DISTRITO FEDERAL	7.0	DESGLIZAMIENTO DE TIERRA 202 MUERTOS VARIOS HERIDOS
ENE 4, 1920	PUEBLA VERACRUZ	COSAUTLAN, TLOCELLO Y JALAPA EN VERACRUZ, PATLANALA Y CHILCHOTLA EN PUEBLA	6.5	PRODUJO RUIDOS SUBTERRANEOS, DERRUMBES EN LAS LADERAS DE LAS MONTAÑAS 430 MUERTOS VARIOS HERIDOS
JUN 3 1932	JALISCO COLIMA	MANZANILLO, CUYUTLAN, TECOMAN Y COLIMA EN COLIMA, GUADALAJARA, LA BARCA, MASCOTA Y AUTLAN EN JALISCO	8.4	300 MUERTOS 400 HERIDOS
JUL 26 1937	OAXACA, VERACRUZ	MALTRATA EN VERACRUZ	7.3	34 MUERTOS
ABR 15, 1941	MICHOACAN JALISCO	ALGUNAS POBLACIONES DE MICHOACAN, JALISCO Y COLIMA	7.9	DESTRUCCION DE LA CATEDRAL DE LA CIUDAD DE GOLIMA 90 MUERTOS Y 300 HERIDOS
JUL 28 1957	GUERRERO	SAN MARCOS Y CHILPANCINGO EN GUERRERO Y EN EL D.F.	7.7	NUMEROSOS DERRUMBES DE CASAS Y EDIFICIOS 98 MUERTOS VARIOS HERIDOS. SE REGISTRO UN TSUNAMI EN ACAPULCO Y SALINA CRUZ
JUL 6, 1964	GUERRERO MICHOACAN	CD. ALTAMIRANO, CUTZAMALA COYUCA DE CATALAN EN GUERRERO, TANGANHUATO Y HUETAMO EN MICHOACAN	7.2	40 MUERTOS 150 HERIDOS, PERDIDAS MATERIALES DE CONSIDERACION

ALGUNOS SISMOS DESTRUCTIVOS DE MEXICO DURANTE EL SIGLO XX

FECHA	REGION	POBLACIONES MAS AFECTADAS	MAGNITUD ESC. RICHTER	DANOS
AGO 28 1971	OAXACA VERACRUZ	POBLACIONES FRONTERIZAS DE LOS ESTADOS DE PUEBLA, VERA- CRUZ Y OAXACA,	7.3	DERRUMBES DE CASAS Y CUARTEADURAS SERIAS EN EDIFICIOS. 527 MUERTOS 4075 HERIDOS. VARIOS MI- LLONES DE PESOS EN PER- DIDAS
OCT 24 1980	OAXACA PUEBLA	HUAJUAPAN DE LEON EN OAXACA Y EN POBLACIONES VECINAS DE LOS ESTADOS DE GUERRERO Y PUEBLA	7.0	300 MUERTOS, 1 000 HERI- DOS. 15 000 DAMNIFICADOS SIENDO LA MAYORIA DE HUAJUAPAN DE LEON
SEP 19 1985	MICHOACAN GUERRERO	MICHOACAN, COLIMA, GUERRERO MEXICO, JALISCO, MORELOS Y EL DF.	8.1	3 050 MUERTOS, 40,750 HE- RIDOS, 80,600 DAMNIFICA- DOS, 1,970 EDIFICACIONES COLAPSADAS Y 5,700 DAÑA- DAS, PERDIDAS MATERIA- LES POR UN BILLON DE PE- SOS

FUENTE: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología

Cuadro 02
(Continúa)

Servicios públicos: se afectan las redes o líneas vitales de agua potable, energía eléctrica, transporte y comunicaciones, trayendo como consecuencia la interrupción de los servicios y produciendo efectos secundarios, tales como incendios y paro de las actividades económicas e industriales.

UBICACION GEOGRAFICA

Algunos investigadores han determinado regiones de México que presentan cierta periodicidad en la ocurrencia de los sismos fuertes, siendo su lapso, en algunos casos, de 32 a 56 años. A las zonas en las que no ha ocurrido un sismo fuerte durante varios años, aunque hayan ocurrido en el pasado, se les conoce como gaps o brechas sísmicas.

Las brechas en las que ya se está cumpliendo el periodo de recurrencia, son zonas de alto potencial sísmico. La costa de Guerrero, por ejemplo, es una de esas regiones; por lo menos desde 1909 no se presenta un sismo significativo en la costa grande del estado. La energía acumulada desde esa fecha, tendrá que liberarse en un futuro sismo de magnitud importante. La **figura 5** muestra las regiones de mas alto potencial sísmico del país.

Por otra parte, el riesgo sísmico en un lugar dado, depende tanto de la proximidad a una zona de alto potencial sísmico, como de las características geológicas del sitio en cuestión. Así, en la Ciudad de México, dadas las características de su subsuelo, el riesgo sísmico es mayor que en otros lugares. En la **figura 6** se observa la distribución de intensidades máximas sentidas en el territorio nacional.

AFECTABILIDAD

Las zonas afectadas por sismos en el país, comprenden completamente el territorio de 11 entidades federativas y parte del territorio de otras 14, abarcando mas del 50% del total nacional (**cuadro 01**).

En la **figura 7** se muestran los epicentros de los sismos de magnitud mayor de 7° Richter que han ocurrido en el país durante el periodo de 1900 a 1989. En el **cuadro 02** se aprecia la relación de algunos sismos destructivos ocurridos durante el siglo xx.

DESCRIPCION DEL FENOMENO

El transporte de los materiales terrestres desde el interior del planeta hasta la superficie, da origen al fenómeno conocido como vulcanismo. Aunque el vulcanismo comprende una serie de eventos diversos, las erupciones volcánicas constituyen el eje de interés de este tipo de manifestaciones y son, desde un punto de vista social, las que representan el mayor peligro para la población. Las erupciones volcánicas consisten esencialmente en la salida de materiales terrestres (magma) a través de un conducto o fisura en la corteza del planeta.

Riesgo volcánico

El grupo de trabajo sobre Estudios Estadísticos de Peligros Naturales de la UNESCO, define el riesgo como la posibilidad de pérdida, tanto en vidas humanas como en bienes o en capacidad de producción. Esta definición involucra tres aspectos relacionados por la siguiente fórmula:

$$\text{Riesgo} = \text{vulnerabilidad} \times \text{valor} \times \text{peligro}$$

En esta relación, el **valor** se refiere al número de vidas humanas amenazadas o, en general, a cualesquiera de los elementos económicos (capital, inversión, capacidad productiva, etcétera), expuestos a un evento destructivo. La **vulnerabilidad** es una medida del porcentaje del valor que puede ser perdido en el caso de que ocurra un evento destructivo determinado. Por ejemplo, la vulnerabilidad de las construcciones a la acción de flujos de piroclastos es prácticamente del 100%, puesto que éstos causan la destrucción total a su paso; por el contrario, la vulnerabilidad a los materiales de caída (cenizas) depende del tipo de construcción y puede reducirse en aquellas diseñadas para disminuir su impacto y acumulación en los techos. En el caso de las vidas humanas, su vulnerabilidad se reduce si la población es evacuada oportunamente de las áreas en peligro. El último aspecto: **peligro** o peligrosidad, es la probabilidad de que un área en particular sea afectada por algunas de las manifestaciones destructivas del vulcanismo. Esta variable depende en general, de la actividad del volcán que causa el riesgo, ya sea por la probabilidad de que sufra un paroxismo destructivo o por la proximidad y situación topográfica del sistema afectable considerado con respecto al volcán.

Clasificación de los volcanes

Los volcanes pueden ser clasificados de diversas maneras; así, se habla de volcanes extintos y activos.

Los términos activo y extinto son muchas veces utilizados para la elaboración de los programas de protección civil por riesgo volcánico. El término extinto se ha aplicado a los volcanes que no han tenido erupciones conocidas. Esta definición resulta sin embargo poco afortunada ya que los registros históricos cubren periodos muy diferentes dependiendo de la región del mundo en estudio: 2 000 años en el Mediterráneo y sólo 100 en la Antártida o Papúa-Nueva Guinea. Por otro lado, algunos volcanes tienen tiempos de reposo del orden de varias decenas de miles de años, razón por la cual un reporte de la UNESCO de 1979 sugiere que en promedio cada 5 años hace erupción un volcán "extinto"; por consecuencia es más conveniente referirse a ellos en términos de las probabilidades de que presenten una erupción si han tenido

alguna, en un pasado geológico reciente. En este sentido se ha sugerido considerar ese pasado geológico, hasta 50 000 años atrás, tiempo que permite determinar la técnica de datación del carbono 14.

Volcanes monogenéticos y poligenéticos

Estos términos se aplican a los volcanes que muestran una o varias etapas de actividad respectivamente. Volcanes tales como el Jorullo o el Parícutín en el estado de Michoacán, fueron formados en un solo periodo eruptivo y es muy improbable que vuelvan hacer erupción. Por el contrario, volcanes como el de Fuego o Colima en el estado de Colima, muestran una vida muy activa y sus edificios se han construido a través de una serie de erupciones.

Por la estructura y composición de su edificio los volcanes pueden ser: estratovolcanes, conos cineríticos, maares, escudos, etcétera. Naturalmente esta clasificación está relacionada con la anterior, puesto que los estratovolcanes, que como su nombre indica, están formados por estratos, que son capas acumuladas en distintas etapas eruptivas, son por consecuencia poligenéticos, mientras que los conos cineríticos corresponden a un solo evento eruptivo. Usualmente los volcanes monogenéticos aparecen en grupos. Llamados por este motivo campos monogenéticos.

En México se presentan ambos tipos de vulcanismo. Ejemplo de ellos son los grandes volcanes del Cinturón Volcánico Central. Asimismo, existen grandes campos monogenéticos en los estados de Colima, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Michoacán, México y el Distrito Federal (figura 8).

Erupciones volcánicas

Se han clasificado los tipos o estilos de erupción utilizando para la nomenclatura, erupciones típicas o de volcanes típicos. De esta manera, se habla de erupciones hawaianas, estrombolianas, vulcanianas, peleanas, merapianas, etcétera. Aunque esta clasificación es descriptiva y en la actualidad los vulcanólogos intentan clasificaciones más cuantitativas, es aún ampliamente utilizada para la descripción de los estilos de erupción. Estos estilos se definen a continuación.

Hawaiana, cuando el volcán arroja lentamente lava líquida poco espesa, sin escape explosivo de gases ni efusión de material sólido, la lava de esta actividad es muy fluida y caliente y la salida de los gases tiene lugar sin violencia catastrófica y raras veces con explosiones leves.

Estromboliana, efusión de lava fluida o viscosa y explosiones no muy intensas con emisión de gases y material sólido; las nubes que produce la erupción son incandescentes.

Vulcaniana, efusión de lava viscosa que se solidifica rápidamente. Tiene explosiones fuertes con emisión de gases y fragmentos de roca. La roca es lanzada en dirección angular mientras que los gases se elevan en forma vertical desde el cráter, formando una nube densa y oscura en forma de coliflor.

Peleana, efusiones sin lava pero con gases y materiales sólidos. La mezcla de gases y partículas a altas temperaturas son arrojadas lateralmente en forma de nubes ardientes de alta peligrosidad para la zona cercana.

Merapiana, erupciones que consisten en la salida de lava muy viscosa que se derrama en forma de bloques por las laderas de un volcán. El nombre proviene del volcán Merapi, en Indonesia, que presenta erupciones de este tipo; en nuestro país tenemos un ejemplo con el volcán de Colima.

De una manera general los estilos de erupción pueden clasificarse en tres grupos:

Erupciones efusivas, si consisten esencialmente en la emisión sin violencia de lavas y gases.

Erupciones explosivas, cuando los materiales son arrojados violentamente; en este tipo de erupciones una gran proporción de materiales se encuentran en estado sólido.

Erupciones mixtas, son aquellas que presentan características de las dos anteriores.

Productos y efectos de las erupciones volcánicas

1) *Flujo de lava*

Las lavas consisten esencialmente en mezclas de silicatos y gases. Cuando son arrojados durante una erupción forman flujos que se mueven a lo largo de trayectorias determinadas por la topografía. Se ha observado que los frentes de los flujos de lava pueden desplazarse a velocidades en el rango de 30 a 100 km/h; a pesar de que esta última velocidad se observa con poca frecuencia, los flujos de lava constituyen un peligro menor para la población aunque pueden ocasionar daños económicos considerables.

2) *Flujo de piroclastos*

Los flujos de piroclastos son mezclas de gases volcánicos, agua, cenizas y otras partes sólidas de mayor tamaño que se deslizan por las laderas del volcán a temperaturas que oscilan entre los 150°C y los 300°C. Las velocidades de estas avalanchas tienen un máximo de hasta 600 km/h con velocidades promedio de 250 km/h. Como la proporción de sólidos es mayor que la de fluidos, poseen gran inercia y su movimiento es controlado por la topografía, avanzando a lo largo de trayectorias de máxima pendiente. Si su velocidad es muy grande pueden remontar colinas u otros accidentes topográficos. La destructividad de los flujos de piroclastos es enorme y no puede hacerse nada para aminorarlos en las zonas más cercanas a un volcán. El riesgo debido a este fenómeno sólo puede disminuirse por evacuación de la población y destinando los terrenos amenazados por este riesgo a actividades que no requieran de la creación de una infraestructura.

3) *Oleadas de piroclastos*

Las oleadas, como los flujos de piroclastos, son mezclas de gases y cenizas volcánicas a altas temperaturas; pero a diferencia de las anteriores, la proporción de gases es mayor que la de sólidos y se propagan con gran turbulencia, por lo que han sido también llamadas "huracanes

de ceniza". Las oleadas de piroclastos pueden viajar con velocidades d hasta 500 km/h, a temperaturas entre 300°C y 400°C y son extremadamente destructivas. Aunque su alcance puede ser menor que el de un flujo de piroclastos, pueden propagarse a lo largo de varios kilómetros (los valores típicos oscilan entre 7 y 12 km/h), sin importar la topografía del terreno.

La peligrosidad debida a las oleadas de piroclastos sólo puede aminorarse por medio de la evacuación de la población y por el uso apropiado del terreno sujeto a esta amenaza.

4) *Materiales aéreos y lluvia de ceniza*

Durante una erupción, los materiales sólidos mezclados con los gases y líquidos volcánicos son arrojados por el cráter a velocidades de varios cientos de km/h. Estos materiales pueden quedar suspendidos a lo largo de varios kilómetros sobre el cráter por efecto de la sustentación que les proporciona la continua salida de materia a través del cráter, formando lo que se conoce como columna eruptiva. En ésta, los fragmentos más grandes y densos quedan en la parte baja, de donde son desplazados describiendo trayectorias balísticas. El alcance de estos es muy variable; en algunas erupciones se han encontrado bloques de 8 kg, a distancias de hasta 12 kilómetros del centro de emisión. Distancias típicas son del orden de sólo unos pocos kilómetros para bloques de 1 kg.

Por lo que respecta a la parte superior de la columna o pluma eruptiva, es usualmente arrastrada por los efectos del viento y en su trayectoria deposita su contenido de cenizas. Aunque éstas no tienen la peligrosidad de los fenómenos anteriores, pueden producir cierto grado de destrucción al acumularse en techos y provocar el colapso de la estructura que los sostiene. Además, pueden producir efectos nocivos en los animales que se alimentan de pastizales y otras plantas en las que se han acumulado, así como la desorganización del tránsito y los patrones de drenaje, al acumularse en carreteras y ríos. Estos efectos pueden aminorarse por medio de construcciones con techos que impidan la acumulación de materiales en su superficie, el desazolve de ríos y otros canales de drenaje y la limpieza de carreteras.

5) *Avalanchas de detritos*

En algunos tipos de erupciones, parte del edificio volcánico es fracturado, por lo cual se producen avalanchas de rocas que provienen de éste. En algunas ocasiones la avalancha consiste en una mezcla de fragmentos del edificio y de material nuevo arrojado a través del cráter. En el Tacaná en Chiapas, por ejemplo, se han presentado este tipo d

avalanchas puesto que pueden verse depósitos de detritos en algunos puntos de la carretera entre Tapachula y Unión Juárez. El riesgo que esto representa es semejante al de los flujos de piroclastos. Aunque su alcance puede ser menor cuando su fuente de energía es gravitacional, es posible que reciban energía y masa adicional del conducto volcánico.

6) *Flujos de lodo o lahares*

Los flujos de lodo, también llamados lahares, son las mezclas de agua y detritos que se originan en un volcán. Su ocurrencia es particularmente frecuente luego de una erupción, pues los productos de la misma se mezclan con el agua contenida en la nieve y lagos que pueden existir en los cráteres o laderas de los volcanes, o con la que proviene de la precipitación.

Por esta razón, los poblados aledaños a los cursos naturales de agua son sujetos principales a esta amenaza. El alcance de los flujos puede ser de varias decenas de kilómetros con valores típicos de alrededor de 15 km, dependiendo de las pendientes sobre las que avance; sin embargo, el azolvamiento de los cauces puede ocurrir periódicamente y el lahar puede avanzar por distancias mayores. A estas segundas etapas se les conoce como lahares secundarios. En el perímetro del Tacaná existen depósitos de este tipo.

7) *Incendios*

Tanto la lluvia de cenizas como los flujos y oleadas de piroclastos pueden ocasionar incendios si las temperaturas de los materiales emitidos son lo suficientemente altas y se acumulan en áreas boscosas, pastizales u otros tipos de vegetación, o construcciones que puedan inflamarse.

8) *Gases y lluvias ácidas*

Los magmas contienen gases en solución que son liberados durante y entre erupciones, constituidos por vapor de agua, bióxido y monóxido de carbono, y varios compuestos de azufre, cloro, flúor, hidrógeno y nitrógeno. El monóxido de carbono es venenoso, no así el bióxido de carbono, que no por esto deja de constituir un peligro, pues desplaza o diluye el oxígeno y puede ocasionar la muerte por asfixia. Estos dos gases son peligrosos por su mayor abundancia y por ser inodoros. El bióxido de carbono es más pesado que el aire y puede fluir pendiente abajo, concentrándose en depresiones que constituyen auténticas trampas. El bióxido y trióxido de azufre son gases tóxicos comunes en erupciones volcánicas, pero son detectables por su olor irritante.

La adsorción de los gases por partículas finas y por las gotas de lluvia pueden provocar irritación en la piel humana y daños en las plantas y animales.

UBICACION GEOGRAFICA

El vulcanismo tiene en el territorio nacional una importancia muy señalada, tanto por sus grandes estratovolcanes como por sus extensos campos monogenéticos cercanos ambos a lugares de gran concentración de población o de amplia actividad económica. Gran parte de estos dos tipos de vulcanismo se encuentran en la llamada Faja Volcánica Mexicana que se extiende prácticamente de costa a costa alrededor del paralelo 19°N. Los edificios volcánicos de esta faja se levantan sobre territorio de los estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guanajuato, Queretaro, México, Hidalgo, Puebla, Veracruz y Distrito Federal.

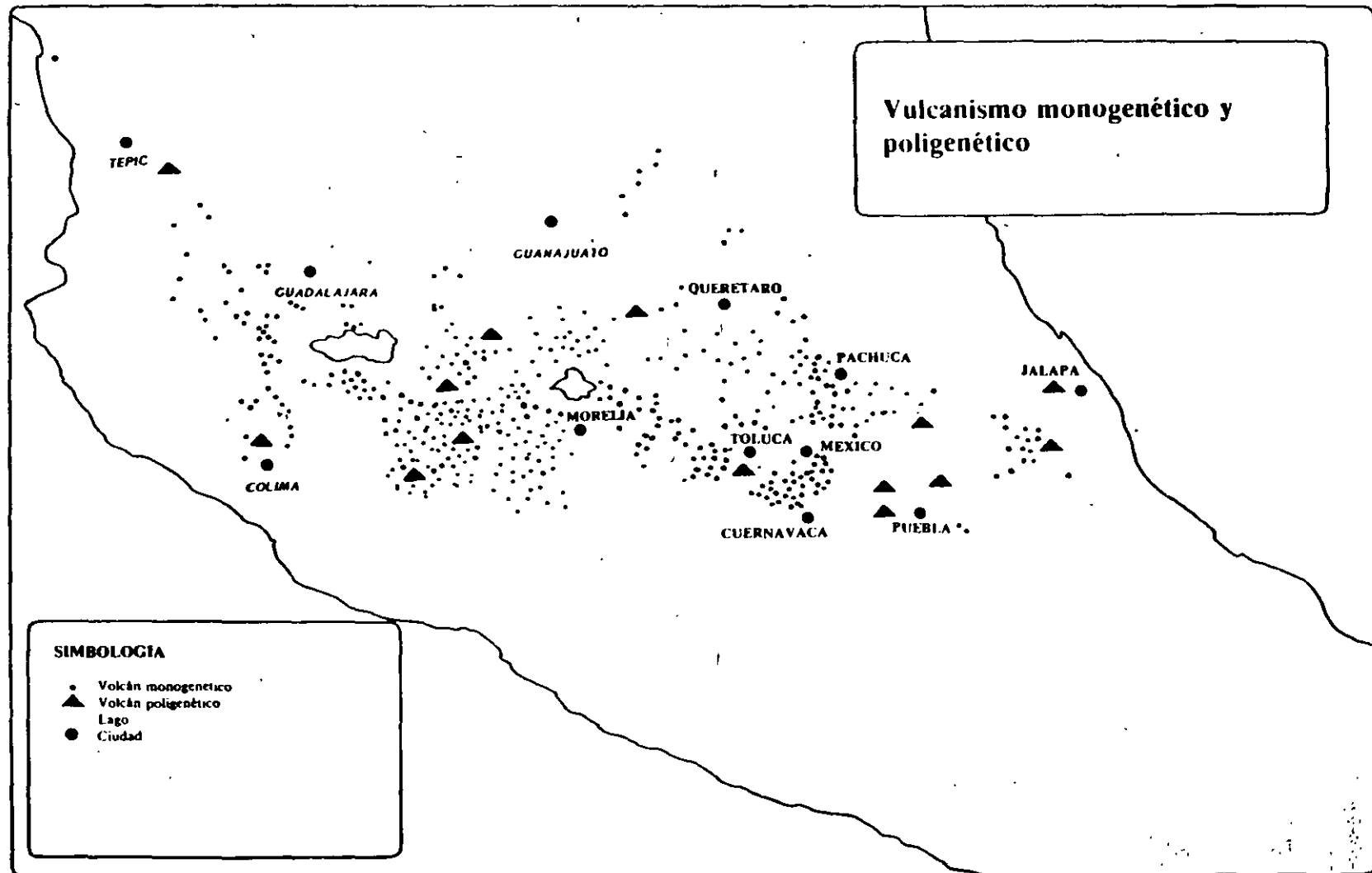
Existen además otros volcanes activos que no pertenecen a la Faja Volcánica Mexicana, pero que son igualmente de gran peligrosidad; tal es el caso del volcán San Martín en el estado de Veracruz, así como el Chichón y el Tacaná en el estado de Chiapas. Este último es el primer volcán de la gran cadena centroamericana de volcanes, cuya peligrosidad es bien conocida. Finalmente pueden mencionarse los volcanes asociados a la península de Baja California y los que se hallan relacionados al vulcanismo que dio origen a nuestras islas en el Pacífico: los volcanes Bárcena y Everman en las islas Socorro y Guadalupe. Las figuras 8 y 9 y el cuadro 04, proporcionan información adicional sobre el vulcanismo en México.

AFECTABILIDAD

De acuerdo a su actividad, los volcanes presentan tres niveles de riesgo, en el primero, de alto riesgo están los volcanes de Colima, Popocatepetl, Pico de Orizaba, San Martín Tuxtla, Chichón, Tacaná y La Primavera; en el segundo rango o de riesgo intermedio, se encuentran volcanes como el Ceboruco y el Sanganguey, así como el Parícutin, Jorullo y Xitle, estos últimos como representantes de regiones monogenéticas; aunque el peligro asociado al vulcanismo monogenético es difícil de evaluar por la aparente ubicuidad de su ocurrencia dentro de campos de gran extensión como los señalados anteriormente, sólo puede decirse a este respecto que existe una probabilidad significativa de nacimiento de un nuevo volcán. Sin embargo, dada la extensión del campo, para un lugar dado, dicha probabilidad es baja; y finalmente, en el tercer nivel, de riesgo moderado, se clasifican los volcanes Tres Virgenes, Bárcena, Everman y Humeros.

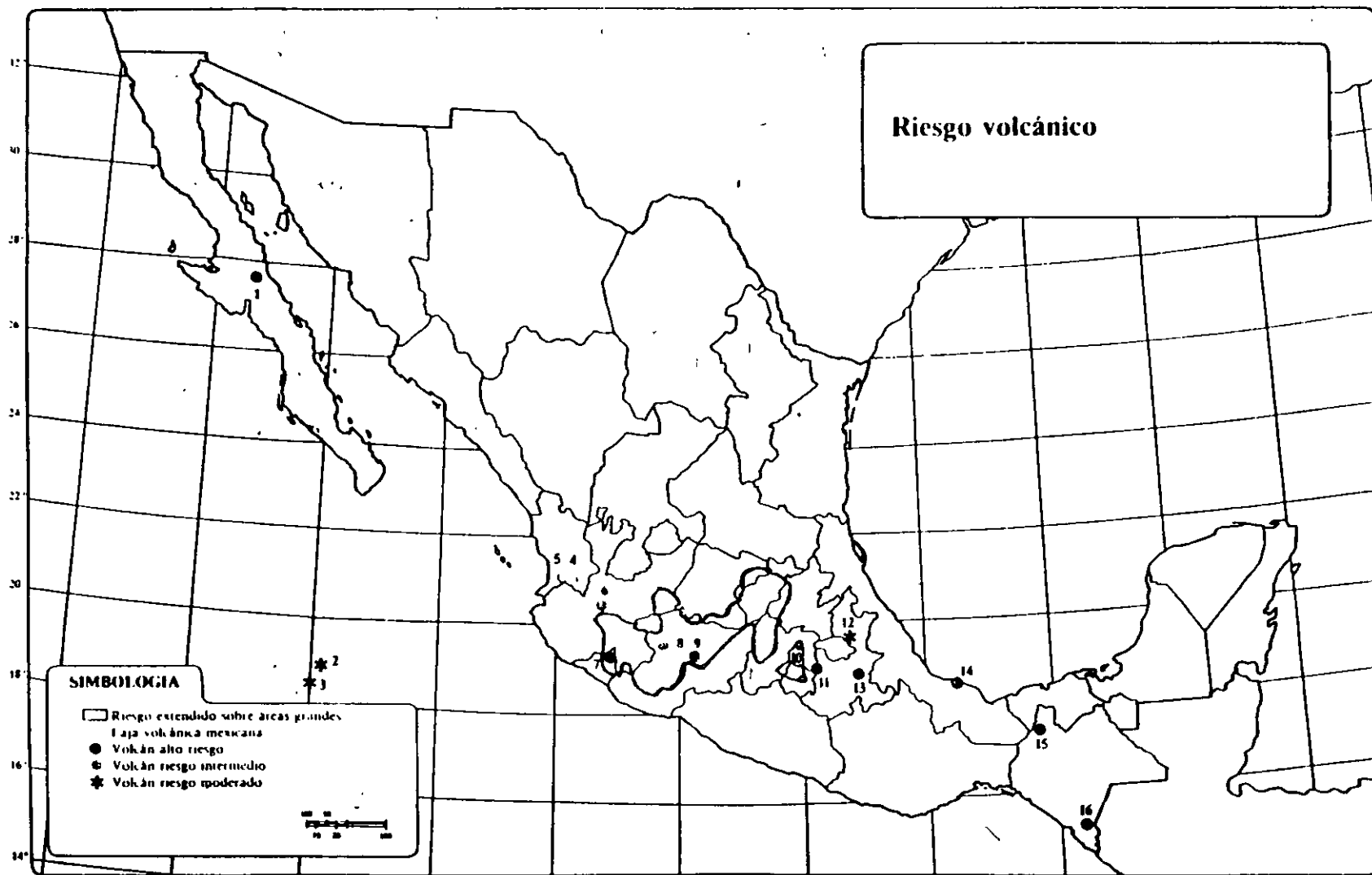
La Cordillera Neovolcánica o Faja Volcánica Mexicana, abarca completamente el territorio de dos entidades federativas y parte de otras 12, cuya población asentada en la zona de influencia se estima aproximadamente en 36 millones de habitantes, esta zona abarca 610 municipios (cuadro 05).

El Distrito Federal, Tlaxcala y el Estado de México, contienen la mayor población expuesta al fenómeno. Asimismo, se observa que la región de vulcanismo monogenético de riesgo extendido, comprende parte del territorio del Distrito Federal y de otras ocho entidades federativas, estimándose en conjunto, una población asentada en la zona, de 18 millones de habitantes en 303 municipios.



Esquema proporcionado por el Instituto de Geofísica de la UNAM

Figura 8



PRINCIPALES VOLCANES ACTIVOS DE MEXICO

No. EN LA FIGURA 9	VOLCAN	ESTADO
1	TRES VIRGENES	BAJA CALIFORNIA SUR
2	BARCENA	ISLAS REVILLAGIGEDO
3	EVERMAN	ISLAS REVILLAGIGEDO
4	CEBORUCO	NAYARIT
5	SANGAGUEY	NAYARIT
6	LA PRIMAVERA	JALISCO
7	VOLCAN DE COLIMA	COLIMA
8	PARICUTIN	MICHOACAN
9	JORULLO	MICHOACAN
10	XITLE	DISTRITO FEDERAL
11	POPOCATEPETL	MEXICO Y PUEBLA
12	LOS HUMEROS	PUEBLA - VERACRUZ
13	PICO DE ORIZABA	PUEBLA - VERACRUZ
14	SAN MARTIN TUXTLA	VERACRUZ
15	EL CHICHON	CHIAPAS
16	TACANA	CHIAPAS

FUENTE: Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Geología

Cuadro 04

**POBLACION Y CANTIDAD DE MUNICIPIOS COMPRENDIDOS EN LA CORDILLERA
NEOVOLCANICA HASTA 1987***

ENTIDAD FEDERATIVA	TOTAL DEL EDO ¹	EN ZONA DE INFLUENCIA ²	% ^{1 2}	TOTAL DE MPIOS DEL EDO ¹	MPIOS SUJETOS A RIESGO ³	% ^{3 4}
A RIESGO TOTAL EN LA ENTIDAD FEDERATIVA						
D.F.	10 162	10 162	100 0	16	16	100 0
TLAXCALA	655	655	100 0	44	44	100 0
SUBTOTAL	10 817	10 817	100 0	60	60	100 0
B RIESGO PARCIAL EN LA ENTIDAD FEDERATIVA						
COLIMA	413	189	45 8	10	4	40 0
GUANAJUATO	3 491	625	17 9	46	16	14 8
HIDALGO	1 797	1 290	71 8	56	56	66 7
JALISCO	5 125	4 493	87 7	124	80	64 5
MEXICO	11 116	9 619	86 5	121	87	71 9
MICHOACAN	3 330	2 609	78 3	113	84	74 3
MORELOS	1 227	970	79 0	32	24	75 0
NAYARIT	835	227	27 1	19	8	42 1
PUEBLA	3 996	3 289	82 3	216	149	69 0
QUERETARO	928	508	54 7	18	14	77 8
TABASCO	1 276	143	11 2	17	1	5 9
VERACRUZ	6 523	1 024	15 7	203	27	13 3
SUBTOTAL	40 057	24 986	62 4	1 003	550	54 8
TOTAL:	50 874	35 803	70 4	1 063	610	57 4

FUENTE: ^{1 2} Estimados por la Direccion General del Registro Nacional de Poblacion en base al X Censo General de Poblacion y Vivienda y de las Proyecciones de Poblacion de Mexico y de las Entidades Federativas 1980-2010, INEGI-CONAPO
^{3 4} X Censo General de Poblacion y Vivienda de 1980 INEGI Secretaria de Programacion y Presupuesto
 * Cifras de poblacion en miles

Cuadro 05
(Continúa)

**POBLACION Y CANTIDAD DE MUNICIPIOS COMPRENDIDOS
EN LA ZONA DE VULCANISMO MONOGENETICO HASTA 1987***

ENTIDAD FEDERATIVA	TOTAL DEL EDO ¹	EN ZONA DE INFLUENCIA ²	% 1.2	TOTAL DE MPIOs DEL EDO ³	MPIOs SUJETOS A RIESGO ⁴	% 1.1
B RIESGO PARCIAL EN LA ENTIDAD FEDERATIVA						
D.F.	10 162	486	4.8	16	2	12.5
COLIMA	413	189	45.8	10	4	40.0
GUANAJUATO	3 491	185	5.3	46	3	6.5
HIDALGO	1 797	1 136	63.2	84	47	56.0
JALISCO	5 125	3 552	69.3	124	42	33.9
MEXICO	11 116	8 715	78.4	121	83	68.6
MICHOACAN	3 330	2 609	78.3	113	84	74.3
MORELOS	1 227	970	79.0	32	24	75.0
QUERETARO	928	508	54.7	18	14	77.8
TOTAL:	37,589	18,350	48.8	564	303	53.7

FUENTE: 1 2 Estimados por la Dirección General del Registro Nacional de Población en base al X Censo General de Población y Vivienda y de las Proyecciones de Población de México y de las Entidades Federativas 1980-2010. INEGI CONAPO.
3 4 X Censo General de Población y Vivienda de 1980. INEGI. Secretaría de Programación y Presupuesto.
* Cifras de población en miles.

Cuadro 05
(Terminal)

CICLON TROPICAL

DESCRIPCION DEL FENOMENO

Ciclón tropical es el nombre genérico que se le da a cualquier perturbación atmosférica, desde que tiene características de una depresión, hasta que evoluciona a huracán. Los ciclones tropicales son fenómenos naturales que se originan y desarrollan en mares de aguas cálidas y templadas, con nubes en espiral. Generalmente su diámetro es de unos cuantos cientos de kilómetros, con presiones mínimas en la superficie, vientos violentos y lluvias torrenciales, algunas veces acompañadas por tormentas eléctricas; tienen una región central conocida como ojo de huracán o vórtice, con diámetro de algunas decenas de kilómetros, vientos débiles y cielos ligeramente nublados.

Desde siempre los ciclones tropicales han tenido fama de ser devastadores y el esfuerzo del hombre por mitigar sus efectos ha sido constante. Cuando un ciclón tropical se desplaza muy próximo a las zonas costeras, o penetra en tierra firme, es capaz de originar daños a la población y a sus bienes, debido a la generación de cualquiera de las siguientes situaciones: marea de tempestad, de hasta 6 m de altura, vientos fuertes con rafagas hasta de 360 km/h, e inundaciones. Los costos directos causados por los daños en la producción agrícola, en la infraestructura y en otros renglones de la economía nacional, ante la presencia de estos meteoros, anualmente pueden sumar miles de millones de pesos. Por fortuna, el costo invaluable por los daños causados a las vidas humanas se ha visto reducido, gracias al mejoramiento de los sistemas de detección y aviso que han desarrollado organizaciones locales e internacionales responsables en la materia, así como a las acciones de prevención de protección civil.

A continuación se describe la evolución de un ciclón tropical.

Depresión tropical

Se considera tal cuando la velocidad promedio, durante un minuto, de los vientos máximos de superficie en la perturbación, es menor o igual a 62 km/h.

Tormenta tropical

Se determina cuando la velocidad promedio, durante un minuto, de los vientos máximos de superficie es de 63 a 118 km/h. En esta fase evolutiva se le asigna un nombre por orden de aparición anual y en términos del alfabeto, de acuerdo a la relación determinada para todo el año, por el Comité de Huracanes de la Asociación Regional IV Región (asociación mundial en la que en la República Mexicana se ubica en la IV Región).

Huracán

Es un ciclón tropical en el que la velocidad promedio, durante un minuto, de los vientos máximos de superficie, es igual o mayor a 119 km/h.

UBICACION GEOGRAFICA

Los huracanes que afectan a nuestro país directa o indirectamente, se originan en cuatro zonas principales: Golfo de Tehuantepec, Sonda de Campeche, el Caribe y la Región Atlántica. En función de las condiciones climatológicas, siguen trayectorias más o menos definidas, y en ocasiones erráticas, pudiendo penetrar o no a tierra firme (**figura 10**).

Nuestro país cuenta con una gran extensión de litorales, tanto en el Océano Pacífico, como en el Golfo de México y el Caribe. Por lo mismo, los diversos asentamientos humanos que se han desarrollado, están expuestos a la influencia de fenómenos ciclónicos.

Las áreas de la República Mexicana regularmente afectadas por las perturbaciones ciclónicas abarcan más del 60% del territorio nacional (**figura 11**).

AFECTABILIDAD

En las últimas décadas, con un proceso de urbanización acelerado, se han vuelto mas evidentes los daños potenciales que pudieran provocar los ciclones tropicales en áreas de grandes concentraciones humanas.

Asimismo, pueden verse afectados los medios de comunicación y los transportes aéreo, terrestre, fluvial y marítimo.

De acuerdo a los registros de penetración a tierra de diversas perturbaciones tropicales, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), a través de la Comisión Nacional del Agua, ha identificado áreas o entidades federativas de la República Mexicana en las que ha penetrado, al menos un ciclón tropical a tierra, indicando también los periodos de recurrencia de dichas penetraciones (**figura 12**).

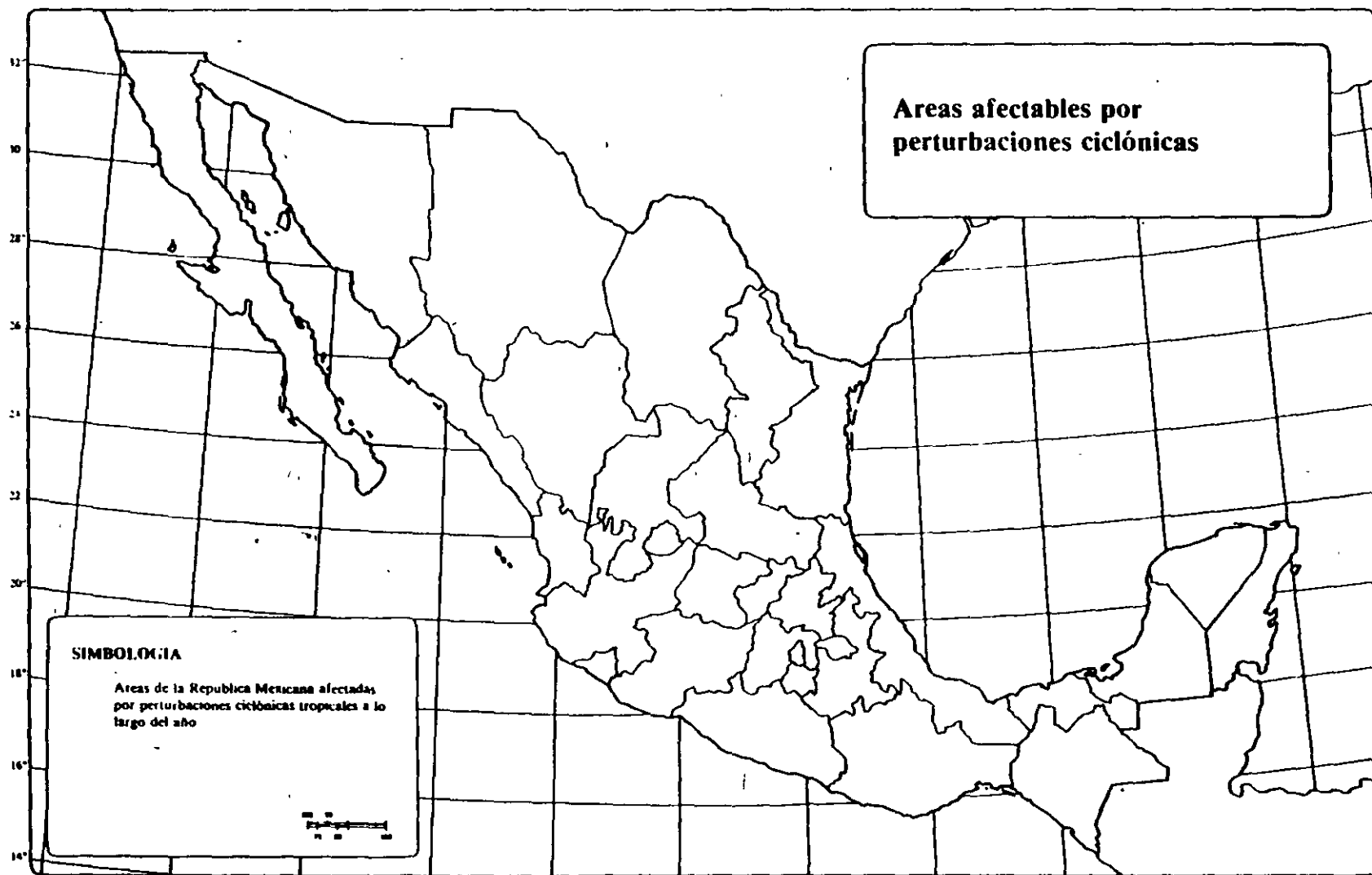
Con base en las zonas de ingreso, se infiere que los estados de Baja California Sur, Michoacán, Sinaloa, Sonora y Tamaulipas, presentan una mayor recurrencia de penetración (2 a 4 años). Debido a la existencia de importantes centros de población asentados a lo largo de sus costas, se ha estimado que aproximadamente 4 millones de personas están expuestas al fenómeno, lo que representa el 40.1% de la población total, ubicada en un total de 31 municipios costeros.

Resulta importante señalar que dicha estimación comprende al total de la población de Baja California Sur, así como la correspondiente a los municipios costeros de Sinaloa, Sonora, Tamaulipas y, en menor proporción, los de Michoacán.

En otras entidades, la recurrencia de penetración ciclónica oscila entre los 5 y 7 años; en ellas se estima que aproximadamente 2 millones de personas están expuestas a sufrir sus efectos. Este grupo lo integran los estados de Baja California, Campeche, Colima, Quintana Roo y Jalisco, en cuyos 19 municipios costeros se asienta el 26.3% de su población total.

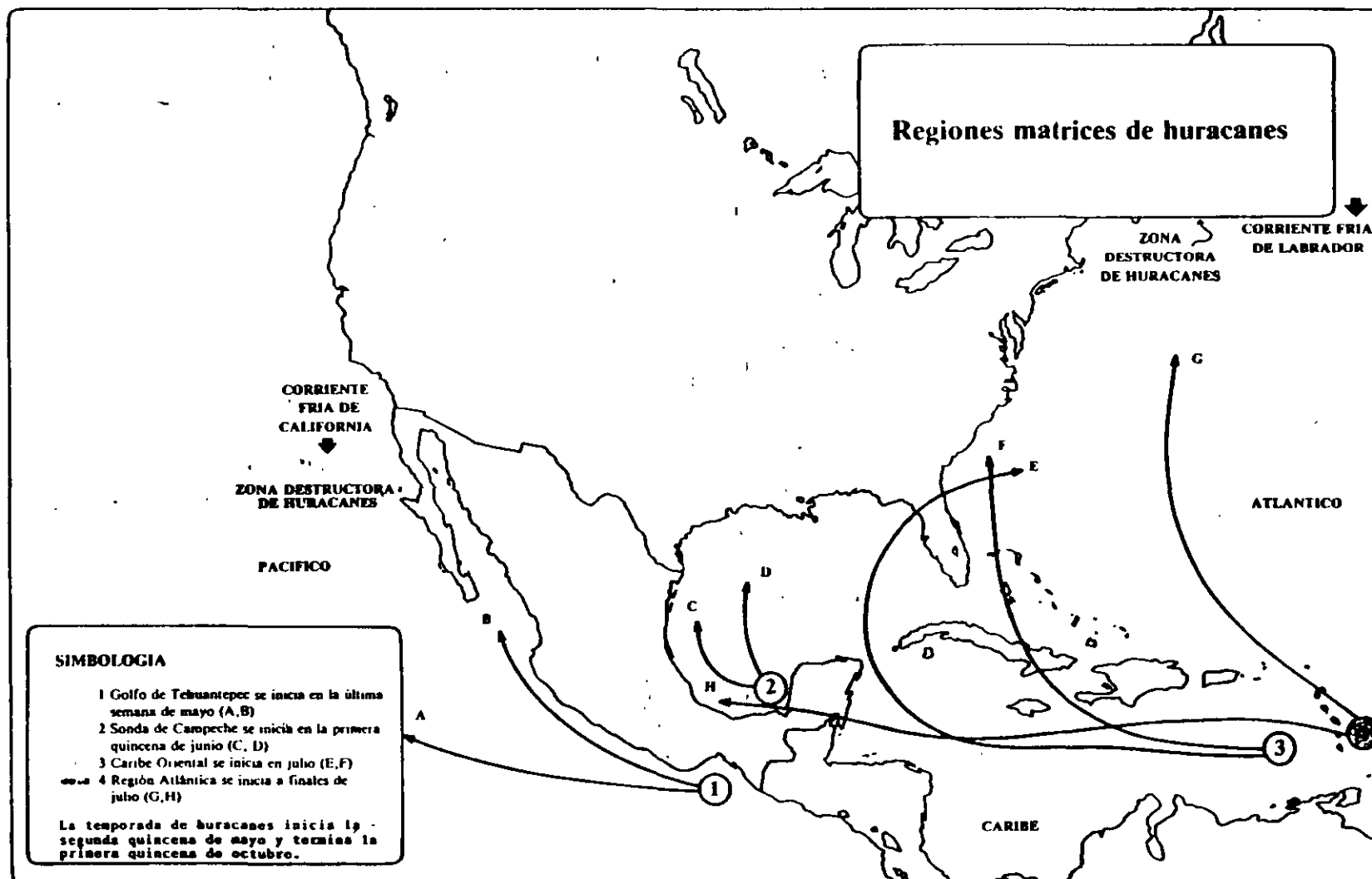
Por último, el grupo conformado por las entidades de Nayarit, Guerrero, Tabasco, Oaxaca, Veracruz, Chiapas y Yucatán, tiene un periodo de recurrencia o penetración de ciclones de 8 a 26 años. Es de observarse que este grupo se caracteriza por una mayor dispersión de su población costera, ya que se ha estimado que 4 millones de personas están expuestas al riesgo en 176 municipios, población que significa el 23.9% del total.

El desglose de la población estimada en las diversas zonas de penetración ciclónica se observa en el **cuadro 07**, el cual analíticamente demuestra que 17 de las 32 entidades del país se encuentran sujetas a este tipo de riesgo.



Fuente: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subsecretaría de Planeación, Dirección General de Estudios, Información y Estadísticas Sectoriales

Figura 11



Fuente: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subsecretaría de Planeación, Dirección General de Estudios, Información y Estadísticas Sectoriales

Figura 10



Fuente: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subsecretaría de Planeación, Dirección General de Estudios, Información y Estadísticas Sectoriales

Figura 11

POBLACION EXPUESTA EN LAS AREAS DE PENETRACION CICLONICA

(CIFRAS DE POBLACION EN MILES)

ENTIDAD FEDERATIVA	TOTAL DEL EDO	EN ZONA DE INFLUENCIA	%	TOTAL MPIOs EDO	MPIOs SUJETOS A RIESGO	%
RECURRENCIA DE CICLONES DE 2 A 4 AÑOS						
BAJA CALIFORNIA SUR	303	303	100.0	4	3	75.0
MICHOACAN	3 330	109	3.3	113	3	2.7
SINALOA	2 311	1 740	75.3	18	7	38.8
SONORA	1 771	942	53.2	69	10	14.5
TAMAULIPAS	2 238	900	40.2	43	8	18.6
TOTAL:	9,953	3,994	40.1	247	31	12.6
RECURRENCIA DE CICLONES DE 5 A 7 AÑOS						
BAJA CALIFORNIA	1 368	1 333	97.4	4	3	75.0
CAMPECHE	573	288	50.3	8	5	62.5
COLIMA	413	193	46.7	10	3	30.0
JALISCO	5 125	149	2.9	124	5	4.0
QUINTANA ROO	372	107	28.8	7	3	42.9
TOTAL:	7,851	2,070	26.3	153	19	12.4
RECURRENCIA DE CICLONES DE 8 A 26 AÑOS						
CHIAPAS	2 477	296	11.9	110	10	9.0
GUERRERO	2 515	907	36.0	75	13	17.3
NAYARIT	835	353	42.3	19	5	26.3
OAXACA	2 630	726	27.6	570	91	16.0
TABASCO	1 276	379	29.7	17	4	23.5
VERACRUZ	6 523	1 400	21.5	203	36	17.7
YUCATAN	1 278	124	9.7	106	17	16.0
TOTAL:	17,534	4,185	23.9	1,100	176	16.0

FUENTE: ^{1 2} Estimado por la Dirección General del Registro Nacional de Población en base al X Censo General de Población y Vivienda y de las Proyecciones de Población de México y de las entidades federativas 1980-2010 INEGI CONAPO
^{3 4} X Censo General de Población y Vivienda de 1980 INEGI Secretaría de Programación y Presupuesto

Cuadro 07

Por otro lado, en el **cuadro 08** se mencionan los ciclones tropicales que han penetrado en los estados costeros, tanto por la zona del Pacífico nororiental como por la zona del Caribe y del Golfo de México, durante el periodo comprendido entre 1961 y 1988. De su análisis se desprende que durante este lapso, los estados que se vieron mas afectados por la incidencia de huracanes fueron: Sinaloa con 10, Tamaulipas con 9 y Baja California Sur y Sonora con 4 cada uno.

**CICLONES TROPICALES QUE PENETRARON EN LOS ESTADOS COSTEROS
DEL PAIS EN EL PERIODO 1961 - 1988**

ENTIDADES FEDERATIVAS	TOTAL DE CICLONES TROPICALES
BAJA CALIFORNIA SUR	4
CAMPECHE	1
COLIMA	2
GUERRERO	3
JALISCO	2
MICHOACAN	3
NAYARIT	1
QUINTANA ROO	2
SINALOA	10
SONORA	4
TAMAULIPAS	9
VERACRUZ	1
YUCATAN	1
TOTAL:	43

FUENTE: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Comisión Nacional de Aguas, Servicio Meteorológico Nacional. Cuadro 08

INUNDACIONES

DESCRIPCION DEL FENOMENO

Se considera inundación al flujo o a la invasión de agua por exceso de escurrimientos superficiales o por acumulación en terrenos planos, ocasionada por falta o insuficiencia de drenaje tanto natural como artificial.

Las inundaciones generalmente son consecuencia directa de otros fenómenos hidrometeorológicos y, en ocasiones, son inducidas con fines técnicos y de beneficio económicosocial. Por ejemplo, desde el punto de vista técnico, las extracciones de control que se realizan a las presas de almacenamiento cuando presentan niveles extraordinarios, con el objeto de mantener la seguridad de la cortina y obras conexas. En cuanto a la parte de beneficio económicosocial, la inundación inducida en áreas no productivas se realiza para evitar o disminuir los daños en centros de alto desarrollo urbanoindustrial o agropecuario y también con el fin de recargar los depósitos de agua subterráneos.

En general, la magnitud de una inundación provocada por calamidades de origen hidrometeorológico, depende de la intensidad de las

lluvias, de su distribución en el espacio y tiempo, del tamaño de las cuencas hidrológicas afectadas, así como de las características del suelo y del drenaje natural o artificial de las cuencas.

Las inundaciones pueden clasificarse por su origen en pluviales, fluviales y lacustres. Las pluviales se deben a la acumulación de la precipitación (lluvia, granizo y nieve, principalmente), que se concentra en terrenos de topografía plana o en zonas urbanas con insuficiencia o carencia de drenaje. Las fluviales son aquellas que se originan cuando los escurrimientos superficiales son mayores a la capacidad de conducción de los cauces. Las lacustres se originan en los lagos o lagunas por el incremento de sus niveles y son peligrosas por el riesgo que representan para los asentamientos humanos cercanos a las áreas de embalse.

Causas generadoras de inundaciones

Lluvias intensas

En periodos de lluvias intensas, regularmente se presenta el fenómeno de saturación de las corrientes naturales de agua, que exceden su cauce normal de conducción, afectando centros de población y áreas de producción. Esto se deriva principalmente de la baja capacidad de los ríos ante flujos extraordinarios, aunados a deficiencia de drenaje, saturación del suelo y acumulación de desperdicios, que disminuyen la capacidad hidráulica de los cauces.

Ciclones tropicales

Las fuertes y abundantes precipitaciones que provocan los ciclones tropicales, la marea de tempestad ocasionada por los fuertes vientos que soplan hacia tierra, y la diferencia de presión atmosférica entre el huracán y los alrededores, genera grandes olas que inundan las costas.

Tormentas puntuales

Este tipo de precipitaciones comúnmente llamadas trombas, tornados, chubascos, etcétera, cubren áreas de entre 5 y 10 km de diámetro y se presentan acompañadas de descargas eléctricas, intensos vientos y, en ocasiones, de granizo.

Granizo

El granizo consiste en la lluvia helada que cae con fuerza en forma de granos y provoca taponamiento de las redes de alcantarillado, impidiendo el desalojo de las aguas en las zonas urbanas. En las áreas agrícolas destruye parcial o totalmente las cosechas y altera sus ciclos. También causa daños, por impacto y acumulación en edificaciones.

Nieve

Este fenómeno, que se registra en pocas zonas del país, se considera como agente de inundación debido a que, con el deshielo, ocasiona escurrimientos que se acumulan y alteran el desarrollo de las actividades.

Presas

Los ríos de la República Mexicana y las presas consideradas con mayor grado de riesgo, juegan un papel determinante en la ocurrencia de inundaciones. Una presa se considera riesgosa cuando aguas abajo de la misma, se localizan conglomerados de población con 200 viviendas o más de 1,000 habitantes; o bien, centros de elevada actividad industrial o áreas con un alto índice de productividad agrícola y/o explotación diversa de 500 o más hectáreas.

En la actualidad, las presas ya no son un muro o dique construido a través de un río con objeto de regular su caudal o almacenar agua, sino que se consideran como sistemas hidráulicos vitales para la población y para las actividades agrícolas y ganaderas circundantes. No obstante, una presa puede conformar un peligro para los sistemas existentes en su entorno, ya sea por la capacidad limitada de almacenamiento ante la presencia de grandes avenidas de agua, por fallas estructurales, de diseño u operacionales propias.

Lo anterior resulta de gran relevancia dado que, a lo largo y ancho del territorio nacional, fluye un número considerable de ríos y arroyos, en cuyos cauces y desembocaduras se ha construido infraestructura para el almacenamiento, uso y control de las aguas. En muchos casos, en las riberas y zonas bajas de las presas, existen asentamientos humanos, desarrollos agrícolas, ganaderos e industriales.

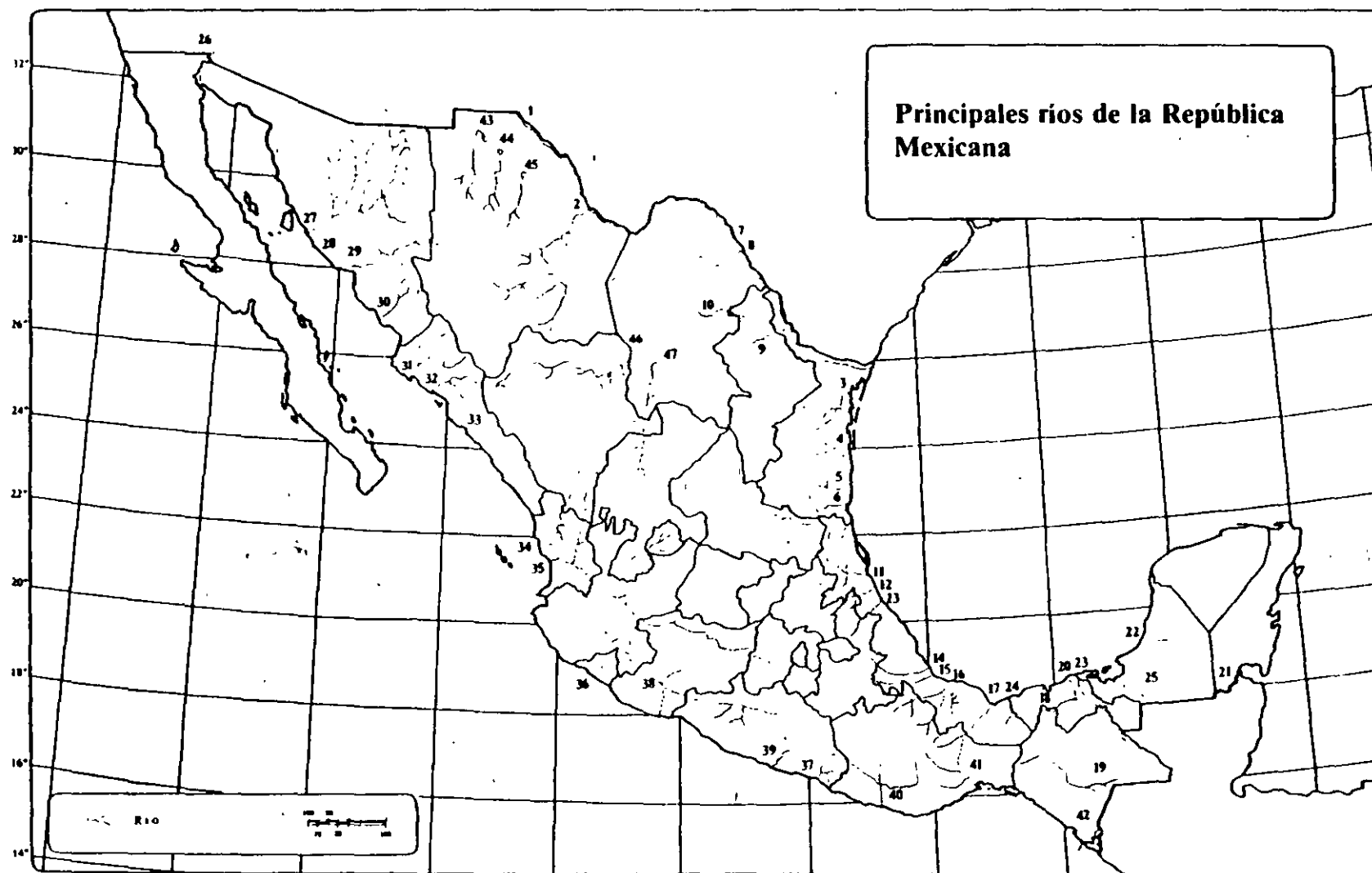
Daños causados por inundaciones

Directos

Consisten principalmente en un menoscabo físico de las propiedades y de la producción. Las actividades y bienes que en mayor medida pueden ser afectados por este tipo de daños son: la agricultura, la ganadería, la silvicultura, la industria, el comercio, las obras públicas y las edificaciones.

Indirectos

Son las pérdidas económicas de los productos y servicios de una región derivadas de la interrupción temporal de las actividades agropecuarias, forestales, industriales y de comercio. También se incluye



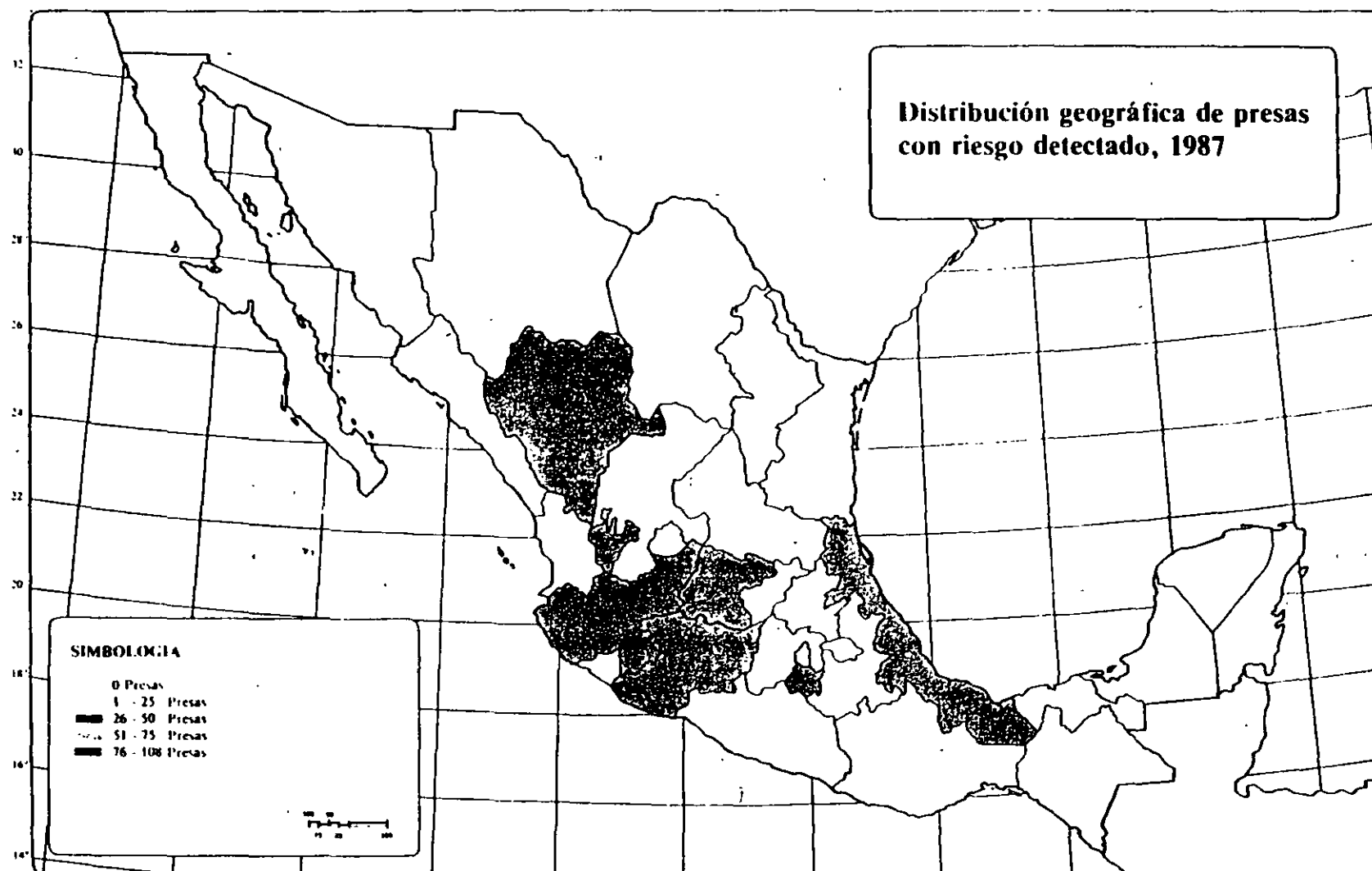
Fuente: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Dirección General de Administración y Control de Sistemas Hidrológicos, Dirección de Aguas Superficiales

Figura 13

PRINCIPALES RIOS DE LA REPUBLICA MEXICANA Y SU VERTIENTE

R I O S	VERTIENTE	SECCION	R I O S	VERTIENTE	SECCION
1 BRAVO	DEL GOLFO	NORTE	26 COLORADO	DEL PACIFICO	NORTE
2. CONCHOS			27 SONORA		
3 SAN FERNANDO			28 YAQUI		
4 SOTO LA MARINA			29 MAYO		
5. TAMESI			30 FUERTE		
6 PANUCO			31 SINALOA		
7 SAN DIEGO			32 CULIACAN		
8 SAN RODRIGO			33 HUMAYA		
9 SABINAS			34 SAN PEDRO		
10 SALADO			35 LERMA-SANTIAGO		
11 TUXPAN		CENTRO	36 ARMERIA		CENTRO
12. CAZONES			37 OMETEPEC		
13 TECOLUTLA			38 BALSAS		
14 JAMAPA					
15 BLANCO					
16 PAPALOAPAN			39 PAPAGAYO		SUR
			40 VERDE		
			41 TEHUANTEPEC		
			42 SUCHIATE		
17. COATZACOALCOS		SUR		INTERIOR	COMARCA DE LOS INDIOS PUEBLOS
18. MEZCALAPA			43 CASAS GRANDES		
19. GRIJALVA			44 SANTA MARIA		
20 USUMACINTA			45 CARMEN		COMARCA LAGUNERA
21. HONDO					
22. CHAMPOTON			46. NAZAS		
23. SAN PEDRO Y SAN PABLO			47. AGUANAVAL		
24. TONALA					
25. CANDELARIA					

FUENTE: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Administración del Agua



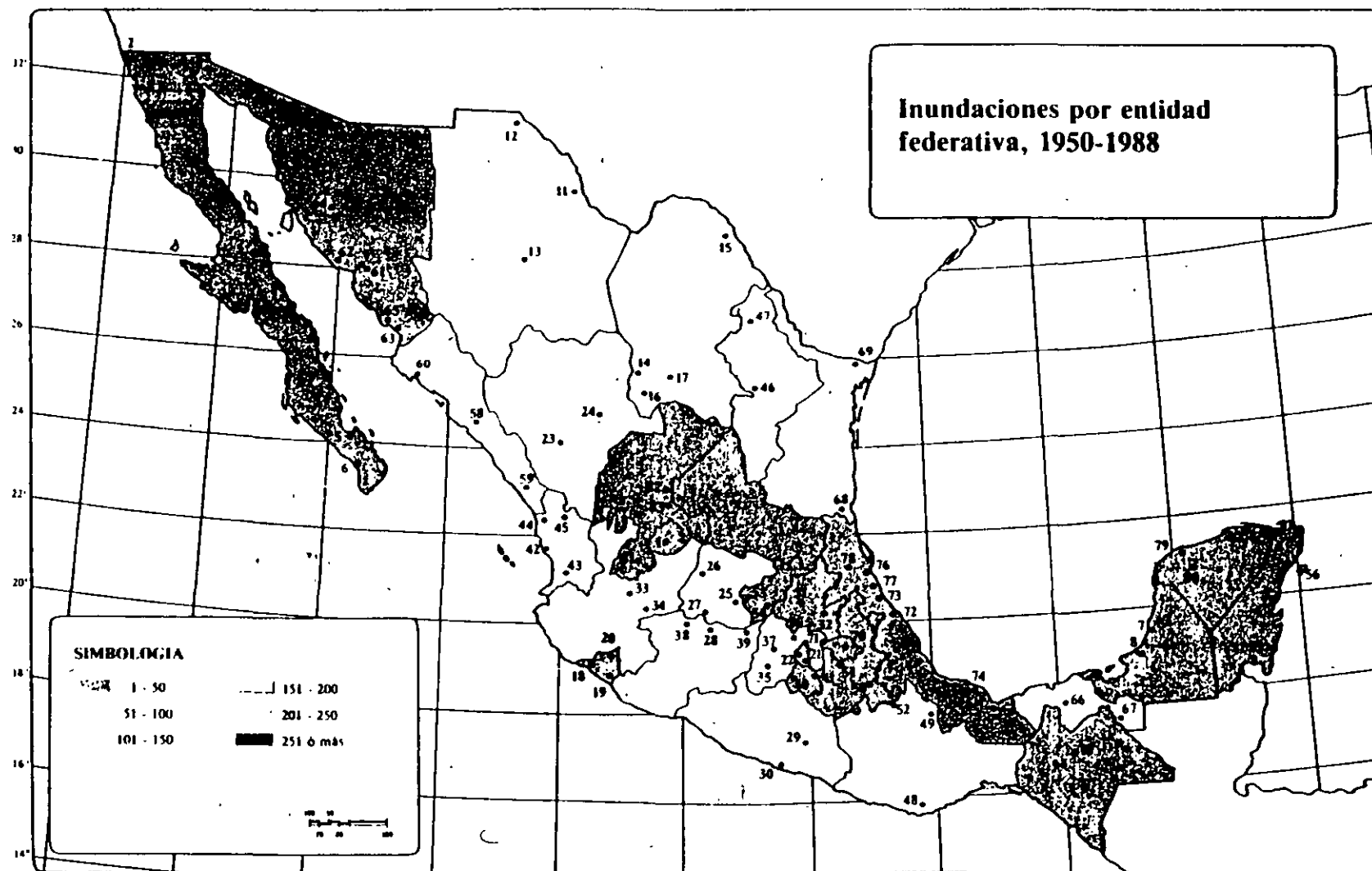
Fuente: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica, Dirección General de Administración y Control de Sistemas Hidrológicos, Dirección de Ingeniería de Ríos

Figura 14

**PRESAS REGISTRADAS POR ENTIDAD FEDERATIVA Y CANTIDAD DE ELLAS
CENSADAS CON RIESGO DETECTADO, 1987**

ESTADO	PRESAS REGISTRADAS EN EL ESTADO	PRESAS CENSADAS CON RIESGO DETECTADO
1 AGUASCALIENTES	74	2
2 BAJA CALIFORNIA	20	15
3 BAJA CALIFORNIA SUR	16	
4 CAMPECHE		
5 COAHUILA	139	19
6 COLIMA	45	
7 CHIAPAS	23	7
8 CHIHUAHUA	132	60
9 DISTRITO FEDERAL	27	20
10 DURANGO	306	80
11 GUANAJUATO	220	87
12 GUERRERO	31	19
13 HIDALGO	165	15
14 JALISCO	276	108
15 MEXICO	194	54
16 MICHOACAN	252	50
17 MORELOS	125	79
18 NAYARIT	54	3
19 NUEVO LEON	164	55
20 OAXACA	94	
21 PUEBLA	70	
22 QUERETARO	127	
23 QUINTANA ROO		
24 SAN LUIS POTOSI	147	8
25 SINALOA	37	24
26 SONORA	39	13
27 TABASCO		
28 TAMAULIPAS	152	20
29 TLAXCALA	21	
30 VERACRUZ	58	41
31 YUCATAN	1	
32 ZACATECAS	202	21
TOTAL:	3,211	800

FUENTE: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Administración del Agua



Fuente: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Administración del Agua

Figura 15

dentro de este concepto, el gasto que se destina para la ayuda a los damnificados.

Intangibles

Dentro de este concepto se engloban los damnificados, los heridos y las pérdidas de vidas humanas.

UBICACION GEOGRAFICA

En las regiones del país donde el periodo de lluvias es más prolongado y abundante, como sucede en la llanura tabasqueña, los ríos son permanentemente caudalosos. En el territorio nacional existen 47 ríos importantes, mismos que fluyen en tres diferentes vertientes: del Golfo, del Pacífico y del Interior (**figura 13 y cuadro 09**).

De manera ilustrativa, en la **figura 14** se muestra la distribución geográfica del número de presas con riesgo detectado en cada entidad federativa. Paralelamente, en el **cuadro 10** se presenta un censo de las mencionadas presas hasta mayo de 1987, en el cual se cita tanto el número de presas, como el de aquellas en las que se ha detectado mayor riesgo en cada entidad federativa, según la SARH. Conforme a esta fuente de información y según se aprecia en la **figura 15** y en el **cuadro 11** los estados que han tenido más de 100 inundaciones en un periodo de 39 años (1950-1988) son, en orden de importancia: Veracruz 417, Sonora 262, Jalisco 202, México 153, Guanajuato 149, Michoacán 121, Guerrero 118, Durango 117, Tamaulipas 112 y Nayarit 108.

AFECTABILIDAD

Durante el periodo de 1950-1988 se alcanzó un total de 2,681 inundaciones, lo que implica estadísticamente un promedio anual de 70 inundaciones significativas y un riesgo potencial cercano a los 18 millones de habitantes (**cuadro 11**).

Como puede advertirse con base en esos datos, las entidades federativas donde se presentan más inundaciones son Veracruz, Sonora y Jalisco, las cuales, en forma global tienen una población expuesta cercana a los 4 millones de habitantes. Asimismo, se observa que las localidades que con más frecuencia se inundaron fueron: Alto Lucero (65), en Veracruz; Guadalajara (32), en Jalisco; Durango (29), en Durango; Santiago Ixcuintla (27), en Nayarit; y Tampico (26) en Tamaulipas. Estas localidades totalizan una población expuesta cercana a los 3 millones de habitantes.

**INUNDACIONES PRESENTADAS Y LOCALIDADES MAS INUNDADAS EN UN PERIODO DE 39 AÑOS
(1950 - 1988)**

ENTIDAD FEDERATIVA	POBLACION	NO. EN EL MAPA (FI- GURA 15)	INUNDACIONES		HABITANTES EXPUESTOS *
			TOTAL ENTIDAD	TOTAL LOCALIDAD	
AGUASCALIENTES			6		
BAJA CALIFORNIA	AGUASCALIENTES	1	50	4	461
	TIJUANA	2		15	536
	ENSENADA	3		14	204
	MEXICALI	4		11	594
BAJA CALIFORNIA SUR			17		
	LA PAZ	5		3	148
CAMPECHE	REGION TODOS SANTOS	6	24	3	
	CAMPECHE	7		9	207
CHIAPAS	CHAMPOTON	8	46	4	56
	TUXTLA GUTIERREZ	9		9	198
	SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS	10		6	72
	OJINAGA	11	93	12	29
CHIHUAHUA	CD JUAREZ	12		15	629
	DELICIAS	13		8	91
	TORREON	14	93	9	439
	CD. ACUÑA	15		5	51
COAHUILA	MATAMOROS	16		7	
	PARRAS	17		5	47
	MANZANILLO	18	35	7	87
	TECOMAN	19		4	80
COLIMA	COLIMA	20		6	
	RIO CHURUBUSCO ¹	21	45	7	
	RIO SAN JOAQUIN ²	22			

* MILES

¹ Delegaciones Benito Juárez y Coyacacán
² Delegación Miguel Hidalgo.

Cuadro 11
(CONTINUA)

**INUNDACIONES PRESENTADAS Y LOCALIDADES MAS INUNDADAS EN UN PERIODO DE 39 AÑOS
(1950 - 1988)**

ENTIDAD FEDERATIVA	POBLACION	NO EN EL MAPA (FI- GUIRA 15)	INUNDACIONES		HABITANTES EXPUESTOS *
			TOTAL ENTIDAD	TOTAL LOCALIDAD	
DURANGO			117		
	DURANGO	23		29	372
	CANATLAN	24		18	75
GUANAJUATO			149		
	CELAYA	25		12	255
	LEON	26		12	761
	IRAPUATO	27		9	
	SALAMANCA	28		10	185
GUERRERO			118		
	CHILPANCINGO	29		12	
	ACAPULCO	30		19	118
HIDALGO			44		488
	PACHUCA	31		5	
	VEGA DE METZTITLAN	32		6	156
JALISCO			202		23
	GUADALAJARA	33		32	
	LA BARCA	34		7	1 907
MEXICO			153		56
	CHALCO	35		14	
	ECATEPEC DE MORELOS	36		11	111
	NAUCALPAN	37		16	1,156
MICHOACAN			121		
	ZAMORA	38		10	133
	LA PIEDAD	39		9	73
MORELOS			30		
	CUERNAVACA	40		9	301
	YAUTEPEC	41		6	36
NAYARIT			108		
	SANTIAGO IXCUINTLA	42		27	114
	TUXPAN	43		11	39
	TECOALA	44		10	
	ACAPONETA	45		8	

* MILES

Cuadro 18
(CONTINUA)

**INUNDACIONES PRESENTADAS Y LOCALIDADES MAS INUNDADAS EN UN PERIODO DE 39 AÑOS
(1950 - 1988)**

ENTIDAD FEDERATIVA	POBLACION	NO EN EL MAPA (FI GURA 15)	INUNDACIONES		HABITANTES EXPUESTOS*
			TOTAL ENTIDAD	TOTAL LOCALIDAD	
NUEVO LEON		1	51		
	MONTERREY	46		20	1,342
	ANAHUAC	47		4	22
OAXACA			66		
	JUCHITAN	48		6	5
	TUXTEPEC	49		6	68
PUEBLA		1	28		
	CD. SERDAN	50		4	
	PUEBLA	51		5	999
	TEHUACAN	52		3	136
QUERETARO			28		
	QUERETARO	53		15	369
	TEQUISQUIAPAN	54		3	
QUINTANA ROO			9		
	CHETUMAL	55		4	
	COZUMEL	56		2	38
SAN LUIS POTOSI			10		
	SAN LUIS POTOSI	57		5	483
SINALOA			93		
	CULIACAN	58		22	700
	MAZATLAN	59		14	312
	GUASAVE	60		11	

Cuadro II
(CONTINUA)

**INUNDACIONES PRESENTADAS Y LOCALIDADES MAS INUNDADAS EN UN PERIODO DE 39 AÑOS
(1950 - 1988)**

ENTIDAD FEDERATIVA	POBLACION	NO EN EL MAPA (FI- GURA 15)	INUNDACIONES		HABITANTES EXPUESTOS*
			TOTAL ENTIDAD	TOTAL LOCALIDAD	
SONORA			262		
	CAJEME	61		14	299
	VILLA GUAYMAS	62		14	155
	ETCHOJOA	63		11	78
	HERMOSILLO	64		12	399
	HUATABAMPO	665		12	71
TABASCO			73		
	VILLAHERMOSA	66		13	301
	TENOSIQUE	67		7	46
TAMAULIPAS			112		
	TAMPICO	68		26	311
	MATAMOROS	69		11	277
TLAXCALA			36		
	ILAXCALA	70		6	42
	PANOTLA	71		4	16
VERACRUZ			417		
	ALTO LUCERO	72		65	33
	MARTINEZ DE LA TORRE	73		16	111
	COATZACOALCOS	74		14	228
	MINATITLAN	75		16	176
	TUXPAN	76		15	117
	NAUTLA	77		13	
	POZA RICA	78		15	202

* MILES

Cuadro 11
(CONTINUA)

**INUNDACIONES PRESENTADAS Y LOCALIDADES MAS INUNDADAS EN UN PERIODO DE 39 AÑOS
(1950 - 1988)**

ENTIDAD FEDERATIVA	POBLACION	NO EN EL MAPA (FI- GURA 15)	INUNDACIONES		HABITANTES EXPUESTOS*
			TOTAL ENTIDAD	TOTAL LOCALIDAD	
YUCATAN			12		
	PUERTO PROGRESO	79		3	36
	MÉRIDA	80		4	510
ZACATECAS			33		
	TLALTENANGO	81		3	21
	PANFILO NATERA	82		2	19
	PINOS	83		2	58
TOTALES:			2,681	894	17,761

FUENTE: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Comisión Nacional del Agua. Subdirección General de Administración del Agua

Cuadro 11
(TERMINA)

* Cifras en miles para el año 1987

Estimadas por la Dirección General del Registro Nacional de Población en base al X Censo General de Población y Vivienda de la Proyección de Población en México y de las Entidades Federativas de 1980-2010. INEGI-CONAPO

SEQUIAS

DESCRIPCION DEL FENOMENO

La sequía es el agente destructivo que se caracteriza por la falta de agua en el suelo, afectando la vegetación, ya que ésta pierde el agua por la evapotranspiración o debido a que la precipitación en una etapa es menor que su promedio característico. Cuando esta deficiencia es prolongada, daña las actividades humanas y económicas, así como el equilibrio de los ecosistemas.

Debido a los factores que intervienen en la formación del clima, tales como latitud, altitud, relieve, vientos (regidos por perturbaciones atmosféricas) y, en menor escala, por los grandes bosques, nuestro país presenta una gama climatológica que va desde los climas extremadamente húmedos, hasta los altamente secos.

La clasificación de las sequías se realiza en función del clima predominante o por su magnitud.

Por clima

- a) Permanentes, se producen en zonas de climas áridos.
- b) Estacionales, se observan en sitios con temporadas lluviosas y secas bien definidas.
- c) Contingentes, se presentan en cualquier época del año debido a periodos prolongados de calor, a falta de lluvias o a la coincidencia de ambos.
- d) Invisibles, ocurren cuando las lluvias del verano no cubren las pérdidas de humedad por evaporación.

Por magnitud

- a) Leves: son aquellas que tienen como causa la escasez parcial de lluvias y no repercuten de manera importante en la producción ni en la economía.
- b) Moderadas: son las originadas por una disminución significativa en la precipitación pluvial que afecta a la producción agrícola.
- c) Severas: son las que se producen por la disminución general o total de lluvias, con daños cuantiosos a la producción.
- d) Extremadamente severas: son producto del proceso permanente de escasez de agua que provoca crisis en la agricultura y en la ganadería, con los consiguientes efectos al conjunto de la economía y la sociedad.

Efectos de los daños por sequías

Cuando se ha declarado una sequía, los daños que causa dependen de su duración e intensidad y, en función de lo anterior, de la necesidad de agua que tengan en ese lapso los seres vivos y de las actividades

económicas en desarrollo. Al presentarse una sequía, sus efectos se manifiestan en:

a) Desequilibrio ecológico.

Genera deshidratación y muerte de la flora; migración y/o muerte de la fauna; degradación y/o destrucción de los bosques, y debilitamiento, aridez y desertificación de los suelos.

b) Deterioro de la producción agrícola.

Genera pérdida de cultivos y el consecuente empobrecimiento de los campesinos; escasez de alimentos que deriva en desabasto y encarecimiento de los productos, provocando acaparamiento y especulación.

c) Disminución del hato ganadero.

Provoca pérdida de animales, por hambre y aparición de las epizootias.

d) Reducción de la actividad industrial.

Redunda en cortes de producción y descenso en la calidad de los productos, lo cual repercute en la capacidad de expansión de la economía, en los niveles de captación de divisas y en la generación de empleos, principalmente.

e) Deterioro de los rangos de salud pública.

Provoca falta de higiene y sus consecuencias en la generación de epidemias, hambrunas y mortandad.

f) Migración campesina.

Genera migraciones masivas del área rural ante las condiciones negativas de subsistencia.

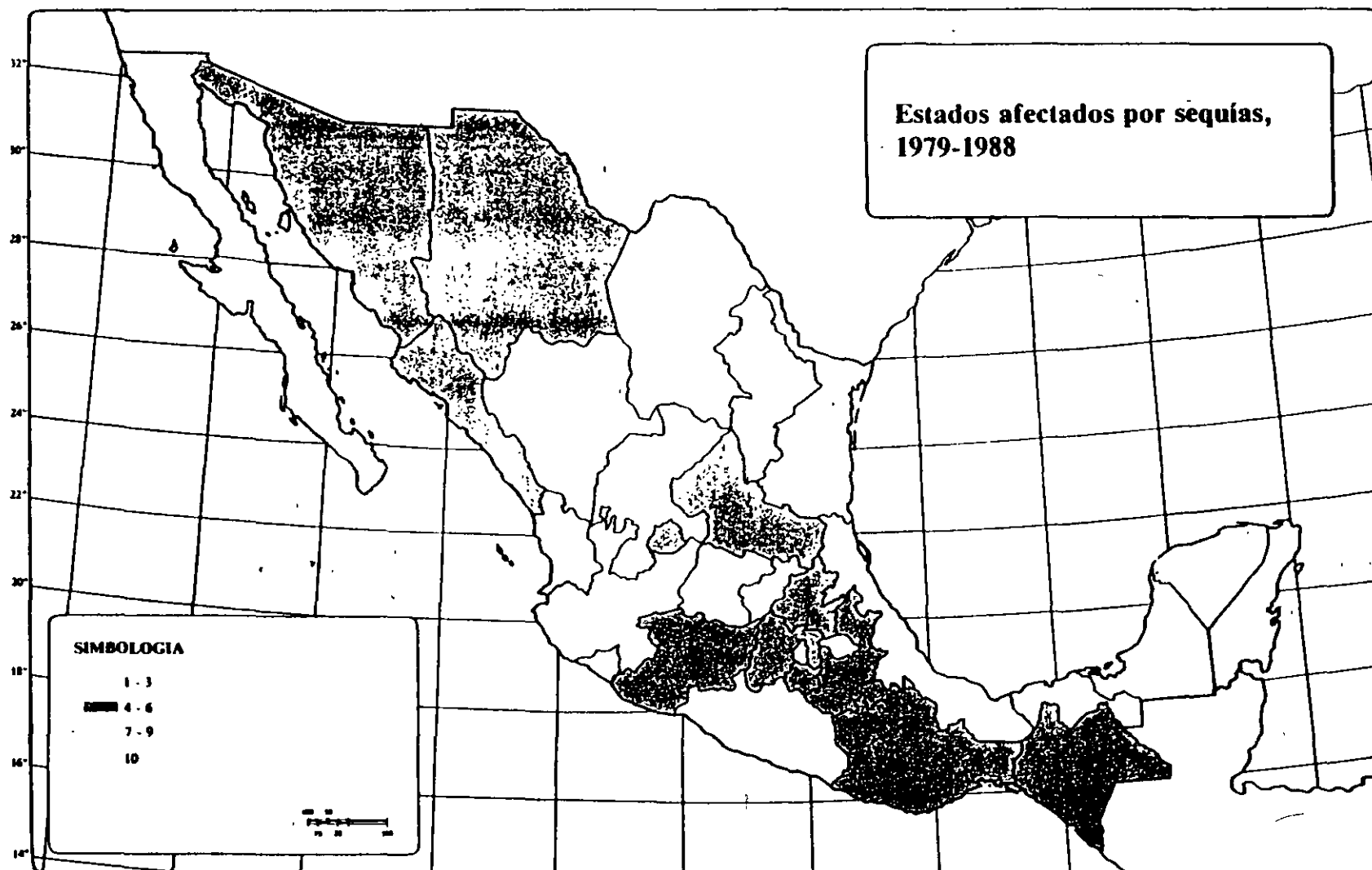
UBICACION GEOGRAFICA

Las entidades federativas que sufrieron el mayor número de sequías anuales durante el periodo 1979-1988, fueron Coahuila, Guanajuato, Durango, Zacatecas, Guerrero, Jalisco, Tamaulipas, Nuevo León y Querétaro y la región occidental de San Luis Potosí (**figura 16**).

AFECTABILIDAD

Los daños provocados por las sequías, aunque no se producen de manera aparatosa, alcanzan magnitudes muy superiores a las provocadas por las inundaciones. En nuestro país se cuenta con información sobre el particular a partir de 1979, en que la SARH inicia el registro sistemático de los daños ocasionados por esta calamidad.

En el periodo 1979-1988, las entidades que sobresalieron por las sequías, de acuerdo al volumen de sus hectáreas siniestradas fueron: Guanajuato, Zacatecas, Jalisco, Durango y Tamaulipas, que en conjunto alcanzaron más de 11 000 hectáreas afectadas. De acuerdo con el **cuadro 12**, cuatro estados presentaron el mayor número de años con sequías: Coahuila (10), Guanajuato (10), Durango (9) y Zacatecas (9).



Fuente: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Comisión Nacional del Agua,
Subdirección General de Administración del Agua

Figura 16

AFECTACIONES POR SEQUIAS EN EL PERIODO 1970-1988

ENTIDAD FEDERATIVA	PERDIDAS		
	HECTAREAS EN MILES	IMPORTE (MILLONES \$)	AÑOS DE OCURRENCIA EN EL PERIODO
1. AGUASCALIENTES	495	78	5
2. CAMPECHE	85	7	1
3. CHIAPAS	428	42	5
4. CHIHUAHUA	612	50	4
5. COAHUILA	260	20	10
6. COLIMA	36	1	2
7. DURANGO	1,287	66	9
8. GUANAJUATO	4 525	234	10
9. GUERRERO	741	32	8
10. HIDALGO	441	11	4
11. JALISCO	1,973	175	7
12. MEXICO	288	4	4
13. MICHOACAN	608	46	6
14. MORELOS	129	4	4
15. NAYARIT	143	10	3
16. NUEVO LEON	397	40	8
17. OAXACA	738	3	4
18. PUEBLA	862	63	6
19. QUERETARO	507	29	8
20. QUINTANA ROO	67	3	1
21. SAN LUIS POTOSI	775	15	5
22. SINALOA	408	25	5
23. SONORA	26	4	4
24. TAMAULIPAS	1,116	47	8
25. TLAXCALA	506	35	7
26. VERACRUZ	250	15	3
27. YUCATAN	82	3	1
28. ZACATECAS	2,627	150	9
TOTAL	20,412	1,212	

Cuadro 12

FUENTE: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Comisión Nacional del Agua. Subdirección General de Administración del Agua.
 Datos proporcionados hasta el año de 1986 por la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

TORMENTAS DE GRANIZO Y NEVADAS

DESCRIPCION DEL FENOMENO

La República Mexicana, por su situación geográfica, se ve afectada por sistemas meteorológicos tanto provenientes de las regiones tropicales y su desarrollo durante los ciclos primavera-verano, como los de la zona polar, que se manifiestan durante la estación invernal, lo que puede ocasionar tormentas de granizo o nevadas.

Las tormentas de granizo son precipitaciones sólidas en forma de granos de hielo que están relacionadas con las tormentas eléctricas. En función de la cantidad y del tamaño del granizo, será la magnitud del posible daño. En las zonas rurales, destruyen las siembras y plantíos y en ocasiones provocan pérdidas de animales de cría. En las zonas urbanas provocan problemas de tránsito y de daños a las viviendas, construcciones y áreas verdes, debido a su acumulación sobre techos y a la obstrucción del sistema de drenaje, lo cual produce inundaciones de duración relativamente larga.

La nevada se define como una precipitación de cristales de hielo. En México tiene su origen en las masas de aire provenientes del Artico, de Alaska y de la región noreste de Canadá. Ocurre cuando las condiciones de temperatura y presión referidas a la altitud de un lugar y al cambio de humedad del ambiente, se conjugan para propiciar la precipitación de la nieve.

Eventualmente puede formarse en el altiplano de México, en cuyo caso se produce por la influencia de las corrientes frías provenientes del norte del país. En algunos casos, las nevadas producen daños a la agricultura y, en otros, proporcionan humedad para beneficio de la misma e incrementan los mantos acuíferos.

Los efectos de las nevadas se manifiestan en las ciudades en forma de desquiciamiento de tránsito, apagones y taponamiento de drenajes, que a veces originan inundaciones; daños a estructuras endebles, y eventualmente, derrumbes de edificaciones. En las zonas rurales, si el fenómeno es de poca intensidad, no provoca daño a la agricultura, en cambio, si la nevada es intensa, el daño puede llegar al 100%, dependiendo del tipo de cultivo y de la etapa de crecimiento en la que se encuentre.

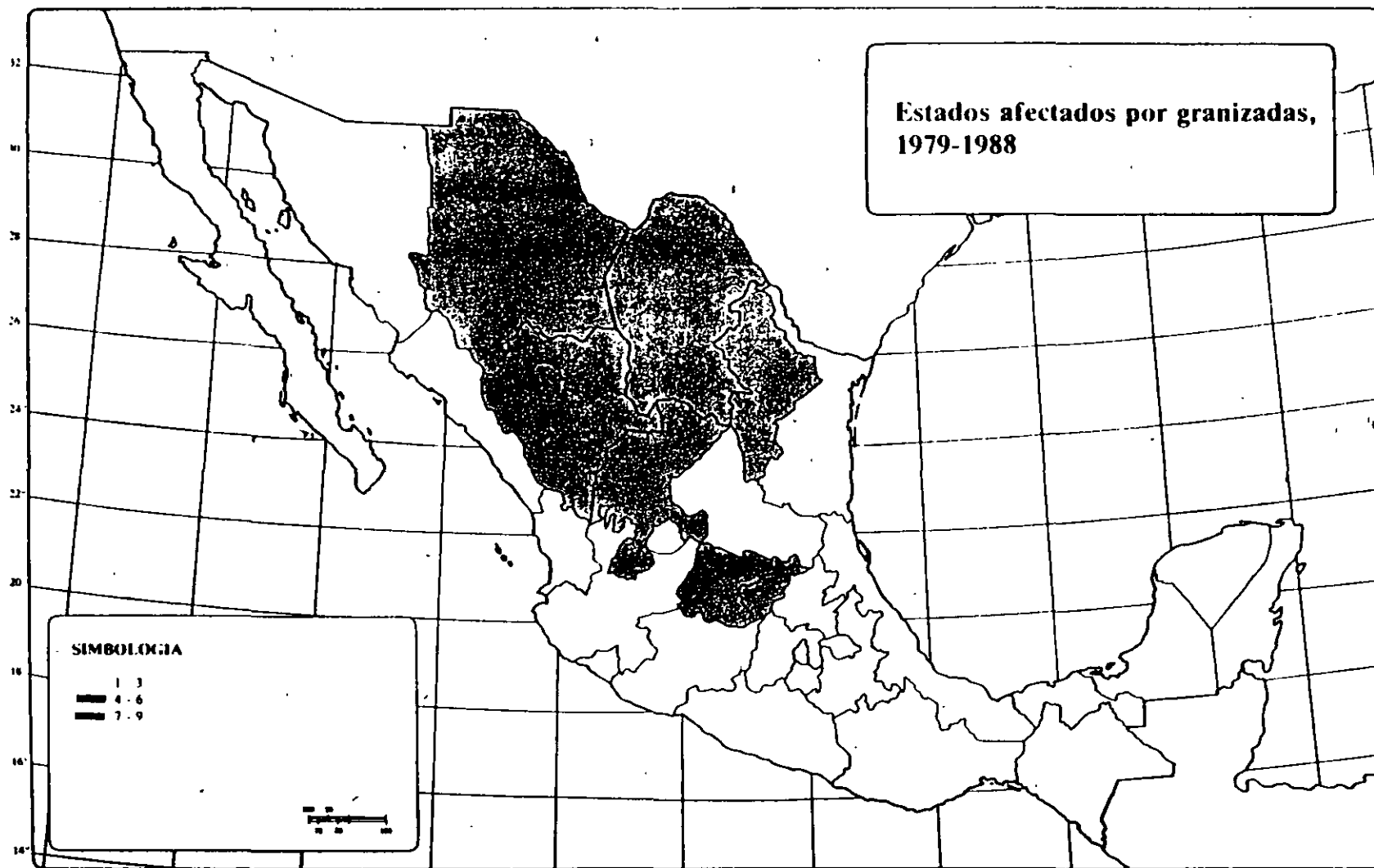
UBICACION GEOGRAFICA

De acuerdo con la información proporcionada por la SARH, las entidades federativas que resultaron mas afectadas por granizadas entre 1979 y 1988, fueron Coahuila, Durango y Guanajuato (**figura 17**).

Las nevadas son frecuentes en el norte del país, y sólo en escasas ocasiones se presentan en zonas del sur. En las sierras del estado de Chihuahua, durante la estación invernal ocurren más de seis nevadas anuales en promedio y en algunas pequeñas regiones al norte de Durango y Sonora, las nevadas tienen una frecuencia de tres veces al año.

AFECTABILIDAD

Durante el periodo 1979-1988, según registros de la SARH, los estados que sobresalen en orden de importancia, de acuerdo al número de hectáreas afectadas por las granizadas son: Guanajuato, con 109,767 Has.; Chihuahua, 56,355 Has.; Tlaxcala, 51,616 Has.; Nuevo León, 37,837 Has. y Durango, 35,393 Has. Asimismo, dentro de estos registros se estimó una población expuesta mayor a los 6 millones de habitantes (**cuadro 13**).



Fuente: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Comisión Nacional del Agua,
Subdirección General de Administración del Agua

Figura 17

AFECTIONS POR GRANIZADAS EN EL PERIODO 1979 - 1988

ENTIDAD FEDERATIVA	POBLACION TOTAL DEL EDO	P E R D I D A S			AÑOS DE OCURRENCIA EN EL PERIODO
		HECTAREAS	IMPORTE (MILLONES \$)*		
1. BAJA CALIFORNIA SUR	1,368	27,476	1 237		1
2. CHIAPAS	2,477	9,138	782		3
3. CHIHUAHUA	2,273	96,355	7,783		5
4. COAHUILA	1,557	14,492	1,616		7
5. DURANGO	1,366	35,393	3,520		7
6. GUANAJUATO	3,491	109,767	6,451		8
7. GUERRERO	2,515	15	1		1
8. HIDALGO	1,797	3,657	1,118		3
9. JALISCO	5,125	22,213	1 685		2
10. MEXICO	11,116	955	679		2
11. MICHOACAN	3,330	912	233		1
12. MORELOS	1,227	134	12		1
13. NUEVO LEON	2,513	37,837	1,101		5
14. OAXACA	2,630	402	47		1
15. PUEBLA	3,996	1,175	175		1
16. QUERETARO	929	2,276	917		4
17. SAN LUIS POTOSI	1,674	2,496	820		3
18. SONORA	1,771	2,038	216		2
19. TAMAULIPAS	2,238	12,892	102		3
20. TLAXCALA	655	51,616	1,635		2
21. VERACRUZ	6,523	450	10		1
22. ZACATECAS	1,243	16,509	13		4
TOTAL:	61,814	408,648	30,153		

FUENTE: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Administración del Agua

* Datos proporcionados hasta el año de 1986 por la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos

3.2 Agentes Perturbadores de Origen Biológico

CONTAMINACION AMBIENTAL

DESCRIPCION DEL FENOMENO

Es la situación caracterizada por la presencia en el medio ambiente de uno o más contaminantes en cantidades superiores a los límites humanamente tolerables, en tal forma combinados que atendiendo a sus características y duración, en mayor o menor medida, causan un desequilibrio ecológico y dañan la salud y el bienestar del hombre.

Se define como contaminante a toda materia, sustancia o sus combinaciones, compuestos o derivados químicos y biológicos, humos, gases, polvos, cenizas, bacterias, residuos y desperdicios, así como a toda forma de energía (calor, radiactividad, ruido), que al entrar en contacto con el aire, agua o suelo altera o modifica su composición y condiciones naturales.

La contaminación ambiental generalmente se origina como consecuencia del crecimiento y desarrollo incontrolado de los centros de población, turísticos e industriales, el correlativo incremento de las fuentes de contaminación, el deterioro de los recursos naturales y el impacto de algunos fenómenos naturales como las erupciones volcánicas, tólvane-ras, fugas tóxicas, etcétera.

Contaminación del agua

El crecimiento demográfico aunado al desarrollo industrial observado a partir de la década de los cuarenta, derivó en un aumento significativo en el consumo del agua y, en consecuencia, en mayores volúmenes de aguas residuales que contienen microorganismos patógenos, compuestos orgánicos e inorgánicos tóxicos, metales pesados y solventes, residuos sólidos municipales e industriales, que afectan la calidad del recurso, el equilibrio ecológico y la existencia de gran cantidad de especies de flora y fauna acuática en ríos, lagos, lagunas, estuarios y zonas costeras.

Por otra parte, el empleo de aguas contaminadas eleva considerablemente los requerimientos y costos de potabilización para adecuar el recurso a los usos domésticos e industrial, aumentando los peligros en la salud pública. La contaminación de los cuerpos de agua repercute en la disminución de las actividades productivas e influye de manera negativa en el desarrollo turístico de algunas zonas del país.

En 1980, la SARH estimó a nivel nacional una descarga total de aguas residuales de 14.41 millones de metros cúbicos. Las descargas previstas para los años 1990 y 2000 son de 24.42 y 31.68 millones de metros cúbicos, respectivamente. Para estos años, el mayor volumen de aguas residuales será generado por la agricultura, con 13.67 y 15.84 millones de metros cúbicos respectivamente, y los núcleos urbanos, con 6.34 y 9.82 millones de metros cúbicos, en este mismo orden.

Contaminación del aire

Las fuentes más importantes de desequilibrio son las generadas por la propia actividad productiva del hombre, aun cuando existen fuentes naturales de contaminación atmosférica como las erupciones volcánicas, las tolveneras y los incendios forestales.

Las fuentes de contaminación generadas por el hombre se clasifican en fijas y móviles. Corresponden a las primeras, las de tipo industrial y comercial en sus diferentes giros, como son las refinerías, fundidoras, termoeléctricas, cementeras y las de la industria química principalmente.

Las fuentes móviles están conformadas por los vehículos automotores que utilizan como combustible gasolina y diesel. En general, los procesos de combustión empleados para obtener calor, transformar energía y dar movimiento, son causa de emisiones contaminantes de acuerdo a las características de los equipos, a su excesivo e inadecuado uso y a la calidad de los combustibles empleados.

Los principales contaminantes atmosféricos son partículas suspendidas totales (PST), dióxido de azufre (SO_2), hidrocarburos (HC), oxidantes fotoquímicos como ozono (O_3), nitrato de peroxiacetilo (PAN) y aldehídos, monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO_2), óxido nítrico (NO) y metales pesados como el plomo (PB), y el cadmio (CD), entre otros, los que son detectados por las diversas redes de monitoreo manual que existen en las principales ciudades de la República y por la red automática de monitoreo atmosférico existente en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, (ZMCM).

Los datos de concentración de contaminantes atmosféricos en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, se reportan a través del IMECA (Índice Metropolitano de la Calidad del Aire), mediante el cual es posible conocer el nivel de deterioro ambiental, herramienta fundamental para la toma de decisiones en la implantación de las estrategias de prevención y control de la contaminación del aire.

Se estimó que en 1988, en la ZMCM la emisión de contaminantes fue de cinco millones de toneladas, aportando el 15% las fuentes fijas, 80% las móviles y el 5% restante, las fuentes naturales.

Contaminación del suelo

La contaminación del suelo consiste en acumular en la corteza terrestre, residuos líquidos o sólidos que contengan organismos patógenos: detergentes, metales pesados, sustancias orgánicas, tóxicas, solventes, grasas, aceites, fertilizantes, plaguicidas y los desechos sólidos derivados de mercados, tiendas, oficinas, viviendas y servicios en general, materias capaces de alterar las características naturales de la flora y la fauna, así como las de las aguas superficiales y subterráneas.

Uno de los principales agentes contaminantes del suelo son las aguas negras, que utilizadas en la irrigación de tierras de cultivo aportan organismos patógenos, detergentes, metales pesados, sustancias orgánicas, tóxicas, solventes, grasas y aceites. Los fertilizantes y los plaguicidas son también agentes contaminantes, cuando se emplean en proporciones mayores al nivel de saturación del suelo.

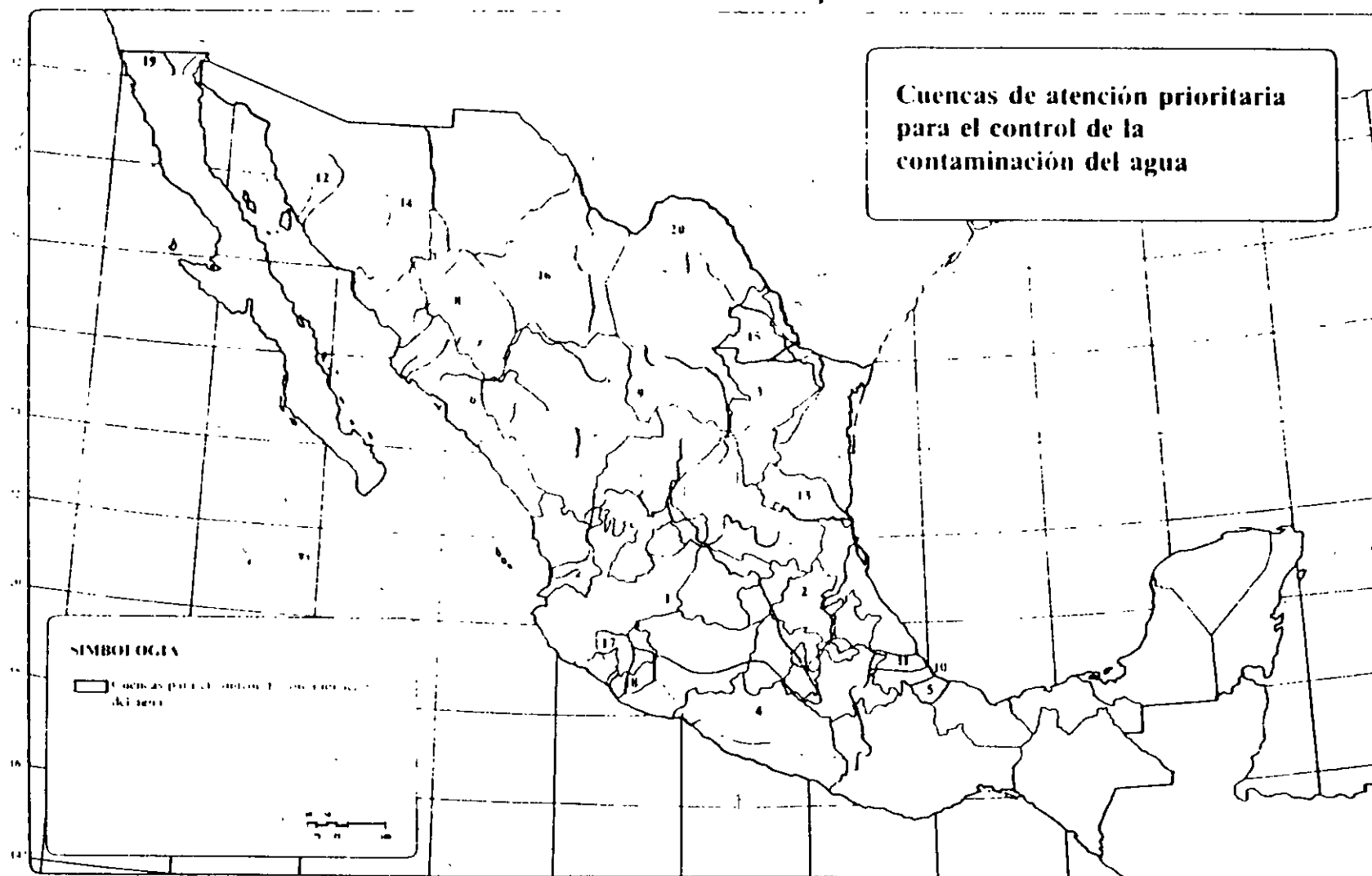
Los residuos sólidos representan una fuente significativa en la contaminación del suelo; prueba de ello es que el promedio de generación de residuos sólidos municipales por persona, que incluye los desechos derivados de mercados, tiendas, oficinas, viviendas y servicios generales, alcanzan 693 gramos/día/habitante. Todavía es más relevante el hecho de que la generación de los residuos sólidos domésticos (provenientes únicamente de la vivienda), representan el 70% del total, o sea 485 gramos/día/habitante. Esto implica que los aproximadamente 80 millones de habitantes, producen 39 toneladas diarias de desperdicios domésticos.

Según datos de la SEDUE, se estima que en la actualidad se generan alrededor de 414 000 t/día de residuos industriales; 300 000 t/día de la industria minera en sus procesos de extracción y fundición; 70 500 t/día de residuos de procesos industriales; 29 500 t/día de agroindustrias y 14 000 t/día de compuestos peligrosos. Estos últimos pueden ser desde materia prima que se desecha, hasta residuos producidos en los diferentes procesos industriales.

UBICACION GEOGRAFICA

Contaminación del agua

En cuanto a descargas acuíferas residuales, se han estudiado 216 cuencas receptoras, comprendidas en 37 regiones hidrológicas del país, que cubren el 77% del territorio nacional. Su análisis ha conducido a la identificación de 20 cuencas que reciben en conjunto 61% como carga orgánica industrial y 39% como carga urbana (**figura 21**).



Fuente: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología

Figura 21

Tomando como referencia las emisiones contaminantes, los caudales y sus cargas orgánicas, resulta que el Distrito Federal, Veracruz, Jalisco, Estado de México, Sinaloa, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí y Morelos, son las entidades que en conjunto generan el 70% del volumen total en el país. Cabe hacer notar que en dichas entidades las emisiones contaminantes coinciden con la ubicación de la industria nacional.

Los núcleos urbanoindustriales que actualmente producen mayor descarga de contaminantes son las áreas metropolitanas de las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey, las que sumadas aportan el 40% de la descarga total de aguas residuales en el país y 35% de la descarga orgánica expresada en términos de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

También se consideran de atención prioritaria las ciudades de Coatzacoalcos, San Luis Potosí, Villahermosa, Acapulco, Mazatlán y Ensenada y la zona de Guaymas-Empalme, en donde las actividades industriales, turísticas y portuarias, aunadas a su ubicación geográfica, contribuyen con el 5% de la descarga total de aguas residuales.

Contaminación del aire

A nivel nacional, la contaminación atmosférica se presenta principalmente en las zonas de alta densidad demográfica o industrial, como la Ciudad de México, que genera el 23.5%; Guadalajara, el 3.5% y Monterrey el 3.0%. Los otros centros industriales generan el 70% restante. En el **cuadro 22** y en la **figura 22** se muestran las ciudades y áreas industriales más contaminadas del país, señalando las principales fuentes de emisión.

Contaminación del suelo

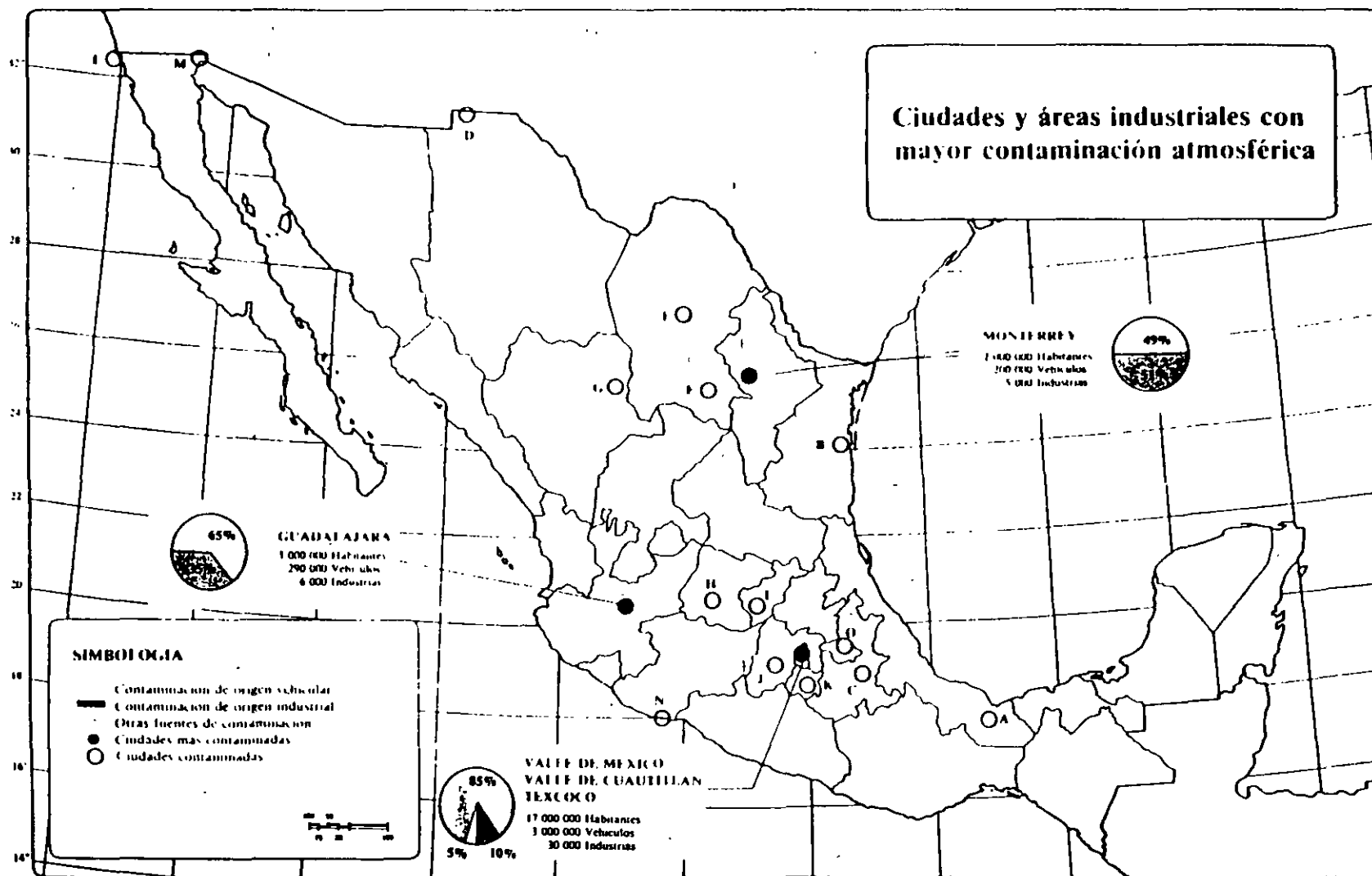
El total nacional de generación de residuos sólidos municipales con base en la población de 1985, asciende a 32 683 t/día. En 1988 se estimó en 52 200 t/día.

La generación de residuos sólidos domésticos varía de una región a otra. En la **figura 23** se regionaliza el país según porcentajes de generación de residuos sólidos domésticos durante 1984.

AFECTABILIDAD

No es fácil determinar el grado posible de daños a la salud en la población expuesta y los disturbios en la calidad del ambiente, pues ello depende de diversos factores, tanto de tipo organizacional, es decir, de la capacidad de respuesta que se tenga en la prevención y auxilio, como de las características fisiobiológicas del individuo afectado por el fenómeno.

Sin embargo, a manera de ejemplo y con el fin de contar con un marco de referencia que permita tener una primera apreciación de la



Fuente: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología

Figura 22

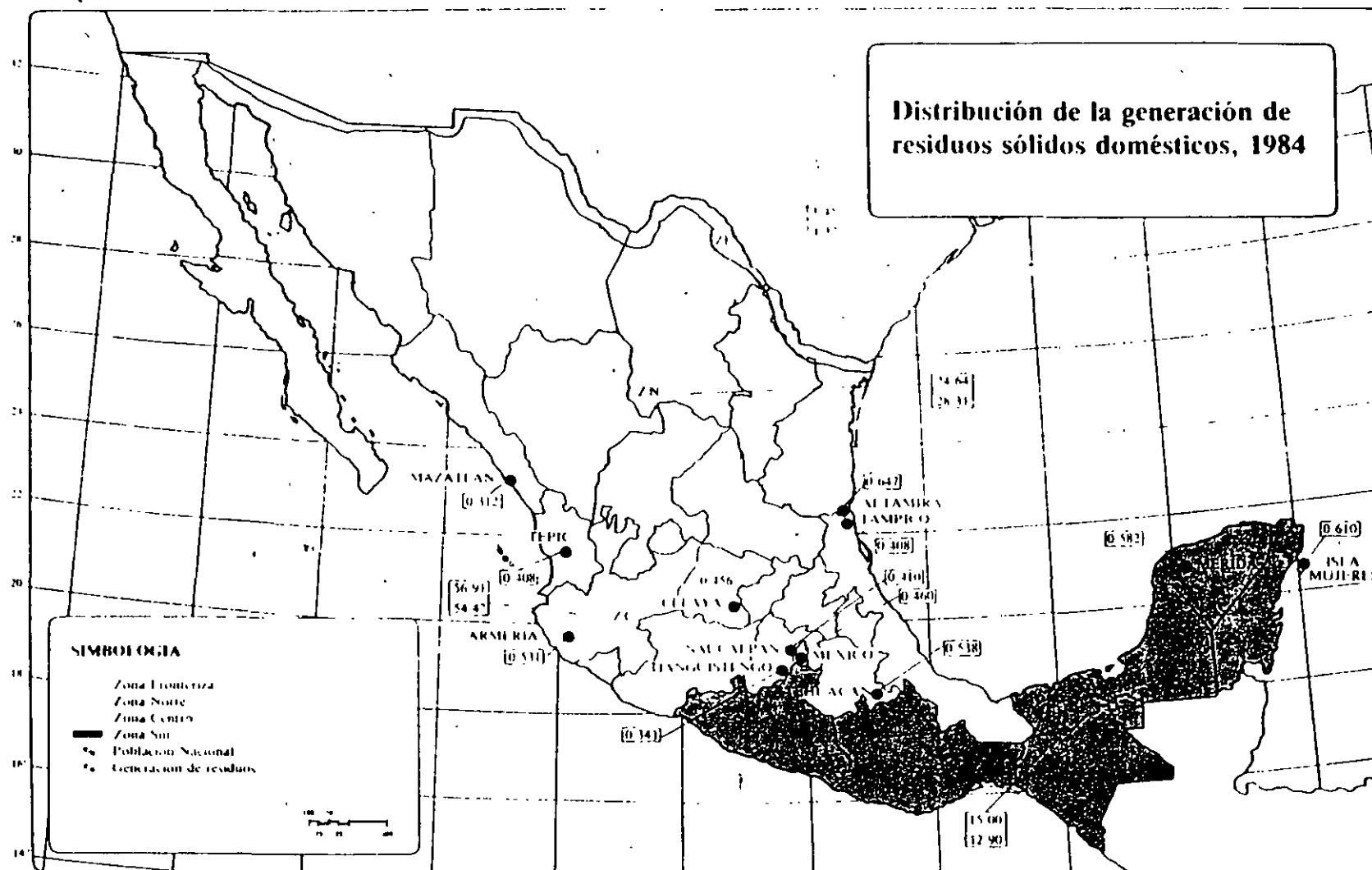


Figura 23

importancia de este tipo de fenómenos, en los cuadros 14 y 15 se muestran las ciudades de mayor contaminación atmosférica del país y las poblaciones expuestas en las cuencas contaminadas por aguas residuales respectivamente. En el cuadro 16 se ilustra lo relativo a los componentes de los residuos sólidos domésticos con relación al total nacional (1984), en las principales ciudades generadoras.

DESERTIFICACION

DESCRIPCION DEL FENOMENO

Los criterios que han prevalecido al utilizar algunos recursos naturales, parecieran haber partido del supuesto de que son inagotables y por lo tanto estables y permanentes, incluso se ha llegado a suponer erróneamente que al detener las actividades que se ejercen sobre ellos y al ser abandonado un sitio, por si solo se restaurara y recuperará en un corto plazo.

Sin embargo, se puede apreciar una disminución de recursos renovables y no renovables y la desaparición de algunas especies y de ciertos paisajes. En su lugar aparecen áreas erosionadas y contaminadas, así como los lechos secos de cuerpos de agua, pérdida y desequilibrio de los ecosistemas y presencia del proceso de desertificación, considerado como un fenómeno ecológico-sanitario.

La desertificación se define como un cambio ecológico que despoja a la tierra de su capacidad para sostener y reproducir vegetación, actividades agropecuarias y condiciones de habitación humana, es decir, el empobrecimiento de una región por destrucción del suelo cultivable y de la vegetación, debido a excesos o errores en la explotación de sus recursos o a una evolución natural del clima. El cambio en el uso del suelo sin considerar su aptitud real, es uno de los factores más importantes que altera el equilibrio ecológico con graves consecuencias ambientales.

El manejo inadecuado de los recursos, en muchos casos genera su autodestrucción, principalmente por las siguientes causas: sobrepastoreo de ganado en suelos con vocación agrícola o forestal, prácticas agrícolas en suelos no aptos, incendios forestales, desmontes con fines agropecuarios y frutícolas en terrenos inadecuados para tales actividades, talas clandestinas en áreas forestales, sobre-explotación forestal en bosques, selvas y vegetación del desierto, y por el desarrollo desordenado de obras de infraestructura.

UBICACION GEOGRAFICA

Las zonas áridas y semiáridas son las más afectadas en su cubierta vegetal. A pesar de que los desiertos son en mayor parte resultado de un proceso natural, las actividades del hombre los han extendido en forma significativa. Las escasas lluvias representan un alto riesgo y bajo rendimiento en los cultivos de temporal, lo que genera una demanda de riego agrícola y la necesidad de desarrollo de una infraestructura para

CIUDADES Y AREAS INDUSTRIALES CON MAYOR CONTAMINACION ATMOSFERICA

CIUDAD Y AREA	INDUSTRIA	POBLACION EN 1987	FUNDICION	SIDERURGIA	MINERA DE METALICOS	MINERA NO METALICOS	CEMENTERA	FARMACEU TICA	DEL VIDRIO	QUIMICA	FERTILI ZANTES	TEXTIL	ACIDO SULFURICO	PAPEL Y CELULOSA	GENERACION DE ENERGIA	VEHICULOS	PETROQUI MICA	REFINACION DE PETROLEO	AUTOMOTRIZ
VALLE DE MEXICO VALLE DE CUAUTITLAN, TEXCOCO			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
GUADALAJARA JAL		1 907	X	X			X			X	X	X	X		X	X			
MONTERREY NL		1 342	X	X	X	X	X		X	X			X		X	X			X
A COATZACOALCOS, MINATI TLAN PAJARITOS, VER		404								X	X		X				X	X	
B TAMPICO CIUDAD MA DERO, ALTAMIRA, TAMP		508								X							X	X	
C PUEBLA PUE		999	X	X		X				X	X				X				X
D JUAREZ CHIH		629	X							X			X						
E SALTILLO, COAH		388	X		X										X	X			X
F MONCLOVA COAH		144	X	X						X	X								
G TORREON COAH, GOMEZ PALACIO, DGO		646	X		X	X	X				X		X						
H SALAMANCA GTO		185								X					X		X	X	
I QUERETARO SAN JUAN DEL RIO, QRO		472							X	X	X				X				
J TOLUCA LERMA, EDO DE MEXICO		611							X		X							X	
K CUERNAVACA MOH		301			X	X			X										
L TIJUANA B C		536	X											X					
M MEXICALI B C		594	X											X					
N LAZARO CARDENAS, MICH		73	X	X						X						X			
O TLAXCALA, APIZACO TLAX		86	X	X					X										
TOTAL:		9.825																	

FUENTE: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología
 Población estimada en miles por la Dirección General de los Registros Nacionales de Población y el Censo General de Población y de las viviendas de 1980 y de las Entidades Federativas de 1980-2010 (CONAPO INEGI)
 A B C Referencia figura 22

**CARACTERIZACION DE LAS CUENCAS DE ATENCION PRIORITARIA
PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACION**

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO						
C U E N C A	SUPERFICIE KM ²	POBLACION	VOL DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES	CARGA ORGANICA	% URBANO	% INDUSTRIAL
1 LERMA-SANTIAGO	129 632	11 344 467	538	350 945	33	67
2 PANUJO	67 872	17 751 888	1 407	632 535	47	53
3 SAN JUAN	32 678	2 992 920	298	116 070	42	58
4 BALSAS	111 300	7 280 632	268	120 666	36	64
5 BLANCO	2 738	828 874	162	116 511	6	94
6 CULIACAN	22 677	470 559	113	85 701	8	92
7 COLORADO	5 180	489 634	39	14 314	67	33
8 FUERTE	33 590	388 057	80	64 455	4	90
9 NAZAS	59 632	1 082 295	61	23 601	51	49
10 JAMAPA	3 974	592 413	74	48 180	15	85
11 LA ANTIGUA	3 519	483 725	55	40 720	11	89
12 SONORA	28 885	322 938	25	9 098	58	42
13 GUAYALEJO	17 084	317 080	45	32 648	4	98
14 YAQUI	72 540	45 791	28	13 642	31	69
15 SALADO	61 347	689 389	62	16 452	70	30
16 CONCHOS	71 964	832 828	77	20 580	51	45
17 ARMERIA	9 795	469 848	36	22 920	19	81
18 CUAHUJAYANA	7 301	282 667	34	23 571	12	88
19 TIJUANA	3 233	489 613	44	19 240	55	45
20 BRAVO	8 750	515 288	41	13 887	77	23
T O T A L :	753,691	47 670,906	3,487	1 785,736		

FUENTE: Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología
 1 Millones de metros cúbicos por año
 2 Miles de toneladas por año

**COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DOMESTICOS EN LAS PRINCIPALES CIUDADES
GENERADORAS EN 1984**

PRODUCTOS	DISTRITO FEDERAL %	GUADALAJARA %
ALGODON		0.08
CARTON	3.27	1.67
CUERO	0.33	0.35
CARTON ENCERADO	1.14	1.81
FIBRA DURA		0.14
FIBRA SINTETICA		0.07
HUESO	1.54	0.48
HULE	0.28	1.48
JARDINERIA	1.09	1.12
LATA	1.66	1.64
LOZA Y CERAMICA	2.63	0.84
MADERA	0.45	0.36
MATERIALES PARA CONSTRUCCION		0.18
MATERIAL FERROSO	0.73	0.36
MATERIAL NO FERROSO	0.24	0.29
PAPEL	12.60	15.65
PAÑAL DESECHABLE	3.00	2.75
PLASTICO DE PELICULA	3.33	4.11
PLASTICO RIGIDO	1.50	1.73
POLIESTIRENO		0.27
POLIURETANO		0.30
RESIDUOS ALIMENTICIOS	51.64	52.48
RESIDUOS FINOS	3.19	2.20
TRAPOS	2.28	1.64
VIDRIOS	5.36	8.00
OTROS	3.74	
T O T A L :	100.00	100.00

FUENTE: Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología

Cuadro
16

manejar grandes volúmenes de agua, generalmente provenientes de pozos y norias, que a su vez propician la intrusión salina en los mantos acuíferos y la salinización de los suelos.

Con el propósito de identificar las áreas más susceptibles a este fenómeno, se consideraron criterios topográficos de erosión, la media anual de precipitación pluvial, la aptitud climática para la agricultura y las zonas ganaderas (figura 24).

AFECTABILIDAD

Aproximadamente 268.000 Kms² del territorio nacional presentan un avance de desertificación. De acuerdo a la información hidrométrica, se ha estimado que se pierden 28 tons/ha de suelo fértil por año; este proceso erosivo es causado principalmente por la lluvia, el viento, los escurrimientos superficiales y las prácticas inadecuadas de manejo de suelos. Así se avanza en el proceso de desertificación y, como consecuencia, el régimen hídrico altera su ciclo y aumenta la presión sobre las tierras fértiles y húmedas.

Las zonas con mayor grado de desertificación se ubican en el centro del país, cubriendo parte de las entidades de Jalisco, Michoacán, México, Hidalgo, Guanajuato, Querétaro, Tlaxcala, Puebla, Distrito Federal y Morelos; y en el norte, los estados de Sonora, Chihuahua y Durango (figura 24).

EPIDEMIAS

DESCRIPCION DEL FENOMENO

En nuestro país los adelantos en materia de salud han eliminado prácticamente el problema que plantean las enfermedades transmisibles por desastres, ya que existen programas específicos tendientes a controlar y erradicar padecimientos epidémicos, que en el pasado representaban problemas serios en la salud pública.

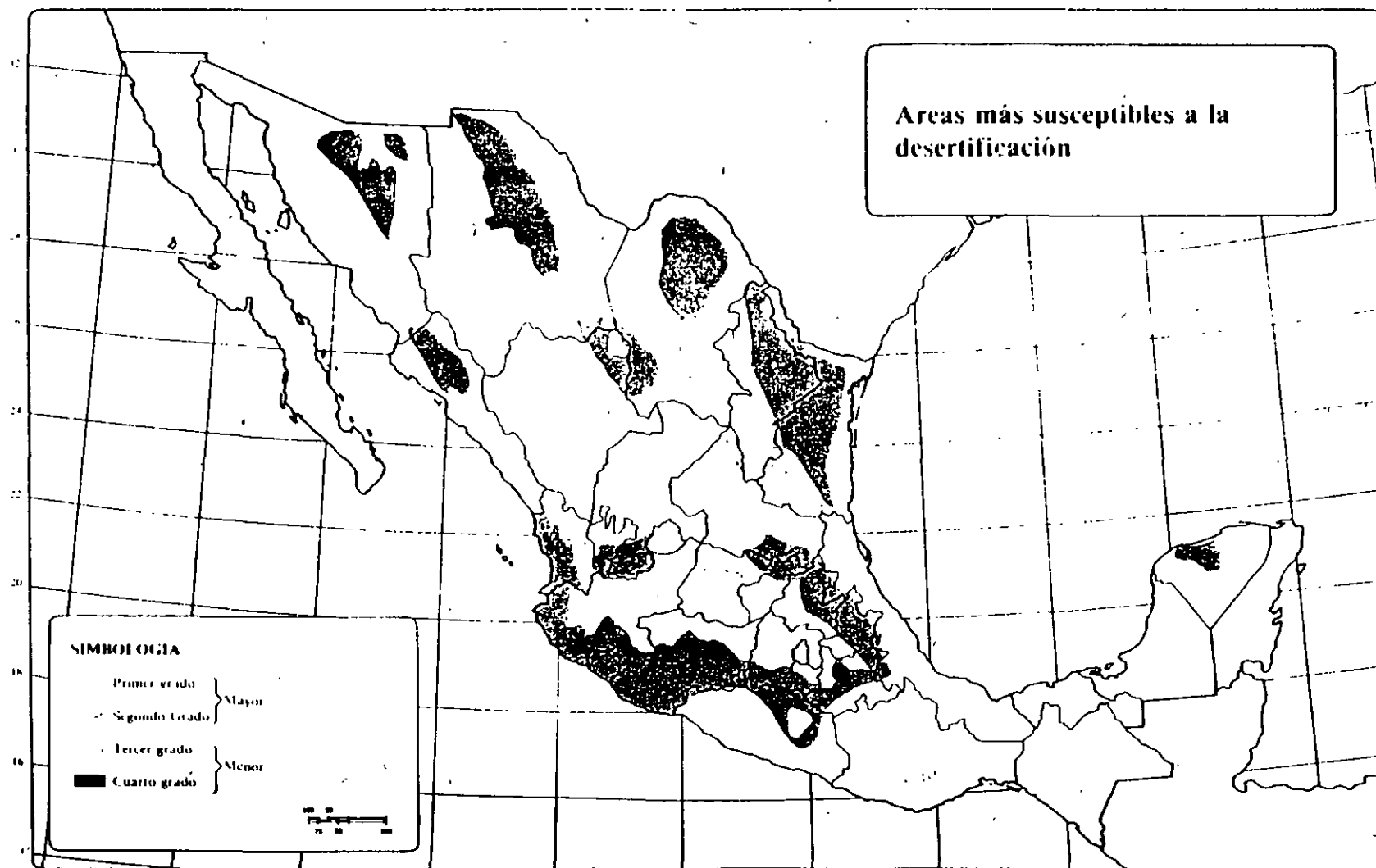
Sin embargo, las enfermedades epidémicas existen. La epidemia es un fenómeno masivo en una comunidad, país o región, en la cual se transmite una enfermedad desde una fuente de infección, a un gran número de individuos en corto tiempo, que claramente excede la incidencia normal esperada. Las epidemias inusualmente graves se llaman pandemias. Para que sea declarada una epidemia, es necesaria la presencia de los siguientes factores.

Agente biológico productor, pueden ser virus, bacterias, hongos o parásitos.

Agente transmisor, pueden ser animales, el aire, el agua, el suelo, los alimentos o el propio ser humano.

Huésped susceptible, el ser humano es el más expuesto por su carencia de defensas suficientes.

Medio ambiente favorable: lo constituyen las características físico-sanitarias propias del medio, favorables para el desarrollo de la epidemia.



Fuente: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología

Figura 24

Existen dos mecanismos principales para generar una epidemia: por contagio, esto es, cuando el virus o bacteria se transmite por aire, agua o alimentos; y por inoculación, por vía de mosquitos y otros animales o medios físicos.

La carencia de servicios de agua potable, drenaje, recolección y tratamiento de basura, al igual que la deficiencia de servicios médicos, provocan altos índices de enfermedades epidémicas, entre las que destacan las de tipo respiratorio y digestivo, de acuerdo a su morbilidad total (numero de enfermos detectados) durante el periodo 1978-1982.

Dentro de las epidemias respiratorias se ubican las infecciones, las cuales desde el punto de vista de morbilidad y mortalidad, son las que tienen mayor incidencia.

Las infecciones respiratorias están relacionadas con un gran número de virus, cada uno de los cuales es capaz de causar afecciones respiratorias agudas tales como faringitis, laringitis, otitis media, laringotraqueitis, bronquitis, bronqueolitis, neumonía y los resfriados comunes.

Las enfermedades respiratorias son más frecuentes y graves en los niños, sobre todo en los primeros dos años de edad, y en los ancianos.

Las infecciones de tipo digestivo suelen ser de origen múltiple y de diversa sintomatología. Entre las de mayor incidencia se encuentran la gastroenteritis, la colitis, la tricomanioasis y la amibiasis. Los virus, bacterias y parásitos de las infecciones diarreicas tienen diferentes periodos de incubación y formas de transmisión.

UBICACION GEOGRAFICA

Este tipo de enfermedades epidémicas, respiratorias y digestivas se consideran estacionales debido a que tienen mayor incidencia en ciertas épocas del año, como son primavera, otoño e invierno. Se dan prácticamente en todo el territorio nacional. Sin embargo, por su mayor tasa de morbilidad y mortalidad, destacan el Distrito Federal y los estados de Nuevo León, Puebla y Coahuila (**figura 25**).

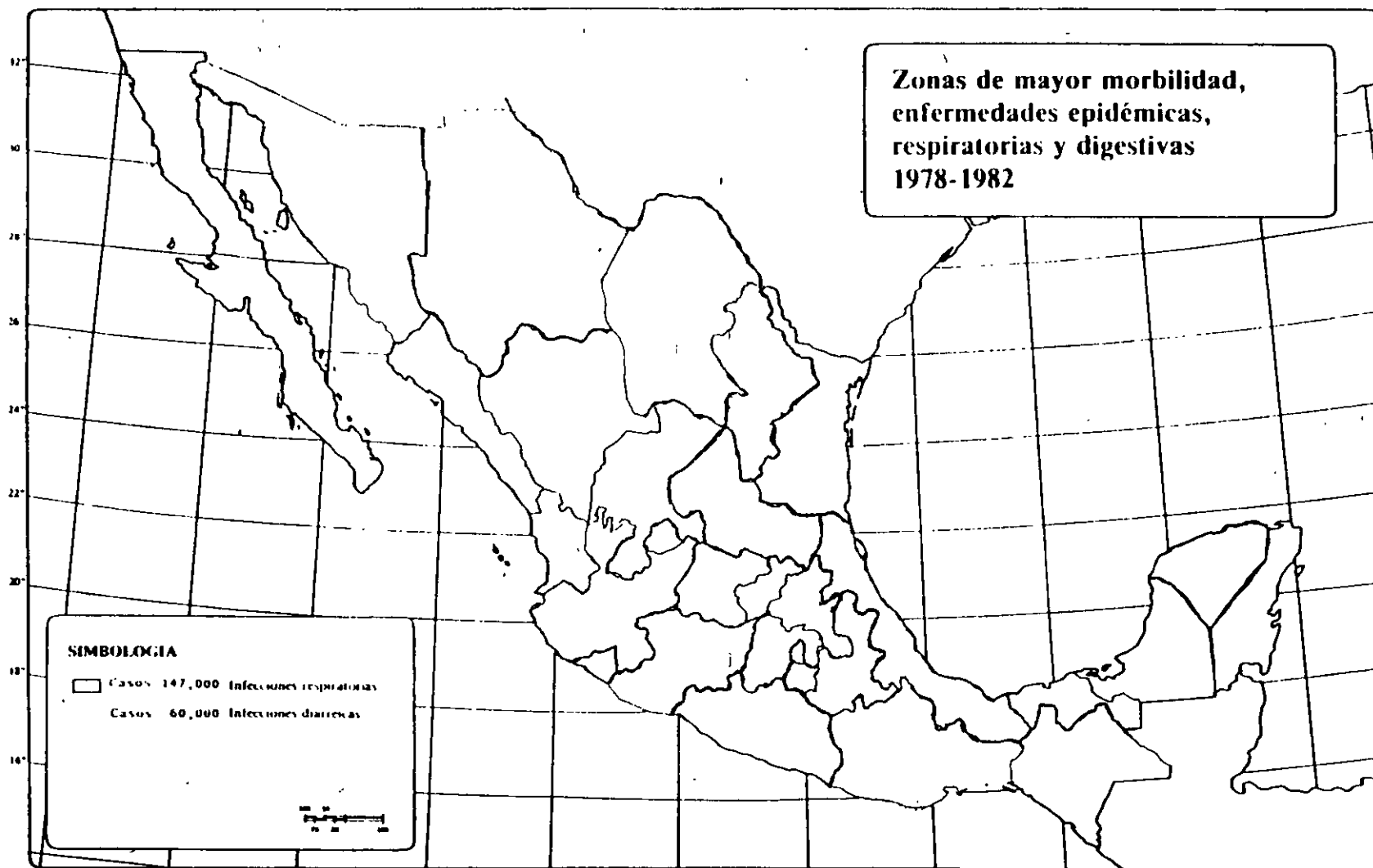
AFECTABILIDAD

Desde el punto de vista médico una epidemia se inicia con la aparición de un solo caso clínico sospechoso o confirmado, o de varios casos aislados simultáneos, de una enfermedad infecto-contagiosa originada por una fuente de infección común o de una enfermedad endémica.

En el **cuadro 17** se presenta la distribución por entidad federativa de los casos de morbilidad durante el periodo 1978-1982, tanto de las infecciones diarreicas, como de las infecciones respiratorias agudas.

Dentro de las infecciones respiratorias agudas, las mayores incidencias durante el periodo mencionado, se registraron en el Distrito Federal con 1'020,899 casos; Nuevo León con 323,884; Coahuila con 266,126 y Puebla con 246,817.

Respecto a las infecciones diarreicas, las entidades con mayor incidencia durante 1978-1982, fueron el Distrito Federal con 331,830 casos, Nuevo León con 189,215; Puebla con 148,005 y Coahuila con 119,975.



Fuente: Secretaría de Salud

Figura 25



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

**FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

DIPLOMADO

EN

RIESGO AMBIENTAL

MODULO II

ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL

TEMA 6.- RIESGO POR PROCESO.

- . INTRODUCCION
- . RIESGO POR ENERGIA
- . FACTORES DE EQUIPO UTILIZADO
- . CALIFICACION DEL RIESGO POR
USO DE EQUIPOS
- . RIESGOS GENERALES DEL PROCESO
- . MEDIDAS DE SEGURIDAD

C

C

C

RIESGOS POR PROCESO

Hasta hace medio siglo era fácil utilizar para los distintos procesos industriales, equipo de vidrio o de madera y realizar el manejo de materiales a mano, levantando y moviendo todos los recipientes para vertir su contenido a otros recipientes de igual sencillez. De esta forma el manejo de materiales se concebía únicamente como el trasvasar de un tanque a otro.

Sin embargo, las demandas del creciente desarrollo industrial pronto hicieron que estas formas de trabajo fueran sustituidas por operaciones y equipos cada vez más complejos, lo que trajo como consecuencia un cambio significativo en el riesgo de las mismas, ya que ahora estas operaciones dependían de la medida y el control de las variables que cada proceso involucraba.

Las variables de los procesos químicos pueden clasificarse de diferentes maneras. Una de las mas cómodas es la clasificación basada en si son afectadas por 1) el estado de la energía del material, 2) las relaciones de las cantidades o los flujos de los diversos materiales que intervienen en el proceso, o 3) las características físicas y químicas del material. Estas variables se encuentran relacionadas principalmente con:

Energía: temperatura, presión y vacío, electricidad, sonido, radiación.

Cantidad y gasto: flujo de fluidos, nivel de líquidos, peso, espesor y velocidad.

Características físicas y químicas: Humedad, viscosidad, color, conductividad eléctrica y térmica, polaridad, potencial de óxido-reducción, etc.

Es importante definir el concepto de variable de proceso:

"Una variables de un proceso es cualquier condición o estado del material del proceso o del medio que le rodea que está sujeto a cambiar"

Actualmente todas las operaciones de la ingeniería química dependen de la medida y el control de estas variables. Los instrumentos necesarios para controlar estas variables, se han convertido en parte importante de las operaciones y no se consideran ya como equipo auxiliar.

La energía es la variable central que nos ocupa en el tema de RIESGO POR EQUIPO DE PROCESO

El tipo y magnitud de la energía utilizada en los procesos industriales es el factor de importancia a ser tomado en cuenta al evaluar el nivel y riesgo de una instalación.

Así el uso de la energía térmica a temperaturas elevadas incrementa el riesgo de explosiones e incendios; el uso de energía de presión en magnitudes elevadas incrementa el riesgo de dispersión en una área extensa de las sustancias sometidas a ella al ocurrir una fuga o una explosión; el manejo de energía eléctrica representa un riesgo potencial de provocar detonación de diversas sustancias, etc.

Desde el punto de vista de los accidentes ambientales, las tres modalidades energéticas señaladas representan los mayores riesgos al respecto; sin embargo, la energía mecánica (cinética o potencial) puede ser también causa de diversos accidentes y provocar rupturas de equipos (tanques), tuberías etc.

ENERGÍA TÉRMICA

Dentro de los procesos industriales la energía térmica representa una de las modalidades más usuales y convenientes a utilizar: las operaciones de calentamiento y enfriamiento son componentes casi ineludibles de toda instalación industrial.

Como una medida indirecta de la energía térmica utilizada es un proceso, es la temperatura del fluido de proceso que puede servir de guía para estimar su peligrosidad. Al respecto es importante señalar que la energía térmica debe considerarse no únicamente en el sentido del calor sino que también puede representar un serio riesgo al ambiente al tratarse de temperaturas excesivamente bajas, como es el caso de los procesos criogénicos.

A manera de ejemplo y para efecto de estimar el riesgo potencial del uso de la energía térmica, en la siguiente tabla se presenta la escala correspondiente, establecida con base fundamentalmente, de las propiedades de los materiales.

ESTIMACIÓN DEL RIESGO POR USO DE ENERGÍA TÉRMICA

CALIFICACIÓN	RANGO DE TEMPERATURA (°C)
3	< - 75
2	- 75 a - 15
1	- 15 a 50
2	50 a 425
4	> 425

ENERGÍA DE PRESIÓN

Generalmente la energía de presión hidráulica o neumática es también una componente básica de las instalaciones industriales; el manejo de fluidos y el almacenamiento de los mismos son solo dos operaciones donde la variable presión tiene un papel relevante.

Factor de riesgo asociado a la presión positiva de un proceso industrial (es decir, mayor que la presión atmosférica) representa una modalidad energética de suma importancia ya que, de su mayor o menor magnitud dependerá el alcance de una fuga o explosión en el caso de un accidente. Por el contrario; la utilización de presiones negativas (vacío) representa un factor de reducción de riesgo, ya que evita la dispersión de sustancias en el ambiente en caso de una fuga.

A manera de ejemplo en la siguiente tabla, se presenta la escala de calificación del riesgo por uso de energía de presión en las instalaciones industriales; dicha clasificación está basada, fundamentalmente, en los rangos establecidos por la ASME para el diseño de recipientes a presión.

ESTIMACIÓN DEL RIESGO POR USO DE ENERGÍA DE PRESIÓN

CALIFICACIÓN	RANGO DE PRESIÓN (ATM)
0	< 1
1	1 a 5
2	5 a 40
2	40 a 200
4	> 200

ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía eléctrica, por sus características específicas es tal vez, la modalidad energética de uso más extendido; no existe instalación industrial donde este tipo de energía no sea utilizado aunque sea en un mínimo porcentaje. Aunque en forma directa, la utilización de la energía no representa un riesgo de accidente ambiental, sin embargo si puede en forma indirecta generar riesgos de incendio o explosión por sobrecalentamiento de componentes, concentración de electricidad estática o presentación de descargas indeseables.

El riesgo en el uso de energía eléctrica dependerá de su naturaleza (directa o alterna) y de la diferencia de potencial de que se trate; la tabla siguiente presenta una estimación del riesgo correspondiente.

ESTIMACIÓN DEL RIESGO POR USO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

CALIFICACIÓN	DIFERENCIA DE POTENCIAL (VOLTS) (CORRIENTE ALTERNA)
1	< 250
2	250 a 1000
3	> 1000

ENERGÍA MECÁNICA

Como se señaló previamente, la utilización de energía mecánica representa un riesgo menor de accidente ambiental en las instalaciones industriales; generalmente el mayor riesgo radica en la utilización de equipo móvil el cual accidentalmente puede presentar colisiones con depósitos, ductos, equipos de proceso, etc., o en la caída de contenedores, tanques, etc., o en la ruptura de tuberías que manejan fluidos a presión provocando efecto látigo o en la liberación de componentes mecánicas de una bomba o turbo generador; generándose en cualquier caso rupturas de los equipos provocando fugas o derrames de las sustancias y en caso extremo explosiones o incendio de las mismas.

La evaluación de este riesgo dependerá de la frecuencia de utilización de equipo móvil o de carga o de las características físicas de los equipos y del estado físico de las sustancias utilizadas en el proceso, a manera de ejemplo, en la tabla siguiente se muestra una escala para la estimación de este tipo de riesgo.

ESTIMACIÓN DE RIESGO POR USO DE ENERGÍA MECÁNICA

CALIFICACIÓN	CARACTERIZACION
0	No existe tránsito de vehículos dentro de la instalación
1	No se use equipo de carga. Mínimo tránsito de vehículos dentro de la instalación. Uso bajo de equipo de carga
2	Tránsito moderado de vehículos dentro de la instalación. Uso intensivo de equipo de carga

FACTORES DE RIESGO DEL EQUIPO UTILIZADO

Un factor a ser considerado en la evaluación del riesgo de un accidente ambiental de una instalación industrial es la naturaleza de los equipos a ser utilizados en la misma.

En general se puede señalar que un equipo presentará un menor o mayor riesgo de accidente dependiendo de la presión y temperatura de trabajo incluyendo la naturaleza de los materiales (por ejemplo: concentración en el fluido de proceso)

que en él se procesen o manejen. Así como de las especificaciones de diseño y construcción del equipo.

En todos los casos es importante recordar que los tres tipos fundamentales de accidentes a considerar son : explosión, incendio y fuga o derrame de una sustancia de alta peligrosidad.

- Equipos de almacenamiento

En general en toda instalación industrial los depósitos inflamables representan un riesgo importante de accidente ambiental sobre todo en el caso de coexistir con sistemas de alta presión y temperatura. A manera de ejemplo, en la siguiente tabla se presenta la calificación del riesgo para diversos tipos de depósito dependiendo de sus características específicas.

ESTIMACIÓN DEL RIESGO PARA DEPÓSITOS DE GASES Y LÍQUIDOS

CALIFICACIÓN	TIPO DE ALMACENAMIENTO
5	Tanques a presión para gases
5	Tanques criogénicos
3	Tanques atmosféricos

- Equipo de manejo de sólidos

El equipo de manejo de sólidos presenta, como riesgo fundamental, la posibilidad de explosión de polvos, por lo cual solo se consideran peligrosos aquellos equipos en los cuales se generan o manejan sólidos con un alto grado de pulverización.

A manera de ejemplo, la tabla siguiente se presenta una estimación del riesgo correspondiente a diversos equipos de manejo de sólidos.

ESTIMACIÓN DEL RIESGO POR EQUIPO DE MANEJO DE SÓLIDOS

CALIFICACIÓN	TIPO DE EQUIPO
4	Silos
4	Sistemas de manejo de neumático
3	Filtros gas-sólido
4	Secadores
4	Precipitadores electrostáticos
3	Molinos(Reductores de partículas)

- Equipo de manejo de fluidos

En el caso de manejo de fluidos el mayor riesgo de un accidente ambiental, sin considerar los ductos de conducción, está representado por los equipos de

compresión de gases y los equipos de bombeo con un riesgo comparativo menor, ya que los efectos de su falla generalmente se controlan intramuros, por último, un riesgo indirecto lo representan los equipos de vacío, cuya falla puede generar sobrepresiones en los sistemas en que se encuentran integrados.

A manera de ejemplo, en la tabla siguiente se presenta la calificación del riesgo de los diversos equipos señalados.

ESTIMACIÓN DEL RIESGO PARA EQUIPOS DE MANEJO DE FLUIDOS

CALIFICACIÓN	TIPO DE EQUIPO
4	Compresores centrífugos
3	Compresores no centrífugos
2	Bombas de alta presión
2	Sistema de vacío

- Equipos de generación de calor

Los equipos de generación de calor representan un riesgo intrínseco de incendio el cual, en algunos casos se ve agravado por el riesgo de explosión.

En general su riesgo depende en gran parte de su localización.

A manera de ejemplo, en la tabla siguiente se presenta la calificación del riesgo de equipos de generación de calor.

ESTIMACIÓN DEL RIESGO POR EQUIPOS DE GENERACIÓN DE CALOR

CALIFICACIÓN	TIPO DE EQUIPO
3	Calderas
2	Hornos
2	Incineradores
5	Quemadores
5	Quemadores de fosa
4	Calentadores o fuego directo

- Equipo de transferencia de calor

Los equipos de transferencia de calor presentan riesgos de un accidente ambiental en el caso de que alguno de los fluidos manejados sea explosivo o inflamable.

A manera de ejemplo en la tabla siguiente se presenta la calificación de ese tipo de equipos.

ESTIMACIÓN DEL RIESGO POR EQUIPO DE TRANSFERENCIA DE CALOR

CALIFICACIÓN	TIPO DE EQUIPO
3	Intercambiadores de calor gas/líquido
3	Intercambiadores de calor líquido/líquido
2	Evaporadores

-Equipos de transferencia de masa

Dentro de la diversa gama de equipos de transferencia de masa, representan un mayor riesgo de accidente ambiental aquellos equipos que operan a presiones o temperaturas elevadas o en los cuales la transferencia de masa se realiza en forma exotérmica o que manejan sustancias inflamables volátiles.

Fundamentalmente los equipos de mayor riesgo son las torres de destilación, las torres de absorción (exotérmica) y los sistemas de extracción.

A manera de ejemplo, en la tabla siguiente se presenta la calificación del riesgo de los equipos de transferencia de masa.

ESTIMACIÓN DEL RIESGO POR EQUIPO DE TRANSFERENCIA DE CALOR

CALIFICACIÓN	TIPO DE EQUIPO
5	Torres de destilación
3	Torres de absorción
4	Sistemas de extracción

-Equipo de reacción.

Los equipos utilizados para llevar a cabo las diversas transformaciones químicas requeridas en un proceso, representan, tal vez, el equipo de mayor nivel de riesgo de ocurrir un accidente ambiental ya que en caso de producirse una fuga, se pueden presentar diversos subproductos o productos intermedios de alto riesgo que pueden producir toxicidad aguda o provocar cambios mutagénicos o teratogénicos en la población.

Los reactores que presentan un nivel de riesgo importante, para efectos de un accidente ambiental son aquellos en que se desarrollan reacciones químicas exotérmicas y bajo presión.

La naturaleza de las reacciones que se realizan en ellos es un factor fundamental para la calificación de su nivel de riesgo, siendo considerados como de alto riesgo los equipos donde se efectúan operaciones de :

- Hidrogenación
- Nitrogenación
- Halogenación
- Polimerización
- Neutralización

A continuación se hace una breve descripción de las anteriores reacciones exotérmicas:

Hidrogenación .- Se define como el proceso de adición de átomos de hidrógeno en ambos lados de un enlace doble o triple; los riesgos están determinados por el empleo de hidrógeno bajo presión y a una temperatura relativamente elevada.

Nitrogenación o Nitración .- Se define como el proceso de sustitución de un átomo de hidrógeno de un compuesto por un grupo nitro; reacción fuertemente exotérmica, posiblemente con subproductos explosivos, y es uno de los equipos de reacción más penalizados en la calificación del nivel de riesgo.

Halogenación .- Se define como el proceso de introducción de átomos de halógenos (flúor, cloro, bromo y yodo principalmente) en una molécula orgánica; este proceso es a la vez fuertemente exotérmico y corrosivo; le sigue en importancia al proceso de nitración con respecto al nivel de riesgo.

Polimerización .- Se define como el proceso de reacción entre un ácido y una base para resultar una sal y agua. A manera de ejemplo, en la tabla siguiente se presenta la calificación del riesgo de los diversos tipos de reactores de uso común en la industria.

ESTIMACIÓN DEL RIESGO EN EQUIPO DE REACCIÓN

CALIFICACIÓN	TIPO DE EQUIPO
5	Reactores discontinuos sin refrigeración forzada
4	Reactores discontinuos con refrigeración forzada
3	Reactores tubulares
3	Reactores fluidizos
2	Reactores empacados

CALIFICACIÓN DEL RIESGO POR USO DE EQUIPOS

La calificación del nivel de riesgo de una instalación industrial por los equipos utilizados en ella, resulta de aplicar la siguiente formula:

$$Req = Weq (Ceq) \max F_{eq}$$

donde

Weq = Es el factor de peso por el tipo genérico de equipo, tal como se muestra en la siguiente tabla:

FACTOR DE PESO DE LOS DIVERSOS TIPOS DE EQUIPOS (Weq)

Equipos de reacción.	5
Equipos de transferencia de masa.	4
Equipos de generación de calor.	4
Equipos de transferencia de calor.	4
Equipos de almacenamiento.	4
Equipos de manejo de sólidos.	3
Equipos de manejo de fluidos.	3

(Ceq) max= Es la calificación máxima del riesgo del equipo específico

Feq= Es el factor de corrección por capacidad, tal como lo muestra la tabla siguiente:

FACTORES DE CORRECCIÓN POR CAPACIDAD (FEQ)

Variable de	Unidades	Feq	Feq	Feq
Dimensionamiento		.1	.3	.5
Volumen Total	m ³	< 50	50 a 300	> 300
Flujo volumétrico	m ³ / min	<1000	1000 a 10 000	> 10000
Flujo másico	Ton/hr	< 10	10 a 100	> 100
Flujo útil	m ²	< 50	50 a 500	> 500
Diámetro	m	< 50	50 a 5	> 5

FACTORES DE RIESGO POR LAS OPERACIONES A REALIZAR EN LA INSTALACIÓN

Un factor más a considerar en la evaluación del nivel de riesgo de una instalación industrial, es el correspondiente a las operaciones que en ella se realizan. Al respecto, las instalaciones de carácter dinámico (de procesamiento) representan un mayor riesgo que las de carácter estático (de almacenamiento) y a su vez, en las plantas de proceso representan un mayor nivel de riesgo aquellas que trabajan en forma discontinua que las que operan en forma continua.

Estos niveles de riesgo se ven matizados a su vez por la naturaleza física de las sustancias involucradas, representando el mayor nivel el manejo de gases, en segundo lugar el de líquidos y en tercer lugar el de sólidos.

A manera de ejemplo en las tablas siguientes se presenta la calificación de riesgo de las instalaciones por su dinámica y por su régimen operativo.

ESTIMACIÓN DEL RIESGO POR LA DINÁMICA DE LA INSTALACIÓN (Cdo)

	Calificación (Cdo)
Proceso químico	5
Proceso físico en cambio de estado	4
Proceso físico sin cambio de estado	3
Almacenamiento	2

ESTIMACIÓN DEL RIESGO POR EL RÉGIMEN OPERATIVO DE LA INSTALACIÓN

	Calificación (Cro)
Continuo	2
Discontinuo (8-12hr/ciclo)	3
Discontinuo (4-8 hr/ciclo)	4
Discontinuo (< 4 hr / ciclo)	5

Tomando en cuenta que un porcentaje considerable de los accidentes que se presentan en una instalación industrial se deben a errores operativos humanos, la utilización de sistemas automáticos de control asegura una operación más confiable.

Por lo anterior es importante el integrar dentro del factor de riesgo asociado a las operaciones de una instalación industrial un factor de corrección por el nivel de automatización de la misma. A manera de ejemplo en la tabla siguiente se presentan los factores de corrección a aplicar para diversas condiciones de instrumentación y control.

ESTIMACIÓN DEL RIESGO POR EL NIVEL DE AUTOMATIZACIÓN (A)

Nivel de automatización	Calificación
Automatización total mediante un sistema de computación donde está integrado el sistema de instrumentación y control.	0.6
Automatización parcial en ciertas unidades de proceso; el sistema de instrumentación y control es operado mediante una consola de control.	0.7
Control manual integrado en consola central donde se opera el sistema de instrumentación.	0.8
Control manual en cada unidad de proceso con instrumentación en operación continua.	1.0
Control manual en cada unidad del proceso con instrumentación en operación discontinua.	1.2

El factor de riesgo asociado a las operaciones de una instalación industrial estará dada por:

$Rop = Cdo \cdot Cro \cdot A \cdot E \cdot F$

donde

Cdo= Es la calificación de la instalación por su dinámica.

Cro= Es la calificación por el régimen de operación.

A= Es el factor de corrección por automatización.

E= Es el factor de corrección por la naturaleza física de las sustancias manipuladas, a manera de ejemplo en la tabla siguiente se presentan dichos factores.

F= Es el factor de corrección por la capacidad de la instalación, a manera de ejemplo en la tabla siguiente se presentan dichos factores.

FACTOR DE CORRECCIÓN POR LA NATURALEZA DE LAS SUSTANCIAS (E)

Estado físico predominante	Calificación
Gases	.5
Líquidos volátiles	.4
Líquidos no volátiles	.3
Pastas y lechadas	.2
Sólidos	.1

FACTOR DE CORRECCIÓN POR CAPACIDAD DE LA INSTALACIÓN (F)

Capacidad (Ton/día)	Calificación
< 5	.1
5 a 10	.2
10 a 50	.3
50 a 100	.4
> 100	.5

RIESGOS GENERALES DEL PROCESO

Estas consideraciones de riesgo se refieren al tipo básico de proceso u otra operación que se efectúe en la unidad.

1.- Manejo y cambio físico

Al almacenamiento de materiales inflamables que esté provisto de protección adecuada (dique) y separado de las operaciones de cargas y descarga se le debe un factor de 10.

Cuando un material que está siendo almacenado está caliente y tiene una fase acuosa separada, y/o el recipiente de almacenamiento está calentado con vapor, se usa un factor de 50.

Las operaciones de proceso que incluyen manejo y cambio físico solamente se llevan a cabo en sistemas cerrados con tubería permanentemente instalada (como destilación, absorción, evaporación, etc), deben ser asignadas con un factor de 10.

Los procesos como centrifugado, mezclado " batch", filtración, etc., requieren un factor de 30.

2.- Reacciones continuas simples

Para reacciones endotérmicas y aquellas exotérmicas que se efectúen en soluciones diluidas de manera que el solvente pueda absorber todo el calor que se genere en un disparo de reacción sin crear una situación peligrosa, úsese un factor de 25; algunos ejemplos son reacciones de separación (cracking) e

isomerización y también producción de clorohidrina cuando la sección del reactor contenga más de 90% de agua.

El factor 50 se asigna a otras reacciones exotérmicas como polimerización, cloración, oxidación, etc.

A los procesos que incluyen materiales sólidos como pulverización, mezclado, transportación neumática, tolvas, filtración de polvos, secado de polvos, secado de sólidos, etc., se les debe dar un factor de 50.

3.- Reacciones "batch" simples.

El factor escogido debe ser mayor cuando la reacción batch sea rápida (menos de 1 hora) o lenta (más de un día). Las reacciones de velocidad media entre estos valores deben tener un factor bajo. Se debe usar además un factor adicional entre 10 y 60 para tomar en cuenta un posible error del operador.

4.- Multiplicidad de reacciones diferentes operaciones de proceso efectuadas en el mismo equipo

Se debe incluir otro factor extra por el riesgo de contaminación de una a otra reacción o por obstrucción de sólidos. El procedimiento debe considerar las reacciones individuales u operaciones y seleccionar el factor más alto para la reacción u operación individual.

Se debe aplicar un factor de contaminación cuando las reacciones u operaciones difieran considerablemente una de otra o cuando se use el reactor para hacer otro tipo de producto en el que la contaminación afecte a la reacción. Aplique un factor de hasta 50 de acuerdo con el grado de contaminación.

Donde haya una alteración en el orden o secuencia de admisión de reactivos en una situación de multi-reacción, que pueda conducir a reacciones inesperadas, aplíquese un factor de hasta de 75.

Si por la multiplicidad de reacciones u operaciones se tiene un riesgo de obstrucción debido a las reacciones de subproductos, úsese un factor de 25.

5.- Transferencia de materiales

Bajo este encabezado se consideran los riesgos adicionales asociados con métodos específicos de llenado, vaciado o transferencia de materiales. Los factores que deben aplicarse son como siguen:

- Solamente donde haya tubería permanentemente instalada, completamente cerrada, aplíquese un factor de CERO.
- Donde haya tubería flexible o donde la operación requiera la conexión o desconexión de tubería, úsese un factor de 25.
- Donde las operaciones de llenado o vaciado se efectúen a través de compuertas o otras tapas o salidas inferiores (por ejemplo reactores " batch", mezcladores, centrífugas, filtros) úsese un factor de 50.

6.- Recipientes Transportables

Si los tambores, tanques desmontables, pipas carros tanque están bien cerrados (excepto cuando se llenan o vacían), las consecuencias de choques, fuego

externo y otros incidentes pueden ser mayores que en las unidades fijas de las plantas, debido a que el venteo disponible es insignificante o mínimo. Esta sección considera los riesgos adicionales causados por esta razón; también se ha tomado en cuenta el caso de tambores llenos de vapor y otros recipientes. Se les debe asignar el factor como sigue:

- Cuando se trate de tambores llenos(que no estén en vehículos de transporte) úsese un factor de 25.
- Cuando se trate de tambores llenos en vehículos de transporte, úsese un factor de 40.
- Cuando se trate de tambores vacíos (en o fuera de vehículos) úsese un factor de 10.
- Cuando se trate de pipas o trailers, úsese un factor de 100.
- Cuando se trate de carros-tanque, úsese un factor de 57.

RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO

En esta sección los factores se asignan con respecto a las características de operación del proceso, almacenamiento, transferencia, etc., que intensifiquen el riesgo total sobre la clasificación determinada por las características del material clave y del proceso u operación básica de que se trate.

Esta es la sección donde es de la mayor importancia hacer una estimación correcta de las medidas de control y protección.

1.- Baja presión

Cuando los procesos operan a presión atmosférica o al vacío (condiciones sub-atmosféricas), el aire o contaminantes pueden entrar al sistema de proceso. Cuando el aire u otro contaminante (por ejemplo vapor de agua) no represente un riesgo, no se necesita aplicar un factor, por ejemplo : unidades que contienen "freón" o "argón", unidades de compresión de cloro, sistemas de condensación de agua, etc. Si el aire o los contaminantes que entren al sistema reaccionan con materiales allí presentes para producir una condición riesgosa, aplíquese un factor de 50. Un ejemplo es el manejo de diolefinas (dioxano) donde hay el peligro de formación de peróxido y polimerización catalítica subsecuente; y el manejo de materiales pirofóricos etc., requiere tratamiento similar.

Los procesos que operan casi a presión atmosférica (defina como más/menos 0.5 psig ó más/menos 0.35 bar) o al vacío (hasta un diferencial de 600 mm Hg) con materiales inflamables, presentan un gran peligro por el riesgo de explosión originado por la entrada de aire al sistema. En tales casos debe usarse un factor

de 100. Ejemplos de estas situaciones son los sistemas colectores de hidrógeno, destilación a vacío parcial de líquidos inflamables, etc.

Los procesos que operan a más alto vacío (diferencial) superior a 600 mm Hg) con materiales inflamables, presentan un riesgo menor y se debe usar un factor de 75.

2.- Alta presión

Donde se opera una unidad de planta a una presión más alta que la atmosférica, se requiere un factor para compensar la magnitud de riesgos de fuego y de explosión interna. Los riesgos de fuego se incrementan si se aumenta la presión de la sección y por lo tanto el riesgo de una explosión interna que sobrepresionará alguna parte de la unidad. Se debe usar un **factor p** para representar el peligro de alta presión, el cual se determina graficando dos curvas: la primera curva o curva principal va del rango 0-900 psig (0-62.1 bars man), mientras que la segunda curva va del rango 1,000 - 10, 000 psig (69 a 690 bars manométricos).

Para sistemas de más de 3,000 psig (207 bars manométricos, el sistema está fuera de códigos estándar (sección VIII, DIV. 1 del código ASME para recipientes a presión no sujetos a fuego directo) y las juntas especiales para esa presión, los sellos de cono o equivalentes se deben usar en el diseño de bridas. Puede resultar un riesgo considerable de un escape grande de fluido descargado a la atmósfera proveniente de sistemas a estas elevadas presiones (excepto donde se trata de sólidos como es en las operaciones de moldeo por extrusión o inyección). La segunda curva aumenta más rápidamente arriba de 3, 000 psig (207 bars manométricos) por el problema descrito. Arriba de 10,000 psig (690

bars manométricos), debe aumentarse al **factor p** en 10 por cada 2,500 psig adicionales (172.4 bars).

3.- Baja temperatura

Donde se use acero al carbón normal en la construcción de equipos para la planta y las temperaturas normales de operación oscilen entre 10° C 850°F) y -10°C (14°F), asígnese un factor de 15.

Cuando se use acero al carbón normal a temperaturas normales de operación entre -10°C (14°F) y -25°C (-13°F) sin posibilidad de alcanzar temperaturas menores a -25°C bajo cualquier condición, asígnese un factor de 30.

Donde se use acero al carbón normal a temperaturas normales de operación menores de 25°C (-13°F) o donde haya posibilidad de alcanzar temperaturas menores a -25°C bajo condiciones anormales, asígnese un factor de 100.

El propósito de esta sección es tomar en cuenta el posible debilitamiento de unidades de acero al carbón al ser operadas a una temperatura igual o menor a la de transición. Sin embargo, si las pruebas muestran que el acero al-carbón ha operado siempre sobre su temperatura de transición, no se aplica ningún factor.

Cuando se usan grados de acero para bajas temperaturas, aleaciones de acero u otras aleaciones, resistentes a la corrosión, debe aplicarse un factor adecuado (normalmente entre 0 y 30, pero ocasionalmente hasta 100) cuando la temperatura normal de operación difiera en menos de 10°C de la temperatura de transición (tomando la temperatura normal de transición de acero al carbón como 0°C). Se debe buscar la guía de los especialistas en Diseño de recipientes a presión y de metalurgistas para los valores de la temperatura de transición de

aleaciones de acero etc. y para los efectos que se pueden anticipar al usar construcciones de paredes gruesas.

4.- Alta temperatura

La operación a alta temperatura presenta un efecto doble: primero, aumenta los riesgos inherentes al manejo de material inflamable; y segundo, la resistencia del equipo de planta se puede ver afectada negativamente.

Los efectos de la alta temperatura en los riesgos del material dominante presente, son mayores cuando el material es un líquido inflamable, pero también son significativos con gases y vapores inflamables.

Cuando la unidad contenga el material dominante en fase líquida o sólida se asigna el factor de inflamabilidad por alta temperatura como sigue:

- Cuando un líquido o sólido inflamable esté arriba de su punto de inflamación de copa cerrada, usese un factor de 20.
- Si el líquido o sólido está por arriba del punto de inflamación de copa abierta úsese un factor de 25.
- Si el material dominante está en fase líquida a una temperatura arriba de su punto de ebullición a 760 mm Hg, úsese un factor de 25. Esto también se aplica en el caso de GASES LICUADOS INFLAMABLES presentes en la sección como un LIQUIDO.
- Si el material es un sólido a temperatura normal, pero se presenta en la unidad en fase líquida, úsese un factor de 10.

- También para todos los materiales inflamables, si el material (ya sea su estado normal gas, líquido o sólido) se maneja arriba de su temperatura normal de autoignición, úsese un factor de 35.

Cuando algún material cae bajo varios criterios se usa el factor más grande, o donde los factores sean iguales, se debe usar un factor de 1.1 VECES el factor individual para este efecto de temperaturas en el material.

Un factor adicional se debe asignar, cuando sea apropiado, para el efecto de la temperatura sobre la resistencia del equipo de la planta, como sigue:

- Si la temperatura es tal que el material (metales, plásticos, plomo, etc.) usado para construir los equipos de la planta se opera bajo condiciones de esfuerzo longitudinal a progresivo, aplíquese un factor de 25.
- Si la temperatura de operación está en el rango donde la resistencia disponible del material de construcción se reduce en un 25% o más, por un aumento en la temperatura de 50°C, aplíquese un factor de 10.

5.- Riesgos de corrosión y erosión

Bajo este encabezado, se consideran los riesgos debido a los efectos de corrosión/erosión. Los factores que se deben aplicar son como sigue:

- Velocidad de corrosión menor que 0.1 mm/año, factor de 0.
- Velocidad de corrosión menor que 0.5 mm/año con algún riesgo de perforación o erosión local, factor de 10.

- Velocidad de corrosión cercana a 1 mm/año con o sin defectos de erosión, factor de 20.
- Velocidad de corrosión mayor que 1 mm/año sin efectos de erosión o hinchazón de plásticos, factor de 50.
- Velocidad de corrosión mayor que 1 mm/año acompañada de efectos de erosión, factor de 100.
- Alto riesgo de desarrollo de tensión y agrietamiento, factor de 150.
- Cuando un tubo soldado en forma espiral se usa en lugar de un tubo soldado longitudinalmente o fundido, se debe usar un factor de 100 A MENOS que la calidad del tubo y su uso se controle de manera que su comportamiento no esté por abajo del tubo longitudinalmente soldado.

Estos factores deben asignarse tanto un respecto a la **corrosión interna** como a la **corrosión externa**. Se debe vigilar la influencia de impurezas menores en la corrosión o erosión producidas por el fluido del proceso y también la corrosión externa producida por la caída de la pintura o por líquidos contaminantes en el recubrimiento, que se concentran por evaporación. Cuando la planta se construye con revestimientos resistentes (plásticos, ladrillos, hule, metales, recubiertos, etc) los efectos del resquebrajamiento en los agujeros para espigas, uniones con cemento, soldaduras contaminadas, etc., se deban tomar en cuenta en todos los problemas de corrosión. Igualmente se deben revisar los efectos de la corrosión de sub-productos normalmente producidos cuando la reacción deseada se inhibe o se modifica.

6.- Riesgos de juntas y empaques

Un equipo de proceso puede contener partes donde el sellado de juntas o flechas se efectuó. Estas partes pueden causar problemas, particularmente donde se

tienen ciclos de temperatura y de presión. Se debe seleccionar un factor de acuerdo con el diseño y los materiales escogidos para estas partes, como sigue:

- Construcción soldada para la mayoría de las uniones, más uniones con bridas se sabe que no causan problemas, cuellos de bombas y válvulas bien sellados (posiblemente con fuelles o doble sello mecánico) ; factor de 0.
- Uniones bridadas que se sabe llegarán a tener fugas regulares de menor cuantía, factor de 30.
- Sellos de bombas que podrían tener fugas de menor cuantía, factor de 20.
- Problemas mayores de sello en el proceso (fluido del proceso que penetra, lodos abrasivos, etc.) factor de 60.

7.- Riegos de vibración y de fatiga por carga cíclica y fallas en los cimientos o ganchos de soporte

Algunos tipos de operaciones tales como unidades de compresión, introducen vibración en equipos asociados y tuberías. Efectos similares, en un período más largo de tiempo se pueden producir en un equipo donde las condiciones de temperatura y presión varían cíclicamente dentro de un rango razonable. Ambas situaciones introducen riesgos de fatiga en equipo, que intensifican el riesgo de la sección. En estos casos aplíquese un factor de HASTA 30 de acuerdo con las consecuencias que ocasione la falla.

Cuando un recipiente se coloca sobre celdas de carga o artefacto similar de tal manera que los movimientos laterales puedan causar inestabilidad al recipiente, úsese un factor de 50.

8.- Procesos o reacciones difíciles de controlar

Cuando se llevan a cabo reacciones de naturaleza exotérmica o en casos en los que se puede evitar una reacción lateral de naturaleza exotérmica, hay una gran posibilidad de que la reacción quede peligrosamente fuera de control. Algunos ejemplos lo constituyen las nitraciones, algunas polimerizaciones y reacciones de Friedel-Crafts.

La operación de un proceso a temperatura normal dentro de 20°C del límite de temperatura especificado por seguridad para dicho proceso- (definido con respecto a la capacidad REAL de operación y materiales de construcción) debe asignarse un factor de 100.

Factores en el rango entre 20 y 300 se deben usar para otros aspectos de difícil control, dependiendo la dimensión del Factor, de la influencia de impurezas y cantidad de catalizador, de la sensibilidad general de la reacción a condiciones súbitas fuera de control sin cambios de avance detectables, etc.

Para asignar el valor del factor que se debe usar, se debe considerar el efecto de inercia a cambios del material en una unidad. Con reacciones líquido-líquido y líquido-gas, hay una cantidad amortiguadora que actúa como un agente buffer en los riesgos introducidos por un cambio en el flujo de material. En estas situaciones, se debe considerar un valor en el rango de 20 a 75. En el caso de sistemas de gas o fase de vapor, el tiempo de residencia es mucho más corto y los efectos de un cambio en velocidad de un material son más pronunciados. Aquí

se deben seleccionar factores más altos en el rango de 100 a 300, de acuerdo con el grado de dificultad de control esperada.

9.- Operación en o cerca del rango inflamable

No se necesita considerar aquí a las unidades de proceso que operan a baja presión. Los límites de inflamabilidad considerado bajo este apartado son aquellos determinados con el aparato de 2" del US Bureau of mines por propagación hacia arriba (NO aquellos observados en la práctica que tienden a ser más pequeños, ni aquellos determinados en aparatos más grandes).

En el caso de almacenamiento de líquidos inflamables dentro de recipientes cerrados que no tienen venteo atmosférico, se debe usar un factor de 25 si el espacio de vapor puede caer dentro del rango inflamable por venteo accidental. Un ejemplo de esto sería un tanque de metanol normalmente purgado con nitrógeno donde el espacio de vapor se puede inflamar si se permite al nitrógeno dispersarse en la atmósfera.

Se debe asignar un factor de 150 a los tambores vacíos u otros recipientes que hayan contenido materiales inflamables y no hayan sido purgados o descontaminados totalmente.

Donde se haya almacenado líquidos inflamables de manera que el espacio de vapor esté (bajo condiciones normales o de equilibrio) fuera del rango inflamable, pero que puedan entrar en el rango inflamable durante el vaciado o llenado, o en otras situaciones frecuentes pero normales, se debe usar un factor de 50. Por ejemplo: tanques de almacenamiento de gasolina y crudo (normalmente ricos en combustible) que pueden producir una atmósfera inflamable si se vacían rápidamente.

Igualmente un líquido inflamable almacenado a una temperatura por abajo de su punto de inflamación de copa cerrada, puede producir un espacio de vapor inflamable por la entrada de líquido caliente, formación de neblina, etc. Donde se tiene un llenado de golpe (sin evitar salpicaduras) en tales condiciones se debe usar un factor de 50.

Las reacciones de proceso y otras operaciones, que se lleven a cabo cerca del rango inflamable donde se debe tener confianza en la instrumentación para permanecer fuera de los límites de inflamabilidad, se aplica un factor de 100. Un ejemplo es la oxidación de tolueno a ácido benzoico con aire.

Se les debe asignar un factor de 150 a los procesos que siempre operen dentro del rango inflamable. Un ejemplo es la destilación y/o vaporización del óxido de etileno.

10.- Riesgos de explosión mayor que el promedio

Para los procesos que usen líquidos inflamables o gases licuados inflamables a temperaturas y presiones tales que una descarga procedente del equipo resulte en rápida vaporización y formación probable de concentración inflamable en una gran parte del edificio o atmósfera circundante, úsese un factor de 40.

A los procesos con riesgo de explosiones de vapor se les debe dar un factor de 60; por ejemplo; procesos donde el agua de enfriamiento se usa en conjunto con circuitos de sales fundidas.

A los procesos susceptibles de acumular contaminantes que puedan causar una explosión, se les daba dar un factor de 100; por ejemplo plantas de separación de aire, almacenamiento de óxido de etileno.

Para cualquier proceso donde por la experiencia que se tiene se sospeche que la ESCALACION en tamaño PUEDA AFECTAR LA REACTIVIDAD y aumentar la naturaleza peligrosa de la operación, úsese un factor de POR LO MENOS 60. Ejemplos: el uso a gran escala de químicos sensibles tales como el etileno, acetileno, óxido de etileno, presurizados o el cambio de un proceso de reactores con serpentín a reactores con hervidor, etc.

Donde los subproductos, productos corrosivos o residuos puedan acumularse en la unidad y afectar la estabilidad de los materiales que están siendo procesados, produciendo una descomposición, úsese un factor de POR LO MENOS 50.

Donde se almacenan gases licuados inflamables usando refrigeración y en los casos de almacenamiento de líquidos criogénicos inflamables u oxidantes, aplíquese un factor de 80.

11.- Riesgo de explosión por polvo o neblina

Se debe aplicar un factor para este riesgo cuando la experiencia muestra que bajo condiciones normales o ligeramente anormales se pueda desarrollar un potencial de explosión por polvo o neblina.

Si se sabe que un proceso bajo condiciones y variaciones definidas NO se origina un riesgo por polvos, no se necesita ningún factor; por ejemplo: el manejo y transporte controlado de "pellets" de polietileno donde no exista peligro de polvo.

Para procesos donde los materiales se manejen de tal manera que los riesgos de explosión por polvo o neblina dentro o fuera del equipo puedan producirse únicamente por ruptura o mal funcionamiento del equipo, úsese un factor de 30. Ejemplos: aceite hidráulico de alta presión, óxido de difenilo, sistemas de azufre o naftaleno fundido, cuando la falla del sistema de contención de lugar a la formación de una nube de polvo o niebla.

Si el proceso o la operación usa líquidos a una temperatura que sea susceptible de ignición o explosión de tal manera que pueda haber formación de neblina DENTRO del equipo, aplíquese un factor de 50. Por ejemplo: Sistemas "Dowtherm" de transferencia de calor y el bombeo de aceites hidráulicos calientes, aceites minerales, aceites, fluidizantes, etc.

En los procesos en los que el riesgo de formación de polvo o neblina casi siempre está presente, se les debe dar un factor de 50 a 70. El manejo de polvos finos que se clasifican como inflamables por pruebas estándar, es ejemplo de lo anterior y el valor del factor debe relacionarse con el grado de riesgo presentado por el polvo. La neblina se debe tratar de igual manera.

12.- Procesos que usan oxidantes gaseosos muy fuertes

La liberación potencial de energía en procesos que usan oxígeno, mezclas de aire-oxígeno, óxidos de nitrógeno y cloro, se intensifica considerablemente sobre los procesos de oxidación con aire a la misma temperatura y presión. Se debe hacer una consideración basada en la concentración máxima del soporte en la corriente del proceso de la planta bajo la base libre de combustible.

- Donde el oxígeno se use como oxidante, úsese un factor de 300.
- En el caso de aire enriquecido por oxígeno, úsese un factor calculado de acuerdo con el $x\%$ de oxígeno disponible en el aire enriquecido.

$$(x-21) 300/79$$

- Donde se use cloro sin dilución, úsese un factor de 125.
- Si el cloro se diluye con un inerte hasta una concentración de $y\%$ Cl_2 , en una base libre de combustible, úsese un factor dado por:

$$(y-39) 125 / 61$$

- Donde N_2O o NO_2 se usan sin ser diluidos, el aumento en la liberación de energía potencial es similar al del oxígeno. Por lo tanto, se debe usar un factor de 300.
- La dilución de N_2O o NO_2 se debe tratar igual que la del oxígeno diluido.
- Si el óxido Nítrico sin dilución es el oxidante, se debe usar un factor de 230.
- En lo que se refiere al Óxido Nítrico diluido, se debe calcular el factor basado en la composición $z\%$ del Óxido Nítrico, como sigue:

$$\text{Factor} = (z-26) 230 / 74$$

- En lo referente a oxidantes mezclados, recúrrase a especialistas.

No se deben dar factores negativos para las condiciones en las que el soporte se diluye abajo del equivalente de aire, ya que el AIRE puede entrar al equipo de la planta durante una operación anormal.

13.- Sensibilidad a la ignición del proceso

Al igual que los efectos anteriores sobre la liberación potencial de energía, se debe introducir un factor separado para ajustar una mayor sensibilidad a la ignición de algunas mezclas de procesos comparada con el mismo material en el aire. Este factor también se debe usar para tomar en cuenta la posible formación de sub-productos pirofóricos, peróxidos inestables, etc. que puedan actuar como fuentes de ignición eficientes.

El factor usado se debe seleccionar como sigue:

- Si O_2 concentrado, N_2O o NO es el oxidante, úsese 50.
- Donde Cl_2 concentrado o NO_2 es el oxidante, úsese 75.
- Donde el oxidante se diluye, úsese un factor linealmente proporcional, de manera que de un factor cero a 21% N_2O , 26% NO , 21% NO_2 y 39% Cl_2 .
- Donde es probable que el proceso produzca materiales pirofóricos, que pueden provocar ignición en espacios de vapor o donde es probable que se formen pequeñas cantidades de materiales inestables como peróxidos, úsese un factor de 25.

14.- Riesgos electrostáticos

Los riesgos electrostáticos se pueden introducir cuando una unidad contiene:

- Polvos y materiales granulados en movimientos.
- Líquidos puros de gran resistividad.
- Líquidos que contienen dos fases
- Descargas de gas que contienen dos fases y
- Cuando el equipo en estudio está hecho de materiales aislantes o tiene recubrimientos aislantes, por ejemplo plásticos y hule.

El comportamiento de POLVOS O MATERIALES GRANULADOS, de alta resistividad (ejemplo: materiales en polvo o forma granular a partir de los que se elaboran los aislantes eléctricos) es tal, que pueden generar cargas electrostáticas cuando fluyen dentro de equipos de la planta, ductos, silos, etc. El riesgo se aumenta cuando se tratan volúmenes considerables de material, ya que la carga en las partículas sólo puede pasar a tierra lentamente.

Si el equipo está recubierto con materiales aislante, el riesgo es mayor. Cuando se tiene este riesgo, se debe usar un factor de entre 25 y 75 más un factor adicional de 50 si el equipo es de material aislante o tiene recubrimientos aislantes (incluyendo recubrimientos de polietileno no fijos para tambores)

LOS LIQUIDOS ORGANICOS de alta resistividad también tienen la facilidad de generar cargas electrostáticas cuando: son bombeados a altas velocidades, caen libremente en superficies líquidas dentro de los recipientes, pasan a través de filtros y unidades similares, etc. Cuando se trata de líquidos sustancialmente puros (no contaminados por una segunda fase de material como agua otro material en partículas) el potencial de generación de cargas electrostáticas peligrosas durante las operaciones convencionales de flujo de líquido, puede

relacionarse con la resistividad eléctrica del líquido puro. Si esta resistividad es menor de 10^{10} ohms cm, se puede concluir que el manejo del LIQUIDO SUSTANCIALMENTE PURO presenta riesgos mínimos de generación de carga electrostática. Si el líquido se va a manejar en estado contaminado o si la pureza en la operación puede ser tal que se espere un valor de resistividad más alto, se recomienda que los riesgos se consideren mínimos, si la resistencia es menor de 10^{10} ohms cm. Los combustibles que generalmente se encuentran en esta categoría de riesgo son: gasolina, nafta, benceno, tolueno, parafinas, xileno, etc. Alcoholes, cetonas, aldehidos y ésteres generalmente tienen baja resistividad.

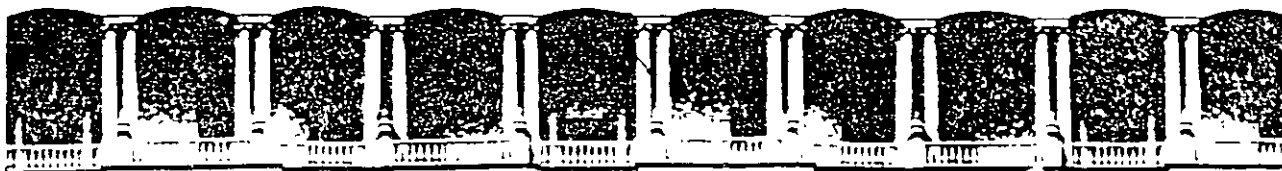
Los sistemas acuosos tienen resistividad que son mucho más bajas (10^7 ohms cm. o menos) y en general no presentan ningún potencial de generación de carga, ya que cualquier carga formada, rápidamente descarga en componentes de tierra. Al otro extremo de la escala, un hidrocarburo altamente purificado es esencialmente no-conductor y tiene una resistividad muy alta. Como resultado, los valores de resistividad del líquido están en función del nivel de pureza y de la naturaleza de las impurezas. Las listas de los valores de resistividad no siempre se encuentran en los documentos de referencia sobre propiedades de líquidos. PARA EL LÍQUIDO EN CUESTIÓN, ESTE DATO DEBE SOLICITARSE EN ESTADO SIMILAR AL PREVISTO EN LA UNIDAD. Se aconseja un factor de entre 10 y 100 cuando se prevean riesgos de descarga electrostática en líquidos. Se debe buscar la guía de un experto en esta materia cuando probablemente estén presentes dos fases (partículas o un segundo líquido inmiscible) y seleccionar así un factor de 50 a 200. Algunos GASES, cuando se descargan a gran velocidad, también pueden generar cargas electrostáticas, por ejemplo: dióxido de carbono gaseoso, vapor húmedo, gases conteniendo partículas sólidas, etc. Esto también es un asunto para que un experto decida un factor en el rango de 10 a 50.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Cuando se habla de riesgo de proceso es necesario hablar también de algunas medidas que se deben considerar para operar los equipos con seguridad. A continuación, y a manera de ejemplo, se mencionan algunas de estas.

- Para permitir el escape de gases, las cajas de los manómetros Bourdon deberán estar previstas de grandes orificios respiraderos cubiertos con papel o una fina hoja metálica para protegerlos contra el polvo. Para proteger el aparato contra el polvo, debe sustituirse el vidrio con una lámina gruesa o vidrio de seguridad.
- Los barómetros de Bourdon deben ponerse a una altura mayor que la de los ojos. Debe hacerse uso de los cierres de aceite para impedir la corrosión, regular con una válvula la toma de presión para evitar la fatiga por las oscilaciones, y el empleo de dispositivos de retención para impedir que la presión suba o baje bruscamente.
- Con gases inflamables a presiones elevadas, el efecto Armstrong es una fuente posible de accidentes, debido a que el gas puede contener partículas líquidas o sólidas que pasan a gran velocidad sobre un objeto metálico aislado, el cual puede adquirir una carga eléctrica tan grande capaz de provocar una chispa que a su vez inflame el gas.
- Los efectos de fricción pueden hacerse presentes cuando se rompen recipientes metálicos, situación que puede provocar temperaturas locales muy elevadas e inflamar los gases.

- Cuando no es factible usar una válvula de seguridad de reposición automática, es a veces factible tener dos válvulas de seguridad, una puesta en punto para una presión ligeramente mayor que la de trabajo con una válvula de cierre interpuesta entre ella y el aparato que se quiere proteger, y la otra regulada para una presión algo más elevada y sin la válvula de cierre o interrupción. Cuando la válvula de seguridad regulada para la presión más baja funciona, puede reponerse con la válvula de interrupción cerrada, mientras que la observación minuciosa y la válvula de seguridad a presión más alta proporcionan la seguridad necesaria.
- Las piezas mayores y más calientes de las instalaciones de alta presión pueden colocarse detrás de gruesas barricadas de protección; pues en caso de explosión, los muros gruesos y los techos ligeros protegen al resto de la instalación que los rodea. Al mismo tiempo, debe advertirse la conveniencia de evitar todo lo que permita la formación de bolsas de gases; los edificios en los cuales estén instalados los aparatos de alta presión deben permitir el paso libre de aire por todas sus partes, especialmente debajo del tejado.
- Un dispositivo de seguridad muy empleado por su acción positiva y porque es muy difícil que deje de actuar cuando la presión exceda de un valor determinado es el disco de ruptura. Cuando la presión sube demasiado o es muy baja, el disco se debilita por corrosión y se rompe.
- Las válvulas de seguridad y los discos de ruptura deben conectarse con tuberías, de modo que la descarga se produzca en algún lugar donde no puedan causar daño alguno. La tubería de descarga debe ser de un diámetro suficiente para que no entorpezca la descarga libre.



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

**FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO
EN
RIESGO AMBIENTAL**

MODULO II

ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL

TEMA 4.- RIESGO POR TRANSPORTE

- . RIESGO EN TRANSPORTE
- . TRANSPORTE POR CARRETERA
- . TRANSPORTE POR FERROCARRIL
- . TRANSPORTE POR VÍA ACUÁTICA
- . CONTENEDORES
- . TRANSPORTES POR DUCTOS
- . TRANSPORTE AÉREO
- . EMPAQUE Y ETIQUETADO
- . PLANEACIÓN DE EMERGENCIAS EN TRANSPORTE

TRANSPORTE

Es necesario considerar los riesgos en transporte. Los materiales se mueven de acuerdo con los siguientes modos de transporte:

- 1) Carretera
- 2) Ferrocarril
- 3) Vías Acuáticas
- 4) Tuberías
- 5) Barcos
- 6) Aviones

Alguno de los aspectos que deben ser considerados incluyen:

- 1) Regulaciones
- 2) Diseño
- 3) Operación
- 4) Riesgos
- 5) Planeación de Emergencias

En los Estados Unidos era regulado anteriormente por la Interstate Commerce Commission (ICC) y actualmente por el Department of Transportation (DOT).

Dentro de este DOT existe un Panel de Manejo de Sustancias Peligrosas que se ocupa de las regulaciones y la oficina de Materiales Peligrosos que toma el papel de asesoría. El National Transportation Safety Board (NTSB) dentro del DOT trata con la investigación de accidentes incluyendo aquellos que involucren sustancias riesgosas.

La publicación del NFPA Transportation Fire Hazards (item 12) revisa los modos diversos de transporte en EEUU.

El transporte internacional de materiales peligrosos es preocupación de varios organismos a nivel Europeo y mundial. En particular es bueno hacer mención al Comité de Expertos en Transporte de Bienes Peligrosos de las Naciones Unidas y la Organización Consultiva Marítima Intergubernamental.

Existe un código de Transporte de la ONU que proporciona una clasificación de sustancias peligrosas. El código establece que hay algunas sustancias que son muy peligrosas para transportarse sin restricciones especiales.

El transporte de sustancias radiactivas está bajo control de la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) que desde 1973 cuenta con una regulación para el transporte seguro de materiales radioactivos.

Se han llevado a cabo estudios comparativos entre los diversos modos de transporte respecto de economía y seguridad. La habilidad para transportar las materias primas y productos de una planta determinan la viabilidad de un proyecto.

El tipo de transporte empleado nos determina también el diseño del almacenamiento requerido. Un modo de transporte que envuelve entregas grandes pero no frecuentes requeriría una mayor área de almacenamiento mayor que uno que requiriese entrega continua.

El transporte puede presentar riesgos para:

- 1) El transportista
- 2) La tripulación
- 3) El Público

Podemos observar los siguientes riesgos derivados del transporte de productos químicos:

- 1) Fuego
- 2) Explosión
- 3) Emisiones Tóxicas
 - Sustancias tóxicas convencionales
 - Sustancias Ultratóxicas

El fuego ocurrirá, cuando se tenga una fuga de material flamable de un carro tanque de FFCC, pipa, barco o ducto. Pero pueden también ocurrir explosiones de nubes de vapores o nubes formadas de líquidos saturados en expansión como resultado de accidentes de transporte. Además un riesgo de explosión puede ocurrir con sustancias que son inestables en algún grado.

La pérdida de contención de una sustancia tóxica convencional puede llevar a una larga nube tóxica o contaminar cuerpos de agua.

El factor de inicio de un accidente en transporte incluye:

- 1) La carga
- 2) El transportista
- 3) Las operaciones

La carga puede incendiarse, explotar o corroer el tanque; el transportista puede estar envuelto en un choque o descarrilamiento; por otro lado las operaciones de carga y/o descarga pueden ser ejecutadas erróneamente.

De esta forma los eventos que pueden llevar a elevar los riesgos incluyen:

- 1) Falla del contenedor
- 2) Impacto del Accidente
- 3) Movimientos de carga y descarga

El uso de un mismo contenedor para el manejo de sustancias diferentes es una práctica común creando problemas potenciales de compatibilidad entre sustancias.

Existe un cierto número de datos disponibles en la literatura en proporciones de accidentes para los diversos modos de transporte pero como siempre deben de considerarse con precaución. Existen áreas con mejoras significativas que traen consigo descenso en las relaciones de falla.

Las evaluaciones de seguridad comparativas de los diferentes modos de transporte pueden considerar solamente el riesgo al público o a los operadores de terminal o tripulación de transporte

Riesgos en transporte

Clasificaciones de Riesgo

Hay un número de sistemas de clasificaciones de materiales relevantes al transporte.

Los viejos esquemas de clasificación tienden a basarse en la sustancia por sí misma. La sustancia es descrita en alguna forma que indica que constituye un riesgo particular. Es normalmente muy simple asignar un material particular a la categoría apropiada. La siguiente tabla nos muestra el esquema de clasificación dado por la ONU y la Legislación mexicana:

- 1- Explosivos
- 2- Gases: comprimidos, licuados o disueltos a presión
 - 2 (a) Gases Permanentes
 - 2 (b) Gases Licuados
 - 2 (c) Gases Disueltos
 - 2 (d) Gases permanentes refrigerados
- 3- Líquidos Inflamables
- 4- Sólidos Inflamables:
 - 4.1 Sólidos Inflamables
 - 4.2 Sustancias capaces de combustión espontánea
 - 4.3 Sustancias que al contacto con agua emiten gases inflamables
- 5- Sustancias Oxidantes: peróxidos orgánicos
 - 5.1 Sustancias Oxidantes que no son peróxidos orgánicos
 - 5.2 Peróxidos Orgánicos
- 6- Sustancias Tóxicas e infecciosas
 - 6.1 Sustancias Venenosas (tóxicas)
 - 6.2 Sustancias Infecciosas
- 7 - Sustancias Radiactivas
- 8- Corrosivos
- 9- Sustancias Peligrosas Misceláneas

Una mayor subdivisión de la clasificación puede relacionarse a diferencias cualitativas de los grados de riesgo. El esquema anterior es híbrido en este aspecto. La subclasificación de sustancias tóxicas se relaciona más a la naturaleza del riesgo que los explosivos al grado de riesgo.

Una aproximación alternativa es basar la clasificación en el riesgo mismo. La siguiente tabla proporciona el sistema de la National Academy of Sciences (NAS):

- 1- Riesgo de Fuego
- 2- Riesgo de Vapores Irritantes
- 3- Riesgo de Líquidos o Sólidos Irritantes
- 4- Riesgo de Envenenamiento
- 5- Riesgo de Toxicidad al Agua de Consumo Humano
- 6- Riesgo de Toxicidad al Agua de la vida Acuática
- 7- Riesgo de Afectación Estética
- 8- Riesgo de Reactividad con otros Productos Químicos
- 9- Riesgo de Reactividad con el Agua
- 10- Riesgo de Autoreacción

CLASS 1 Explosive 1.1 1.2 1.3 *Include appropriate division number and compatibility group letter.	CLASS 1 Explosive 1.4 *Include appropriate compatibility group letter.	CLASS 1 Explosive 1.5 *Include appropriate compatibility group letter.	CLASS 1 Explosive 1.6 *Include appropriate compatibility group letter.	CLASS 2 Division 2.1 Flammable gas	CLASS 2 Division 2.2 Non-flammable gas	CLASS 2 Division 2.3 Oxygen
CLASS 2 Division 2.3 Poison gas	CLASS 3 Flammable liquid	CLASS 4 Division 4.1 Flammable solid	CLASS 4 Division 4.2 Spontaneously Combustible	CLASS 4 Division 4.3 Dangerous when wet	CLASS 5 Division 5.1 Oxidizer	CLASS 5 Division 5.2 Organic peroxide
CLASS 6 Division 6.1 Poison-Packing Group I and II	CLASS 6 Division 6.1 Poison Packing III	CLASS 6 Division 6.2 Infectious substance	42 CFR 72.3 Etiological agent label may apply	CLASS 7 I Radioactive	CLASS 7 II Radioactive	CLASS 7 III Radioactive
CLASS 8 Corrosive	CLASS 9	SUBSIDIARY RISK LABELS Explosive Flammable gas Flammable liquid Flammable solid Corrosive Oxidizer Poison Spontaneously Combustible Dangerous when wet The class number may not be displayed on a subsidiary label (see Section 172.402).		FOR AIRCRAFT ... Cargo Aircraft Only		
TRANSITION-2001	TRANSITION-2001	TRANSITION-2001	TRANSITION-2001	TRANSITION-2001 Chlorine	TRANSITION-2001	TRANSITION-2001

HAZARDOUS MATERIALS PACKAGE MARKINGS

 §172.213(a)	 §172.322 HOT §172.326	 §172.329	 §172.313(a)	CONSUMER COMMODITY ORM-D §172.316(a)
 §172.313(a)				CONSUMER COMMODITY ORM-D-AIR §172.316(a)(1)

Otro tipo de clasificación importante, relaciona la compatibilidad de los productos químicos para almacenamientos a granel adyacentes. Esta tabla está dada más como guía que como regulación:

1	Inorganic acids	1
2	Organic acids	X 2
3	Caustics	X X 3
4	Amines and alkanolamines	X X 4
5	Halogenated compounds	X X X 5
6	Alcohols, glycols and glycol ethers	X 6
7	Aldehydes	X X X X X 7
8	Ketones	X X X X 8
9	Saturated hydrocarbons	9
10	Aromatic hydrocarbons	X 10
11	Olefins	X X 11
12	Petroleum oils	12
13	Esters	X X X 13
14	Monomers and polymerizable esters	X X X X X X 14
15	Phenols	X X X X 15
16	Alkylene oxides	X X X X X X 16
17	Cyanohydrins	X X X X X X 17
18	Nitriles	X X X X 18
19	Ammonia	X X X X X X 19
20	Halogens	X X X X X X X X 20
21	Ethers	X X X X X X 21
22	Phosphorus, elemental	X X X X X X 22
23	Sulphur, molten	X X X X X X 23
24	Acid anhydrides	X X X X X X 24

Next

- (1) The table lists chemicals by chemical and reactivity groups. To use the chart obtain the group for the chemical and then read the chart first from left to right and then down. A represents an unsafe combination for adjacent loading.
- (2) For the following chemicals not on the chart:
- (a) Carbon disulfide should not be carried adjacent to reactivity groups 1, 4, 19, 20, and epichlorohydrin
 - (b) Epichlorohydrin should not be carried adjacent to reactivity groups 1, 2, 3, 4, 14, 15, 19, 20, 22, 23, 24, and carbon disulfide.
 - (c) Motor fuel gasoline compounds should not be carried adjacent to groups 1, 4, 7, 15, 19, and 20.

Los riesgos asociados con compatibilidad son principalmente evolución de gas y/o Calor así como evolución de sustancias tóxicas.

Identificación de Riesgos

El proceso de asignación de un producto químico a una categoría de riesgo tal como aquellos del esquema NAS involucra la identificación y la evaluación de un riesgo.

También ayuda a identificar las precauciones adecuadas. Así un tanque de doble pared puede requerirse para minimizar la liberación accidental de una sustancia que es clasificada como un riesgo para el ser humano o cuerpos de agua o simplemente recipientes cerrados para otro producto químico irritante.

En algunos casos será necesario llevar a cabo pruebas en el material o en el empaque. En particular el propósito de llevar a cabo pruebas de explosividad para verificar seguridad en el transporte.

Evaluación de Riesgos

Se ha ido incrementando la evaluación cuantitativa de los riesgos en transporte.

El punto de arranque mas usual es considerar los escenarios de accidente. Los efectos de un accidente pueden entonces determinarse. Los cálculos pueden ser relativamente simples, tales como la determinación de la concentración de un producto químico derramado en un lago o mas complejo, tal como la estimación de un perfil de concentración de una nube gaseosa causada por una fuga.

La evaluación puede ser tomada estimando las probabilidades de los accidentes particulares y el uso de posibles medidas de acción.

Como una ilustración Kletz (1971) describiremos un análisis llevado a cabo para decidir se poner barreras protectoras alrededor de las válvulas, de un ducto que cruzaba el campo, que estaban localizadas cerca de los caminos para facilidad de acceso. Se calculó, usando los datos publicados para accidentes por vehículo por milla, que la oportunidad de un impacto era de una en 200 años, lo cual es significativo y se montaron las barreras protectoras.

La evaluación comparativa de modos de transporte es causa de otro análisis de riesgo. En este caso la preocupación principal era el riesgo a los empleados involucrados en el transporte. El problema considerado era el movimiento de 1000 tons de producto sobre 200 millas de camino o vía de FFCC. Si el camino era usado y se supone una carga de 15 ton y una

velocidad promedio de 30 mi/hr, se requerirán 67 viajes por 6.7 hr cada uno y un sólo chofer, hace un total de 450 horas-vehículo. La frecuencia de accidente por manejar un vehículo es de 57×10^{-8} fatalidades/horas-vehículo así:

$$= 450 \times 57 \times 10^{-8}$$

$$= 2.5 \times 10^{-4} \text{ fatalidades /1000tons}$$

Si se emplea transporte por vía férrea entonces asumamos una carga de 23 ton y un promedio de 30 mi/hr, 42 carros de FFCC se requieren mover por 6.7 hrs, con una tripulación de 2 personas el tiempo de exposición sería de $6.7 \times 2 = 13\text{hrs}$. Asumiendo una frecuencia similar de accidentabilidad (aunque realmente es menor).

$$= 13 \times 57 \times 10^{-8}$$

$$= 7.5 \times 10^{-6} \text{ fatalidades /1000tons}$$

En estas bases el riesgo de fatalidad para transporte terrestre es 33 veces mayor que la de transporte por vía de FFCC.

Transporte por Carretera

Se requiere un marcado de los vehículos y contenedores que lleven sustancias inflamables o riesgosas. Por otro lado existen requerimientos para la construcción y equipamiento de "pipas". Debe haber una malla protectora contra fuego entre la cabina del chofer y el tanque así como el escape de gases de combustión debe estar adelante de esta protección.

El vehículo debe tener un equipo apropiado de emergencia. Esto incluirá un "kit" de herramientas, luces de emergencia y equipo de primeros auxilios en algunos casos puede además contener ropa de protección y equipo de respiración. Debe tener extinguidor de incendios adecuado para atacar un fuego probable de la carga.

Por otro lado se requiere que el transporte tenga un panel de información acerca de los riesgos del producto y en las acciones a tomarse en el caso de una emergencia.

Existen algunos materiales riesgosos que no pueden ser transportados por carretera pero las prohibiciones varían entre países. Algunos de estos son los siguientes:

Gases: Cloro, Bromuro de Hidrógeno, Cloruro de Hidrógeno, Fluoruro de Hidrógeno, Sulfuro de Hidrógeno, Fósgeno, Dióxido de Azufre

Líquidos Inflamables: Bisulfuro de Carbono

Venenos: Acetonitrilo, Acrilonitrilo, Epiclorhidrina, Compuestos Órgano Fosforados, Fósforo Amarillo

Corrosivos: Bromo, Ácido Fluorobórico, Hidrazina, Cloruros líquidos que generan humos ácidos en contacto con la humedad.

Se requieren medidas especiales para ciertas sustancias, por ejemplo:

- 1) Sustancias que pueden polimerizarse
- 2) Sustancias fundidas
- 3) Peróxido de Hidrógeno
- 4) Trióxido de Azufre
- 5) Peróxidos Orgánicos
- 6) Alcalis de plomo

Algunas sustancias como el butadieno o el óxido de etileno tienen tendencias a polimerizarse. Es esencial prevenir este hecho desde el principio debido a que si se realiza se libera calor y se acelera la reacción. Un método de prevención es el uso de un tanque aislado pero es mas eficiente utilizar inhibidores de polimerización.

Otras sustancias que son sólidos a temperatura ambiente, tales como el azufre, metales alcalinos y naftaleno son a menudo transportados fundidos en tanques sobrediseñados y aislados.

Peróxido de Hidrógeno de alta concentración se transporta en carros de aluminio o acero especial. Los materiales que podrían reaccionar con el peróxido tal como la madera o lubricantes de válvulas deben excluirse del vehículo. Un depósito de agua debe llevarse para tratar con cualquier accidente. Los Peróxidos Orgánicos son un caso similar y algunas veces se transportan en carros refrigerados para minimizar los riesgos de su inestabilidad.

Los accidentes en carretera con liberación de materiales peligrosos son debidos a choques o "volteaduras" del camión.

Transporte por Vías de FFCC

Los accidentes más frecuentes con fuga de materiales riesgosos son debido a choques de trenes o descarrilamientos. Otro de los riesgos en ferrocarriles es el de fuego en el camino, causado por el motor o las zapatas:

Transporte por Vías Acuáticas

Un riesgo importante es la colisión de las barcazas. Es importante minimizar el riesgo de esto no solamente cuando la barcaza está en movimiento sino mientras está cargando.

El diseño y construcción de la barcaza tiende a variar de acuerdo con el tipo de material que porta. Es muy importante la capacitación y entrenamiento de los operadores y cargadores de la barcaza.

Contenedores para Transporte

Son similares los principios que sostienen el diseño y operación de los tanques y recipientes para los contenedores de sustancias riesgosas a ser transportadas por mar, carretera o vía férrea.

Hay un comercio creciente de materiales peligrosos y existe una tendencia creciente al uso de tanques portátiles.

Es muy deseable, por lo tanto, tener una armonización o estandarización no sólo en el tipo de requerimientos de los diferentes países sino también entre los diferentes modos de transporte.

Las tres grandes clases de contenedores usados son:

- 1) Tanques fijos
- 2) Tanques desmontables
- 3) Tanques contenedores

Algunos rasgos importantes de los contenedores para las sustancias peligrosas son:

- a) **Bases de Diseño:** El tanque y sus dispositivos de cerrado deben ser bastante fuertes para contener el material y soportar la tensión normal del transporte. No debe ser atacado por su contenido. Un tanque para sustancias muy peligrosas, puede tener protecciones adicionales.
- b) **Materiales de Construcción:** El material usual para contenedores a ser usados en carretera es acero templado. También se usan contenedores con recubrimiento de hule, teniendo cuidado con las juntas. También pueden usarse otros materiales para productos químicos especiales tales como aluminio o sus aleaciones o plásticos (Poliéster reforzado con fibra de vidrio - FRP)
- c) **Temperaturas de Referencia:** Es asumida como la máxima posible que alcanzará durante su viaje y es así una variable de diseño clave. La recomendación es en el sentido de utilizar la temperatura máxima a la sombra que pueda alcanzarse en un área particular. En estas bases, el mundo es dividido en cinco áreas climáticas: A-E con máximas temperaturas de 37.5, 42.5, 47.5, 52.5 y >52.5°C respectivamente. De esta forma se derivan las temperaturas de referencia, que proveen lineamientos generales, no obstante pueden usarse requerimientos específicos del país de entrega.
- d) **Espesor mínimo de Pared:** El diseño es basado en una presión máxima permisible de prueba y en un mínimo espesor de pared. Puede utilizarse la siguiente fórmula:

$$t = 0.125 (D_i / T)^{1/2}$$

donde D_i es el diámetro interno del tanque (in); t es el espesor de placa mínimo permisible (in) y T es el mínimo esfuerzo a la tensión del material en ton f /in. (no incluye la tolerancia para la corrosión o efectos de choque en el transporte. El mínimo espesor para contenedores para carretera es de 3 - 4 mm.

- e) **Presión de Prueba:** Uno de los factores principales para el diseño de un tanque es la presión máxima permisible para la cuál el contenedor va a ser utilizado. Si el líquido transportado es un gas licuado, la presión en el espacio de vapor es determinada por la presión de vapor a la temperatura particular, por la presencia de aire u otras impurezas y por factores tales como la solubilidad del aire e impurezas, la compresibilidad del líquido y la expansión del metal.
- f) **Relación de llenado:** Si el líquido o gas licuado transportado está hidráulicamente lleno y el líquido se calienta se pueden desarrollar presiones muy altas. Es esencial que tal sobrellenado no pueda existir. La fórmula usada para calcular la relación de llenado es generalmente de la forma siguiente:

$$\psi = U / (1 + \alpha(t_r - t_f))$$

$$\text{con } \alpha = (\rho_{15} - \rho_r) / (\rho_r (t_r - 15))$$

Donde t_r es la temperatura media durante el llenado ($^{\circ}\text{C}$); t_f la temperatura de referencia ($^{\circ}\text{C}$); U el grado de llenado permitido a la temperatura de referencia (%); α el coeficiente de expansión cúbica del líquido; ρ_r densidad del líquido a la temperatura de referencia; ρ_{15} densidad del líquido a 15°C y ψ el grado de llenado.

g) **Choque en transporte:** El tanque debe ser lo bastante fuerte no solamente para asegurar la contención sino para soportar los choques de la carga. El código de las Naciones Unidas requiere que los contenedores y sus seguros sean capaces de absorber las fuerzas siguientes:

En la dirección del viaje	2 x peso total
Horizontalmente en ángulos rectos a la dirección del viaje	1 x peso total
Verticalmente hacia arriba	1 x peso total
Verticalmente hacia abajo	2 x peso total

h) **Válvulas de Seguridad:** Pueden requerir dispositivos de liberación de presión aunque la situación para transporte difiere un poco de aquella para las instalaciones fijas. En particular es materia de debate que tipo de alivio de presión, si es que requiriera alguno, debería usarse para sustancias tóxicas. Hay quizás una tendencia al uso de válvulas de alivio en contenedores para materiales inflamables y de un disco de ruptura o una combinación de válvula de alivio y disco de ruptura en serie en contenedores para materiales tóxicos pero los Códigos actuales tienden a diferir.

i) **Otras Válvulas y Accesorios:** Otros accesorios incluyen válvulas de llenado, de exceso de flujo y entradas de hombre. Las válvulas para carga y descarga tendrían el máximo grado de protección. En contenedores grandes las válvulas de llenado deberían estar en el contorno de cuerpo del tanque si fuera práctico, si no es así las válvulas deberán estar protegidas por una guarda adecuada. Las válvulas están comúnmente localizadas en una caja de protección. Existe una diferencia entre contenedores para carretera y para FFCC. El llenado por el fondo es preferido para contenedores de carros tanque puesto que se tiene una sólida defensa además hay una protección eléctrica adicional en las vías de tren. Se debe disponer válvulas de exceso de flujo en las pipas para limitar el flujo de salida si ocurre un accidente.

j) **Fijación al vehículo:** El tanque debe ser asegurado al vehículo de tal forma que pueda soportar los choques normales de transporte cuando

es llenado. Los tanques para materiales flamables deberán ser capaces de ser "aterrizados" para minimizar el riesgo de electricidad estática.

Transporte por Ductos

Una fracción significativa de materiales peligrosos es transportada mediante ductos particularmente gas natural, gas LP, etileno, amoniaco, gasolinas, diesel.

Respecto de costos, el transporte por ductos básicamente el 70% son fijos y el 30% variables, mientras que para vías acuáticas, carretera y vías de FFCC, serían 30, 15 y 5% y para los variables 70, 85 y 95% respectivamente.

Las líneas son enterradas de 1m a 1.5m en promedio bajo el piso. Su impacto ambiental es mínimo y puede ser difícil de detectar mediante inspección aérea a menos de que haya suficientes postes marcadores.

Se suele usar tubo de acero templado con costura cuidadosamente soldados, para los ductos. Se suele usar actualmente un recubrimiento de carbón con fibra de vidrio o papel tipo kraftálico con resinas. No obstante en los puntos de unión o donde se daña el recubrimiento ocurre corrosión. Suele usarse también protección catódica para resguardar la tubería en los lugares de falla del recubrimiento.

La corrosión interna es función del material manejado pero normalmente es muy baja.

Los dispositivos de protección tales como válvulas de alivio y sistemas de corte deben considerarse para evitar un ascenso de más del 10% de la presión de diseño interna y manejar la expansión térmica del fluido.

La siguiente tabla muestra las causas de 1058 fallas de ductos :

Pipeline punctured by plough, bulldozer, excavating shovel, road grader or other earth-moving equipment	279
Corrosion	193
external	148
internal	45
Weld failures	190
Action of the elements	84
Coupling failures	65
Damage during installation	58

Fatigue failures	35
Defective pipe	26
Thermal stress	21
External explosion	14
Miscellaneous	38
Unknown or unreported	55
Total	1058

Podemos decir además que las fallas en líneas son debidas a :

Daños por fallas externas :	59.5%
Corrosión:	17.0
Construcción defectuosa o falla de materiales:	17.6
Otras Causas.	5.9

La principal causa de falla de ductos es la interferencia. Esto es ocurren debido a equipo de excavación y movimiento de tierras. La mayoría de las tuberías pueden ser picadas por los dientes de una excavadora mecánica.

Los riesgos que pueden resultar de la ruptura de una línea cargando hidrocarburos es de fuego o explosión abierta (no confinada). Si una línea se rompe y el gas que escapa se enciende de tal manera que la flama genera calor por radiación en forma considerable.

Transporte por Mar

El transporte vía marítima difiere de otros modos móviles de transporte en que la cantidad de materiales peligrosos involucrados tiende a ser muy grande. Esto aplica no solamente a las naves sino también a las cantidades almacenadas en los puertos.

Los riesgos principales serían hacia la población que vive en las áreas cercanas a la costa para los accidentes ocurridos cerca de los puertos.

Los riesgos principales asociados con barcos serían fuego o explosión en la misma nave o derrame de un material flamable o tóxico del navío.

Derrames en el mar son el resultado de una colisión o al encallar . Los factores que incrementan la probabilidad de colisión es el tráfico y

congestionamiento, así como un mar embravecido y otras condiciones climáticas. También puede ocurrir que se tengan derrames durante las operaciones de carga o descarga.

El riesgo de explosión puede ocurrir de los gases inflamables o líquidos particularmente durante las operaciones de transferencia y limpieza.

Es esencial eliminar todas las fuentes de ignición. Algunas de las mas relevantes son:

1. Calor directo:
 - cigarros
 - soldadura
2. Chispas Mecánicas
 - herramientas metálicas
 - encendedores
 - objetos pesados
3. Energía Química
 - combustión espontánea
 - autoignición
 - sulfuro de hidrógeno pirofórico
4. Equipo Eléctrico
5. Electricidad Estática

Los objetos pesados que pueden producir una chispa si caen en el interior del tanque pueden ser máquinas de lavado o ánodos para protección anódica.

La electricidad estática puede provenir de diferentes fuentes. La separación de cargas ocurre si el aceite fluye por la tubería de carga. También ocurre si el aceite es salpicado o atomizado o si la turbulencia del aceite hace que asciendan las partículas de agua y después estas se sedimentan en el aceite. El uso de vapor para limpieza del tanque puede genera electricidad estática; puede minimizarse con vapor de baja velocidad. Si el barco tiene un sistema de gas inerte debe usarse.

Algunos de los estimados de la distancia a la cual la una nube inflamable puede viajar indican lo siguiente para una fuga instantánea de 25,000 m³ de gas licuado en el agua con un viento de 5 mi/hr a una dilución de 5%:

Distancia (millas)	Fuente
0.75	Federal Power Commission
1.20*	Science Applications INC

5.20
16.30
25.20 - 50.3

American Petroleum Institute
U.S. Coast Guard
U.S. Bureau of Mines

* 37,500 m³ de fuga en un viento de 6.7mi/hr

Hay una tendencia hacia la provisión de barcos tanque con un acomodo de tipo "ciudadela" en la cual la tripulación, el cuarto de máquinas y el cuarto de bombeo, están protegidas contra fuego. Con sistema de ventilación debe estar diseñado y construido de tal forma que el riesgo de entrada de gases venenosos sea minimizada.

Todo indica que debe de considerarse un tipo de prevención contra pérdidas similar a el de las instalaciones terrestres. La dirección, sistemas y procedimientos son cruciales. Debe haber identificación y evaluación de riesgos. Un sistema de instrumentación con disparos es indispensable. Debe existir una gran variedad de dispositivos de protección contra incendios. Cargas y descargas deben llevarse a cabo de acuerdo con procedimientos específicos.

No hay evidencia que indique que las naves de transporte muy grandes son mas propensas a tener accidentes.

Fallas estructurales particularmente del casco han sido la causa de algunos accidentes , no obstante el problema es mas serio en tanqueros pequeños construidos antes de 1960 cuando el conocimiento de la tecnología del acero era mucho menor.

Debe enfatizarse el tener una buena navegación incluyendo observación visual, comunicación, ruteo, respeto a las reglas de tráfico.

Muchos accidentes de navegación se atribuyen al error humano por falta de procedimientos o entrenamiento de la gente del mar.

Transporte Aéreo

Está regulado principalmente por las reglas de la IATA (International Air Transport Association). La mayoría de los gobiernos aplican sus regulaciones inclusive a las compañías aéreas no asociadas a la IATA.

La regulación habla de 2,300 sustancias que requieren empaque y manejo especial, incluyendo líquidos y sólidos inflamables, combustibles líquidos, explosivos, agentes oxidantes, peróxidos orgánicos, materiales corrosivos, venenos, sustancias nocivas y material radiactivo.

Hay una distinción entre las naves de pasajeros y las de carga respecto de la cantidad a mover en uno y otro tipo de servicio aéreo.

En general el transporte de sustancias peligrosas no parece ser causa significativa o factor de agravamiento en accidentes aéreos.



SECRETARIA
DE COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

COORDINACION GENERAL DE COMUNICACION SOCIAL

REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

SUBSECRETARIA DE TRANSPORTE
DIRECCION GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE

**REGLAMENTO
PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE
DE MATERIALES Y RESIDUOS
PELIGROSOS**

CARLOS SALINAS DE GORTARI, Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, en ejercicio de la facultad que me confiere la fracción I del artículo 89 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y con fundamento en los artículos 1º, 110 al 159, 171 al 175, 182 al 194 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 1º fracciones V, VI, VII; 3º, 5º, 8º, 9º, 16, 41, 48, 51, 134, 152, 153, 164, 166, 590 y demás relativos de la Ley de Vías Generales de Comunicación; 1º, 3º, 4º, 5º, 13, 14, 17 y 20, 119 y 181 de la Ley General de Salud; 37, 38 y 39 de la Ley de Planeación; 1º, 2º, 4º, 6º, 37, 40, 41, 60, 61, 62, 63 y 64 de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos; 1º, 2º, 3º, 4º, 29 y 30 de la Ley Reglamentaria del artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear y 27, 29, 32, 33, 34, 36 y 39 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, he tenido a bien emitir el siguiente

REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

TITULO PRIMERO DISPOSICIONES GENERALES

ARTICULO 1º.- El presente ordenamiento tiene por objeto regular el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.

No es materia de este Reglamento, el transporte terrestre de materiales peligrosos realizado por las fuerzas armadas mexicanas, el cual se regula por las disposiciones normativas aplicables.

ARTICULO 2º.- Para los efectos de este Reglamento se entenderá por:

AUTOTRANSPORTISTA

Persona física o moral debidamente autorizada por la Secretaría para prestar servicio público o privado de autotransporte de carga

CONSTRUCTOR O RECONSTRUCTOR DE UNIDADES	Persona física o moral que diseña, construye, reconstruye o repara unidades destinadas para el transporte de materiales y residuos peligrosos.
DESTINATARIO	Persona física o moral receptora de materiales y residuos peligrosos.
EMPRESA FERROVIARIA	Empresa u Organismo autorizados por el Gobierno Federal para operar el transporte por tren y prestar servicios auxiliares.
EXPEDIDOR	Persona física o moral que a nombre propio o de un tercero, contrata el servicio de transporte de materiales o residuos peligrosos.
ENVASE INTERIOR	Todo recipiente destinado a contener un producto y que entra en contacto directo con el mismo, conservando su integridad física, química y sanitaria.
ENVASE EXTERIOR	Se entiende aquel que contiene al envase primario y que le sirve de protección.
MATERIAL PELIGROSO	Aquellas sustancias peligrosas, sus remanentes, sus envases, embalajes y demás componentes que conformen la carga que será transportada por las unidades.
NORMAS	Normas oficiales mexicanas que expiden las dependencias competentes, sujetándose a lo dispuesto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
PURGAR	Acción de evacuar o eliminar un fluido de cualquier depósito utilizado para el transporte de materiales y residuos peligrosos.
RESIDUO PELIGROSO	Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas,

	venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas infecciosas o irritantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.
SECRETARIA	Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
SUBSTANCIA PELIGROSA	Todo aquel elemento, compuesto, material o mezcla de ellos que independientemente de su estado físico, represente un riesgo potencial para la salud, el ambiente, la seguridad de los usuarios y la propiedad de terceros; también se consideran bajo esta definición los agentes biológicos causantes de enfermedades.
REMANENTE	Substancias, materiales o residuos peligrosos que persisten en los contenedores, envases o embalajes después de su vaciado o desembalaje.
TRANSPORTISTA	Autotransportista y empresa ferroviaria.
TREN	Una máquina o más de una máquina que transitan por el ferrocarril, con o sin carros acoplados, exhibiendo indicadores.
UNIDAD	Vehículo para el transporte de materiales y residuos peligrosos, compuesto por unidades motrices y de arrastre.
UNIDAD DE ARRASTRE	Vehículo para el transporte de materiales y residuos peligrosos, no dotado de medios de propulsión y destinado a ser jalado por un vehículo de motor.
VENTEAR	Acción de liberar los gases y vapores acumulados en un recipiente, tanque o contenedor cerrado.

Los términos que no estén contenidos en el presente artículo y que la Secretaría de Desarrollo Social, la Secretaría, o las dependencias correspondientes apliquen, se entenderán definidos, en los términos que señalen las leyes, reglamentos, normas oficiales mexicanas y, en su caso,

las definiciones derivadas de instrumentos internacionales ratificados por el Gobierno Mexicano.

ARTICULO 3º.- Sin perjuicio de la competencia de otras dependencias del Ejecutivo Federal, corresponde a la Secretaría la aplicación de este Reglamento en vías generales de comunicación terrestres y sus servicios auxiliares y conexos.

ARTICULO 4º.- La Secretaría podrá celebrar acuerdos para la aplicación de este Reglamento, con los gobiernos de las entidades federativas y con los municipios en los términos de la Ley de Planeación.

ARTICULO 5º.- Para transportar materiales y residuos peligrosos por las vías generales de comunicación terrestre, es necesario que la Secretaría así lo establezca en el permiso otorgado a los transportistas, sin perjuicio de las autorizaciones que otorguen otras dependencias del Ejecutivo Federal, de conformidad con las disposiciones legales aplicables. Las condiciones de operación se sujetarán a las disposiciones establecidas en este Reglamento.

ARTICULO 6º.- Queda prohibido transportar en unidades que hayan sido autorizadas para transportar materiales y residuos peligrosos:

- I.- Personas o animales;
- II.- Productos alimenticios de consumo humano o animal, o artículos de uso personal; y
- III.- Residuos sólidos municipales.

Cuando por razones económicas el transportista tenga necesidad de transportar otro tipo de bienes en estas unidades, diferentes a los materiales o residuos peligrosos, se ajustará a la norma que al efecto se expida.

CAPITULO I CLASIFICACION DE LAS SUBSTANCIAS PELIGROSAS

ARTICULO 7º.- Considerando sus características, las sustancias peligrosas se clasifican en:

CLASE	DENOMINACION
1	Explosivos.
2	Gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión.
3	Líquidos inflamables.
4	Sólidos inflamables.
5	Oxidantes y peróxidos orgánicos.
6	Tóxicos agudos (venenos) y agentes infecciosos.
7	Radiactivos.
8	Corrosivos.
9	Varios.

ARTICULO 8º.- Los explosivos o clase 1 comprenden:

- I. **SUBSTANCIAS EXPLOSIVAS:** Son sustancias o mezcla de sustancias sólidas o líquidas que de manera espontánea o por reacción química, pueden desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que causen daños en los alrededores.

- II. **SUBSTANCIAS PIROTECNICAS:** Son sustancias o mezcla de sustancias destinadas a producir un efecto calorífico, luminoso, sonoro, gaseoso o fumígeno o una combinación de los mismos, como consecuencia de reacciones químicas exotérmicas autosostenidas no detonantes.
- III. **OBJETOS EXPLOSIVOS:** Son objetos que contienen una o varias sustancias explosivas.

Dependiendo el tipo de riesgo la clase 1 comprende 6 divisiones que son:

DIVISION	DESCRIPCION DE LAS SUBSTANCIAS
1.1	Substancias y objetos que representan un riesgo de explosión de la totalidad de la masa, es decir que la explosión se extiende de manera prácticamente instantánea a casi toda la carga.
1.2	Substancias y objetos que representan un riesgo de proyección pero no un riesgo de explosión de la totalidad de la masa.
1.3	Substancias y objetos que representan un riesgo de incendio y de que se produzcan pequeños efectos de onda expansiva, de proyección o ambos, pero no riesgo de explosión de la totalidad de la masa. Se incluyen en esta división las sustancias y objetos siguientes: a) Aquellos cuya combustión da lugar a una radiación térmica considerable. b) Aquellos que arden sucesivamente con pequeños efectos de onda expansiva, de proyección, o ambos.
1.4	Substancias y objetos que no representan un riesgo considerable.

DIVISION	DESCRIPCION DE LAS SUBSTANCIAS
1.5	Substancias muy poco sensibles que presentan un riesgo de explosión de la totalidad de la masa, pero que es muy improbable su iniciación o transición de incendio o detonación bajo condiciones normales de transporte.
1.6	Objetos extremadamente insensibles que no presentan un riesgo de explosión a toda la masa, que contienen sólo sustancias extremadamente insensibles a la detonación y muestran una probabilidad muy escasa de iniciación y propagación accidental.

ARTICULO 9º.- La clase 2, que comprende gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión, son sustancias que:

- I.- A 50°C tienen una presión de vapor mayor de 300 kPa.
 - II.- Son completamente gaseosas a 20°C a una presión normal de 101.3 kPa.
- Para las condiciones de transporte las sustancias de clase 2 se clasifican de acuerdo a su estado físico como:
- Gas comprimido, aquel que bajo presión es totalmente gaseoso a 20°C.
 - Gas licuado, el que es parcialmente líquido a 20°C.
 - Gas licuado refrigerado, el que es parcialmente líquido a causa de su baja temperatura.
 - Gas en solución, aquel que está comprimido y disuelto en un solvente.

Atendiendo al tipo de riesgo la clase 2 se divide en:

DIVISION	DESCRIPCION DE LAS SUBSTANCIAS
2.1	Gases inflamables: Substancias que a 20°C y una presión normal de 101.3 kPa.: Arden cuando se encuentran en una mezcla de 13% o menos por volumen de aire o tienen un rango de inflamabilidad con aire de cuando menos 12% sin importar el límite inferior de inflamabilidad.
2.2	Gases no inflamables, no tóxicos: Gases que son transportados a una presión no menor de 280 kPa. a 20°C, o como líquido refrigerado y que: a) Son asfixiantes. Gases que diluyen o reemplazan al oxígeno presente normalmente en la atmósfera; o b) Son oxidantes. Gases que pueden, generalmente por ceder oxígeno, causar o contribuir, más que el aire, a la combustión de otro material. c) No caben en los anteriores.
2.3	Gases tóxicos. Gases que: a) Se conoce que son tóxicos o corrosivos para los seres humanos por lo que constituyen un riesgo para la salud; o b) Se supone que son tóxicos o corrosivos para los seres humanos porque tienen un CL ₅₀ igual o menor que 5000 Mol/M ₃ (ppm). Nota: Los gases que cumplen los criterios anteriores debido a su corrosividad, deben clasificarse como tóxicos con un riesgo secundario corrosivo.

ARTICULO 10.- Clase 3 o líquidos inflamables, son mezclas o líquidos que contienen sustancias sólidas en solución o suspensión, que despiden vapores inflamables a una temperatura no superior a 60.5 °C en los ensayos en copa cerrada o no superiores a 65.6 °C en copa abierta. Las sustancias de esta clase son:

Líquidos que presentan un punto de ebullición inicial igual o menor de 35°C.

Líquidos que presentan un punto de inflamación (en copa cerrada) menor de 23°C y un punto inicial de ebullición mayor de 35°C.

Líquidos que presentan un punto de inflamación (en copa cerrada) mayor o igual a 23°C, menor o igual de 60.5°C y un punto inicial de ebullición mayor a 35 °C.

ARTICULO 11.- Clase 4 o sólidos inflamables, son sustancias que presentan riesgo de combustión espontánea, así como aquellos que en contacto con el agua desprenden gases inflamables.

Atendiendo al tipo de riesgo se dividen en:

DIVISION	DESCRIPCION DE LAS SUBSTANCIAS
4.1	Sólidos inflamables. Substancias sólidas que no están comprendidas entre las clasificadas como explosivas pero que, en virtud de las condiciones que se dan durante el transporte, se inflaman con facilidad o pueden provocar o activar incendios por fricción.

DIVISION	DESCRIPCION DE LAS SUBSTANCIAS
4.2	Substancias que presentan un riesgo de combustión espontánea. Substancias que pueden calentarse espontáneamente en las condiciones normales de transporte o al entrar en contacto con el aire y que entonces puedan inflamarse.
4.3	Substancias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables. Substancias que por reacción con el agua pueden hacerse espontáneamente inflamables o desprender gases inflamables en cantidades peligrosas.

ARTICULO 12.- Clase 5, oxidantes y peróxidos orgánicos, son sustancias que se definen y dividen tomando en consideración su riesgo en:

DIVISION	DESCRIPCION DE LAS SUBSTANCIAS
5.1	Substancias oxidantes. Substancias que sin ser necesariamente combustibles, pueden, generalmente liberando oxígeno, causar o facilitar la combustión de otras.
5.2	Peróxidos orgánicos: Substancias orgánicas que contienen la estructura bivalente -O-O- y pueden considerarse derivados del peróxido de hidrógeno, en el que uno de los átomos de hidrógeno, o ambos, han sido sustituidos por radicales orgánicos. Los peróxidos son sustancias térmicamente inestables que pueden sufrir una descomposición exotérmica autoacelera-

DIVISION	DESCRIPCION DE LAS SUBSTANCIAS
	da. Además, pueden tener una o varias de las propiedades siguientes: a) Ser susceptibles de una descomposición explosiva; b) Arder rápidamente; c) Ser sensibles a los impactos o a la fricción; d) Reaccionar peligrosamente al entrar en contacto con otras sustancias; e) Causar daños a la vista.

ARTICULO 13.- Clase 6, tóxicos agudos (venenos) y agentes infecciosos, son sustancias que se definen y dividen, tomando en consideración su riesgo en:

DIVISION	DESCRIPCION DE LAS SUBSTANCIAS
6.1	Tóxicos agudos (venenos): Son aquellas sustancias que pueden causar la muerte, lesiones graves o ser nocivas para la salud humana si se ingieren, inhalan o entran en contacto con la piel. Los gases tóxicos (venenos) comprimidos pueden incluirse en la clase "Gases".
6.2	Agentes infecciosos: Son las que contienen microorganismos viables incluyendo bacterias, virus, parásitos, hongos, o una combinación híbrida o mutante; que son conocidos o se cree que pueden provocar enfermedades en el hombre o los animales.

ARTICULO 14.- Clase 7, radiactivos, para los efectos de transporte son todos los materiales cuya actividad específica es superior a 70 kBq/kg (2 nCi/g).

ARTICULO 15.- Clase 8, corrosivos, son sustancias líquidas o sólidas que por su acción química causan lesiones graves a los tejidos vivos con los que entran en contacto o que si se produce un escape pueden causar daños e incluso destrucción de otras mercancías o de las unidades en las que son transportadas.

ARTICULO 16.- Clase 9 varios, son aquellas sustancias que durante el transporte presentan un riesgo distinto de los correspondientes a las demás clases y que también requieren un manejo especial para su transporte, por representar un riesgo potencial para la salud, el ambiente, la seguridad a los usuarios y la propiedad a terceros.

En la norma respectiva se contendrán las listas de dichas sustancias.

ARTICULO 17.- La identificación de las sustancias peligrosas se deberá ajustar a la norma que contenga las listas de las sustancias y residuos peligrosos más usualmente transportadas de acuerdo a su clase, división de riesgo, riesgo secundario, el número asignado por la Organización de las Naciones Unidas, así como las disposiciones especiales a que deberá sujetarse el traslado y el método de envase y embalaje.

TITULO SEGUNDO DEL ENVASE Y EMBALAJE

CAPITULO I CARACTERISTICAS

ARTICULO 18.- Las disposiciones contenidas en el presente Capítulo, son aplicables a los envases y embalajes nuevos y reutilizables, empleados para el transporte de sustancias o residuos, a excepción de:

- I. Envases y embalajes que contengan sustancias de la clase 7, radiactivas, o sus residuos, los cuales se sujetarán a las normas que expida la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal por conducto de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias;
- II. Envases y embalajes que se usen para el transporte de gases comprimidos, refrigerados, licuados, o disueltos a presión clase 2, los cuales se regirán por la norma respectiva; y
- III. Envases y embalajes cuya masa neta exceda de 400 kg. o cuya capacidad exceda de 450 litros, los cuales se deberán apegar a las normas correspondientes para recipientes intermedios a granel.

ARTICULO 19.- El envase y embalaje de sustancias y residuos peligrosos deberá cumplir con la clasificación, tipos y disposiciones de las normas correspondientes.

ARTICULO 20.- Los envases y embalajes que contengan sustancias peligrosas de todas las clases o sus remanentes, excepto las clases 1 y 2 y las divisiones 5.2 y 6.2, se clasifican en los siguientes grupos:

- Grupo I.- Para sustancias muy peligrosas.
- Grupo II.- Para sustancias medianamente peligrosas.
- Grupo III.- Para sustancias poco peligrosas.

La asignación de las sustancias peligrosas a cada uno de los grupos señalados, se indicará en la norma respectiva.

ARTICULO 21.- El envase y embalaje, antes de ser llenado y entregado para su transporte, deberá ser inspeccionado por el expedidor de la sustancia o residuo peligroso para cerciorarse de que no presenta corrosión, presencia de materiales extraños u otro tipo de deterioro.

ARTICULO 22.- Los envases y embalajes deberán estar cerrados para que una vez preparados para su expedición, no sufran en condiciones normales de transporte, algún escape debido a cambios de temperatura, humedad o presión.

ARTICULO 23.- Queda prohibido adicionar al exterior de los envases y embalajes, alguna sustancia incompatible con la que se encuentra contenida en el interior de éste y que sea susceptible de crear o aumentar un riesgo.

ARTICULO 24.- Las partes de los envases y embalajes que estén en contacto directo con la sustancia o residuo peligroso no deberán ser afectadas por ninguna acción química o de otra naturaleza.

ARTICULO 25.- Los envases y embalajes interiores deberán estar colocados en un envase y embalaje exterior, a fin de que en condiciones normales de transporte, no puedan romperse, perforarse ni dejar escapar su contenido al envase o embalaje exterior.

ARTICULO 26.- Los envases y embalajes interiores que contengan sustancias o residuos peligrosos diferentes que puedan reaccionar entre sí, no deberán colocarse en el mismo envase y embalaje exterior.

ARTICULO 27.- Las sustancias y residuos peligrosos sólo deberán contenerse en envases y embalajes que tengan la resistencia suficiente para soportar la presión interna que pudiera desarrollarse en condiciones normales de transporte y circunstancias especiales, de acuerdo a la norma que al efecto se expida.

ARTICULO 28.- Todo envase y embalaje vacío que haya contenido una sustancia o residuo peligroso o sus remanentes debe ser considerado también como peligroso.

ARTICULO 29.- Las especificaciones y características de construcción y reconstrucción, así como los métodos de prueba, de los envases y embalajes, se establecerán en las normas correspondientes. Todo envase y embalaje que presente indicios de haber sufrido cambio en su estructura, en comparación con lo especificado en las normas respectivas, no deberá utilizarse o en su caso, deberá ser reacondicionado, de forma que pueda superar las pruebas aplicables al envase y embalaje de que se trate.

ARTICULO 30.- Las especificaciones adicionales para envases y embalajes destinados al transporte de la clase 1, explosivos, y las divisiones 5.2, peróxidos orgánicos, y 6.2 agentes infecciosos, se establecerán de acuerdo a la norma respectiva y a la clasificación a que se refiere el artículo 20.

CAPITULO II DEL ETIQUETADO Y MARCADO DEL ENVASE Y EMBALAJE

ARTICULO 31.- Con objeto de identificar a distancia las sustancias o residuos peligrosos y reconocer su riesgo, así como la designación oficial para su transporte, cada envase y embalaje deberá contar con la etiqueta o etiquetas correspondientes, cuyas características estarán señaladas en las normas respectivas.

ARTICULO 32.- Todo envase y embalaje destinado a transportar sustancias o residuos peligrosos deberá llevar marcas indelebles, visibles y legibles que certifiquen que están fabricados conforme a las normas respectivas.

TITULO TERCERO

DE LAS CARACTERISTICAS, ESPECIFICACIONES Y EQUIPAMIENTO DE LOS VEHICULOS MOTRICES Y UNIDADES DE ARRASTRE A UTILIZAR.

CAPITULO I DE LAS CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES

ARTICULO 33.- Toda unidad motriz que sea utilizada para el traslado de materiales y residuos peligrosos deberá cumplir con las especificaciones adicionales establecidas en las normas correspondientes.

ARTICULO 34.- Los autotanques, unidades de arrastre, recipientes intermedios para granel y contenedores cisterna deberán construirse o reconstruirse de conformidad con las normas respectivas, las que establecerán los elementos estructurales, componentes y revestimientos que se deban utilizar, los que deberán ser compatibles con las sustancias o residuos peligrosos a transportar, y con características tales que no alteren o modifiquen sus propiedades. Las unidades mencionadas deberán contar con aditamentos de emergencia y dispositivos de protección, a fin de ofrecer la máxima seguridad, de conformidad con la norma respectiva.

ARTICULO 35.- La construcción, reconstrucción y reparación de autotanques, unidades de arrastre, recipientes intermedios para granel y contenedores cisterna, deberán sujetarse al proceso de certificación y verificación de conformidad con las normas.

ARTICULO 36.- El constructor deberá conservar por el tiempo que determine la Secretaría, y en su caso proporcionar a ésta o a la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, el informe relativo a las pruebas a que hayan sido sometidos los autotanques, carros tanque, recipientes intermedios para granel y contenedores cisterna, en el que se indiquen los resultados obtenidos, así como los materiales y residuos peligrosos para cuyo transporte ha sido aprobada la unidad.

CAPITULO II DE LA IDENTIFICACION DE LAS UNIDADES

ARTICULO 37.- Para su identificación, los camiones, las unidades de arrastre, contenedores cisterna y recipientes intermedios para granel destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos, tendrán una placa de metal inoxidable permanentemente fija en un lugar de fácil acceso para la inspección, y en el formato que determinen las normas correspondientes.

ARTICULO 38.- Los camiones, las unidades de arrastre, contenedores cisterna y recipientes intermedios para granel deberán tener cuatro carteles que identifiquen el material y residuo peligroso que se transporta, de acuerdo a lo establecido por las normas que para el efecto se expidan.

ARTICULO 39.- Las unidades de arrastre que transporten o contengan remanentes de sustancias o residuos peligrosos, deberán portar los carteles correspondientes y ser manejadas con los mismos requisitos de seguridad establecidos para las unidades cargadas. Cuando se trasladen remanentes de dos o más sustancias o residuos peligrosos, en el cartel sólo se citarán a dos de los que tengan mayor grado de peligrosidad en relación a los otros y el símbolo utilizado en el cartel deberá ser el de mayor peligrosidad, seguido por el riesgo secundario.

ARTICULO 40.- Las claves para identificar el tipo de recipiente intermedio para granel, así como los materiales del mismo se especificarán en la norma respectiva.

TITULO CUARTO DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD CAPITULO I DE LA INSPECCION DE LAS UNIDADES

ARTICULO 41.- Las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos, deberán someterse a inspecciones periódicas técnicas y de operación que realice la Secretaría o unidades de verificación, aprobadas por ésta, para constatar que cumplan con las especificaciones y disposiciones de seguridad establecidas en el presente Reglamento, sin menoscabo de las atribuciones de otras dependencias.

ARTICULO 42.- Durante las inspecciones técnicas se verificarán las condiciones en que se encuentran los materiales de fabricación, elementos estructurales, componentes y accesorios, verificándose que brinden la seguridad adecuada. Estas inspecciones deberán realizarse en los periodos establecidos que para el efecto fije la Secretaría y serán independientes a las que corresponda realizar a las demás dependencias competentes.

ARTICULO 43.- Durante las inspecciones en operación se supervisarán las condiciones mecánicas y de mantenimiento de las unidades, las cuales se realizarán cuando la Secretaría lo considere pertinente de conformidad con la norma que se expida.

Quando no se pueda llevar a cabo la inspección, por las características propias del material o residuo, en otro lugar que no sea su origen, la empresa transportista llevará la unidad a su destino final, en donde podrá descargar y se procederá a la inspección correspondiente.

ARTICULO 44.- En caso del autotransporte, el costo de ambas inspecciones deberá ser cubierto por el transportista.

Cuando el equipo de arrastre ferroviario sea proporcionado por el usuario, se deberá presentar el dictamen de verificación, expedido por las unidades de verificación de las empresas aprobadas por la Secretaría, en el que se avalen las condiciones físicas y mecánicas de operación del equipo, cuya existencia comprobará la empresa ferroviaria.

ARTICULO 45.- Los transportistas están obligados a proporcionar y a llevar un control del mantenimiento preventivo y correctivo a sus unidades; así como un registro de los materiales y residuos peligrosos transportados.

La Secretaría podrá requerir los mencionados controles y registros, a fin de verificarlos en cualquier momento.

CAPITULO II DEL ACONDICIONAMIENTO DE LA CARGA

ARTICULO 46.- Las unidades que transporten materiales y residuos peligrosos deberán estar en óptimas condiciones de operación, físicas y mecánicas, verificando el transportista que la unidad reúna tales condiciones antes de proceder a cargar los materiales y residuos peligrosos.

ARTICULO 47.- Para que el transporte del material o residuo peligroso sea seguro, éste deberá ser cargado, distribuido y sujeto en las unidades de autotransporte y arrastre ferroviario de acuerdo a las normas expedidas por la Secretaría, de tal manera que no se ocasione ningún daño por efectos de la vibración originada durante su tránsito, debiendo, además, proteger la carga de las condiciones ambientales o de cualquier otra fuente que genere una reacción del mismo.

Los embarques que no estén debidamente acondicionados para su transportación o que no sean cargados conforme a lo previsto en las normas correspondientes, no deberán ser aceptados por los transportistas para su traslado.

Para el almacenamiento y la transportación de materiales y residuos peligrosos en sus distintos grupos de riesgo, se considerará la compatibilidad que tengan, de conformidad con las normas correspondientes.

ARTICULO 48.- Las condiciones para el transporte de los materiales peligrosos en cantidades limitadas se establecerán en la norma correspondiente en función de la clase y división a la que pertenezcan y de la cantidad a transportar.

ARTICULO 49.- Las unidades cargadas con materiales y residuos peligrosos de diversas clases, deberán llevar la información de emergencia en transportación de cada uno de los materiales, que indiquen las acciones a seguir para cada uno de ellos, así como el registro de su ubicación en la unidad, el cual deberá ser señalado en la propia hoja de embarque. En el caso de transporte de materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas se estará a lo dispuesto en el artículo que precede.

CAPITULO III DE LA DOCUMENTACION

ARTICULO 50.- Para el transporte de materiales y residuos peligrosos, el transportista y el expedidor de la carga, deberán tener las autorizaciones correspondientes que en el ámbito de su competencia emitan la Secretaría y demás dependencias del Ejecutivo Federal, de conformidad con las disposiciones legales aplicables.

ARTICULO 51.- El fabricante de sustancias o generador de residuos peligrosos deberá proporcionar la descripción e información complementaria del producto que se transporte la que estará a disposición del transportista y las dependencias competentes que la requieran.

ARTICULO 52.- En el traslado de materiales y residuos peligrosos será obligatorio que en la unidad de transporte se cuente con los siguientes documentos:

- I. Documentos de embarque del material o residuo peligroso;
- II. "Información de emergencia en transportación", que indique las acciones a seguir en caso de suscitarse un accidente, de acuerdo al material o residuo peligroso de que se trate, la cual deberá apegarse a la norma que expida la Secretaría y colocarse en un lugar visible de la cabina de la unidad, de preferencia en una carpeta-portafolios que contenga los demás documentos;

- III. Documento que avale la inspección técnica de la unidad;
- IV. Manifiesto de entrega, transporte y recepción, para el caso de transporte de residuos peligrosos, expedido por la Secretaría de Desarrollo Social;
- V. Autorización respectiva, para el caso de importación y exportación de materiales peligrosos; y
- VI. Manifiesto para casos de Derrames de Residuos Peligrosos por Accidente:

Cuando por cualquier evento se produzcan derrames, infiltraciones, descargas o vertidos de sustancias peligrosas, se deberá dar aviso de inmediato de los hechos a la Secretaría de Desarrollo Social, y presentar a más tardar 78 horas después el manifiesto a que se refiere esta fracción.

- VII. Los demás que se establezcan en las normas.

Será obligatorio además de lo anterior, que en la unidad de autotransporte se cuente con los siguientes documentos:

- I. Licencia federal de conducir específica para el transporte de materiales peligrosos;
- II. Bitácora de horas de servicio del conductor;
- III. Bitácora del operador relativa a la inspección ocular diaria de la unidad;
- IV. Póliza de seguro individual o conjunto del autotransportista y del expedidor del material o residuo peligroso; y
- V. Documento que acredite la limpieza y control de remanentes de la unidad, cuando ésta se realice. La limpieza sólo será obligatoria por razones de incompatibilidad de los productos a transportar.

ARTICULO 53.- Cuando se transporte un embarque de materiales o residuos peligrosos de una sola clase en trenes unitarios, directamente de un punto a otro, la "Información de emergencia en transportación" debe acompañarse de la relación completa de las iniciales y números de las unidades que remolcan.

CAPITULO IV DEL SISTEMA NACIONAL DE EMERGENCIA EN TRANSPORTACION DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

ARTICULO 54.- La Secretaría en coordinación con la Secretaría de Gobernación, y demás dependencias competentes, autoridades estatales y municipales, así como fabricantes e industriales que produzcan, generen y utilicen sustancias o residuos peligrosos y los transportistas de los mismos, establecerán el Sistema Nacional de Emergencia en transportación de materiales y residuos peligrosos.

ARTICULO 55.- El Sistema Nacional de Emergencia tiene por objeto proporcionar información técnica y específica sobre las medidas y acciones que deben adoptarse en caso de algún accidente o incidente, durante el transporte de materiales y residuos peligrosos. El Sistema funcionará las 24 horas del día.

ARTICULO 56.- Cuando el Sistema reciba información de alguna emergencia en el transporte de materiales y residuos peligrosos, se alertará de inmediato a la Policía Federal de Caminos y Puertos, al Gobierno de la entidad federativa y las autoridades municipales donde aquélla suceda y en su caso a la Secretaría de Gobernación a fin de poner en marcha los operativos de protección civil existentes para la salvaguardia de la población, sus bienes y entorno.

ARTICULO 57.- En caso de accidente, tales como fugas, derrames, incendios u otros, el operador de la unidad de autotransporte o tripulación ferroviaria deberán aplicar las medidas de seguridad detalladas en la "Información de emergencia en transportación", cuyo diseño y contenido deberá apegarse a la norma que al efecto expida la Secretaría.

**TITULO QUINTO
DEL TRANSITO EN VIAS DE JURISDICCION FEDERAL**

**CAPITULO I
DEL AUTOTRANSPORTE**

ARTICULO 58.- Ninguna unidad que traslade materiales o residuos peligrosos deberá transportar personas no relacionadas con las operaciones de la unidad.

ARTICULO 59.- No deberá abrirse ningún envase y embalaje, recipiente intermedio para granel, contenedor, contenedor cisterna, autotanque o unidad de arrastre entre los puntos de origen y destino, excepto en casos en que se presuma un riesgo, para lo cual se deberá actuar de acuerdo a lo previsto en la "Información de emergencia en transportación".

ARTICULO 60.- Los operadores de vehículos se abstendrán de realizar paradas no justificadas, que no estén contempladas en la operación del servicio, así como circular por áreas centrales de ciudades y poblados. Al efecto, utilizarán los libramientos periféricos cuando éstos existan.

ARTICULO 61.- Las unidades que transporten materiales o residuos peligrosos, a excepción de las sustancias de la clase 7 (radiactivos), no podrán circular en convoy.

ARTICULO 62.- Se prohíbe purgar al piso o descargar en el camino, calles o en instalaciones no diseñadas para tal efecto; así como ventear innecesariamente cualquier tipo de material o residuo peligroso.

ARTICULO 63.- En caso de ocurrir un congestionamiento vehicular o se interrumpa la circulación, el conductor de la unidad deberá solicitar al personal responsable de la vigilancia vial, prioridad para continuar su viaje, mostrándole la documentación que ampara el riesgo sobre el producto que se transporta, a fin de que el mismo adopte las precauciones del caso.

ARTICULO 64.- En caso de descompostura mayor de la unidad motriz, el operador y la empresa transportista deberán sustituirla a la brevedad por otra que cuente con los requisitos físicos y mecánicos de operación.

Quando por descompostura de la unidad de arrastre sea necesario el transvase o transbordo del material o residuo peligroso, éste se llevará a cabo, de acuerdo con lo que indique el fabricante de la sustancia peligrosa, o generador de residuos peligrosos, quien deberá cuidar que la maniobra se realice bajo estrictas condiciones de seguridad con personal capacitado y debidamente equipado, de conformidad con las características y peligrosidad del material o residuo de que se trate.

ARTICULO 65.- Para que una unidad que transporta materiales o residuos peligrosos pueda estacionarse en la vía pública, el conductor además de cumplir con las disposiciones de tránsito vigentes, deberá asegurarse que la carga esté debidamente protegida de conformidad con las indicaciones del expedidor, a fin de evitar que personas ajenas a la transportación manipulen indebidamente el equipo o la carga de tal forma que pudieran propiciar accidentes.

ARTICULO 66.- Las unidades que transporten materiales o residuos peligrosos, por ningún motivo podrán estacionarse cerca de fuego abierto, o de incendio.

ARTICULO 67.- Si durante el transporte del material o residuo peligroso se presentan condiciones meteorológicas adversas, que impidan la visibilidad a una distancia aproximada de 50 metros, tales como tormenta eléctrica, lluvias intensas, niebla cerrada y presencia de vientos fuertes, el conductor del vehículo deberá estacionarlo, absteniéndose de hacerlo en pendientes, declives, curvas, puentes, cruceros, túneles, cruces de ferrocarril, cerca de instalaciones eléctricas de alta tensión u otro lugar que presente peligro para la carga.

ARTICULO 68.- Cuando por cualquier circunstancia se requiera estacionamiento nocturno en carretera se deben colocar triángulos de seguridad tanto en la parte delantera, como trasera, a la distancia que permita a los otros usuarios del camino tomar las precauciones necesarias.

CAPITULO II DEL FERROCARRIL

ARTICULO 69.- La empresa ferroviaria por cuestiones de seguridad deberá establecer rutas troncales para el tránsito de trenes que transporten materiales y residuos peligrosos, las cuales deberán estar adecuadas a los requerimientos de capacidad de peso bruto de las unidades que se desplacen sobre ellas, de acuerdo a la normatividad vigente.

ARTICULO 70.- No se deberá transportar por ferrocarril nitroglicerina o fulminantes, con excepción de fulminantes de mercurio en cápsulas, explosivos cebados y dinamita exudada; tampoco se permitirá el transporte de sustancias explosivas de una reactividad tal que puedan reaccionar espontáneamente.

ARTICULO 71.- No se deberá exceder el peso máximo permitido por el riel, siendo necesario que las unidades sean pesadas desde su origen, de ser posible en báscula particular certificada y autorizada por autoridad competente.

ARTICULO 72.- La unidad que presente algún desperfecto que le imposibilite continuar su movimiento con seguridad, deberá ser cortada del servicio y estacionada en el ladero más próximo, con personal que se encargue de su cuidado, procediendo de acuerdo a la normatividad establecida.

ARTICULO 73.- Cuando una unidad sea cortada del servicio por algún defecto y se requiera transvasar o transbordar el material peligroso transportado, deberán observarse las medidas necesarias para garantizar la seguridad de la operación.

ARTICULO 74.- Los trenes que transporten materiales o residuos peligrosos, deberán llevar a bordo y en forma permanente un supervisor de la empresa ferroviaria que verifique el cumplimiento de la reglamentación aplicable.

ARTICULO 75.- Los trenes que transporten materiales o residuos peligrosos permanecerán el menor tiempo posible en estaciones y no podrán ser disgregados de su formación durante su recorrido.

ARTICULO 76.- Queda prohibido adicionar al convoy carros con materiales o residuos peligrosos incompatibles a los transportados, por lo que deberá procederse de acuerdo a la normatividad emitida sobre el particular.

ARTICULO 77.- No se deberán transportar o remolcar unidades que transporten materiales o residuos peligrosos en trenes asignados para servicio de pasajeros, así como en los de servicio mixto.

ARTICULO 78.- Los trenes que transporten materiales o residuos peligrosos contarán con equipo de radiocomunicación operando y todos sus tripulantes deberán contar con equipo portátil de radiocomunicación.

ARTICULO 79.- No deberá abrirse ningún envase y embalaje, unidad de arrastre o carro tanque que transporte materiales o residuos peligrosos entre los puntos de origen y destino, excepto en casos en que se presuma un riesgo, para lo cual se deberá actuar de acuerdo a lo previsto en la "Información de emergencia en transportación".

ARTICULO 80.- En condiciones meteorológicas adversas, tales como lluvias intensas, niebla cerrada y presencia de vientos muy fuertes, antes de iniciar la marcha de un tren que transporte materiales o residuos peligrosos, deberá asignarse un motor explorador que alerte sobre los posibles peligros que se puedan presentar en el recorrido.

ARTICULO 81.- Al acercarse a estaciones o terminales los trenes que transporten materiales o residuos peligrosos deberán observar una velocidad de desplazamiento que no exceda los 25 km/hr dentro de los límites de patio.

ARTICULO 82.- Con objeto de evitar fallas en camino, en pendientes ascendentes mayores de 1.5% y curvaturas mayores de 10°, las velocidades deberán establecerse tomando en consideración las velocidades mínimas indicadas en los manuales de locomotoras.

ARTICULO 83.- La empresa ferroviaria deberá identificar mediante placas especiales, los puntos en los que se restrinja la velocidad para el tránsito de trenes que transporten materiales o residuos peligrosos al ingresar o abandonar zonas de influencia de áreas metropolitanas, ciudades o pueblos que se localicen a lo largo de líneas troncales sobre las que transiten.

ARTICULO 84.- Los trenes unitarios que remolquen unidades cargadas con material o residuo peligroso deberán circular a una velocidad menor a 30 km/hr. al ingresar a un área metropolitana, ciudad o poblado.

ARTICULO 85.- Los trenes que transporten materiales o residuos peligrosos, deberán transitar con su sistema de frenos de aire, freno de mano y herrajes de freno en condiciones adecuadas de operación. En caso de que dichos trenes tengan que transitar en zonas topográficas que presenten fuertes pendientes y radios críticos de curvatura, deberán tener en óptimas condiciones de operación el sistema de freno dinámico.

ARTICULO 86.- Los trenes que transporten materiales o residuos peligrosos deberán utilizar los libramientos ferroviarios existentes para evitar el tránsito en zonas urbanas.

ARTICULO 87.- Sólo se transportarán materiales y residuos peligrosos en trenes de flete. En caso de explosivos comprendidos en la clase 1, sólo se admitirán remesas que no excedan un total de 5000 kg. por tren.

ARTICULO 88.- Los trenes que transporten materiales y residuos peligrosos deberán contar con el equipo de protección y accesorios de seguridad necesarios para garantizar la seguridad en su tránsito sobre vías troncales, de acuerdo a lo establecido en la normatividad aplicable.

ARTICULO 89.- Las unidades cargadas en vías particulares que se reportan listas para su arrastre, deberán ser movidas a su destino a la brevedad posible, donde deberán ser remitidas de inmediato a la vía donde serán descargadas.

ARTICULO 90.- Deberán extremarse precauciones al hacer movimiento con carros que contengan materiales y residuos peligrosos, evitando manejos bruscos, especialmente volantes y enganches fuertes. En caso de estacionar las unidades, se hará en condiciones que garanticen su seguridad.

ARTICULO 91.- Los movimientos de acoplamiento de unidades deberán realizarse a una velocidad que no exceda de 5 km/hr.

ARTICULO 92.- Los carros tanque cargados con gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión, clase 2, que sean cortados en

tránsito para ser conectados a otra clase de equipo o bien para ser conectados directamente a carros tanque cargados con materiales similares, deberán ser manejados en cortes de no más de 2 carros.

ARTICULO 93.- El manejo de unidades que contengan materiales y residuos peligrosos, deberá realizarse para su estacionamiento, embarque o desembarque, fuera de áreas pobladas.

ARTICULO 94.- Los carros que porten carteles indicando la presencia de material o residuo peligroso, deberán colocarse en el tren de acuerdo a lo que establece la tabla de segregación para la colocación de carros contenida en las normas vigentes.

ARTICULO 95.- Cuando se requiera realizar movimientos en patio con unidades que contengan materiales o residuos peligrosos, deberán utilizarse dos unidades que sirvan de protección entre la locomotora y la unidad o unidades que contengan dichos materiales, debiendo manejarse con el sistema de frenos de aire acoplado.

ARTICULO 96.- Las unidades de arrastre vacías destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos no deberán estacionarse en vías de patio, una vez que hayan sido descargadas se remitirán de inmediato a sus propietarios y en caso de pertenecer a la misma empresa ferroviaria, se enviarán a sus instalaciones de mantenimiento.

ARTICULO 97.- Las maniobras y movimientos de unidades en espuelas particulares, deberán efectuarse preferentemente a la luz del día, cuando se tenga que recibir o entregar unidades de arrastre que contengan materiales o residuos peligrosos.

ARTICULO 98.- Al hacer movimiento en las vías particulares de industrias, se deberán revisar y asegurar que las unidades por mover estén completamente desconectadas de los dispositivos de carga y descarga que se encuentran fijos en las instalaciones de las mismas.

ARTICULO 99.- Antes de iniciar el movimiento de unidades en vías particulares, el personal de la empresa deberá verificar las diferentes medidas de seguridad que se tengan establecidas en la planta para el manejo de unidades conteniendo materiales o residuos peligrosos.

ARTICULO 100.- La empresa ferroviaria deberá verificar que las condiciones físicas de las vías particulares presten seguridad para la realización de maniobras y movimientos con unidades de arrastre que contengan materiales y residuos peligrosos.

ARTICULO 101.- Las unidades que sean entregadas en espuelas particulares, deberán ser aseguradas aplicando el freno de mano a cada una de ellas y cuando exista, deberá colocarse el descarrilador sobre la vía.

TITULO SEXTO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS

CAPITULO I DISPOSICIONES ESPECIALES PARA EL TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS

ARTICULO 102.- El transporte de residuos peligrosos deberá efectuarse conforme a la clase de substancia peligrosa de que se trate y que dio origen al residuo. Asimismo, para establecer el destino final del residuo peligroso, deberá sujetarse a las normas que se expidan.

ARTICULO 103.- Las empresas de transporte terrestre que generen cualquier remanente peligroso por lavado o descontaminación de las unidades utilizadas para el transporte de alguna substancia peligrosa, deberán apegarse a las normas que expida la Secretaría de Desarrollo Social.

ARTICULO 104.- En la carta porte se establecerá claramente el destino final del residuo generado y se notificará a las autoridades correspondientes.

ARTICULO 105.- El propietario o generador del residuo peligroso quedará obligado a cerciorarse de que el sistema de transporte y las instalaciones del destinatario de la carga, estén autorizadas por la Secretaría de Desarrollo Social.

ARTICULO 106.- Para el traslado de residuos peligrosos la unidad a utilizar deberá cumplir con las especificaciones de construcción determinadas para el transporte de materiales, de acuerdo a la norma correspondiente.

ARTICULO 107.- Para la clasificación de los residuos peligrosos se estará a lo que establezca la norma.

ARTICULO 108.- Para transportar residuos peligrosos, éstos deberán ser compatibles entre sí, conforme a la norma correspondiente, llevándose las bitácoras de control de residuos.

TITULO SEPTIMO DE LA RESPONSABILIDAD

CAPITULO I DEL AUTOTRANSPORTE Y DEL FERROCARRIL

ARTICULO 109.- Los transportistas, expedidores o generadores de los materiales o residuos peligrosos, deberán contratar un seguro que ampare los daños que puedan ocasionarse a terceros en sus bienes y personas, ambiente, vías generales de comunicación y cualquier otro daño que pudiera generarse por la carga en caso de accidente de conformidad con la normatividad respectiva.

ARTICULO 110.- El seguro deberá amparar el traslado de la carga desde el momento en que salga de las instalaciones del expedidor o generador hasta que se reciba en las instalaciones señaladas como destino final.

ARTICULO 111.- La cobertura mínima de los seguros para cada riesgo del material y residuo peligroso de que se trate se determinarán conjuntamente por las autoridades involucradas, en función del tipo de material que se transporta, cantidad o volumen de la carga, y alcance de los daños que pudieran provocar los materiales.

ARTICULO 112.- Los seguros a que se refieren los artículos anteriores no limitan la responsabilidad del transportista y del expedidor o generador del material o residuo peligroso.

ARTICULO 113.- La carga y descarga de materiales y residuos peligrosos quedará a cargo de los expedidores y destinatarios respectivamente, por lo que éstos deberán de tomar las medidas necesarias para evitar accidentes.

TITULO OCTAVO DE LAS OBLIGACIONES ESPECIFICAS

CAPITULO I DEL EXPEDIDOR Y DESTINATARIO DEL MATERIAL Y RESIDUO PELIGROSO

ARTICULO 114.- Para el transporte de materiales y residuos peligrosos el expedidor tendrá como obligaciones:

- I. Cerciorarse que los envases y embalajes que contengan los materiales o residuos peligrosos cumplan con las especificaciones de fabricación estipuladas en las normas correspondientes;
- II. Identificar los materiales y residuos con las etiquetas y carteles correspondientes en los envases, embalajes y unidades de transporte de acuerdo a las normas respectivas;
- III. Proporcionar la "Información de emergencia en transportación", del material o residuo transportado conforme a lo que estipula este Reglamento, la cual deberá apegarse a la norma que expida la Secretaría;
- IV. Indicar al transportista sobre el equipo de seguridad necesario con que debe contar en caso de accidente, de acuerdo al material o residuo peligroso de que se trate;
- V. Proporcionar al transportista los carteles que deberá instalar en las unidades, de acuerdo al tipo de material o residuo peligroso de que se trate;
- VI. No efectuar el envío de materiales o residuos peligrosos en unidades que no cumplan con las especificaciones indicadas en el presente Reglamento o en las normas correspondientes;
- VII. Contar con las autorizaciones necesarias y la documentación complementaria requerida para evitar que se retrase el traslado de la carga;

- VIII. Proporcionar al destinatario todos los datos relativos al embarque de materiales y residuos peligrosos, con objeto de que éste pueda, en cualquier momento, realizar el seguimiento de los materiales o residuos transportados, indicándole además fecha y hora prevista para su llegada al punto de destino; y
- IX. Verificar que las maniobras de carga se realicen exclusivamente por personal capacitado, que cuente con equipo de protección adecuado.

ARTICULO 115.- Los destinatarios de los envíos de materiales y residuos peligrosos deberán descargarlos en lugares destinados especialmente para ello, en condiciones que garanticen seguridad, verificando que las maniobras de descarga se realicen exclusivamente por personal capacitado que cuente con equipo de protección adecuado.

ARTICULO 116.- Una vez notificado, el destinatario deberá acudir inmediatamente a realizar los trámites correspondientes para que las unidades que le fueron remitidas sean remolcadas hasta sus instalaciones, o bien para recoger y transportar hasta sus bodegas los materiales y residuos peligrosos recibidos.

ARTICULO 117.- Cuando así se estipule, los usuarios de unidades pertenecientes a transportistas, deberán retornarlas libres de remanentes de sustancias o residuos peligrosos, debiendo ser el transportista el que exija el cumplimiento de este requisito.

CAPITULO II DEL AUTOTRANSORTE

ARTICULO 118.- El expedidor, el autotransportista y el destinatario, dentro de la esfera de sus responsabilidades, deberán coordinarse para que el material y residuo peligroso se transporten en condiciones de seguridad y llegue a tiempo a su destino y en buen estado. Al efecto deberán tomar las siguientes medidas:

- I. Acordar métodos de control previos por escrito entre expedidor, autotransportista y destinatario;
- II. Efectuar la transportación con la documentación indicada en el presente Reglamento, además de toda aquella necesaria para que el envío se efectúe de manera expedita, a fin de evitar la detención de la unidad por falta de algún documento. Los documentos de transporte deben indicar además, la fecha y nombre de los lugares de transbordo;
- III. Determinar la ruta de transporte que presente mejores condiciones de seguridad. Si hay que hacer transbordos, deberán tomarse las medidas necesarias para que los materiales y residuos peligrosos en tránsito sean manipulados con cuidado, sin demora y con vigilancia para que no se dañen la salud ni el ambiente que los rodea; y
- IV. Vigilar que en caso de transvase o transbordo, éstos se efectúen conforme a lo que indica el presente Reglamento.

ARTICULO 119.- El autotransportista de materiales y residuos peligrosos deberá cumplir con lo siguiente:

- I. Aceptar la transportación sólo de aquellos envíos que cumplan con los requisitos de documentación, sistema de identificación y demás disposiciones contenidas en el presente Reglamento;
- II. No cargar materiales o residuos peligrosos que en su envase y embalaje o contenedor presenten fracturas, fugas o escurrimientos;
- III. Proteger la carga de las condiciones ambientales o de cualquier otra fuente que pueda generar una reacción del material o residuo peligroso que se transporte;
- IV. Revisar que la unidad no cuente con elementos punzocortantes u otros que puedan deteriorar la carga, exponiendo la salud y la vida de personas, los bienes y el ambiente;

- V. Contar con unidades adecuadas a los materiales y residuos peligrosos que transporten y que cumplan con las características y especificaciones que establece el presente Reglamento;
- VI. Colocar en lugar visible la razón social, dirección y teléfono de la empresa; así como los correspondientes al Sistema Nacional de Emergencias en Transportación de Materiales y Residuos Peligrosos;
- VII. Vigilar que el manejo de sus vehículos destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos quede encomendado sólo a conductores que posean la licencia federal de conductor respectiva;
- VIII. Proporcionar capacitación y actualización de conocimientos a su personal y conductores, conforme a lo que establece el presente Reglamento;
- IX. Instalar en las unidades los carteles proporcionados por el expedidor; y
- X. Llevar la estadística de los accidentes e incidentes que tengan sus unidades y personal para determinar las acciones tendientes a reducir las probabilidades de siniestros.

DEL CONDUCTOR

ARTICULO 120.- Todo conductor que transporte materiales y residuos peligrosos estará obligado a:

- I. Contar con la licencia federal expedida por la Secretaría que lo autorice a conducir vehículos con materiales o residuos peligrosos;
- II. Aprobar cursos de capacitación y actualización de conocimientos;
- III. Efectuar la revisión ocular diaria del vehículo, para asegurarse que éste se encuentra en buenas condiciones mecánicas y de operación y en caso de irregularidades reportarlo al transportista de conformidad con la norma que se emita;

- IV. En caso de accidentes, deberán realizar las indicaciones de seguridad estipuladas en la información de emergencia en transportación, y permanecer al cuidado del vehículo y su carga, si no presenta peligro para su persona, hasta que llegue el auxilio correspondiente; y
- V. Colocar en un lugar visible dentro de la cabina de la unidad motriz, de preferencia en una carpeta portafolios, todos los documentos requeridos en el presente Reglamento.

CAPITULO III DEL FERROCARRIL

DE LA EMPRESA FERROVIARIA

ARTICULO 121.- Será obligación de la empresa ferroviaria:

- I. Garantizar la seguridad de los trenes que circulen por rutas troncales seleccionadas para el transporte de materiales y residuos peligrosos, realizando inspecciones periódicas a la infraestructura de acuerdo a lo establecido en la reglamentación vigente;
- II. Mantener en óptimas condiciones de operación las locomotoras asignadas para servicio de trenes unitarios y directos, con objeto de que el arrastre sea rápido y eficaz;
- III. Vigilar que las tripulaciones asignadas a la operación de trenes observen jornadas de trabajo que no excedan un máximo de 11 horas y que tengan un período mínimo de 12 horas de descanso antes de su llamada a servicio;
- IV. Mover con rapidez los trenes unitarios y directos, estableciendo sus corridas con derecho preferencial sobre cualquier otra clase de trenes, excepto los de pasajeros;
- V. Establecer los procedimientos necesarios para coordinar sus actividades con expedidores y destinatarios, a fin de que el transporte se realice bajo condiciones de seguridad que garanticen la llegada

- del material o residuo peligroso a su destino final y en buenas condiciones;
- VI. Tomar las medidas necesarias para que los envases, embalajes, contenedores y unidades de arrastre no sufran daño durante el transporte a causa de movimientos o enganches bruscos de los trenes;
- VII. Proporcionar las tripulaciones necesarias en las conexiones interdivisionales y asegurar que se encuentren listas para tomar el control de los trenes, inmediatamente después de que lleguen a los puntos de conexión;
- VIII. Instalar en las unidades los carteles proporcionados por el expedidor;
- IX. Suministrar todas las partes y componentes necesarios para la conservación de las unidades tractivas y de arrastre;
- X. Exigir que todas las tripulaciones y oficiales obtengan la licencia federal ferroviaria, vigilando que dicho documento se encuentre vigente;
- XI. Exigir que las tripulaciones sustenten al inicio de sus recorridos los exámenes médicos requeridos para garantizar que su estado físico general es apto para el desarrollo apropiado de sus actividades;
- XII. Proporcionar en forma semestral a la Secretaría la relación del equipo propio y de intercambio utilizado para el transporte de materiales y residuos peligrosos que se encuentre operando sobre su red, incluyendo récord de mantenimiento y características generales de las unidades;
- XIII. Verificar que las unidades ajenas a la empresa ferroviaria cumplan con la normatividad establecida para el transporte de materiales y residuos peligrosos; y
- XIV. Proporcionar capacitación y actualización al personal que intervenga en la operación de trenes conforme lo establece el presente Reglamento.

DE LAS TRIPULACIONES DE TRENES

ARTICULO 122.- Serán obligaciones de las tripulaciones de trenes:

- I. Sujetarse a las disposiciones contenidas en la normatividad vigente;
- II. Verificar que los carros cargados con materiales o residuos peligrosos cuenten con los carteles reglamentarios;
- III. Exigir que les sean entregadas las guías de embarque que deberán contener los datos indicados en la norma correspondiente;
- IV. Verificar en la documentación de embarque, antes de abrir las puertas de las unidades, si en el interior de éstas se encuentran cilindros conteniendo gases licuados (butano o propano) o cualquier otro material clasificado como inflamable clase 2 que pudiera estar escapando o despidiendo vapores, a fin de que se tomen las precauciones indicadas en este Reglamento para cada caso en particular y se evite acercar flamas o luces de bengala al momento de abrir el carro;
- V. Prestar ayuda para realizar la inspección periódica al estado físico y a los dispositivos de seguridad instalados en las unidades que manejen en sus trenes, independientemente de las obligaciones que les impone la reglamentación vigente;
- VI. Verificar antes de iniciar sus recorridos, que cuentan con la herramienta y materiales reglamentarios, a fin de que en caso necesario se realice el reemplazo de piezas dañadas o en mal estado que puedan ser sustituidas en camino;
- VII. Llevar el registro de la formación del tren, que indique la posición que tienen los carros que transporten materiales y residuos peligrosos; cuando en camino se adicione o cambie la posición de unidades por los requerimientos de servicio deberá anotarse en dicho registro; y
- VIII. Portar la licencia federal vigente y el documento que avale los exámenes médicos practicados por la autoridad competente, al inicio de su recorrido.

DE LOS JEFES DE PATIO

ARTICULO 123.- Serán obligaciones de los jefes de patio:

- I. Solicitar la presencia de un oficial de transportes que supervise las actividades de la tripulación durante su recorrido; así como la presencia de un inspector de unidades de arrastre que verifique las unidades que componen el tren antes de su salida;
- II. Supervisar que el arrastre de unidades que transporten materiales o residuos peligrosos se efectúe de preferencia en trenes unitarios o directos; y
- III. En terminales donde existan instalaciones para clasificación de unidades, que utilicen sistemas de desplazamiento por gravedad, deberán evitar que las unidades que transporten materiales y residuos peligrosos sean clasificadas de esta manera;

DE LOS JEFES DE ESTACION

ARTICULO 124.- Serán obligaciones de los jefes de estación:

- I. No recibir remesas de armas de fuego, municiones, explosivos o fósforos, sin el permiso correspondiente de las autoridades competentes;
- II. Revisar que los carros a utilizar para transportar materiales y residuos peligrosos se encuentren en óptimas condiciones físicas, con objeto de evitar que los materiales a transportar caigan accidentalmente fuera de la unidad y ocasionen alguna explosión, incendio, o cualquier otra clase de daño;
- III. No recibir mercancía clasificada como material o residuo peligroso hasta que dispongan de la unidad o unidades necesarias, quedando prohibido almacenar este tipo de materiales en las instalaciones del ferrocarril;

- IV. Aceptar únicamente la carga cuando los envases o embalajes hayan sido debidamente identificados con sus etiquetas y carteles, de acuerdo a lo establecido en este Reglamento;
- V. No permitir la descarga de carros que transporten materiales y residuos peligrosos en patios de estaciones, vías auxiliares, escapes o laderos en donde se realicen encuentros o paso de trenes, así como en otras vías que se encuentren fuera de las industrias y que no cuenten con la protección adecuada para el manejo de estos materiales y residuos;
- VI. Solicitar un inspector de unidades de arrastre que efectúe una minuciosa revisión del equipo neumático y mecánico de la unidad para certificar que sus condiciones para operación son adecuadas, cuando reciban solicitud de remolcar unidades conteniendo materiales o residuos peligrosos;
- VII. Verificar que el envase y embalaje de los materiales y residuos peligrosos a transportar cumplan con las disposiciones del presente Reglamento;
- VIII. Asignar personal que se encargue exclusivamente de la vigilancia de unidades que contengan materiales o residuos peligrosos, desde el momento en que finalice su cargadura hasta que sean remolcadas a su destino;
- IX. No recibir cilindros de acero que contengan gas licuado, acetileno u oxígeno si sus válvulas no están protegidas con una tapa de seguridad (cachucha); y
- X.- Informar a los usuarios que lo soliciten sobre el tipo de envases y embalajes adecuados para los materiales y residuos peligrosos que deseen transportar, indicándoles además la manera en que dichos envases y embalajes deben ser identificados y etiquetados.

DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA, RECONSTRUCTORA O ARRENDADORA DE UNIDADES DE ARRASTRE

ARTICULO 125.- El constructor o reconstructor de unidades de arrastre a utilizar en el transporte de materiales y residuos peligrosos, entregará al comprador las especificaciones de diseño y construcción de la unidad adquirida y un certificado que garantice que los materiales empleados cumplen con las especificaciones requeridas para el uso a que se destine de acuerdo a la normatividad correspondiente.

ARTICULO 126.- Las arrendadoras están obligadas a proporcionar a los usuarios que requieran transportar materiales y residuos peligrosos, unidades libres de remanentes de acuerdo a la normatividad establecida por la autoridad competente, debiendo mostrar al usuario el certificado que avale los trabajos realizados.

ARTICULO 127.- Las arrendadoras deberán proporcionar en forma semestral a la Secretaría la relación de equipo para transporte de materiales y residuos peligrosos que se encuentre operando, incluyendo sus registros de mantenimiento y características generales.

CAPITULO IV DE LA CAPACITACION

ARTICULO 128.- El personal y conductores que intervengan en el transporte de materiales y residuos peligrosos deberán contar con una capacitación específica y actualización de conocimientos.

ARTICULO 129.- Los programas de capacitación deberán ser aprobados por la Secretaría y la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y para su presentación a éstas, ser avalados por el fabricante o generador de las sustancias peligrosas.

ARTICULO 130.- Los autotransportistas tomarán las medidas necesarias para asegurar el cumplimiento de la obligación anterior, asimismo están obligados a vigilar que el manejo de sus vehículos destinados al transporte

de materiales y residuos peligrosos, quede encomendado sólo a operadores que posean la licencia federal de conductor específica.

ARTICULO 131.- La capacitación y actualización de conocimientos al personal y conductores que intervengan en el transporte de materiales y residuos peligrosos, se efectuará mediante la impartición de cursos de instrucción teórica y práctica. Esta deberá realizarse en centros especialmente diseñados y con programas de capacitación autorizados por la Secretaría para este propósito, en coordinación con la Secretaría de Trabajo y Previsión Social. En el caso del conductor, la aprobación de los cursos de capacitación y actualización de conocimientos, será requisito para obtener la licencia federal de conductor específica para operar unidades que transporten materiales y residuos peligrosos.

ARTICULO 132.- La empresa ferroviaria deberá asegurar que el personal de las tripulaciones asignadas al servicio de los trenes, cuenten con los conocimientos indispensables para el manejo seguro de los materiales y residuos peligrosos transportados estableciendo para ello los programas de capacitación y actualización necesarios que avalen su aptitud técnica. Los programas de actualización deberán impartirse cada tres años, expidiéndose en cada caso los certificados correspondientes.

ARTICULO 133.- Previa autorización de la Secretaría la empresa ferroviaria deberá editar y actualizar permanentemente publicaciones, guías y manuales que contengan información concerniente al manejo de sustancias y residuos peligrosos con objeto de que su personal cuente con los elementos necesarios para la manipulación de los mismos y conozca las acciones a tomar en caso de accidente.

TITULO NOVENO SANCIONES

ARTICULO 134.- Las infracciones a lo dispuesto en el presente Reglamento, serán sancionadas en la siguiente forma:

- I. Se aplicará multa hasta por el equivalente a mil días de salario mínimo, por las infracciones a los artículos 5º, 17, 20, 31, 32, 35, 36, 39, 40, 41, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 57, 58, 61, 63,

65, 69, 71, 74, 75, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 99, 102, 103, 104, 105, 110, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132 y 133.

- II. Se aplicará multa hasta por el equivalente a dos mil días de salario mínimo, las infracciones a los artículos 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 34, 42, 43, 47, 60, 64, 67, 68, 72, 73, 85, 93, 98, 100, 101, 106, 115 y 121.
- III. Se aplicará multa hasta por el equivalente a cinco mil días de salario mínimo, las infracciones a los artículos 6º, 19, 59, 62, 66, 70, 76, 77, 79, 87, 108 y 109.
- IV.- Se aplicará multa hasta por el equivalente de cien días de salario mínimo, por infracciones a los límites de velocidad establecidos en los artículos aplicables de este Reglamento y en los ordenamientos de la materia.

En caso de reincidencia, las infracciones al Reglamento se sancionarán con multas hasta por el doble de las cantidades que le correspondan.

ARTICULO 135.- Para la imposición de sanciones administrativas, se tomará como base el salario mínimo general vigente en el Distrito Federal, en la fecha en que se cometió la infracción. Para determinar la sanción se deberá considerar la condición económica y el carácter intencional del infractor, si se trata de reincidencia y la gravedad de la infracción.

ARTICULO 136.- la aplicación de sanciones económicas y administrativas a que aluden los artículos anteriores, será independiente de las que impongan otras dependencias del Ejecutivo Federal en el ejercicio de sus funciones o de la responsabilidad civil o penal que resultare.

TRANSITORIOS

PRIMERO.- El presente Reglamento entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación; excepto por lo que hace a los Artículos 131 y 132, que entrarán en vigor a los noventa días de publicado el presente Reglamento, a fin de que la Secretaría y la Secretaría de Trabajo

y Previsión Social, provean lo necesario, para la conformación de los programas de capacitación y actualización de conocimientos al personal y conductores, que intervengan en el transporte de materiales y residuos peligrosos.

SEGUNDO.- La licencia federal ferroviaria para el personal que intervenga en el transporte de materiales y residuos peligrosos, se exigirá en un periodo de 180 días contados a partir de la publicación del presente Reglamento en el Diario Oficial de la Federación.

TERCERO.- Se derogan todas las disposiciones que se opongan al presente ordenamiento.

CUARTO.- La Secretaría en coordinación con las demás autoridades competentes y las partes involucradas, en un plazo de 60 días contados a partir de la publicación del presente Reglamento, llevarán a cabo el programa de acción a seguir para la elaboración de las normas respectivas.

Dado en la residencia del Poder Ejecutivo Federal, en la Ciudad de México, Distrito Federal, a los 29 días del mes de marzo de mil novecientos noventa y tres.

INDICE

	pag
TITULO PRIMERO DISPOSICIONES GENERALES	1
CAPITULO I.- CLASIFICACION DE LAS SUSTANCIAS PELIGROSAS	5
TITULO SEGUNDO DEL ENVASE Y EMBALAJE	
CAPITULO I.- CARACTERISTICAS	12
CAPITULO II.- DEL ETIQUETADO Y MARCADO DEL ENVASE Y EMBALAJE	
TITULO TERCERO DE LAS CARACTERISTICAS Y/O ESPECIFICACIONES, EQUIPAMIENTO Y CLASIFICACION DE LOS VEHICULOS MOTRICES Y UNIDADES DE ARRASTRE A UTILIZAR.	
CAPITULO I.- DE LAS CARACTERISTICAS Y/O ESPECIFICACIONES	15
CAPITULO II.- DE LA IDENTIFICACION DE LAS UNIDADES	16
TITULO CUARTO DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD	
CAPITULO I.- DE LA INSPECCION DE LAS UNIDADES	17
CAPITULO II.- DEL ACONDICIONAMIENTO DE LA CARGA	18
CAPITULO III.- DE LA DOCUMENTACION	19
CAPITULO IV.- DEL SISTEMA NACIONAL DE EMERGENCIA	21
TITULO QUINTO DEL TRANSITO EN VIAS DE JURISDICCION FEDERAL	
CAPITULO I.- DEL AUTOTRANSORTE	22
CAPITULO II.- DEL FERROCARRIL	24
TITULO SEXTO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS	
CAPITULO I.- DISPOSICIONES ESPECIALES PARA EL TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS	28

TITULO SEPTIMO	DE LA RESPONSABILIDAD	
CAPITULO I.-	DEL AUTOTRANSPORTE Y DEL FERROCARRIL	29
TITULO OCTAVO	DE LAS OBLIGACIONES ADICIONALES DE LAS PARTES	
CAPITULO I.-	DEL EXPEDIDOR Y DESTINATARIO	30
CAPITULO II.-	DEL AUTOTRANSPORTE	31
CAPITULO III.-	DEL FERROCARRIL	34
CAPITULO IV	DE LA CAPACITACION	39
TITULO NOVENO	SANCIONES	40
TRANSITORIOS		41

LIC. EMILIO GAMBOA PATRON
SECRETARIO DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

C.P. GUSTAVO PATIÑO GUERRERO
SUBSECRETARIO DE TRANSPORTE

C.P. ALEJANDRO PENICHE ALVAREZ
DIRECTOR GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE

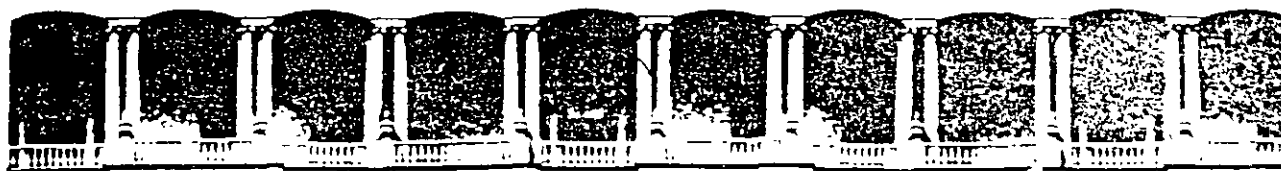
LIC. RAFAEL MENDIVIL ROJO
DIRECTOR GENERAL DE ASUNTOS JURIDICOS

LIC. RODRIGO J. CHAVEZ MARTINEZ
DIRECTOR GENERAL DE TARIFAS

LIC. HOMERO CARDENAS GARZA
COORDINADOR GENERAL DE COMUNICACION SOCIAL

ISBN 968-803-185-2

Esta publicación se terminó de imprimir
en Imprenta Bío Bío, S.A. de C.V.,
Alfonso Reyes 91, Col. Hipódromo
Condesa, en el mes de mayo de 1993.
El tiraje fue de 10,000 ejemplares.



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

DIPLOMADO EN RIESGO AMBIENTAL

MODULO II: ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

TEMA : AVALUOS

EXPOSITOR: JOSE Ma. REBÓN GALLARDO

1997

AVALÚOS

QUE TIENEN QUE VER LOS AVALUOS CON LA FUNCION ESPECÍFICA DE LA ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO EN UNA EMPRESA?

La Administración del mantenimiento se vincula estrechamente con la actividad valuatoria a través de lo que comunmente se conoce como depreciación. La depreciación impacta substancialmente el valor de los bienes muebles e inmuebles de la empresa (edificaciones, maquinaria, equipo, etc.). El atenuar el efecto que la depreciación ejerce sobre los bienes muebles e inmuebles de la empresa, con el consecuente acrecentamiento del valor de mismos, es una responsabilidad que reposa en gran medida en la administración del mantenimiento. Este enfoque, amplía los alcances de su función tradicional de permitir que la producción no se interrumpa, llevandola a actuar como coadyuvante en el acrecentamiento del valor comercial o de mercado de la empresa mediante una administración del mantenimiento más eficiente de aquellos activos muebles e inmuebles bajo su tutela. La función del control de los activos de una empresa estará en un futuro próximo cada vez más vinculada con la administración del mantenimiento, lo que redundará en un acrecentamiento tanto del valor de los activos de la empresa como de la función propia de la administración del mantenimiento.

QUE ES EL VALOR DE UN BIEN ?

Es un término de difícil definición, pero como aproximación valga la siguiente: "El valor en sí, refleja la medida de la aptencia de tener o poseer un bien, producto de su utilidad, escasez, demanda y transferibilidad. En términos cuantitativos, el valor es la cantidad de mercancías o bienes que es necesario dar a cambio de un artículo determinado, todo ello referido a la unidad monetaria vigente".

QUE ES UN AVALUÓ ?

Es una estimación y opinión del valor de un bien, usualmente un informe escrito de la opinión del valuador sobre el valor de cierta unidad de propiedad adecuadamente descrita y referida a una fecha determinada.

PARA QUE SE USAN LOS AVALÚOS ?

Para compra-venta

Para contratar seguros de bienes e instalaciones industriales

Para obtener financiamientos que requieren bienes como garantía

Para asignación de valores en el caso de la adquisición de una planta industrial (tanto para terreno, tanto para construcción y tanto para maquinaria y equipo..)

Para fusiones y adquisiciones de empresas (Cuanto vale tu empresa pagadera con acciones de la mía)

Para embargos, quiebras, liquidación,...

Para control de activos

Para re-expresión de estados financieros

Para el caso de expropiaciones, etc.

QUE MÉTODOS SE UTILIZAN PARA DETERMINAR EL VALOR ?

Básicamente se emplean 3 métodos:

- **Método de costos.** Refleja el costo de reponer un bien por otro nuevo de la misma utilidad afectado por la depreciación del bien a valuar. Se utiliza cuando no existe un mercado específico (Ejemplo: Una maquinaria o una nave industrial de diseño especial).
- **Método de mercado.** Se basa en comparar el bien a valuar con otros similares que se hayan vendido recientemente. Se utiliza cuando hay un mercado definido de donde es relativamente fácil obtener información (Ejemplo: un auto o un camión usados, un terreno, una casa).
- **Método de ingresos.** Se basa en que el valor de los bienes está en función de los ingresos que generan, considerados estos a su valor presente (no es lo mismo un peso hoy que dentro de diez años;). Este método se emplea cuando puede determinarse el flujo de ingresos de un bien (Ejemplo: una concesión o un hotel)

COMO SE HACE UN AVALUÓ ?

En términos generales, para valuar cualquier tipo de bien se sigue normalmente el siguiente procedimiento:

- Se define el problema
- Se planea el alcance de los trabajos a ejecutar y se hace un análisis para determinar que método (s) es (son) más idóneo (s) aplicar.
- Se procede a inspeccionar los bienes a valuar
- Se recoleccionan y analizan los datos obtenidos
- Se determinan los valores mediante el (los) método (s) aplicable(s) (costos, mercado e ingresos).
- Se correlacionan los valores obtenidos por los métodos aplicados (hay que considerar que no en todos los bienes es posible aplicar los tres métodos).
- Se deriva una conclusión de valor la cual se plasma en un reporte de valuación o avalúo

COMO SE VALUA EN ESPECÍFICO LA MAQUINARIA Y EQUIPO ?

Este proceso normalmente consiste de:

- **Identificación** de elementos o bienes a valuar (semejante a un inventario).
- **Descripción** del bien que deberá comprender:
 - Nombre de equipo/máquina
 - Marca
 - Modelo, capacidad y/o dimensiones
 - Número de serie
 - Motor (Tipo, HP, RPM, fases,...)
 - Accesorios y/o modificaciones

- **Controles, conexiones de tuberías y ductos**
- **Costeo**, conducente a determinar el costo de reposición nuevo (cotizaciones).
- **Depreciación**, que es la pérdida de valor por cualquier causa, ya sea por deterioro físico u obsolescencia funcional o económica.
- **Determinación del valor**, aquí se considera que el valor de reposición nuevo establece el límite superior, el cual es afectado por la depreciación acumulada, considerando que el negocio continúe.

QUE ES LA DEPRECIACION ?

La depreciación es simple y sencillamente la pérdida de valor de un bien por cualesquiera causa. Para fines descriptivos estas son atribuibles a causas físicas, funcionales y económicas.

QUE CAUSA LA DEPRECIACIÓN FÍSICA ?

- **La falta de mantenimiento**
- **El desgaste por el uso o el sobreuso**
- **El esfuerzo, la fatiga,..**
- **El intemperismo**
- **La edad**

ALGUNOS DE LOS PUNTOS A CONSIDERAR EN LA DETERMINACIÓN DE LA DEPRECIACIÓN FÍSICA

- **Inhabilidad de operar a su capacidad de diseño.** En el caso de maquinaria y equipo, la inhabilidad para operar a su capacidad de diseño y tolerancias es una medida de su deterioro físico. Sin embargo habrá que tener cuidado al determinar si ésta inhabilidad es producto de la máquina en sí o del proceso de producción (obsolescencia funcional).
- **La apariencia externa de un bien no necesariamente refleja la condición física del mismo.**
- **Se deberá tomar en cuenta que algunos de los componentes sujetos a uso y/o abuso se encuentran muchas veces ocultos y no son de fácil inspección.**

El punto clave es el de revisar con el jefe o supervisor de mantenimiento las fichas o registros del mantenimiento brindado a los bienes más importantes de la empresa.

QUE ES OBSOLESCENCIA FUNCIONAL ?

Es el deterioro del valor de una máquina producido por factores internos inherentes al proceso de producción de la fábrica, tales como:

- **Exceso de capacidad**
- **Desutilización**
- **Lay-out inadecuado o cambios de diseño**

QUE ES LA OBSOLESCENCIA ECONOMICA ?

Representa la pérdida de valor de un bien producto de factores externos a la fábrica o planta en sí, tales como: disponibilidad de materia prima (se agotan reservas en una mina), accesibilidad al mercado (se cancela una ruta comercial establecida), restricciones gubernamentales (se introduce legislación ecológica que prohíbe el uso o disposición de ciertas sustancias tóxicas).

DEFINICION DE ALGUNOS CONCEPTOS EN LA VALUACION POR EL METODO DE COSTOS

Valor de reposición nuevo ("VRN") es la suma del valor de cotización o estimado de mercado de una construcción o equipo igual o con el mismo nivel de utilidad al existente; más los gastos en que se incurriría en la actualidad por concepto de: Derechos y gastos de importación, gastos de ingeniería, gastos de instalación civil, mecánica y eléctrica, fletes, maniobras y montaje, notablemente.

Valor neto de reposición ("VNR") es el valor que tienen los bienes en la fecha que se efectúa el avalúo y se determina a partir del valor de reposición nuevo corregido por la depreciación.

La fórmula siguiente define la relación entre ambos valores:

$$VNR = VRN [(1 - n/N) \times F.C. \times F.O.]$$

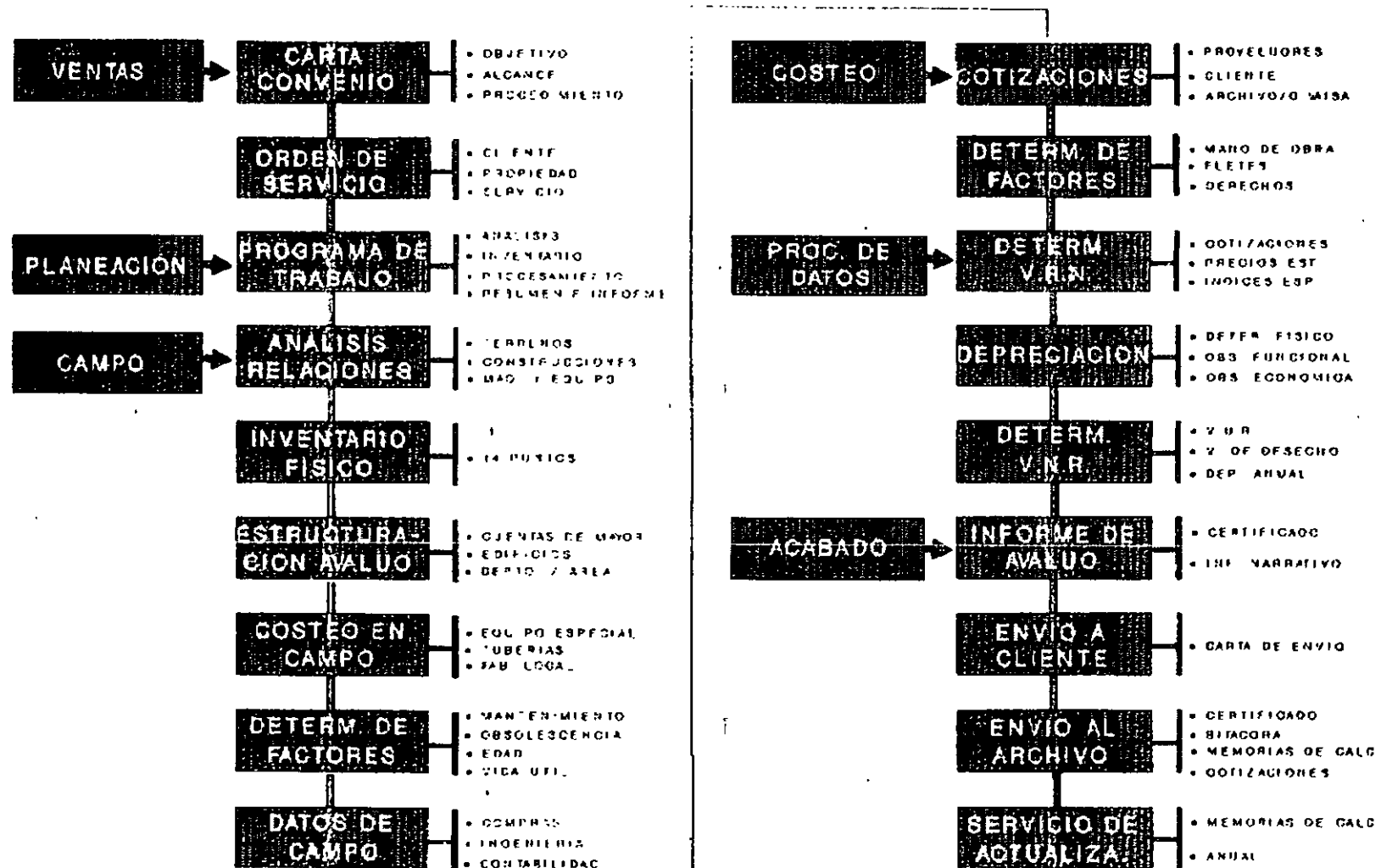
Donde:

- VNR = Valor Neto de Reposición de un bien a la fecha en que se practica el avalúo
- VRN = Valor de Reposición Nuevo de un bien que incluye los gastos de instalación que se tendrían que cubrir a la fecha, para que el bien a valuar opere en condiciones normales.
- n = años de vida consumida en términos de producción y económicos, los cuales no necesariamente equivalen a la edad resultante, por simple diferencia entre la fecha de referencia del avalúo y su fecha de adquisición.
- N = es la vida útil total que se estima tendrá un bien en términos de producción y económicos y en condiciones de operación normales.
- F.C. = Factor de conservación o mantenimiento.
- F.O. = Factor de obsolescencia

RANGO DE VALORES COMUNMENTE USADOS

- Valor de reposición nuevo
- Valor justo de mercado
 - En el lugar y en uso
 - En el lugar y en desuso
 - En el lugar, no instalado
- Valor de liquidación
 - Ordenada
 - Forzada
- Valor de rescate
- Valor de chatarra

VALUACION DE ACTIVOS FIJOS EN INSTALACIONES INDUSTRIALES DIAGRAMA DE FLUJO



En cualquier profesión, para poder establecer una comunicación efectiva, tanto entre los miembros de la misma como con personas ajenas a ella, es esencial la definición y el entendimiento de los términos o conceptos que habitualmente se utilizan en ella.

En el campo de los avalúos, el problema de semántica es especialmente agudo, debido a las confusiones que existen en la interpretación de algunos de los términos comúnmente empleados.

Con el propósito de contribuir a aclarar esta situación, a continuación presentamos algunas definiciones generalmente aceptadas, de los conceptos básicos involucrados en la actividad de valuación.

1.- AVALUO

Avalúo es la determinación y el registro sistemático y analítico de los datos de la propiedad, de sus valores e inversiones basándose principalmente en la inspección personal, el inventario de la propiedad y la investigación de otros datos pertinentes.

Para el profesional, el avalúo es el estudio de la economía de la propiedad, o sea, la determinación de la cantidad de dinero que en la propiedad o reemplazo de la propiedad, se justifica.

2.- ACTIVO FIJO

Representa el conjunto de bienes tangibles, utilizados para prestar servicios en la producción, almacenamiento, transporte o exhibición de otros bienes.

Por lo tanto, este concepto incluye terrenos, edificios, maquinaria y equipo, muebles y enseres, camiones, automóviles, etc. Tiene como característica fundamental el poseer vida útil limitada, y por lo tanto, esta sujeto a depreciación. (El terreno constituye la única excepción importante en esta materia.

3.- COSTO

Es la cantidad de dinero que se ha pagado por un bien.

USOS DE LOS AVALUOS, VALORES REQUERIDOS

22/05/95.

TRANSFERENCIA DE LA PROPIEDAD

- Valor Justo de Mercado
- Valor de Liquidación

FINANCIAMIENTO

- Valor de Liquidación Forzosa
- Valor de Liquidación Ordenada
- Valor Justo de Mercado (En algunos casos)

EXPROPIACION

- Valor Justo de Mercado

SEGUROS

- Valor de Reposición Nuevo
- Valor de Reposición Nuevo menos Depreciación
- Valor de Reposición Asegurable

- Valor de Reposición Asegurable Depreciado

- Valor Justo de Mercado

PLANEACION FINANCIERA

- Valor Justo de Mercado

ARRENDAMIENTO

- Valor Justo de Mercado

REEXPRESION DE ESTADOS FINANCIEROS

- Valor de Reposición Nuevo
- Valor de Reposición Nuevo menos Depreciación
- Valor Justo de Mercado (Terrenos)
- Vida Util Remanente
- Depreciación Anual

4.- VALOR

El valor puede definirse en términos generales como la cantidad de dinero que deberá pagarse por un bien. Es importante hacer notar que el costo de una propiedad no es necesariamente igual a su valor, pero de hecho, el costo es considerado como prueba efectiva de su valor.

5.- VALOR DE REPRODUCCION

Este valor, representa el costo de adquirir e instalar, a precios actuales, bienes nuevos e idénticos a los valuados. Implica un diseño y distribución similar, y los mismos materiales de construcción. Es por lo tanto, la cantidad requerida para duplicar (nueva) una partida en su totalidad. Esta cantidad se basa en los precios de mercado actuales, para materiales y mano de obra, mas los gastos de administración y utilidad.

6.- VALOR DE REPOSICION NUEVO

Es el costo estimado, a los niveles de precios actuales, de una propiedad nueva, que pueda prestar un servicio similar a la propiedad que se esta valuando. La propiedad de reemplazo puede ser de cualquier tipo adecuado para lograr un servicio equivalente, y en ocasiones, mas económicos que el de la propiedad original, pudiendo o no,

ser el costo actual de una replica exacta de dicha propiedad.

7.- VALOR NETO DE REPOSICION

Se entiende por Valor Neto de Reposición, el valor que tienen los bienes a la fecha del avalúo, en comparación con el Valor de Reposición Nuevo, tomando en cuenta la depreciación causada por el uso, el deterioro físico, carácter y utilidad de los bienes, y la obsolescencia de los mismo.

8.- VALOR JUSTO DE MERCADO

Es la suma de dinero a cambio cual podría esperarse, de manera razonable, que un comprador y un vendedor informados estarían dispuestos a efectuar la transacción de un bien, bajo condiciones equitativas, y sin que ninguno tuviera la compulsión de comprar o vender, donde ambos conocen toda la información pertinente. Esta definición deberá ajustarse a la función y propósito del avalúo.

9.- VALOR JUSTO DE MERCADO EN USO

Es la suma de dinero estimada a cambio de la cual podría esperarse, de manera razonable, que un comprador y un vendedor informados estarían dispuestos a efectuar la transacción de un bien, bajo

condiciones equitativas y sin que ninguno tuviera la necesidad de comprar o vender, donde ambos conocen de toda información pertinente, incluyendo lo relativo a su instalación y suponiendo que las utilidades confirman el valor considerado en el informe.

**10.- VALOR JUSTO DE MERCADO -
INSTALADO**

La suma de dinero estimada a cambio de la cual podría esperarse, razonablemente, que un comprador y un vendedor informados estarían dispuestos a efectuar la transacción de un bien instalado, bajo condiciones equitativas, sin que ninguno tuviera en la necesidad de comprar o vender, donde ambos conocen de toda la información pertinente

**11.- VALOR JUSTO DE MERCADO -
DESMONTADO**

La suma de dinero estimada a cambio de la cual podría esperarse, razonablemente, que un comprador y un vendedor informados estarían dispuestos a efectuar la transacción de un bien, bajo condiciones equitativas, y sin que ninguno tuviera en la necesidad de comprar, o vender, donde ambos conocen toda la información pertinente y en el entendido de que el equipo se trasladará a otro sitio.

12.- VALOR DE LIQUIDACION EN OBRA

El importe total de dinero que se espera obtener por una planta en quiebra, asumiendo que toda la planta se vendería intacta en el tiempo estipulado para llevar a término la transacción.

**13.- VALOR DE LIQUIDACION
ORDENADA**

La suma bruta estimada en dinero que se espera obtener por concepto de una venta, contando con un plazo razonable para encontrar un comprador, donde el vendedor se ve en la necesidad de vender "tal como está y donde se ubica" el bien.

**14.- VALOR DE LIQUIDACION
FORZOSA**

La suma bruta estimada en dinero que podría percibirse, razonablemente, por concepto de una venta pública debidamente anunciada y llevada a cabo, en la que el vendedor se ve en la necesidad de vender de inmediato "tal como está y donde se ubica" el bien.

15.- VALOR DE RESCATE

La suma de dinero que se espera obtener por concepto de la venta

total de un bien, o de un componente del mismo, que se haya retirado de servicio para utilizarse en otra parte.

16.- VALOR DE CHATARRA

La suma de dinero que podría obtenerse por un bien si éste fuera vendido sólo con base al tipo de material del que está compuesto y no para destinarse a un uso productivo.

17.- VALOR DE REPOSICION ASEGURABLE

El Valor de Reposición Nuevo estipulado en la póliza de seguro, menos el Valor de Reposición Nuevo de las partidas que específicamente se excluyan en la póliza de seguro.

18.- VALOR ASEGURABLE DEPRECIADO

Es el Valor de Reposición Asegurable menos la depreciación que se haya considerado para fines de seguro.

19.- VALOR DE DESECHO

Se define como la cantidad neta (sobre el costo de remoción y

venta) mediante la cual cambiaría la propiedad de un bien al término de su Vida Útil, ya sea como venta en el mercado de segunda mano o como chatarra, usualmente se expresa como un porcentaje del Valor de Reposición Nuevo.

20.- VIDA UTIL

Representa la vida en la cual se estima que un bien nuevo prestará servicio, dentro de los límites de eficiencia económica. Los estimados ordinarios toman en consideración el desgaste, la obsolescencia y los riesgos normales.

Las expectativas normales de se derivan de datos de mortalidad y del estudio de propiedades específicas en condiciones de operación promedio. Esas vidas no se pueden predecir con exactitud, sin embargo existen tablas que se ofrecen como una guía para la asignación de vida útil a unidades nuevas.

21.- VIDA FISICA

El número de años que un activo resistirá físicamente bajo condiciones normales, antes de que el deterioro o la fatiga lo lleven a una condición inoperante, sin tomar en consideración la obsolescencia funcional o económica.

22.- VIDA EXPIRADA (TRANSCURRIDA)

La edad actual o el lapso transcurrido entre la fecha de avalúo y la fecha en que se activo fue fabricado o puesto en servicio. Si entre la fecha de fabricación y la de puesta en servicio ha transcurrido un lapso de tiempo considerable y se ha presentado obsolescencia, se utilizará la fecha de fabricación.

23.- VIDA REMANENTE

(También Vida Útil Remanente o Vida Económica Útil Remanente). Es la estimación del número de años que hay entre la fecha de avalúo y la fecha en que el activo ya no pueda funcionar económicamente. La Vida Remanente es igual a la Vida Útil menos la Vida Expirada (edad), solo cuando un activo es nuevo o cuando el valuador este seguro de que la propiedad operará exactamente la vida normal, por ejemplo: cuando de acuerdo al proceso se requiere la reposición preventiva al término de la vida normal.

24.- EDAD EFECTIVA

El número de años de edad aparente, calculada restando la Vida Útil Remanente de la Vida Útil.

25.- VIDA TOTAL

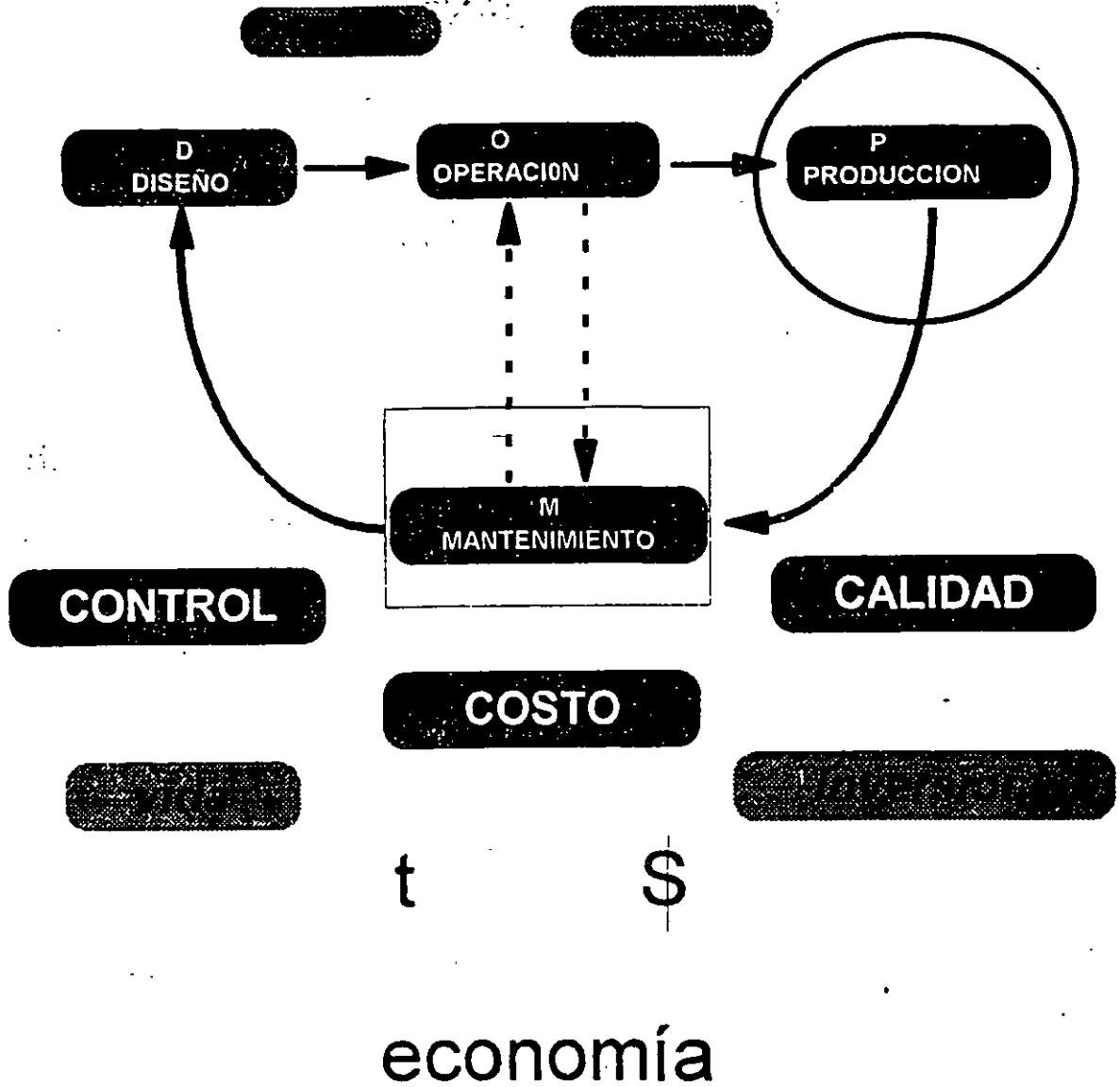
Para activos fuera de operación, el número de años desde su instalación hasta la fecha de su remoción por inoperante. Para activos en operación es la Vida Transcurrida más la Vida Útil Remanente.

26.- DEPRECIACION

Es la suma total de todos los elementos que contribuyen a una diferencia de Valor (generalmente una pérdida) dentro de una propiedad al compararla con el límite superior de valor, es decir, el costo actual de adquirir un servicio equivalente en una condición nueva. Esta pérdida de valor se puede atribuir a las siguientes causas principales.

- Deterioro físico
- Obsolescencia Funcional.
- Obsolescencia Económica.

CONCEPTO DEL MANTENIMIENTO



ANÁLISIS DE COSTOS.

1.1 IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS DE COSTOS.

El análisis y control de los costos del mantenimiento son de importancia fundamental para el conocimiento del comportamiento de los bienes físicos de la Empresa.

Es importante recordar que el elemento de mayor sensibilización y convencimiento para los directivos es el "dinero".

Una retroalimentación básica de la forma de operar un bien físico es la información del costo que representa el mantenimiento a él aplicado (CRM).

Este Costo Real de Mantenimiento (CRM) debe ser comparado con el Costo Esperado de Mantenimiento (CEM):

CRM : CEM

El CEM debe ser determinado por el personal de mantenimiento para el "nivel de servicio" (NS) deseado, en función de la operación (OP) del bien físico y la cantidad de mantenimiento asignado (CM). Es decir:

$$NS = f(OP, CM)$$

El análisis de los CEM y CRM permite definir:

- Calidad del bien físico.
- Forma de operar el bien.
- Efectividad del mantenimiento:
 - Calificación del personal (categoría, capacidad, número).
 - Sistema de mantenimiento (oportunidad).
 - Respaldo del fabricante (servicio, refacciones).
 - Recursos aplicados (equipos, herramientas, procedimientos).

De esta forma se califica respectivamente, a través de los costos, a las áreas de:

- Adquisiciones y/o el fabricante/Contratista.
- Operación.
- Mantenimiento.

Adicionalmente, el análisis de los costos permite determinar el presupuesto del mantenimiento en forma mas precisa.

1.6 CONTROL.

La Administración del Mantenimiento obliga al control de los bienes físicos de la Empresa, lo cual se efectúa normalmente a través del área de Control de Equipos (CE).

Este control puede concretarse al análisis del desarrollo y resultados del mantenimiento de los recursos bajo su responsabilidad, a través de:

- Tareas.
- Programas.
- Costos.

1.6.1 TAREAS.

El control del mantenimiento, a través de las tareas desarrolladas, contempla:

- Trabajo.
- Mano de obra
- Materiales y equipo.

1.6.2 PROGRAMAS.

A través del desarrollo de los programas de mantenimiento es factible planear las tareas, estimar sus costos, asignar recursos y personal, y obtener las refacciones oportunamente. El programa hace uso de una serie de elementos básicos de ingeniería que permite revisar los datos por ella generados, así como evaluar el desarrollo de las tareas del mantenimiento.

1.6.3 CONTROL DE COSTOS.

En cualquier actividad de ingeniería es necesario conocer los costos, y Mantenimiento no es una excepción. En general esto es función del área contable, sin embargo Mantenimiento deberá analizar la información y sus resultados.

En Mantenimiento el control de costos permitirá:

- Conocer el comportamiento de los bienes físicos de la Empresa.
Mediante el control de costos se puede calificar el diseño, construcción y operación (mano de obra y proceso) de los bienes físicos.
- Evaluar al propio Mantenimiento.
Este es un concepto muy difícil, ya que un buen mantenimiento trata de evitar las fallas mayores, mediante una inversión en el desarrollo de las tareas y el sistema de Mantenimiento para que no se presenten esas fallas.

PLAN PARA OPTIMAR LOS COSTOS DE UNA FUNCION

- ESTABLECERLOS
- PARETIZARLOS (JERARQUIZARLOS)
- PONDERAR BENEFICIOS, INCLUYENDO INTANGIBLES
- DAR A CONOCER COSTOS Y PLANES, ESCUCHAR Y ATENDER OPINIONES
- MOTIVAR, CAPACITAR, INVOLUCRAR
- OBTENER, ANALIZAR Y CANALIZAR RETROINFORMACION
- HACER SEGUIMIENTO DE ACCIONES
- REPLANEAR

2.6 CONTROL DE COSTOS.

Este Control es fundamental para la toma de decisiones, entre las que se contemplan :

- Continuar dando Mantenimiento a un bñf o darlo de baja.
- Selección o preferencia por un material y/o equipo determinado (marca, modelo, proveedor, contratista) en base a:
 - . Eficiencia
 - . Confiabilidad (incidencia de falla)
 - . Costo.
 - . Respaldo (servicio, refacciones).

El Control de Costos, ajustado por inflación y paridad, generalmente es el elemento base de los directivos para calificar el desarrollo del Mantenimiento.

Los costos de mantenimiento (mano de obra, materiales, partes y refacciones, herramental) por bñf se estiman por el área de Control de Equipo (CE), o el equivalente, como resultado del costeo regular de las ordenes de trabajo, ajustadas a las fechas de ejecución.

Estos costos son los valores base que se contemplan en la programación del mantenimiento.

Para Mantenimiento es importante manejar directamente los valores para el Control de Mano de Obra (número y categoría del personal en hH) y Materiales (número y frecuencia) y emplear éstos como elementos de referencia y metas objetivo.

			MES	ENE				FEB				MAR				ABR				MAY				JUN				JUL				AGO				SEP				OCT				NOV				DIC				COSTO (MILES \$)	
UBICACION			ACTIVIDAD O EQUIPO A INTERVENIR	SEM	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	REAL	ESTIM							
ME	12	SH	TARJAS	I																																																	
ME	12	SH	VERTEDEROS	I																																																	
ME	12	AA	REFRIGERADORES COCINA	I																																																	
ME	12	AA	MAQUINA DE HIELO	I																																																	
ME	12	AA	UNIDAD CONDENSADORA CÁMRA DE REFRIGERACIÓN	I																																																	
ME	11	IN	PINTURA	E																																																	
ME	11	IN	PISOS	E																																																	
ME	11	IN	PLAFONES	E																																																	
ME	11	SE	CENTRO DE CARGAS SERV NORMAL TAB "L"	I																																																	
ME	11	SE	CENTRO DE CARGAS SERV EMERG TAB "LE"	I																																																	
ME	11	SE	CENTRO DE CARGAS NO BREAK	I																																																	
ME	11	SE	SISTEMA DE ALUMBRADO (LUMINARIAS)	I																																																	
ME	11	SE	ARRANCADORES DE MANEJADORA EN PISO	I																																																	
ME	11	SH	ESTUFAS CON HORNO	I																																																	
ME	11	SH	ESTUFETAS	I																																																	
ME	11	SH	SANITARIOS	I																																																	
ME	11	SH	TARJAS	I																																																	
ME	11	SH	VERTEDEROS	I																																																	
ME	11	AA	REFRIGERADOR COCINA	I																																																	
ME	11	AA	CONGELADOR COCINA	I																																																	
ME	11	AA	LIMPIEZA A REJILLAS Y DUCTOS	I																																																	
ME	11	AA	MANEJADORA DE AIRE EN PISO	I																																																	
ME	10	IN	PINTURA	E																																																	
ME	10	IN	PISOS	E																																																	
ME	10	IN	PLAFONES	E																																																	
ME	10	SE	CENTRO DE CARGAS SERV NORMAL TAB. "K"	I																																																	

ANÁLISIS DE COSTOS.

BASES DE CODIFICACIÓN.

- Tipos de mantenimiento:
 - Correctivo MC
 - Preventivo MP

- Aplicación de los costos:
 - Mano de obra MO
 - Materiales MA
 - Equipo EQ

- Tiempo de desarrollo:
 - Normal N
 - Extra X

- Ejecución:
 - Interna I
 - Externa E

- Tipo de costo:
 - Directo D
 - Indirecto I

- Por tipo de bien:
 - Producción P
 - General G

- Por tareas:
 - Cambio C
 - Reparación R
 - Servicio S
 - Inspección I
 - Modificación M

2.5 HORIZONTE DE PLANEACIÓN.

El horizonte general de planeación de una Empresa es definido por sus objetivos, pudiendo variar el horizonte para los diferentes objetivos particulares y actividades a desarrollar.

La definición del plazo (tiempo) y su clasificación (largo, mediano y corto) varía de empresa a empresa. La clasificación de los horizontes de planeación se divide en tres niveles: largo, mediano y corto plazo.

2.5.1 A LARGO PLAZO.

Este tipo de planeación se encuentra íntimamente vinculada con los pronósticos de venta y producción e involucra la planeación estratégica de la alta dirección de la empresa y su administración total, ingeniería de la planta, control de calidad, etc.

La Planeación del Mantenimiento a largo plazo considera, en función de los objetivos de la Empresa, la vida útil esperada de los bñ y los requerimientos del Mantenimiento para cumplir con estas expectativas, sus "modificaciones", sus reparaciones mayores y su eventual reemplazo (programa de reemplazos).

Como elemento de referencia, únicamente, se estima el largo plazo en 5 años. En Japón la implementación de un TPM toma al menos tres años (Seiichi Nakajima)

2.5.2 A MEDIANO PLAZO.

Esta planeación es función de los objetivos, políticas y procedimientos del Mantenimiento Preventivo, acordes con la Planeación de la Empresa, relacionada con sus presupuestos (Planeación Táctica). Como referencia puede estimarse este horizonte a 3 años, con objetivos determinados trimestralmente.

2.5.3 A CORTO PLAZO.

Esta es la planeación "operativa" de la Empresa, ya que está determinada por el desarrollo de las tareas y los proyectos en ejecución, siendo de hecho la planeación específica de los trabajos (tareas) del mantenimiento.

Este tipo de planeación generalmente determina la programación del Mantenimiento y considera la planeación integral mensual del Mantenimiento; se puede considerar su plazo en un año.

En el área de programación se definen las tareas mensualmente, a realizar semanalmente y con tareas importantes establecidas por día.

PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO.

LARGO PLAZO:

- **CAMBIO** en:
 - Equipo de producción
 - Equipo de mantenimiento y necesidades en las instalaciones
 - Sistema de Mantenimiento
- Capacitación y contratación del personal
- Consideraciones para nuevos espacios
- Desarrollo de proveedores
- Distribución de equipos, maquinaria o herramental
- Nivel de Mantenimiento
- Reconstrucción de equipos o edificios
- **SISTEMA Y PLAN DE MANTENIMIENTO**
- **USE** (Uniformidad, Substitución y Estandarización) * &

MEDIANO PLAZO:

- Ajustes al desarrollo de las tareas del Mantenimiento
- Estandarización &
- Implantación de ajustes al Sistema de Mantenimiento
- Incorporación de bñf al Mantenimiento Preventivo
- **INSPECCIÓN** *
- Instalación de equipos o maquinaria
- **MODIFICACIONES** *
- Programación A
- Presupuesto anual de Mantenimiento \$
- Tareas cíclicas
- **REPARACIONES** mayores *

CORTO PLAZO:

- Mantenimiento correctivo
- **SERVICIO** *
- Ordenes de trabajo diario
- Reparaciones menores
- Contratación externa
- Control de gasto mensual \$

A Administración
\$ Costos
* Tareas (ver libro Gris)
& Plan de Mantenimiento

PARÁMETROS BASE PARA EL ANÁLISIS DE COSTOS.

- PRECIO.

- Por volumen (mayoreo, menudeo).
- Por entrega (tiempo, confiabilidad).
- Competencia.

- ESPECIFICACIONES.

- Técnicas.
- Operativas.
- Constructivas.
- Normativas.

- MERCADO.

- Proveedores.
- Equivalentes.
- Alternativas.
- Desviaciones.

CARGOS COMPLEMENTARIOS.

- Asistencia técnica.
- Pruebas.
- Capacitación.
- Transporte.
- Maniobras locales.
- Empaque.
- Fletes.
- Maniobras en la recepción.
- Almacenaje.

- FIANZAS.

- Por anticipo.
- De cumplimiento.
- Calidad.

- SEGUROS.

- OFICIALES.

- Impuestos.
- Permisos de importación.
- Derechos aduanales.

- CONTROL DE CALIDAD.

- Inspección.
- Certificación.
- Clasificación.

Otros.

PRESENTACIÓN DE PRESUPUESTOS.

- **Presentación.** Desglosada por partidas
(conceptos representativos de un conjunto de tareas a desarrollar).
- **Partida.** Descripción, en lo posible, de las características que permitan su identificación plena.
Cuando se requiera una mayor descripción se debe referir a las especificaciones completas, en las que se determinen dimensiones, resistencias, calidades, etc.
 - **Partidas menores** (participación menor al 3% del monto del presupuesto) de determinación difícil y/o incosteable (costo de costear exagerado)
 - **Partidas mayores.** No es aceptable la integración de tareas en "lotes", al menos que en su descripción se presenten los conceptos y valores que justifiquen su costo.
 - **Instalaciones,** por número de "salidas".
Integrada por cantidades medias de material por "salida" promedio (punto 3.6).
- **Equipos.** Especificar las características básicas que lo definan, como:
 - Nombre del equipo.
 - Marca de fabricación
 - Tipo
 - Capacidad
 - ModeloAdicionalmente se deberá anexar una ficha que contenga:
 - Descripción de su uso
 - Consumos (combustible, lubricantes, etc.).
 - Volumen, dimensiones aproximadas y peso.
 - Descripción de los accesorios complementarios.
- **Mano de obra.** Es aceptable estimarla como un porcentaje de los suministros en casos que sea difícil estimar.
- **Imprevistos.** En general éste se puede estimar en 10 % del monto total, sin embargo en Mantenimiento es posible considerar este concepto con un porcentaje mayor (hasta 20 %).

PARAMETROS DEL PRECIO

- Precio nominal o de lista
- Descuentos por volumen, pronto pago, etc,etc.
- Descuentos especiales: al Gobierno, prioritario, etc.
- Promociones por "baratas", introducción al mercado, etc.
- Impuestos normales
- Impuestos especiales (semiocultos)
- Derechos de importación e internación, cortesías aduaneras, etc.
- Pagos: plazos, lugar, forma.
- Moneda de pago y contingencias de paridad
- Multas por retrasos en pago o en entrega
- Lugar de entrega del bien (¿LAB?)
- Plazo de entrega
- Costos de transporte; seguros, responsabilidades, condiciones, embalaje, maniobras, etc.etc.
- Responsabilidad por la instalación
- Servicios de asesoría por "x" tiempo
- Accesorios Incluidos
- Refacciones Incluidas



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

**FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO
EN
RIESGO AMBIENTAL**

MODULO II

ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL

TEMA 8.- MANEJO Y ALMACENAJE DE SUSTANCIAS PELIGROSAS.

- . CONSIDERACIONES GENERALES
- . TIPOS DE ALMACENAMIENTO
- . LAYOUT DE ALMACENAMIENTO
- . TANQUES DE ALMACENAMIENTO
 - VENTEOS
 - VÁLVULAS DE SEGURIDAD, TUBERÍAS Y ACCESORIOS
 - PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS
 - INSTRUMENTACIÓN
- . TERMINALES MARITÍMAS
- . CRITERIOS PARA ALMACENAR MATERIALES PELIGROSOS

8.1 CONSIDERACIONES GENERALES.

En una planta química industrial, de refinación o terminales marítimas es muy frecuente el manejo de materias primas o productos terminados peligrosos en fase líquida o gaseosa desde el punto de vista de inflamación, dependiendo de sus propiedades físico-químicas y conociendo otras características más profundas o mandatorias en sus hojas de datos de seguridad para cada compuesto en partículas, nosotros podremos elegir y seleccionar el tipo de almacenamiento que nos convendrá más.

En este capítulo se expondrá los tipos de tanques más comúnmente utilizados en la industria así como se mencionaron sus características importantes desde el punto de vista de seguridad, operabilidad y funcionabilidad.

Para una buena funcionabilidad de los tanques de almacenamiento es preciso tener en mente ciertos criterios para el diseño de un buen arreglo de la tanquería. Conoceremos las distancias mínimas requeridas que deberán existir entre los tanques y sus alrededores (áreas de proceso, edificios administrativos, frontera con la propiedad privada o federal), altura de diques y sistemas apropiados para combatir un incendio en tanques de almacenamiento ya sea atmosféricos o a presión.

Nos dará una idea para saber lo que es necesario para controlar y extinguir en forma definitiva un incendio y poder asignar a la planta puntos favorables para disminuir el riesgo y las consecuencias en beneficio de la población civil.

Se resolverán dos problemas de sistema de agua de contraincendio, tipo de espumas requeridos para una terminal de almacenamiento de productos destilados del petróleo y una planta de almacenamiento marítima como ejemplos de aplicación.

Finalmente para el confinamiento de materiales peligrosos sólo se referirá a la última Norma Oficial Mexicana publicada en el Diario Oficial de México para exponer algunos criterios de diseño que servirán de base para proponer arreglos de celdas conteniendo sustancias peligrosas.

8.2 TIPOS DE ALMACENAMIENTO.

El almacenamiento en las plantas químicas se puede clasificar como sigue:

1. Estándar

- a) atmosféricos de techo fijo.

2. Conservación.

- a) Techo flotante
- b) Esferoide
- c) Techo elevador
- d) Techos con membranas expansivas

3. Especiales.

- a) Esferas
- b) Tanques refrigerados
- c) Tanques pequeños de acuerdo al API-12F, Specification for Small Welded Production.

d) Tanques portátiles para campo, atornillados API-12B

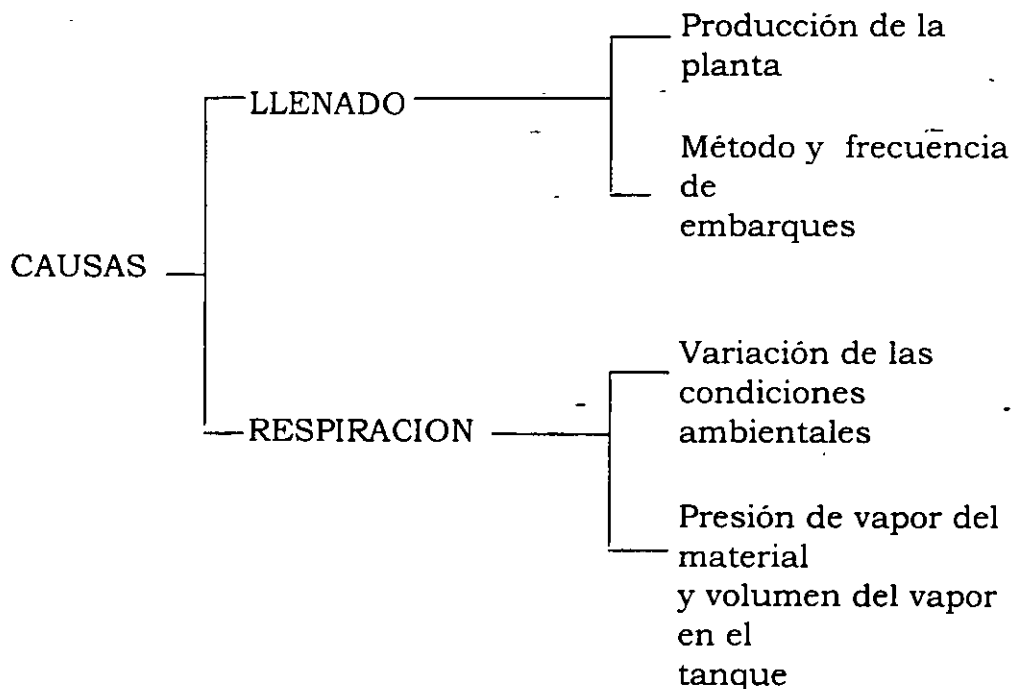
e) Tanques soldados grandes y prefabricados 12D

4. Almacenamiento de materiales peligrosos

Para elegir que tipo de almacenamiento es el más conveniente se tomarán en cuenta los siguientes factores:

a) Pérdidas por evaporación.

Las pérdidas por evaporación estarán en función del químico manejado y el tipo de operación.



b) Riesgo de fuego.

c) Contaminación del producto por las condiciones atmosféricas.

d) Capacidad y tamaños.

La capacidad del tanque está en función de la producción de la planta y requerimientos de proceso, operación, seguridad y economía.

El tamaño del tanque se podrá calcular en forma individual (determinar altura y diámetro) o se podrán utilizar las tablas que aparecerán en este capítulo donde ya se tiene estandarizado que de acuerdo con cierto volumen se recomendará cierta altura y diámetro. Generalmente son recomendaciones del fabricante o de Petróleos Mexicanos.

Como por ejemplo se tiene que para la conocida capacidad de 55,000 bls. un tanque de 30.48 mts. de diámetro y 12.2 mts. de altura. Construidos con placa de 1.83 m X 2.44 m de largo y ancho.

8.3 DISEÑO DE ALMACENAMIENTO (LAYOUT).

8.3.1 ARREGLOS GENERALES DE EQUIPO.

8.3.1.1 CONSIDERACIONES.

El arreglo general de equipo para cualquier planta o instalación industrial ejercerá una gran influencia en la operación de la planta, seguridad industrial, finanzas y costos de inversión.

Un buen arreglo de equipo, de áreas y unidades de proceso deben basarse en su función primaria de productos químicos, refinación o de energía eléctrica producidas, pero también deben considerarse otros criterios para las instalaciones suplementarias tales como los servicios auxiliares (caldera, compresores de aire, combustibles, sistemas de lubricación, estación de bomberos, etc.), edificios administrativos, recepción y embarques del producto.

Los arreglos de la planta de deben desarrollar para obtener el máximo uso de sus unidades a un costo razonable.

Los factores generales que afectan al arreglo general de equipo y unidades de proceso y la interrelación de otras instalaciones son:

a) Características propias y físicas del sitio.

- b) Sistemas de diferentes procesos (reacción, purificación, secado, producto final).
- c) Servicios auxiliares.
- d) Instalaciones de servicios.
- e) Expansiones futuras.

8.3.1.2 CARACTERISTICAS PROPIAS Y FISICAS DEL SITIO.

Estas tienen un gran efecto sobre todas las instalaciones incluidas en la planta. Estas características, junto con los datos locales como la transportación, fuerza laboral, instalaciones para la reparación, condiciones climáticas, disponibilidad de agua y energía eléctrica, etc., deben considerarse en el trayecto de la sección del sitio.

Un sitio es seleccionado como el más aceptable de varias opciones en una localidad dada y el arreglo general de la planta se adaptará a estas condiciones.

8.3.1.3 TOPOGRAFIA DEL TERRENO.

Los mapas topográficos del sitio son necesarios para preparar el arreglo general de la planta. Siempre es conveniente diseñar un solo plano con toda la información técnica conveniente.

Los datos topográficos deben consistir en representar las curvas de nivel de la superficie del terreno en intervalos de 5 m., localizando los puntos bajos y altos, zanjas, etc., cuando el terreno es relativamente plano, los intervalos de curvas de nivel pueden espaciarse 10 m.

La localización de corrientes de agua, pantanos, lagunas, grupos de arboles y otras características inusuales deben mostrarse en este tipo de planos.

Detalles como la localización del terreno específico, elevaciones de caminos existentes, tamaño de estructuras y vías de ferrocarril y tuberías que se interconectarán con otras plantas de otros propietarios deben mostrarse.

Otra información será requerida en esta plano como el nivel de ruido, polvos tóxicos, riesgo de un incendio provocado por el propietario que se localizará adyacente a nosotros. Por lo que se aconseja tener zonas tope de 100 a 150 m. de la cerca de nuestra planta con la barda o edificio de otros propietarios.

8.3.1.4 ACOMETIDA DE SERVICIOS AUXILIARES.

Se debe determinar el punto de acometida para los sistemas de: tubería como gas natural; suministro de agua cruda; disposición de desperdicios; energía eléctrica y línea telefónica.

Los lineamientos para recibir nuestra materia prima, subproductos y embarque del producto deben definirse con respecto al tipo de acceso (carretera, vía de ferrocarril, barcos, etc.).

8.3.1.5 CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS Y GEOLOGICAS

Se deberá tener un estudio de mecánica de suelos, curvas de nivel del subsuelo, para definir tipo de cimentaciones para los tanques más pesados, y lechos de tuberías críticas.

La dirección de los vientos dominantes del sitio se conocerán a la perfección para dar una orientación adecuada a hornos, calderas, quemadores de campo, operaciones que implican manejo de polvos peligrosos.

La precipitación pluvial máxima registrada en los últimos 10 años debe conocerse también para definir los drenajes pluviales y definir su colector en el punto más bajo del terreno para después mandarlo a tratamiento o a la red de drenaje municipal.

8.3.1.6 SISTEMAS DE SERVICIOS AUXILIARES.

Los sistemas de servicios auxiliares incluyen todas las instalaciones relacionadas en la preparación y distribución de vapor, aire, agua, combustible, energía eléctrica, químicos, catalizadores, disposición de materiales peligrosos, líquidos, sólidos y gaseosos.

- **Expansiones Futuras**

Se consideran dos tipos de expansiones

1. Una expansión premeditada, planeada para un período de tiempo bien definido.
2. Una expansión desconocida.

La expansión conocida se puede expresar en términos del crecimiento de producción anual de la planta química. El tiempo implícito está generalmente condicionado a los requerimientos del mercado.

Ciertas provisiones para una expansión conocida se hacen por adjudicación a un espacio definitivo para un propósito específico.

El espacio requerido para un equipo o unidad de proceso adicional y área de almacenamiento pueden determinarse con bastante exactitud. Algunas expansiones futuras se restringen meramente a instalaciones exteriores tal como sería el almacenaje para otorgar una flexibilidad adicional a los productos finales, intermedios y manejo de materias primas y químicos auxiliares, esto no implica muchas veces duplicar el equipo de bombeo o de manejo de sólidos.

Las expansiones del tipo desconocidas involucran la adjudicación de áreas para incrementar la producción de la planta química o diversificación de productos o nuevas manufacturas.

Cuando la diversificación de nuevas manufactura se presenta en la planta, frecuentemente es aconsejable ampliar las instalaciones de servicios y administración en forma separada. La diversificación generalmente involucra adición de unidades para la fabricación de nuevos químicos, petroquímicos o de refinación; con cada uno de estos productos un diferente tipo de esquema de manejo de materiales es diseñado. Las instalaciones de embarque y almacenamiento son diferentes de aquellas que se tienen en la planta con operación normal.

8.3.2 ESQUEMAS BASICOS DE UN ARREGLO GENERAL.

Para unas condiciones dadas como se definieron anteriormente, una amplia variedad de arreglos de la planta podrán desarrollarse. Los arreglos más aceptados son normalmente variaciones de aquellos esquemas básicos, estudiados con anterioridad.

Idealmente una planta química debe considerarse como una caja en la que tiene un principio (reacción), con un final (almacenamiento) y donde varias corrientes fluyen con cierta lógica.

Conforme a esta filosofía básica, una planta química puede considerarse como un grupo de áreas diversas arregladas de tal manera para interrelacionar la materia bruta, unidades de proceso, almacenamiento intermedio, almacenaje de producto terminado, embarque y descarga, servicios auxiliares, edificios administrativos y disposición de aguas residuales.

Algunas de estas áreas pueden subdividirse en dos o mas porciones. Los servicios pueden tener áreas diferentes como: área de generación de vapor, área de agua de enfriamiento, área de producción de aire de planta e instrumentación, etc. Las instalaciones de embarque se pueden subdividirse en otras áreas dependiendo del modo de transporte. Todas las áreas anteriores tendrán áreas disponibles para posibles expansiones futuras.

Además del arreglo de áreas siguiendo el patrón lógico de continuidad de flujo de proceso otras interrelaciones de los servicios auxiliares deben considerarse, éstas deben localizarse cerca de las unidades de proceso para minimizar trayectorias de tubería. También el almacén y el taller de mantenimiento por conveniencia deben estar cerca de las unidades de proceso, los edificios administrativos deben estar alejados del ruido y olores tóxicos, ver esquemas básicos de arreglos de generales en las figuras.

Todas las áreas de la planta químicas deben subdividirse en bloques. El tamaño máximo de los bloques debe ser como se estableció en el arreglo de para tanques de almacenamiento. La longitud máxima para bloques de unidades de proceso y para áreas de almacenamiento preferentemente debe limitarse a 190m.

CONCEPTOS BASICOS PARA ELABORAR EL PLANO DE LOCALIZACION GENERAL DE EQUIPO

1. INFORMACION REQUERIDA	. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO . ESTIMADOS ó CALCULOS DEFINITIVOS DE EQUIPOS . DEFINISION DE SERVICIOS AUXILIARES . PLANOS TOPOGRAFICOS . DIRECCION DE VIENTOS DOMINANTES . TIPO/TAMAÑOS DE EQUIPOS DE MANTENIMIENTO
2. FILOSOFIA BASICA DE DISEÑO	. OPERABILIDAD . CONFIABILIDAD . SEGURIDAD
3. TECNICAS	. MAQUETAS A ESCALA . COMPUTADORA (MICRO-STATION 3D) . CORTES CON EQUIPOS A ESCALA . BOSQUEJO A NIVEL PIZARRON EN SESION DE EQUIPO.
4. CONSIDERACIONES	. FLUJO DE PROCESO . SEGURIDAD . CONSTRUCCION . MANTENIMIENTO . ACCESO PARA OPERADORES . CONDISIONES DEL SITIO . LIMITACIONES DE ESPACIO . EXPANSIONES FUTURAS . REQUIRIMIENTOS ESPECIALES DE TUBERIAS . CONSERVACION DE ENERGIA
5. CONCLUSION	. ENTRE GRUPO MULTIDISIPLINARIO COMANDADOS POR UN INGENIERO DE PROYECTOS.

LISTA DE CHEQUEO DE INGENIERIA PARA EL DESARROLLO DEL ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA

1.0 SITIO (CUANDO SE HA FIJADO EL TERRENO)

- 1.1 NIVEL DEL TERRENO COMPATIBLE CON LA ORIENTACION GENERAL DE EDIFICIOS Y EQUIPOS
- 1.2 DETALLES DEL DRENAJE Y DISPOSICION DE DESPERDICIOS PARA PREVENIR EROSION.
- 1.3 DEFINA BANCO DE NIVELES DE PISOS TERMINADOS PARA EQUIPOS Y TANQUE DE ALMACENAMIENTO.
- 1.4 LOCALIZACION DE VIAS DE FERROCARRIL, ACOMETIDA ELECTRICA, VAPOR, AGUA Y LINEA TELEFONICA.
- 1.5 PERMISOS Y REQUERIMIENTOS LEGALES.
 - a) DERECHOS DE VIA, POR CRUCE DE TUBERIAS EN CARRETERA, RIOS Y CANALES.
 - b) APOYOS PARA LINEAS DE TUBERIA, LINEAS DE FUERZA, ETC.
 - c) POZOS SUBTERRANEOS DE ALMACENAMIENTO PARA DUCTOS QUIMICOS E HIDROCARBUROS.
 - d) PERMISO DE REQUERIMIENTO DE NAVEGACION.

2.0 CLIMA

- 2.1 VIENTO DOMINANTE, LOCALIZAR VENTOS PELIGROSOS, QUEMADORES ELEVADORES DE CAMPO, DIQUES PARA INCINERAR DESPERDICIOS.
- 2.2 NATURALEZA DEL TERRENO, CONSIDERE VARIACIONES DE TEMPERATURA Y VARIACIONES CLIMATICAS, POLVO, NEBLINA, CICLONES, HURACANES, DEFINA SU DURACION PARA CONDICIONES DE DISEÑO MEDIANTE LAS ESTADISTICAS LLEVADAS POR EL SERVICIO METEOROLOGICO LOCAL. PARA CONDICIONES DE TORMENTA, LA ESTRUCTURA SE DISEÑARAN CON 160 Km/hr DE VELOCIDAD DEL VIENTO PARA CICLONES 200-220 Km/hr SERA SUFICIENTE.
- 2.3 PLANTAS LOCALIZADAS CERCA DEL MAR (50m), BAHIAS, LAGOS SE ENFRENTA A UNA CORROSION MAS SEVERA QUE SI SE LOCALIZARA A 1/2 Km O MAS DISTANCIA.
- 2.4 CONTAMINACION DE AIRE Y AGUA. INVESTIGUE LOS LIMITES PERMISIBLES PARA VENTOS A LA ATMOSFERA TAMBIEN PARA EFLUENTES LIQUIDOS. CONSIDERE EL PROCESO DE NEUTRALIZACION.

3.0 SERVICIOS Y MATERIAS PRIMAS

- 3.1 RECURSOS Y METODOS DE TRANSPORTE Y EMBALAJE
 - a) AGUA: AGUA DE SERVICIOS, DE LAVADO, DE MAR, DE ENFRIAMIENTO DE EQUIPOS
 - b) VAPOR: TRATAMIENTO DE CONDENSADOS, AGUA

DE REPUESTO Y PARA CALDERA.

- c) GAS
- d) COMBUSTIBLES, LUBRICACION.
- e) AIRE: DE PLANTA
- INSTRUMENTOS (SECO)
- f) FUERZA
- g) ALMACENAMIENTO Y ALMACENES

4.0 EMBARQUE DEL PRODUCTO

- 4.1 CONDICIONES PARA LINEAS DE TRANSFERENCIA DEL PRODUCTO CON LAS DEL CLIENTE.
- 4.2 CONDICIONES DEL ALMACEN
 - CAJAS DE MADERA
 - ENSACADORA

5.0 MECANICO

- 5.1 CONSIDERACIONES DE MANTENIMIENTO, ASOCIADAS CON CADA EDIFICIO Y AREAS DE PROCESO. CONSIDERE EL ACCESO DE GRUAS Y CAMIONES DE CARGA, AREAS DE TRABAJO PARA REPARACION LOCAL.
- 5.2 SECUENCIA DE LA CONSTRUCCION INICIAL Y SUS PROBLEMAS.
- 5.3 MATERIALES DE CONSTRUCCION PARA EDIFICIOS.
- 5.4 CAMINOS: PAVIMENTACION.
- 5.5 MODELOS BASICOS DE CONCRETO, PAVIMENTACION ASFALTICA O GRAVA, ANALISIS DE MOVIMIENTOS DE TIERRAS.
- 5.6 CERCA DE LIMITE DE BATERIA.
- 5.7 SISTEMA DE SEGURIDAD.

6.0 ELECTRICO Y CONTRAINCENDIO

- 6.1 DEFINA LAS AREAS PELIGROSAS DENTRO DE LA PLANTA, MATERIALES LETALES Y ESTABLEZCA CRITERIOS DE DISEÑO TALES COMO VENTILACION, MUROS ANTIEXPLOSION, ETC. MATERIALES SUMAMENTE INFLAMABLES REQUERIRAN DE DIQUES TOTALMENTE CUBIERTOS Y SISTEMA DE ESPUMA. BASESE EN EL NATIONAL BOARD OF FIRE UNDER WRITERS PARA RECOMENDAR UNA PROTECCION SEGURA.
- 6.2 DEFINA QUE MOTORES SERAN ABIERTOS A PRUEBA DE EXPLOSION, A PRUEBA DE GOTE, CONSULTE EL CODIGO NATIONAL ELECTRICAL CODE Y NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURER'S ASSOCIATION STANDARDS.

**LISTA DE CHEQUEO DE INGENIERIA PARA EL
DESARROLLO DEL ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA**

6.3 DEFINA QUE AREAS DE LA PLANTA ESTARAN PROVISTAS CON ROCIADORES Y SISTEMA DE ESPUMA LOCALICE ESTACION DE BOMBEROS E HIDRANTES EN LA PLANTA.

6.4 REVISE EL ARREGLO GENERAL PARA POSIBLES SALIDAS DE EMERGENCIA PARA CADA AREA. INDICAR CON LETREROS PARA DESALOJAR LA PLANTA, PASO FRANCO PARA EL ACCESO A EQUIPOS DE CONTRA-INCENDIO.

6.5 REVISE EL PROGRAMA DE CONTRAINCENDIO Y RIESGO CON UNA COMPAÑIA ASEGURADORA PARA EVALUAR OTRAS POSIBLES PROBLEMAS O RIESGOS.

7.0 REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD

7.1 CONSULTORIA ESPECIALIZADA NACIONAL O INTERNACIONAL PARA MANEJO DE MATERIALES LETALES O DE ALTO RIESGO.

7.2 CERTIFICACION DE EQUIPOS A PRESION, Y PRUEBAS E INSPECCION DE ACUERDO A LOS CODIGOS A.P.I., A.S.M.E., A.N.S.I.

7.3 DEFINIR QUE AREAS LLEVARAN REGADERAS Y ESTACIONES DE LAVA OJOS

7.4 DISEÑO DE SISTEMAS DE DESFOGUES Y ALARMAS REDUNDANTES

7.5 ESTACION ELECTRICA DE EMERGENCIA Y OTROS SERVICIOS EN CASO DE PARO INADVERTIDO.

8.0 EXPANSION FUTURA

8.1 DEFINA AREAS DE EXPANSIONES FUTURAS CON AREAS DESTINADAS AL PROCESO ACTUAL

8.2 CONSIDERE EQUIPOS DE RELEVO PRESENTES Y FUTUROS.

**REQUERIMIENTOS DE ESPACIO
AREA DE SERVICIOS AUXILIARES**

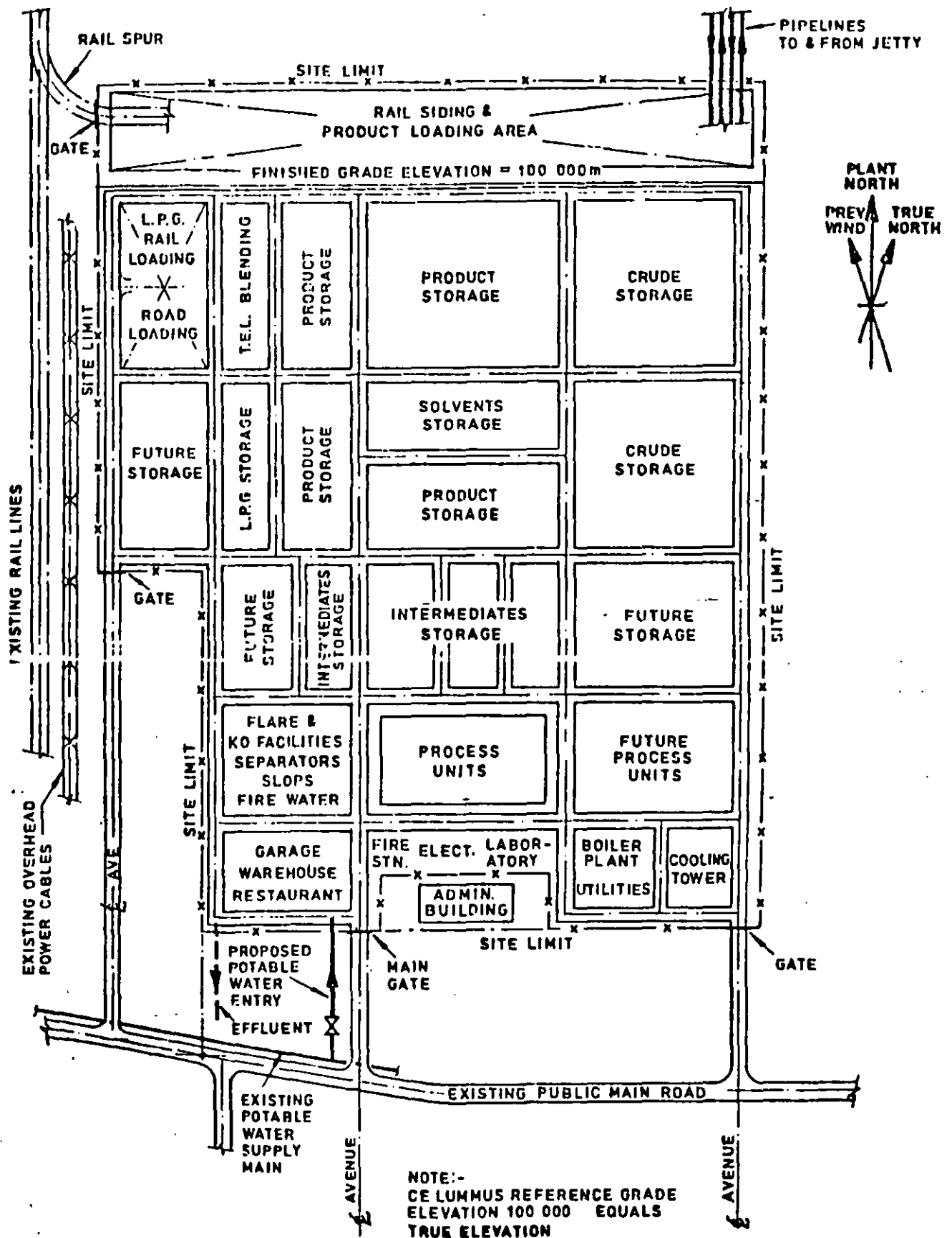
DESCRIPCIÓN, FUNCIÓN Y FACTORES QUE CAUSAN VARIACIÓN	ÁREA pie ²	
	MÍNIMO	MÁXIMO
OPERACIONES Área de oficina para supervisión de proceso y personal de mantenimiento. Tamaño del edificio varia con respecto a la complejidad de las operaciones de refinación y número de unidades de proceso más que la producción anual	Incluido en el edificio de administración como un 25 % del edificio.	8.500
LABORATORIO Cuarto de control, oficinas y oficina de investigación para grandes refinarias. Tamaño del edificio varia con la complejidad de la operación de refinación, número de productos y componentes del producto.	2,200	4.100
TALLER Mantenimiento y reparación. Varia con la localización de la planta y disponibilidad de los servicios del taller y del tipo de mantenimiento (contratista)	6,200	22.500
ALMACÉN Almacenamiento de partes de repuesto, material de mantenimiento y abastecimiento. Varia con la localización de la planta, número de unidades de proceso y producción de la refinería.	Almacén 7,200 Químicos 800	4 000
ADMINISTRACIÓN Espacio para oficinas de mantenimiento, ingeniería y contabilidad, trabajo de oficina en general El tamaño del edificio y tipo de servicios varían con el tipo de organización y localización de la planta.	Administración 7 500 Operación <u>2 500</u> Total 10, 000	22 000
ESTACIÓN DE BOMBEROS Espacio para equipo de contraincendio y abastecimientos. varia con tamaños de tanques de almacenamiento	1, 000	4 000

EVALUACION DE UN ARREGLO GENERAL

Factor	Arreglo A Calificación	Arreglo B Calificación
A. Seguridad 1. ¿El arreglo relativo de las instalaciones minimiza el riesgo de un incendio o una explosión? 2. ¿El arreglo de varias instalaciones es satisfactorio para escapar o combatir un incendio? 3. ¿Se afecta el control de un incendio y su extinción por el viento, sistema agua e. i. volumen de los diques, sistema de espuma, etc.? B. Operación 1. El arreglo resulta en operaciones de bajo costo en relación a lo siguiente: a) Transferencia de materia prima b) Servicios auxiliares c) Carga de producto d) Disposición de agua y sólidos 2. ¿La operación es conveniente debido a? a) Acceso por carreteras, calles, vías de ferrocarril. b) Localización relativo de los servicios. C. Mantenimiento 1. ¿El arreglo resultará con costo razonable de mantenimiento de áreas exteriores. 2. ¿El arreglo del equipo, caminos de acceso, y pavimentos son de fácil mantenimiento. D. Expansión 1. ¿Es adecuado el espacio para expansiones futuras? 2. ¿Se dispone de una propiedad adicional? 3. ¿Se pueden expandir los servicios auxiliares? E. Construcción 1. ¿El movimiento de tierras es el adecuado? 2. ¿El área de trabajo de almacenamiento es el adecuado? F. Costo Inicial 1. ¿El arreglo minimiza el costo inicial de lo siguiente?: a) Vía de ferrocarril, movimiento de tierras. b) Trayectorias de tuberías, proceso y servicios c) Distribución eléctrica. d) Transportación de fluidos 2. ¿El costo inicial se ve afectado por lo siguiente?: a) Estructuras especiales tales como muros de retención. b) Relocalización de instalaciones existentes.		

SEE EGS 661

NA = Not applicable. No measurable distance can be determined.
NM = No minimum spacing requirement has been established. Use engineering judgment for spacing.



BLOCK LAYOUT (CONCEPTUAL)

Los bloques de los servicios deben subdividirse y unirse con calles; todas las veces que sea posible, las calles serán rectas y se extenderán de norte a sur y de oeste a este de toda la planta. Todo punto en la planta química debe servir como rutas alternas para transitar libremente en caso de un simple bloqueo de las calles debido a un incendio o la construcción de una unidad nueva.

Las calles de la planta químicas generalmente son de dos tipos:

- Calles principales que conducen a la entrada principal, edificios, servicios auxiliares y en forma lateral por las unidades de proceso.

Las calles principales darán servicio a la carga y descarga de autotanques.

El ancho mínimo de la calle será de 7 m.

Si se encuentra un lecho principal de tuberías cerca de la calle, habrá por lo menos un espacio de 30 m. entre el centro de la calle y la parte lateral del lecho de tuberías.

- Calles secundarias tendrán un ancho de 6 m.

8.4 TANQUES DE ALMACENAMIENTO

A continuación se mencionarán las características básicas de los tanques de almacenamiento más comunes para fluidos inflamables, riesgosos y servirán para que el alumno tenga algunos criterios de ingeniería para evaluar un diseño nuevo o una instalación existente desde el punto de vista de funcionalidad, operabilidad y seguridad que al detectar una desviación trascendente pudiera conducir a un siniestro. Se recomienda para casos muy comprometedores consultar siempre los códigos de ingeniería americanos, las NOM y de PEMEX en su última edición.

8.4.1 TANQUES ESTANDAR.

Los tanques de almacenamiento son los más empleados en la industria y son del siguiente tipo:

a) Sombrilla

b) Cónico

- Puede tener venteo simple o estar controlado al atmósfera, es el más económico ya que puede ser autosoportado (hasta 6.1 m de diámetro) cuando se aumenta el diámetro su construcción será soportada en columnas. Se utilizan generalmente para productos con presión de vapor no mayor a 2.4 PSIA (0.17 Kg./cm²).

Datos de tanques estándar de acero soldado techo cónico o esférico se proporcionan las tablas 8.4.1 y 8.4.2.

Los tanques estándar con techos cónicos de acero son apropiados para crudos pesados, destilados pesados, combustibles, aceites, diesel y kerosena. Una sección de un tanque con techo cónico con sus accesorios comunes se muestra en la figura 8.4.1.

8.4.1.1 ACCESORIOS DEL TANQUE

La entrada hombre que se localiza en la coraza tiene un diámetro mínimo interior de 20 pulg., preferentemente el tamaño seleccionado es de 24 a 30 pulg.. Para los tanques que exceden 23 m (75 pies) de diámetro, dos entradas hombre serán colocadas diametralmente opuestas y recomendadas para ventilación y limpieza.

Ciertos detalles más específicos de entrada hombre, sus cubiertas y placas de refuerzo son presentadas en el API - 650, Welded Steel Tanks for Oil Storage.

Las boquillas para conexión con tubería a la coraza consisten de longitudes cortas de tubo con cuello soldable o bridas deslizables dependiendo del servicio.

Por ejemplo las de cuello soldable se utilizan cuando existen altos momentos de esfuerzo: succión de bombas o compresores, altas temperaturas por conectarse a un cambiador de calor. Las de cuello deslizable se utilizarán para instrumentación y servicios ligeros.

La figura 8.4.2 muestra la localización de muchos accesorios comunes que llevan los tanques. El agua se acumula en la base del tanque debido a la condensación del agua que se encuentra mezclada con el aire y que es atraída a través de los venteos de respiración. Para desalojar el agua se instala un colector o sumidero a través del cual el agua es sacada fuera de la coraza mediante el efecto sifón. (ver Figura 8.4.3). En lugares con clima de baja temperatura ($<0^{\circ}\text{C}$) la válvula de drenaje de agua tiene un localizarse adentro del tanque para evitar que se congele. Con un tubo de extensión se podría solucionar este problema y operar la válvula.

Ciertas boquillas sobre el techo serán instaladas para introducir varillas de medición de líquido o para tomas de muestra. Estos accesorios pueden ser de aluminio o acero, soldados o atornillados sobre el techo. El diámetro mínimo de la boquilla es de 8 pulg. Un sello para tanques hasta 9m (30pies) de diámetro será suficiente. Para tanques con diámetro de 9m a 18.23m (30 a 50 pies) dos sellos son recomendados, para 15.23 a 24.4m de diámetro (50 a 80 pies) se recomiendan tres y cuatro para tanques más grandes.

Para aceites con puntos de inflamación arriba de 37°C (100°F) y tanques atmosféricos, el tipo de cierre automático con asientos antichispas son de uso general (ver figura 8.4.5).

El techo cónico de un tanque de aceite o combustible tiene comúnmente placa de acero de 3/16 pulg se espesor (ver tabla 8.4.3), resistirá una pequeñísima presión interna por lo que un venteo es requerido. Para productos menos volátiles con puntos de inflamación arriba de los 37°C (100°F) un venteo abierto es satisfactorio con una placa protectora en "U" para evitar entrada de agua (figura 8.4.5).

Los productos con puntos bajos de inflamación, menores a los 37°C (100°F), cuando se almacenan en tanques con techo cónico son venteados a través de válvulas presión - vacío debido a que éstas evitan la pérdida por evaporación.

Para productos con temperatura de inflamación superior a los 60°C , podrán tener comunicación directa a la atmósfera (sin arrestador de flama, ni válvula de alivio). Cuando estos tanques no estén dotados de sistema de alivio su construcción deberá ser tal que en caso de un aumento de la presión interior, la primera unión entre dos láminas que falle sea la unión entre el cuerpo cilíndrico y el techo.

Los dispositivos de alivio tendrán por lo menos la capacidad que indica la tabla siguiente:

TABLA 8.4.4

AREA EXPUESTA AL FUEGO	CAPACIDAD DEL DISPOSITIVO DE ALÍVIO	
Metros ²	Miles de pies ³ de aire/hora	Metros ³ por hora
10	105	2,973
20	211	5,975
30	265	7,504
50	354	10,024
80	462	13,082
100	524	14,838
140	587	16,621
180	639	18,094
240	704	19,934
280 y más	742	21,010

NOTA: Para valores intermedios debe interpolarse. Deberá considerarse como área expuesta al fuego el 55% del área total en caso de esferas y esferoides, el 75% del área total en caso de tanques horizontales y el área de la envolvente, hasta 10 m de altura, en los tanques verticales.

Además de la capacidad de los dispositivos de alivio necesaria para la operación del tanque, deberá preverse una capacidad adicional de estos dispositivos para los casos de incendio; la suma podrá ser superior a lo previsto en el párrafo anterior.

La capacidad de los dispositivos prevista para los casos de incendio podrá disminuirse de acuerdo con los factores de la tabla siguiente, cuando los tanques de almacenamiento cuenten con alguna de las protecciones indicadas:

El venteo de conservación impone una presión ligera sobre el material dentro del tanque, el venteo abrirá para romper cualquier vacío en flujo invertido (contra-flujo) ver figura 8.4.6. Estas válvulas son ajustadas para abrir de 0.75 a 1 pulg. de presión de agua o vacío.

TABLA 8.4.5

PROTECCION	FACTOR
Drenaje adecuado (Más de 20 m ² de área expuesta)	0.5
Aspersores de agua adecuados	0.3
Aislamiento térmico adecuado	0.3
Aspersores y aislamiento adecuados	0.15

Estas válvulas reducen las pérdidas por evaporización hasta cierto grado. Generalmente, una presión de 1 1/2 pulg. de agua reducirá las pérdidas debido al efecto de respiración por alrededor del 7%.

El código API - RP - 2000 "Venting Guide" ofrece una guía para la capacidad de venteo requerido para tanques estándar de techo cónico, la tabla 8.4.6 muestra más datos en forma abreviada.

Mientras que los volúmenes proporcionados en las tablas son suficientes para una respiración normal, de llenado y de evaporación, estos volúmenes no bastan en una emergencia por lo que se recomienda la instalación de venteos relevadores de presión. Estos venteos operan a presiones más altas que los venteos de conservación, usualmente ajustados alrededor de 3 pulg de agua. Ejemplo de uno de ellos, es el tipo hongo mostrado en la figura 8.4.7.

Los arrestadores de flama (figura 8.4.9) son unos aditamentos de los tanques que contienen productos volátiles como la gasolina y son diseñados para prevenir la propagación de una flama y evitan que ésta pueda llegar a la superficie del líquido a través de mezclas inflamables que escapan desde los alrededores. Los arrestadores de flama se colocan cerca entre el tanque y el venteo de respiración. Se observará

que existe una caída de presión a través del arrestador lo cual debe considerarse en la selección de cualquier tamaño de venteo.

Líneas de balance o entre los tanques son a menudo utilizados para permitir la salida del material del tanque en cualquier nivel de líquido que se tenga y cuando en posiciones elevadas se adicionan factores de seguridad contra fugas en válvulas o tuberías (ver figura 8.4.2).

Otros aditamentos del tanque de almacenamiento incluirán termopozos para indicación de temperatura, alarmas por alto y bajo nivel, flotador de nivel.

8.4.1.2 PERDIDAS DE EVAPORIZACION

Las pérdidas de evaporización son abundantes cuando se manejan productos volátiles en tanques de almacenamiento estándar. En cada ciclo diario o de estación climatológica hay cambios de temperatura que crean un efecto de respiración del volumen de gas arriba de la superficie del líquido. Cuando la temperatura disminuye, el volumen de gas se contrae provocando que el aire atmosférico sea atraído al tanque. Cuando la temperatura se eleva, el volumen del gas se expande, forzando al aire saturado de vapor a salir por los venteos del tanque. Durante este ciclo el aire y el vapor alcanzan el equilibrio provocando que el tanque emita vapores ligeros a la atmósfera.

En la figura 8.4.10 se muestra un resumen de estas pérdidas para tanques con techo cónico. Cuando se retira el contenido del tanque, el aire entra a través de los venteos. Cuando se llena de nuevo, el aire es forzado a salir hacia afuera, nuevamente vapores ligeros salen con el aire. La figura 8.4.11 se encuentra un resumen con datos con esta teoría.

Las pérdidas por llenado no son tan significativas como las pérdidas por respiración pero pueden representar una cantidad considerable.

La teoría de pérdidas por evaporización en tanques estándar con techo cónico ha sido verificada por pruebas actuales por 37 compañías americanas y se puede consultar la siguiente referencia.

Corporation Losses of Petroleum from Storage Tanks, Part II, API Proc., vol. 32 Nov. 1952.

Las pruebas conducidas por ocho compañías para determinar las pérdidas de llenado son concentradas en la tabla 8.4.7. Por lo general las pérdidas de llenado son proporcionales al volumen del producto que entra y que sale.

Las pérdidas por respiración están en función de la presión de vapor del material almacenado y el volumen normal del líquido y vapor.

8.4.2 TANQUES DE CONSERVACION.

Las pérdidas por evaporación materialmente se pueden reducir por:

1. Reducir el espacio de vapor arriba del nivel del líquido: techo flotante.

2. Permitir que la presión del vapor crezca:

Esferoides

Esferas

3. Permitir que la mezcla vapor - aire cambie de volumen a presión constante o variable:

Suministro de gas inerte

Techo elevador

8.4.2.1 TANQUES DE TECHO FLOTANTE.

- **Características.**

Son utilizados para minimizar el riesgo de un incendio en el almacenamiento de líquidos volátiles, evitando que se mezclen varias sustancias en los espacios de vapor de un tanque, en caso de incendio es más fácil combatirlo en este tipo de tanques que en los del tipo de techo fijo.

El techo del tanque flota en el líquido y se eleva y cae adentro de la coraza.

Se provee con un sello para cerrar el espacio entre el techo y la coraza.

Se recomienda para productos con presión de vapor mayor a 2.4 psia y menores a 14 psia (0.16 a 0.98 Kg/cm² A) y que pueda formar una atmósfera explosiva sobre el líquido o bien que se desprendan cantidades considerables de vapores durante la operación.

Estos tanques abarcan el tanque original de techo tipo "charola" el cual ha sido reemplazado por el de "pontoon" simple o doble. Un corte mostrando el drenaje del techo y sus auxiliares se muestra en la figura 8.4.12. Los sellos típicos del anillo aparecen en la figura 8.4.13. Los de doble cuello, los "pontoons" cubren el área total de la superficie del líquido, las pérdidas por evaporación se limitan a aquéllas causadas por la exposición periférica en los sellos. Con este tipo de tanques se eliminan del 90 al 95% de las pérdidas por evaporación.

En cuanto a las pérdidas que se tienen por llenado son prácticamente cero.

En consecuencia los de techo flotante son los más ventajosos para almacenar productos demasiado volátiles en sitios donde existen variaciones en la temperatura ambiente.

El tipo "charola" es menos costoso, pero es menos estable y no se debe tomarlo en cuenta en lugares donde llueva y nieve con mucha frecuencia, ya que tienen una concavidad abierta que flota en el líquido, pudiendo volcarse y hundirse. Hay transferencia de calor considerable desde el cuello del techo hacia el producto del tanque con una posibilidad de ebullición del producto volátil. Se recomiendan para el manejo del petróleo y ciertos ácidos.

El tipo "pontoon" es más estable en cuanto a diseño se refiere, y reduce la posibilidad de una ebullición debajo del cuello o tapa. Consiste de una cubierta de lámina de acero soportada por uno o más vigas, se emplea para manejar crudos ligeros, gasolinas de cualquier clase. El tipo "doble pontoon" prácticamente elimina la ebullición del líquido a causa del calor solar sobre el cuello o tapa superior, su diseño es más costoso.

Todos los techos flotantes ofrecen ventajas además del control de pérdidas por evaporación y llenado.

- a) La eliminación de humedad encontrada en el espacio de vapor es mucho menor que la ofrecida por otros tanques, reduce el problema de la corrosión, sobre todo cuándo se almacena petróleo crudo.

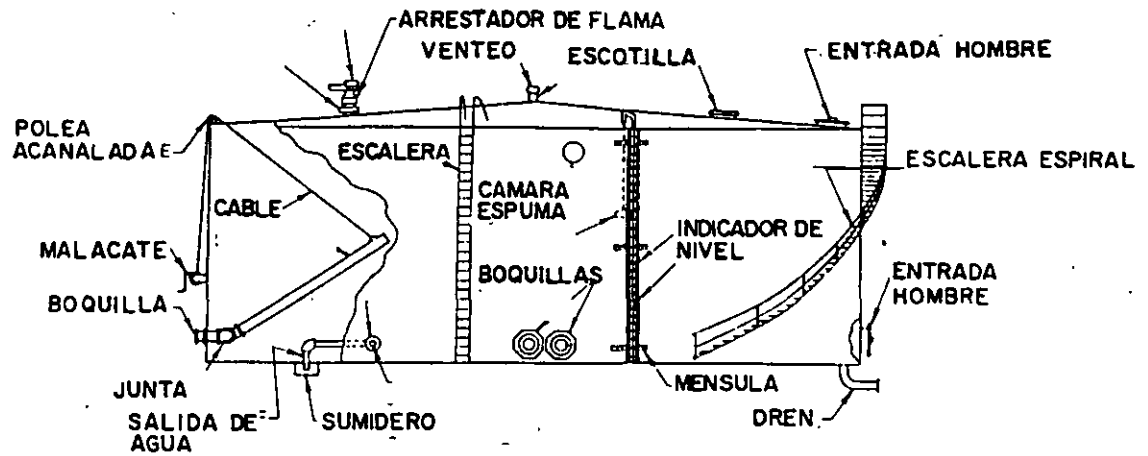


FIG. 8.4.2 ARREGLO TIPICO DE ACCESORIOS PARA UN TANQUE DE TECHO FIJO

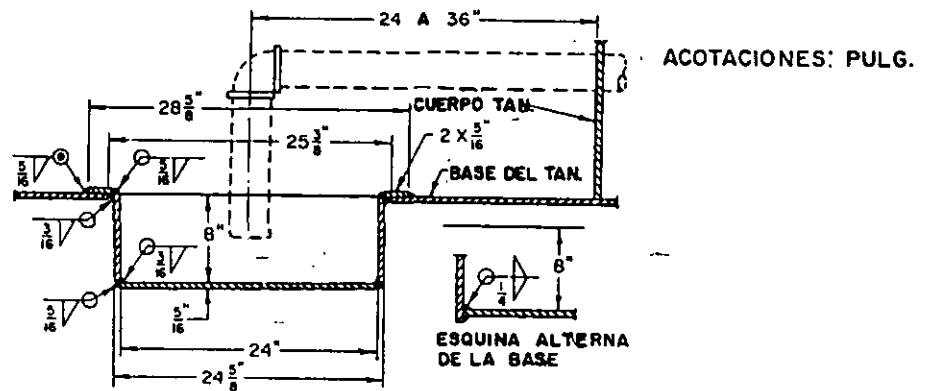


FIG. 8.4.3. SUMIDERO DEL TANQUE Y DRENAJE

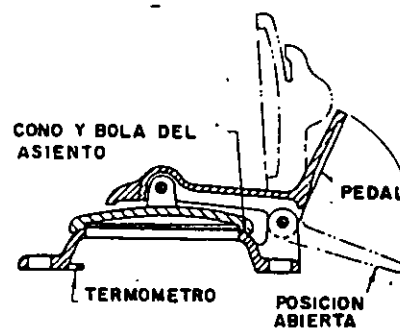


FIG. 8.4.4. CARTABON ANTICHISPAS PARA ESTANCO DE GAS PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO

TABLA 8.4.1

TAMAÑOS TIPICOS DE TANQUES

CORRESPONDIENDO A CAPACIDADES NOMINALES
PARA TANQUES CON CORDONES DE SOLDADURA
DE 72 PULG. A TOPE.

DIAMETRO DEL TANQUE, EN PIES	CAPACIDAD PIES DE ALTURA D	ALTURA DEL TANQUE, PIES								
		12	18	24	30	36	42	48	54	60
		No. DE CORDONES EN TANQUE TERMINADO								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	14.0	170	250	335	420	505				
15	31.5	380	505	755	945	1,130				
20	56.0	670	1,010	1,340	1,680	2,010	2,350	2,690		
25	87.4	1,050	1,570	2,100	2,620	3,150	3,670	4,200	4,720	5,250
30	126	1,510	2,270	3,020	3,780	4,530	5,290	6,040	6,800	7,550
35	171	2,000	3,080	4,110	5,140	6,170	7,200	8,230	9,250	10,280
40	224	2,690	4,030	5,370	6,710	8,060	9,400	10,740	12,080	13,430
45	283	3,400	5,100	6,800	8,500	10,200	11,900	13,600	15,300	17,000
50	350	4,200	6,290	8,390	10,490	12,590	14,690	16,790	18,880	20,980
60	504	6,040	9,060	12,090	15,110	18,130	21,150	24,170	27,190	30,220
70	685	8,230	12,340	16,450	20,560	24,680	28,790	32,900	37,010	41,130
80	895	10,740	16,120	21,490	26,860	32,230	37,600	42,970	48,350	53,720
90	1,133	13,000	20,390	27,190	33,990	40,790	47,600	54,390	61,180	67,980
100	1,399	16,790	25,180	33,570	41,970	50,360	58,750	67,140	75,540	83,930
120	2,014	.....	38,260	48,340	60,430	72,510	84,600	96,690	108,800	120,900
140	2,742	.....	49,350	65,800	82,250	98,700	115,100	131,600	148,000	164,500
160	3,581	.....	.....	.....	107,400	128,900	150,400	171,900	193,400	214,900
180	4,532	.....	.....	.....	136,000	163,200	190,400	217,500	244,800	271,900
200	5,595	.....	.....	.....	167,900	201,400	235,000	268,600	302,200	335,800
220	6,770	.....	.....	.....	203,100	243,700	284,400	325,100	365,800	406,500

CAPACIDAD
EN
BARRILES

D = 174
D = 194
D = 219

CAPACIDAD
EN
BARRILES

TAMAÑOS TIPICOS DE TANQUES

CORRESPONDIENDO A CAPACIDADES NOMINALES
PARA TANQUES CON CORDONES DE SOLDADURA
DE 96 PULG. A TOPE.

DIAMETRO DEL TANQUE, EN PIES	CAPACIDAD PIES DE ALTURA D	ALTURA DEL TANQUE, PIES						
		16	24	32	40	48	56	64
		No. DE CORDONES EN TANQUE TERMINADO						
		2	3	4	5	6	7	8
10	14.0	225	335	450				
15	31.5	505	755	1,010	1,260			
20	56.0	900	1,340	1,790	2,240	2,690		
25	87.4	1,400	2,100	2,800	3,500	4,200	4,900	5,600
30	126	2,020	3,020	4,030	5,040	6,040	7,050	8,060
35	171	2,740	4,110	5,480	6,850	8,230	9,600	10,960
40	224	3,580	5,370	7,160	8,950	10,740	12,530	14,320
45	283	4,530	6,800	9,060	11,330	13,600	15,860	18,130
50	350	5,600	8,390	11,190	13,990	16,790	19,580	22,380
60	504	8,060	12,090	16,120	20,140	24,170	28,200	32,230
70	685	10,960	16,460	21,930	27,420	32,900	38,380	43,870
80	895	14,320	21,490	28,660	35,810	42,970	50,130	57,300
90	1,133	18,130	27,190	36,260	45,320	54,390	63,450	72,520
100	1,399	22,380	33,570	44,760	55,950	67,140	78,340	89,530
120	2,014	.....	48,340	64,400	80,580	96,690	112,800	128,900
140	2,742	.....	65,800	87,740	109,700	131,600	153,500	175,500
160	3,581	.....	.....	114,000	143,200	171,900	200,500	229,200
180	4,532	.....	.....	145,000	181,300	217,500	253,800	290,300
200	5,595	.....	.....	179,100	223,800	268,600	313,400	358,200
220	6,770	.....	.....	216,700	270,800	325,100	379,900	434,700

CAPACIDAD
EN
BARRILES

TABLA 8.4.2

**ESPESTORES DE PLACA PARA TANQUES
CON CORDONES DE SOLDADURA DE 72 PULG. A TOPE**

DIAMETRO DEL TANQUE, EN-PIES	ALTURA DEL TANQUE, PIES										ALTURA MAXIMA PERMISIBLE PARA DIAMETROS ENLISTADOS, PIES
	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	
	No DE CORDONES EN TANQUE TERMINADO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	ESPESOR DE LA PLACA, PULG.										
10	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16					
15	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16					
20	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16			
25	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	0.19	0.19	0.20	0.22
30	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	0.19	0.21	0.24	0.24	0.26
35	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	0.19	0.21	0.24	0.27	0.30	
40	3/16	3/16	3/16	3/16	0.19	0.21	0.24	0.28	0.31	0.35	
45	3/16	3/16	3/16	3/16	0.19	0.23	0.27	0.31	0.35	0.39	
50	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0.26	0.30	0.35	0.39	0.43	
60	1/2	1/2	1/2	1/2	0.26	0.31	0.36	0.41	0.47	0.52	
70	1/2	1/2	1/2	0.25	0.30	0.36	0.42	0.48	0.54	0.61	
80	1/2	1/2	1/2	0.27	0.34	0.41	0.48	0.55	0.62	0.69	
90	1/2	1/2	1/2	0.31	0.38	0.46	0.54	0.62	0.70	0.78	
100	1/2	1/2	0.25	0.34	0.43	0.51	0.60	0.69	0.78	0.86	
120	3/16	3/16	0.31	0.41	0.51	0.62	0.72	0.83	0.93	1.03	
140	3/16	3/16	0.35	0.47	0.60	0.72	0.84	0.96	1.08	1.21	
160	3/16	3/16	0.40	0.54	0.68	0.82	0.96	1.10	1.24	1.38	65.3
180	3/16	3/16	0.45	0.61	0.76	0.92	1.08	1.24	1.39	....	58.2
200	3/16	0.32	0.50	0.67	0.85	1.02	1.20	1.37	....	....	52.5
220	3/8	3/8	0.55	0.74	0.94	1.13	1.32	....	....	....	47.8

DIAMETRO DEL TANQUE, EN PIES	ALTURA DEL TANQUE, PIES								ALTURA MAXIMA PERMISIBLE PARA DIAMETROS ENLISTADOS, PIES
	8	16	24	32	40	48	56	64	
	No DE CORDONES EN TANQUE TERMINADO								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	ESPESOR DE LA PLACA, PULG.								
10	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$					
15	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$				
20	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$			
25	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	0.19	0.20	0.23	
30	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	0.19	0.21	0.24	0.28	
35	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	0.19	0.20	0.24	0.28	0.33	
40	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	0.19	0.23	0.28	0.32	0.37	
45	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	0.19	0.21	0.26	0.31	0.36	0.42	
50	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0.25	0.29	0.35	0.40	0.46	
60	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0.27	0.34	0.41	0.48	0.55	
70	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0.25	0.32	0.40	0.48	0.56	0.65	
80	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0.27	0.37	0.46	0.55	0.64	0.74	
90	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0.31	0.41	0.52	0.62	0.72	0.83	
100	$\frac{1}{2}$	0.25	0.34	0.46	0.57	0.69	0.80	0.92	
120	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	0.41	0.55	0.69	0.83	0.97	1.10	
140	$\frac{3}{16}$	0.31	0.47	0.64	0.80	0.96	1.13	1.29	
160	$\frac{3}{16}$	0.35	0.54	0.73	0.91	1.10	1.29	1.47	65.3
180	$\frac{3}{16}$	0.40	0.61	0.82	1.03	1.24	1.45	....	58.2
200	$\frac{3}{16}$	0.44	0.67	0.91	1.14	1.37	....	....	52.5
220	$\frac{3}{16}$	0.48	0.74	1.00	1.25	....	....	....	47.8

PARA CORDONES DE SOLDADURA DE 96 PULG. A TOPE

PARA CORDONES
DE SOLDADURA
DE 96 PULG. A TOPE

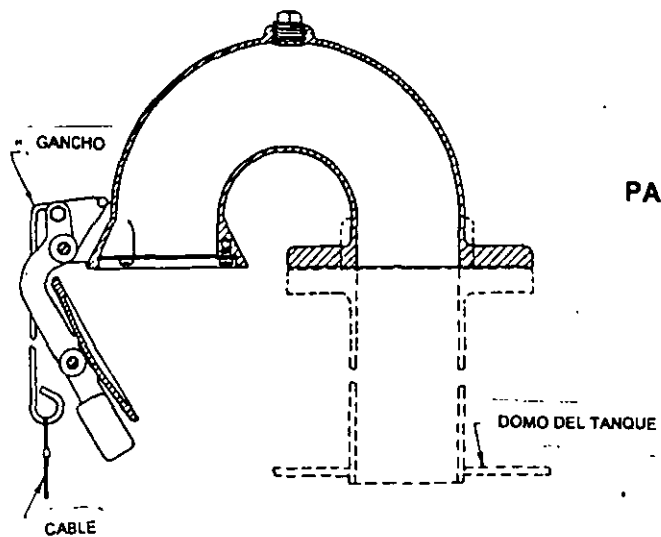


FIG. 8.4.5

**VENTEO LIBRE
PARA TANQUE DE TECHO
FIJO-CONICO**

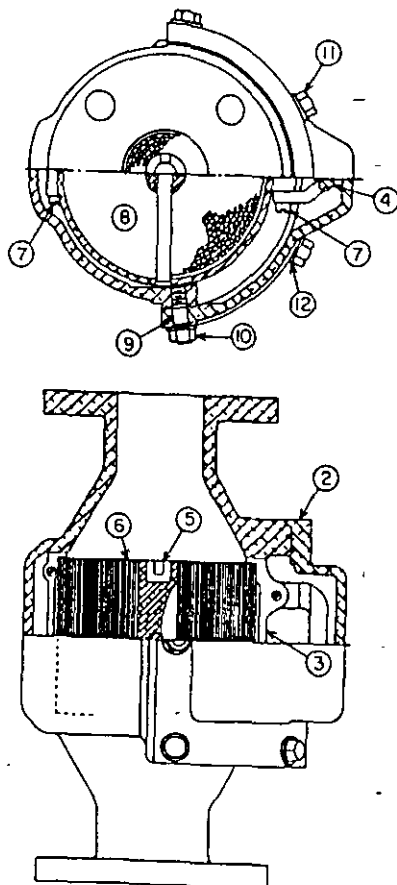


FIG.8.4.9

**ARRESTADOR DE FLAMA PARA
TANQUES DE ALMACENAMIENTO
CON PRODUCTOS VOLATILES**

1. CUERPO
2. CUBIERTA
3. BANCO DE TUBOS
4. MANEJO DE BANCOS DE TUBOS
5. NUCLEO DE BANCOS DE TUBOS
6. BANCO DE TUBOS
7. TORNILLO
8. BIRLO DEL BANCO DE TUBOS
9. PERNO
10. TUERCA HEXAGONAL
11. ROLDANA

TABLA 8.4.6

CAPACIDAD DE VENTEO TERMICA PARA TANQUES DE TECHO CONICO

PIE³/hr DE AIRE

CAPACIDAD DEL TANQUE EN PIE ³ /HR	ASPIRACION DE AIRE ADICIONAL (PIE ³ /HR)	ASPIRACION DE AIRE ADICIONAL (PIE ³ /HR)	
		PUNTO DE SPLAMACION DE 1 y 2 VORES	PUNTO DE SPLAMACION DE 1 y 2 VORES
1,000	1,000	600	1,000
2,000	2,000	1,200	2,000
3,000	3,000	1,800	3,000
4,000	4,000	2,400	4,000
5,000	5,000	3,000	5,000
10,000	10,000	6,000	10,000
15,000	15,000	9,000	15,000
20,000	20,000	12,000	20,000
25,000	24,000	15,000	24,000
30,000	28,000	17,000	28,000
35,000	31,000	19,000	31,000
40,000	34,000	21,000	34,000
45,000	37,000	23,000	37,000
50,000	40,000	24,000	40,000
60,000	44,000	27,000	44,000
70,000	48,000	29,000	48,000
80,000	52,000	31,000	52,000
90,000	56,000	34,000	56,000
100,000	60,000	36,000	60,000
120,000	68,000	41,000	68,000
140,000	75,000	45,000	75,000
160,000	82,000	50,000	82,000
180,000	90,000	54,000	90,000

TABLA 8.4.3

CARACTERISTICAS DEL TECHO DEL TANQUE EN ACERO

ESPESES EN PIE	PIE EN PIE	PIE EN PIE
1/8 (16 gage)	2.553	0.284
3/16 (14 gage)	3.187	0.364
1/4 (12 gage)	4.473	0.497
5/16 (11 gage)	5.107	0.568
3/8 (10 gage)	6.740	0.638
7/16 (9 gage)	8.374	0.708
1/2 (8 gage)	7.00	0.778
5/8 (7 gage)	7.65	0.850
3/4 (6 gage)	10.20	1.133

* ESPESES EN ACERO (ESPECIFICADO POR S. ESTANDAR AISC)

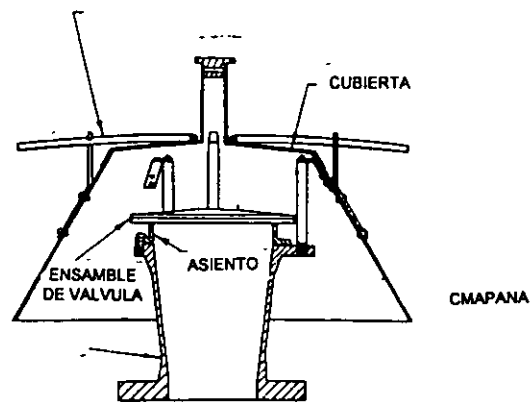


FIG. 8.4.6

**VENTEO DEL TIPO CONSERVACION PARA
TANQUES DE TECHO FIJO CONICO**

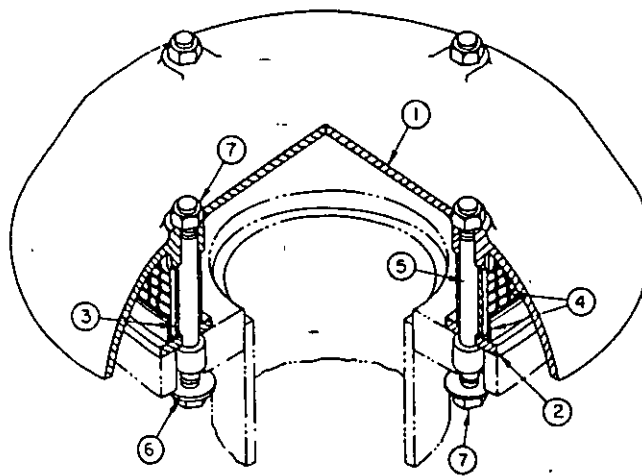


FIG. 8.4.7 **VENTEO LIBRE DEL TIPO HONGO PARA
TANQUES CONICOS**

- 1 CUBIERTA
- 2 PLACA DE LA BASE
- 3 ESPACIADOR
- 4 MARCO Y PANTALLA
- 5 PERNO
- 6 ROLDANA
7. TUERCA HEXAGONAL

FIG. 8.4.

APLICACION DE UN TECHO EXPANSION A UN GRUPO DE TANQUES DE TECHO CONICO

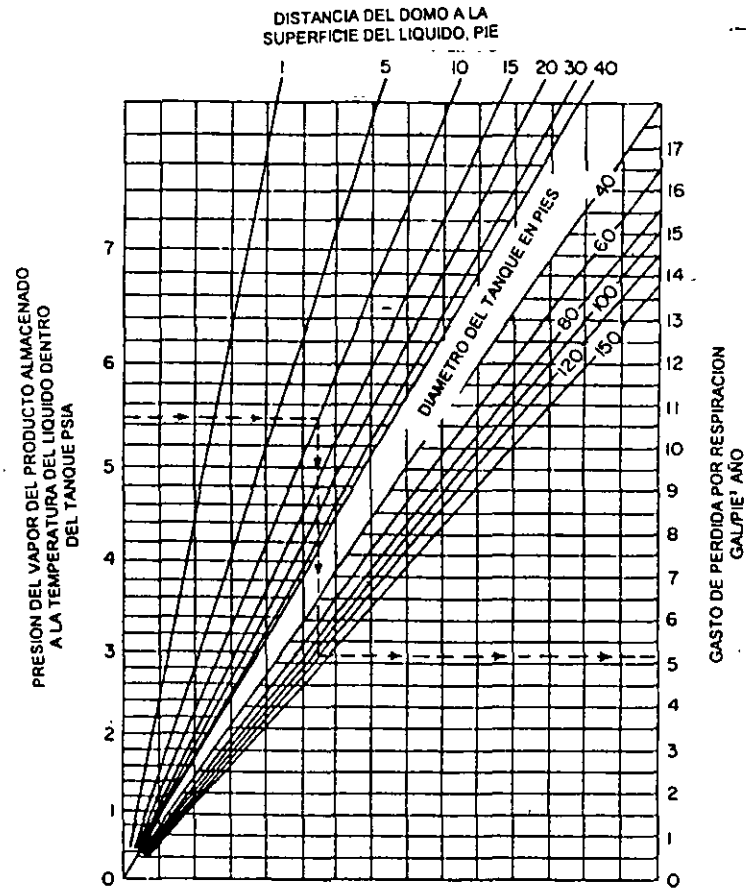
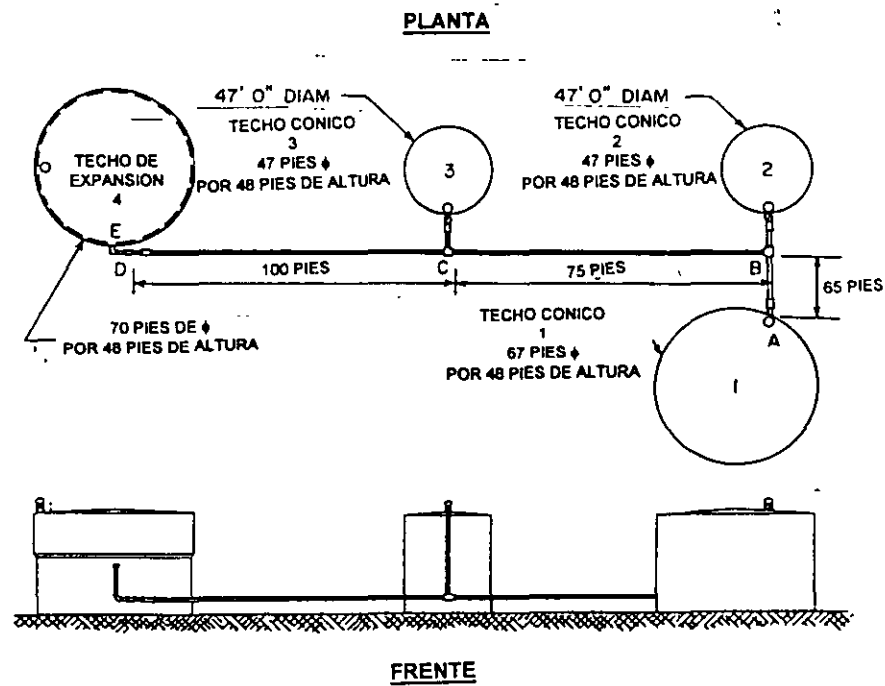


FIG. 8.4.10

PERDIDAS POR RESPIRACION PARA TANQUES
DE TECHO CONICO CON VENTEO DE CONSERVACION



TABLA 8.4.7

**RESULTADOS DE PRUEBAS DE AVAPORACION
CONDUCTIDAS POR OCHO COMPAÑÍAS
PETROLERAS AMERICANAS**

TAMAÑO DEL TANQUE			PERDIDAS PROMEDIO BBL/AÑO OCHO COMPAÑÍAS
CAPACIDAD NOMINAL, BBL	DIAMETRO PIE	ALTURA DE CORAZA, PIE	
5,000	30	40	154
5,000	35	30	169
10,000	42½	40	207
20,000	60	40	570
55,000	100	40	1,382
67,000	100	48	1,536
80,000	120	40	1,895
125,000	150	40	2,753
150,000	150	48	3,022

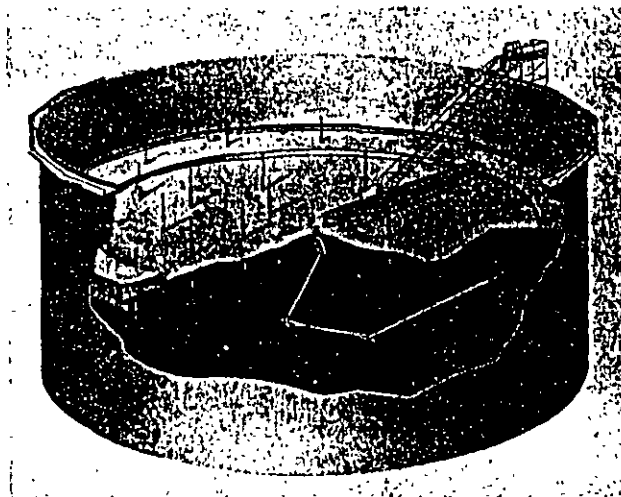


FIG. 8.4.12

**TANQUE DE ALMACENAMIENTO CON
TECHO FLOTANTE**

FIG. 8.4.11

RANGOS DE PERDIDAS POR LLENADO EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y RECIPIENTES A PRESION

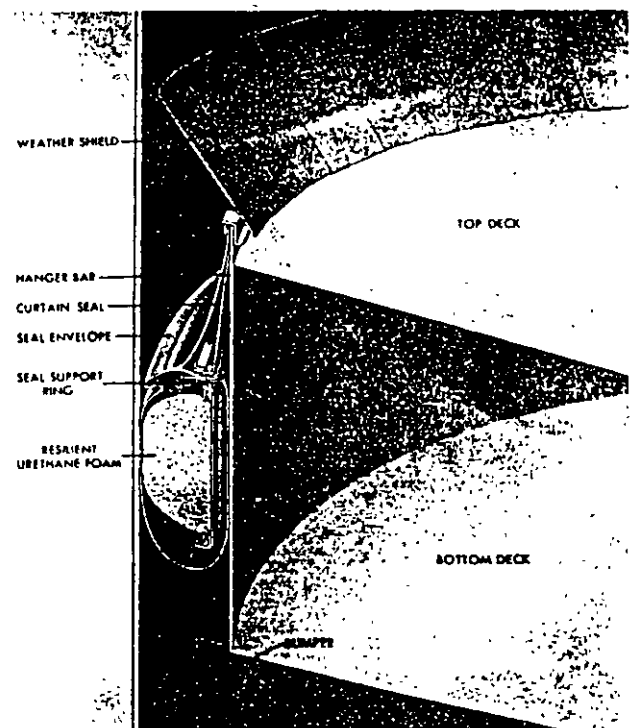
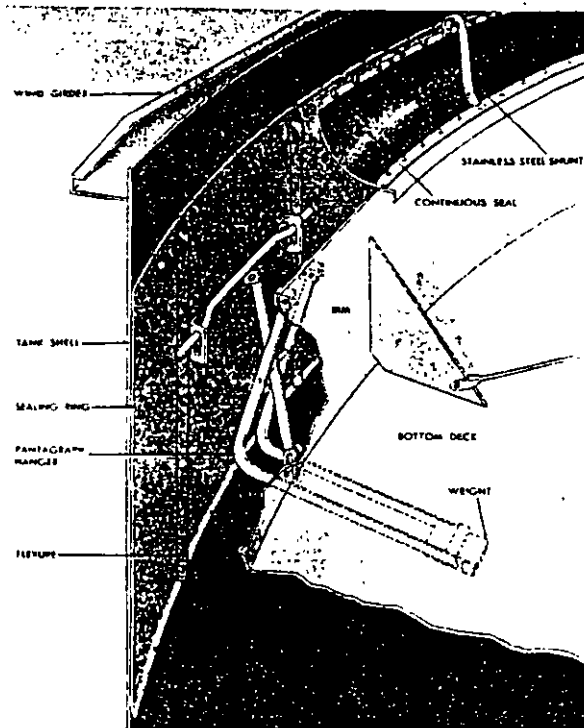
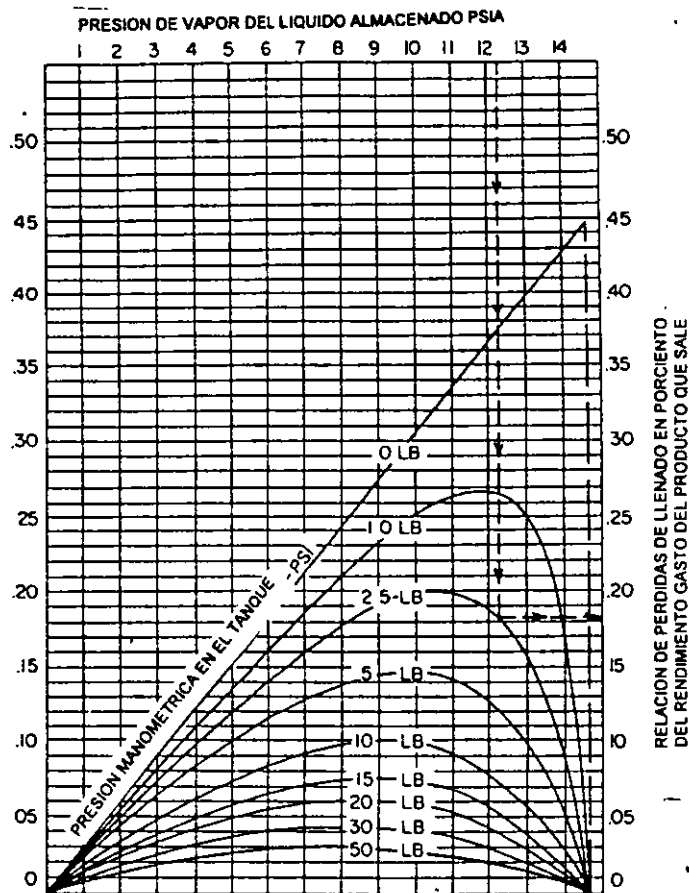


FIG. 8.4.13

SELLOS DE TANQUES DE TECHO FLOTANTE

UPD ANILLO DE BILLO DE PLECH
DEP. BELLGELASTICO

FIG. 8.4.14

CORTE DE UN TANQUE ESFEROIDE

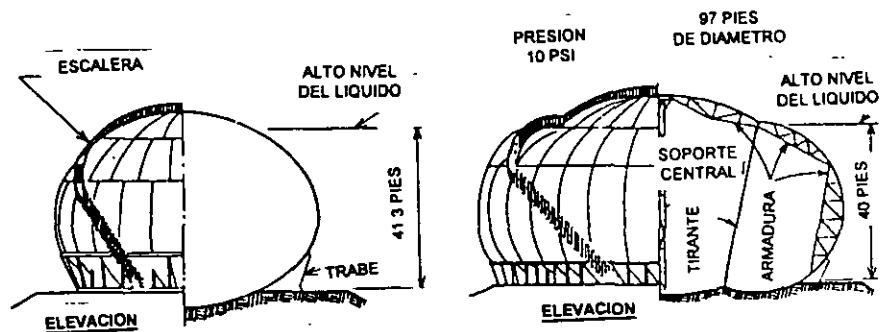
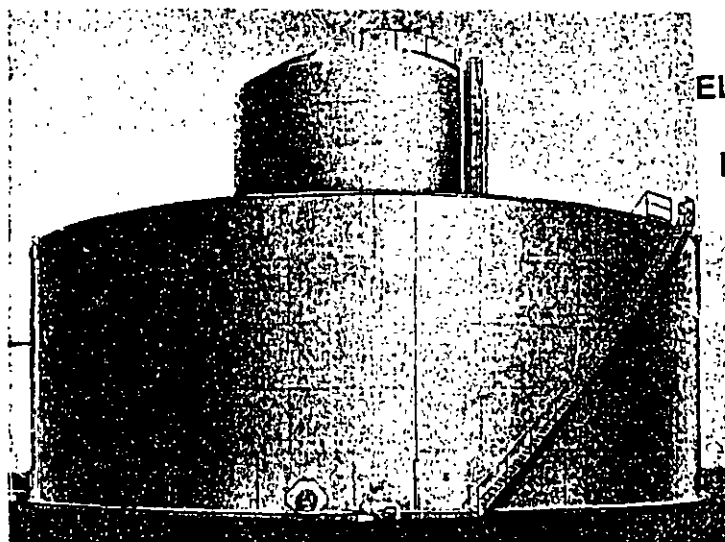
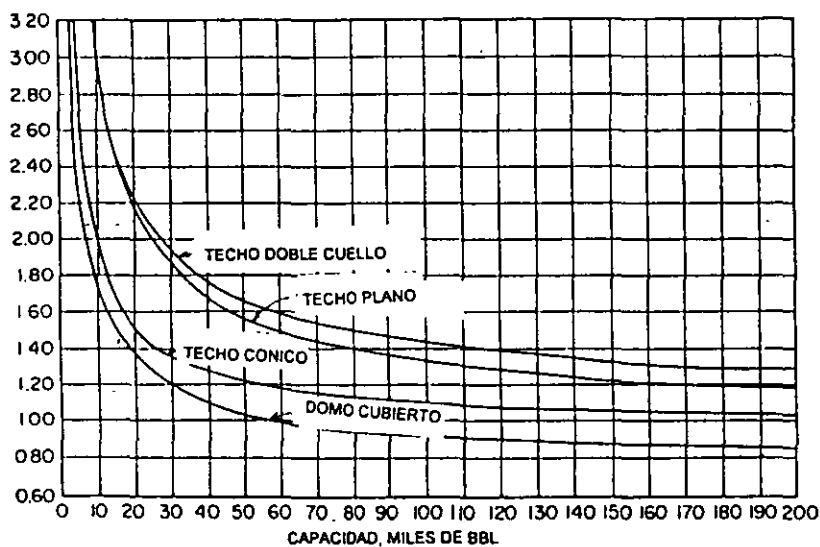


FIG. 8.4.18



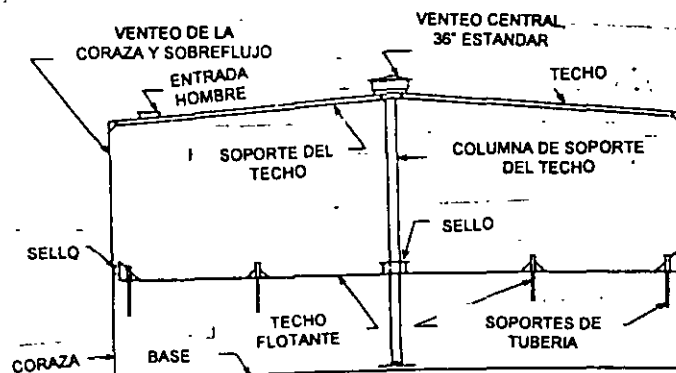
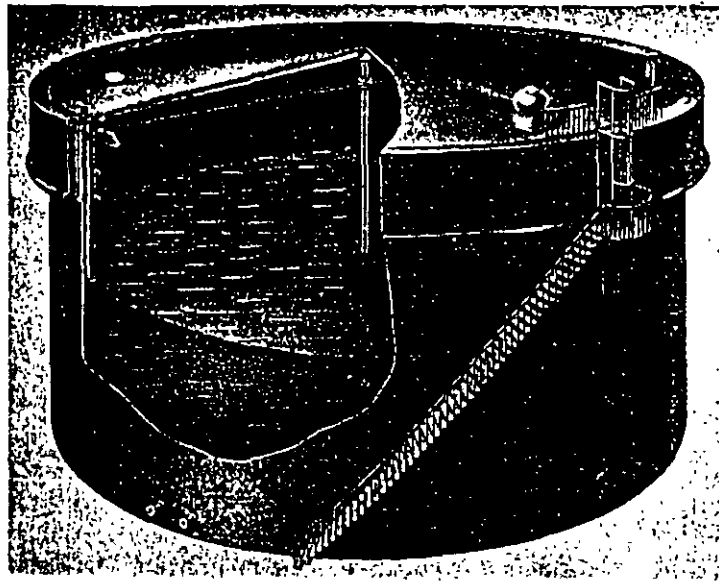
EL DOMO DE VAPOR PERMITE CAI
DE VOLUMEN DE VAPOR PER
IMPIDE QUE LOS VAPORES ESC/
A LA ATMOSFERA



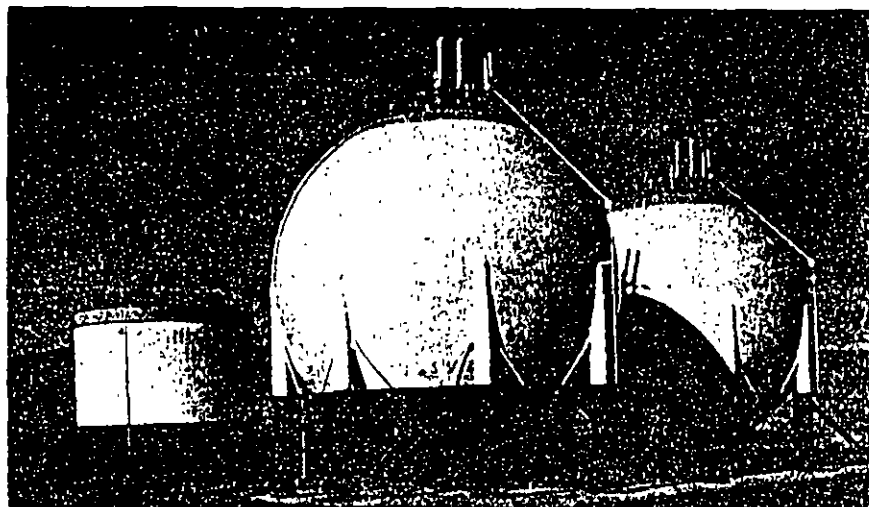
COSTO DE TEMPERATURA API DE ACERO
Y SOLDADOS PARA ALAMCENAMIENTO
DE PETROLEO

FIG. 8.4.16

**CORTE DE UN TANQUE
ELEVADOR O DE EXPANSION**



**DIBUJO TIPICO DE UNA CUBIERTA PARA
UN TANQUE CON TECHO FLOTANTE INTERNO
INSTALADO EN UN TANQUE CONVENCIONAL CONICO**



**FIG. 8.4.15 TANQUE DE ALMACENAMIENTO ESFERICO
BAJO PRESION (15 M DE DIAMETRO)**

**CAPACIDAD Y TAMAÑO DE
RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO A PRESION
ESFEROIDES**

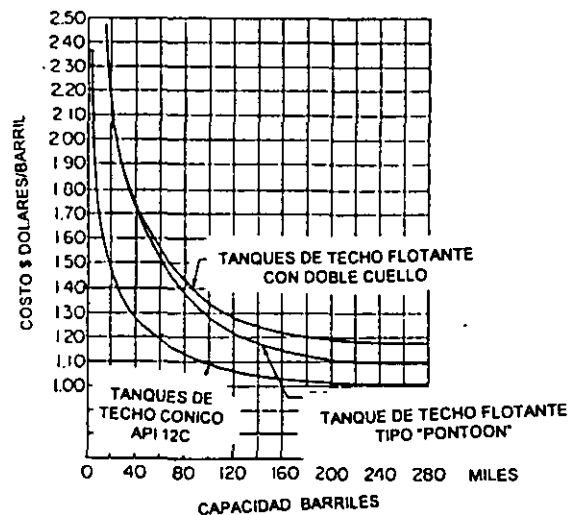
CAPACIDAD BBL	TAMAÑO		RANGO DE PRESION PSIG
	DIAM	ALTURA	
2,500	31'4"	23'2"	10-75
5,000	41'2"	27'2"	10-75
7,500	47'5"	30'8"	10-60
10,000	52'4"	33'5"	10-60
15,000	57'10"	40'0"	10-60
20,000	60'0"	41'4"	10-50
25,000	68'2"	47'7"	10-40
30,000	76'11"	46'8"	5-40
40,000	85'1"	50'10"	5-40

ESFERAS

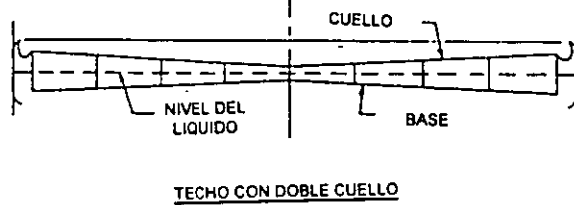
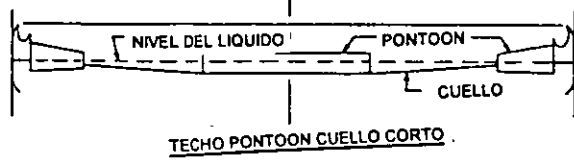
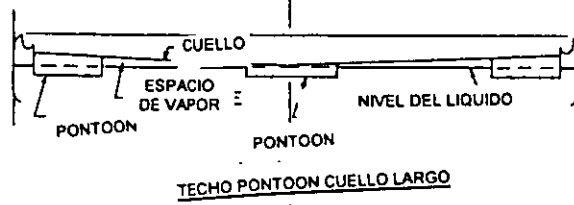
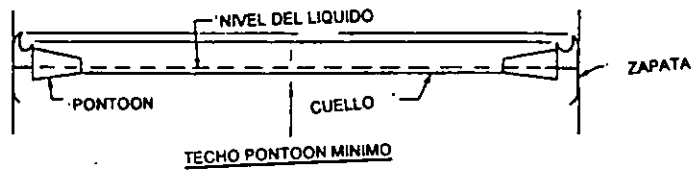
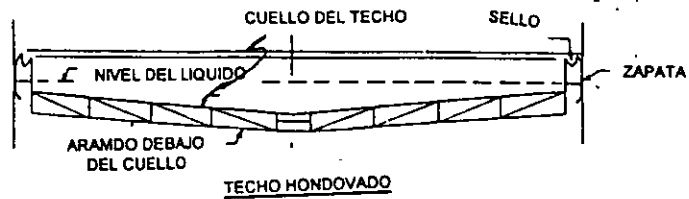
CAPACIDAD BBL	DIAMETRO	RANGO DE PRESION PSIG
1,000	22'3"	30-150
1,500	25'6"	30-150
2,000	28'0"	30-150
2,500	30'3"	30-150
3,000	32'6"	30-150
4,000	35'3"	30-150
5,000	38'0"	30-100
6,000	40'6"	30-100
7,500	43'6"	30-100
10,000	48'0"	30-75
12,000	51'0"	30-75
15,000	50'4"	30-75
20,000	60'6"	30-50
25,000	65'0"	30-50
30,000	69'0"	30-50

TAMAÑOS TÍPICOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

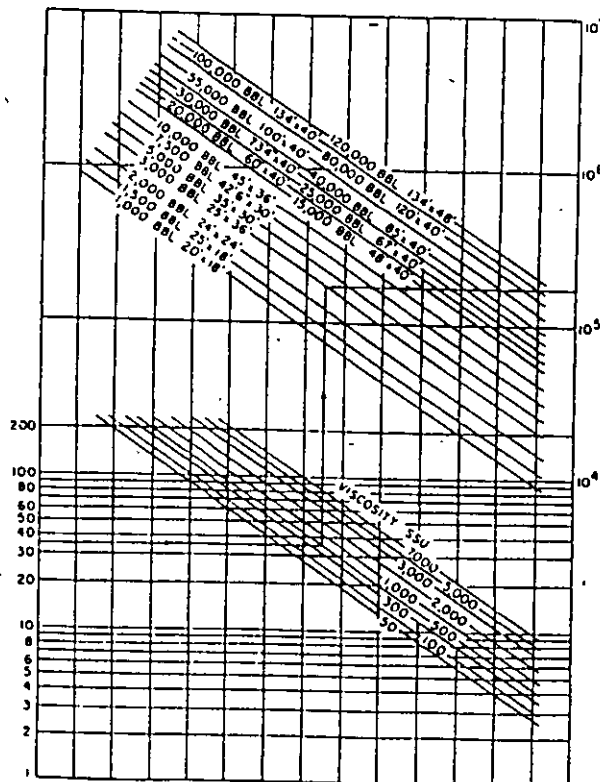
DIAMETRO EN PIES	ALTURA PIES	CAPACIDAD BBL	DIAM PIE	ALTURA PIE	CAPACIDAD BBL
15	18	500	70	40	27,400
20	18	1,000	70	48	32,830
20	24	1,345	73½	40	30,000
25	18	1,500	75	48	37,300
25	24	2,000	80	40	35,000
25	30	2,500	80	45	40,000
25	36	3,000	80	48	42,500
27	24	2,400	90	40	45,000
30	24	3,000	90	45	50,500
30	30	3,750	90	48	54,384
30	36	4,536	100	40	55,000
30	40	5,000	100	45	62,500
34	30	4,800	100	48	67,000
35	30	5,100	110	40	76,100
35	36	6,100	110	48	80,000
36½	40	7,500	120	40	80,000
40	30	6,715	120	45	90,000
40	32	7,100	120	48	96,000
40	36	8,000	130	48	113,000
40	40	8,900	134	40	100,000
40	42	9,400	134	48	120,000
41	36	8,400	140	40	109,500
42½	40	10,000	140	48	131,500
44	36	9,500	150	40	125,000
45	36	10,000	150	48	150,000
45	42	11,805	160	40	142,500
45	45	12,600	160	45	160,000
48	40	12,500	160	48	170,000
48	48	15,000	170	48	192,000
49	36	12,000	180	40	180,000
50	40	14,000	180	48	216,000
50	45	15,000	200	40	224,000
52	40	15,000	200	48	208,000
60	40	20,000	220	40	267,000
60	48	24,000	220	45	301,000
67	40	25,000	220	47	325,000
67	48	30,000	292	28	334,000
70	36½	25,000			



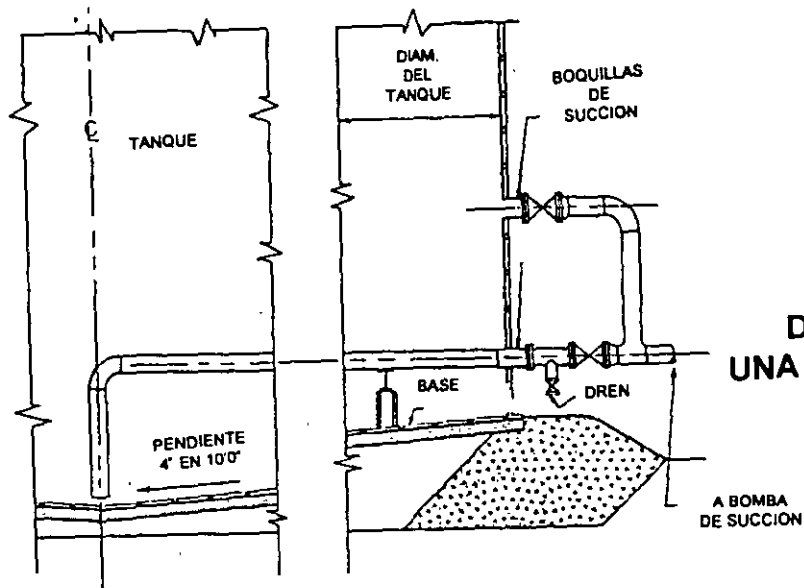
COSTO APROXIMADO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO ATMOSFERICOS



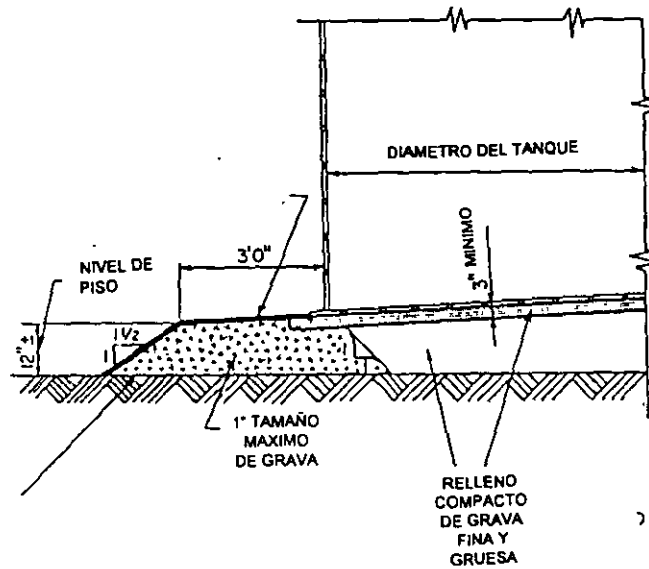
LOS TIPOS DE TECHOS FLOTANTES PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO



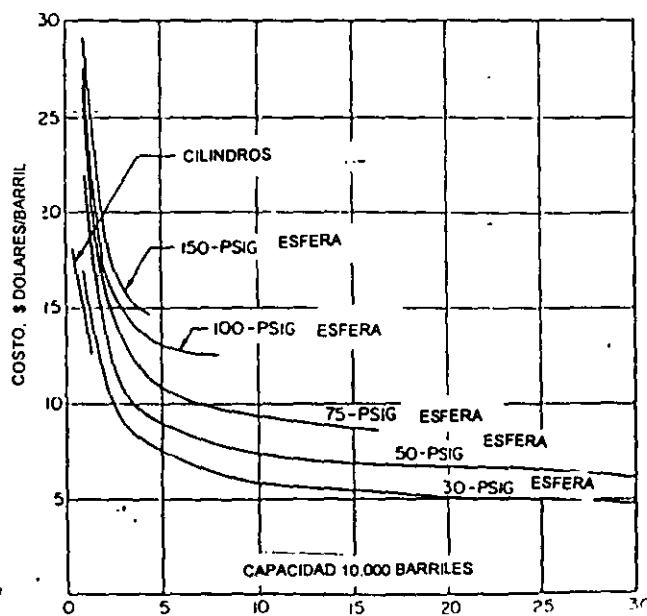
PERDIDAS DE CALOR EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO



**DETALLES DE
UNA BASE CONCAVA**

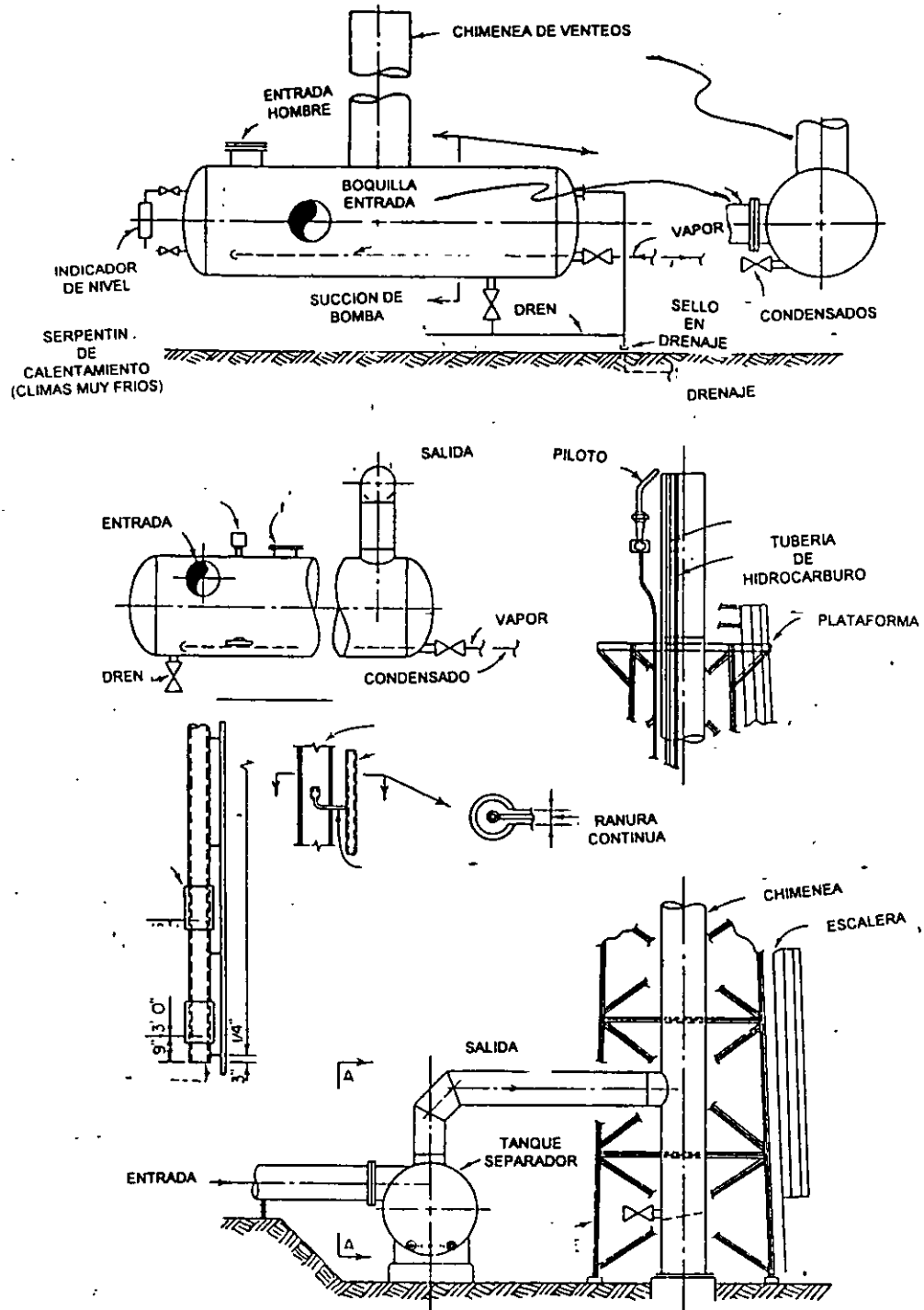


**DETALLES DE CIMEN
DE TANQUES
DE ALMACENAMIENTO**



**COSTO DE TANQUES
DE ALMACENAMIENTO A
PRESION (AÑO 1965)**

TANQUE TIPICO DE DESFOGUES Y VENTEOS PARA COLECCION LIQUIDA DE HIDROCARBUROS



QUEMADOR DE CAMPO PARA COMBUSTION DE GASES DE DESPERDICIO DE REFINERIAS

- b) La eliminación del espacio de vapor arriba de la superficie del destilado lo vuelve seguro, evita cualquier tipo de incendio dentro del tanque.

Todos los tanques de almacenamiento del tipo flotante se adaptan a todos los diámetros de configuración vertical.

Los del tipo de tapa cubierta doble (double - deck) se recomiendan para fluidos muy volátiles y corrosivos, y diámetros menores a 18.24 m. Estos tanques tienen dos cubiertas de lámina (superior e inferior) con estructura rígida entre las cubiertas.

El espacio vacío entre las dos cubiertas sirve como un aislante para el producto. La cubierta inferior está continuamente sumergida en el líquido almacenado.

8.4.3 ALMACENAMIENTO A PRESION

Para evitar pérdidas por respiración, un recipiente debe ser capaz de soportar la presión máxima normalmente alcanzada sin venteo. Las presiones de vapor de productos ligeros de refinación y destilados raramente excederán las 12 psia (0.84 Kg/cm²A) por el método Reid a 100° F (37.7° C). La presión requerida para prevenir la evaporación oscilarán más o menos entre los 2 a 5 PSIG (0.14 - 0.35 Kg/cm²M).

La presión de vapor Reid de gasolinas naturales oscilan entre los 10 a 30 PSIA; para gas LP alrededor de los 30 a 40 PSIA. Estos productos requieren de presiones más altas durante su almacenamiento para eliminar las pérdidas por evaporación.

Los almacenamientos a presión se podrán clasificar en dos grupos:

- a) **Presión baja**, diseñados normalmente de 2.5 a 5 PSIG. Esferoides y semiesferoides caen en esta clasificación aunque ciertos esferoides se han construido para soportar presiones de 15 PSIG.
- b) **Presión alta**, de 30 a 200 PSIG. Esferas y tanques horizontales con cabezas esféricas o torisféricas serían unos ejemplos.

El esfuerzo permisible del material en la corazas el mismo en todas las direcciones. El tanque esferoide está disponible en capacidades de 40000 bls para presiones de 30 PSIG.

El tipo y presión de trabajo del recipiente corresponderá a la presión de vapor más alta del material individual o la mezcla a la temperatura de operación de diseño.

El propano se almacena en recipientes cilíndricos diseñados para trabajar a una presión de 250psig (17.5 Kg/cm²M.). Mezclas de propano y butano - buteno son almacenados generalmente en esferas con presiones de trabajo de alrededor de 85PSIG (6Kgr/cm² M).

Debido a su costo, los tanques de almacenamiento del tipo esfera no son probados con un relevado de esfuerzos por lo que el tamaño del recipiente se limita por el espesor máximo permitido por el código ASME.

Los recipientes de almacenamiento a presión que tienen presiones de trabajo menor a 15PSIG (1.05kgr/cm²). Son diseñados y probados de acuerdo con el código API - 620.

Recipientes con presiones de trabajo mayores a 15 PSIG (1.05kgr/cm²) serán diseñados y aprobados de acuerdo con el código ASME Unfired Pressure Vessels.

El material recomendado es el ASTM-A-285-C. Este tipo de recipiente es totalmente o parcialmente fabricado en el taller del fabricante y los procedimientos de prueba son muchos más estrictos que para los de almacenamiento atmosférico.

Accesorios

Los recipientes de almacenamiento cilíndricos se soportan en silletas en posición horizontal.

Como accesorios principales se tienen: Dos válvulas relevadoras de presión, indicadores de presión, indicadores-transmisor de temperatura e indicadores de nivel con sus respectivas alarmas e interruptores.

Para capacidades mayores uno o más puntos de unión son incorporados como se muestra en la figura 8.4.14. Esferoides con

NUMERO DE BOQUILLAS MINIMO PARA TANQUES DE TECHO CONICO

Capacidad de los tanques en BLS.	Registro de hombre en techo M2	Registro de hombre en cuerpo M1	Boquilla de entrada N1	Boquilla de salida N2	Boquilla de venteo N4	Boquilla de drenaje N3	Boquilla de muestro N5	Puerta de limpieza *
Hasta 10 000	1 de 24"	1 de 24"	1 de 8"	1 de 8"	1 de 8"	1 de 8"	1 de 8"	1 de 24"x24"
Hasta 35 000	1 de 24"	1 de 24"	1 de 10"	1 de 10"	1 de 8"	2 de 4"	1 de 8"	1 de 24"x24"
Hasta 80 000	1 de 24"	1 de 24"	1 de 12"	1 de 12"	2 de 10"	3 de 4"	2 de 8"	1 de 24"x24"
De 100 000 en adelante	2 de 24"	2 de 24"	1 de 14"	1 de 14"	2 de 12"	4 de 4"	2 de 8"	2 de 36"x48"
De 200 000	2 de 30"	2 de 24"	1 de 14"	1 de 14"	8 de 6"	4 de 4"	2 de 8"	1 de 48"x45"
De 500 000	2 de 30"	2 de 24"	1 de 30"	2 de 30" o 1 de 36"	8 de 12" Autom.	6 de 4" y 1 de 24"	2 de 8"	4 de 48"x45"

* Dependen del servicio del tanque

puntos de unión múltiples se construyen con capacidades hasta de 120,000 bls y presiones hasta 15 PSIG. Aplica para líquidos como todas las gasolinas.

Los tanques esféricos como el de la figura 8.4.15 son contruidos para soportar altas presiones; se encuentran con capacidades hasta de 30,000 bls. Manejan fluidos como el gas natural, amoníaco, butadieno, estireno, etc. La presión de trabajo para permanecer dentro del código API - ASME disminuye conforme aumenta el diámetro del tanque. Por ejemplo:

- Una esfera de 1000 bls debe construirse a 200 PSIG como presión de trabajo
- Una esfera de 5,000 bls. para 120 PSIG.
- Una esfera de 30,000 bls. (60 pies de diámetro trabajara a 50 PSIG

Las esferas se soportan en patas o estructuras de acero. Por otro lado, los esferoides normalmente se soportan sobre un relleno de arena sobre la superficie del terreno terminado. Estos recipientes tienen sus escaleras de acceso y plataformas para una fácil inspección y mantenimiento. Sus accesorios:

Indicadores de presión y temperatura con sus respectivas alarmas e interruptores. Las válvulas relevadoras de presión son del tipo acción por piloto y una por vacío. Para productos con presión de vapor de 14 - 125 PSIA (1 - 8 Kg/cm²)A.

- **Otras características**

Los hidrocarburos almacenados en estos recipientes de almacenamiento a presión son líquidos con baja presión pero son vapores a las condiciones de temperatura ambiente y presión atmosférica.

Cuando estos líquidos se escapan del almacenamiento a presión, ellos se reevaporan ("se flashean"), pasando a la fase vapor con un efecto autorefrigerante que subenfria el balance.

Debido a que los vapores de hidrocarburos reevaporados son más pesados que el aire, estos se reúnen en puntos bajos. Por lo tanto es aconsejable no utilizar diques al rededor del recipiente donde se almacenan: gas LP o materiales similares, sería mejor permitir el flujo

libre de aire alrededor del recipiente para formar un cause de escape para estos vapores.

Los recipientes se localizaran en un área bien drenada para permitir que los líquidos peligrosos se alejen de las áreas de almacenamiento en el caso de un incendio iniciado a nivel de piso.

Los recipientes cilíndricos estarán distanciados cada 2 m. Solamente se permite una batería de 6 recipientes de acuerdo al código NFPA.

Los grupos conteniendo varios recipientes deberán estar espaciados por lo menos 8 m uno del otro.

La distancia clara con respecto a otras estructuras o líneas de propiedad será de 20 m.

Las esferas y esferoides estarán separados por lo menos 15 m. Los grupos formados serán de dos recipientes aunque comúnmente se utilizan de cuatro.

El espaciamiento entre grupos será alrededor del diámetro más grande del recipiente o 20 m.

La distancia clara con respecto a estructuras o líneas de propiedad será de 20 m.

8.4.5 TANQUES CON TECHO ELEVADOR

La tercera clasificación de almacenamiento es la del tipo de conservación. Este permite cambios de volumen del vapor sin ventearlo a la atmósfera, estos tanques se emplean para manejar líquidos muy volátiles.

El tipo de techo elevador como se muestra en la figura 8.4.16, es en efecto un sostén de gas montado sobre un tanque estándar. Cuando la mezcla de vapor - aire arriba de la superficie del hidrocarburo se expande o se contrae, el techo elevador sube o baja. No hay pérdida por respiración, siempre y cuando la expansión del espacio de vapor - aire no exceda la capacidad del techo elevador. Si la capacidad del elevador

es abundante, uno o más tanques de techo cónico adicionales pueden acomodarse.

El espacio de vapor de otro tanque adicional es conectado al espacio de vapor del tanque equipado con elevador, tal como se muestra en la figura 8.4.17. Este tipo de techo opera a baja presión de $\frac{1}{2}$ a 1 oz/pulg² (1.69 - 3.38 mm Hg). Cuando se desarrolla un exceso de presión, la mezcla de vapor - aire es venteada a la atmósfera. Los techos de elevador siguen un diseño, con sostén de gas y sello de líquido. La elevación puede ser hasta de 15 pies (4.6 m), dependiendo del volumen de la expansión anticipada de la mezcla vapor - aire. Estos están disponibles para capacidades hasta de 120,000 bls.

Otro tipo de construcción que permite cambios de volumen de vapor pero los limita del escape a la atmósfera es el de domo de vapor, montado sobre un techo cónico estándar (ver figura 8.4.18).

Una membrana flexible e impermeable de nylon impregnada con hule sintético y perfil semiesférico es pegado a la línea central del domo y que permite suspenderse libremente hacia abajo. Cuando es inflada, alcanza el límite del cuerpo de acero del domo y en consecuencia proporciona un volumen de expansión de vapor igual a el diámetro del domo de la esfera. Los domos de vapor están disponibles para diámetros de 66 pies (20.1 m) y volumen de 150,000 pies³ (4,245 m³).

8.4.6 TANQUES REFRIGERADOS

Se podrán almacenar en tanques refrigerados y aislados térmicamente, aquellos productos que a temperatura ambiente tengan presiones de vapor superiores a 300 libras por pulgada cuadrada, (21 kg/cm²) pero que, mediante refrigeración adecuada puedan mantenerse a una temperatura a la cual su presión de vapor sea menor a 300 lbs. por pulgada cuadrada (21 kg./cm²) en tanques aislados térmicamente. Estos tanques podrán ser esféricos o cilíndricos, con casquetes semi-esféricos o elipsoidales, según sea la presión de operación.

8.4.7 OTROS DETALLES PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

Previa consulta a códigos del API siempre y cuando se podrán encontrar tanques con los siguientes accesorios:

- Registros rectangulares de limpieza, generalmente para líquidos muy sucios como son los crudos, petróleo, etc.
- Calentadores que los hay del tipo:
 - a) Interior-inmerso (serpientes, tubos aletados).
 - b) Exterior-tubo y coraza pudiendo estar en la succión o descarga de la bomba para mantener una temperatura alta para disminuir la viscosidad y asegurar un flujo poco turbulento.
- Agitadores del tipo turbina y propela se dispondrá de mamparas internas para evitar el arqueado del nivel del líquido.
- Indicadores de nivel para líquidos que normalmente son del tipo flotador e indicadores de temperatura.

- **Materiales.**

El API-650 especifica esfuerzos permisibles del acero igual a 21,000 PSI y 85% de eficiencia en juntas de soldadura. Conforme al ASTM se especifica espesores de placa hasta 1 1/2 pulg para material de A-283-C.

Placas menores a 4 pulg el A-283-D y A7.

Los aceros A-131 grados A, B, y C son aceptables pero pueden sufrir fractura durante la vida del tanque.

Las placas de acero tendrán un endurecimiento de sus cortes para soportar la prueba hidrostática a 32° F.

- **Inspección:**

- Se practica el radiografiado al azar y pruebas no destructivas.

CLASIFICACION DE LIQUIDOS COMBUSTIBLES NFPA - 30

Clase: I Fluidos como la gasolina y muchos alcoholes con puntos de inflamación (flash point) abajo de 37.7°C.

- Son los más peligrosos para almacenar.
- Ver restricciones de capacidad de almacenamiento mas reciente en NFPA - 30A.
- Se exige control de un posible derrame.

Clase II Fluidos como diesel, kerosina con punto de inflamación entre 37.7 - 60° C

- Se exige control de un posible derrame.

Clase III Fluidos como desperdicios aceitosos.

a) Con punto de inflamación entre 60 - 93.3° C.

- Se exige un control de un posible derrame.

b) Punto de inflamación > 93.3° C

- No se exige control para un posible derrame.



DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD RECOMENDADOS
RECIPIENTE EXPUESTO AL FUEGO, TÍPICO

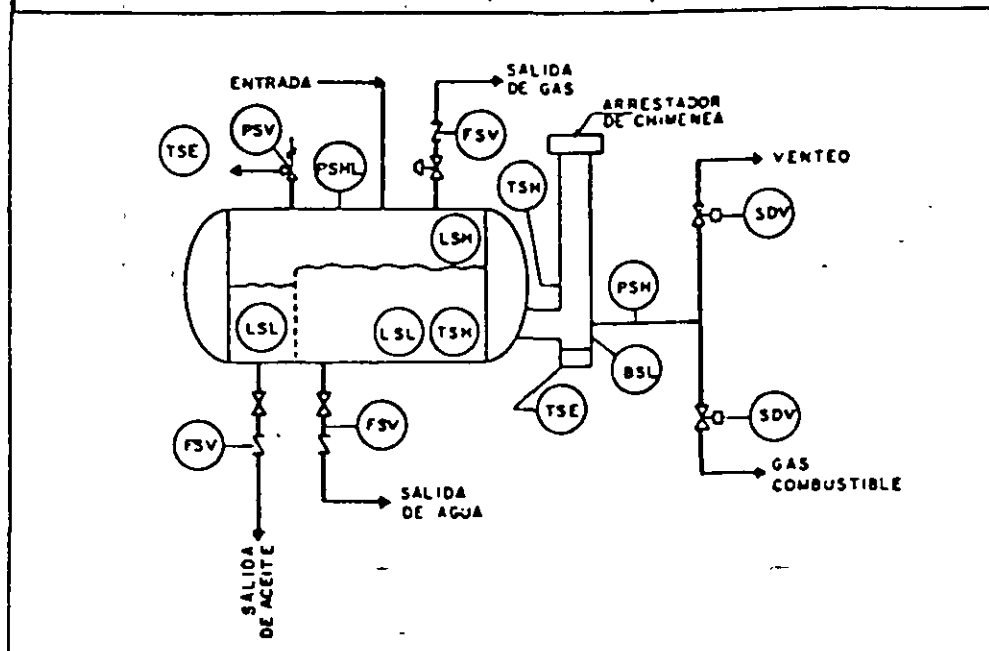


FIGURA 81
TABLA DE ANALISIS DE SEGURIDAD (SAT)
COMPONENTES EXPUESTOS AL FUEGO
TIPO NATURAL

EVENTO INDESEABLE	CAUSAS	CONDICION DETECTABLE	PROTECCION	
			PRIMARIA	SECUNDARIA
TEMPERATURA EXCESIVA	EXCESO DE COMBUSTIBLE BAJO NIVEL DE LÍQUIDO BAJO FLUJO TRANSFERENCIA DE CALOR LIMITADO	TEMPERATURA ALTA BAJO NIVEL BAJO FLUJO TEMPERATURA ALTA	TSM LSL PSL TSM CHIMENEA	TSM (CHIMENEA) TSM TSM (CHIMENEA) ESS
FUENTE DE IGNICION DIRECTA	EMISION DE FLAMA DE LA ENTRADA DE AIRE EMISION DE CHISPAS EN LA SALIDA DE LA CHIMENEA	TEMPERATURA ALTA NINGUNA	ARRESTADOR DE FLAMA ARRESTADOR DE LA CHIMENEA	ESS ESS
EXCESO DE COMBUSTIBLE EN LA CAMARA DE COMBUSTION.	FALLA EN EL CONTROL DE SUMINISTRO DE AIRE O COMBUSTIBLE.	FALLA EN LA FLAMA O BAJA TEMPERATURA	BSL O TSL	PSM (COMBUSTIBLE)
SOBREPRESION (TUBOS EN LA CAMARA DE COMBUSTION).	EXCESIVO CALOR CUANDO LOS TUBOS SON AISLADOS.	ALTA PRESION	PSV (TUBOS)	TSM

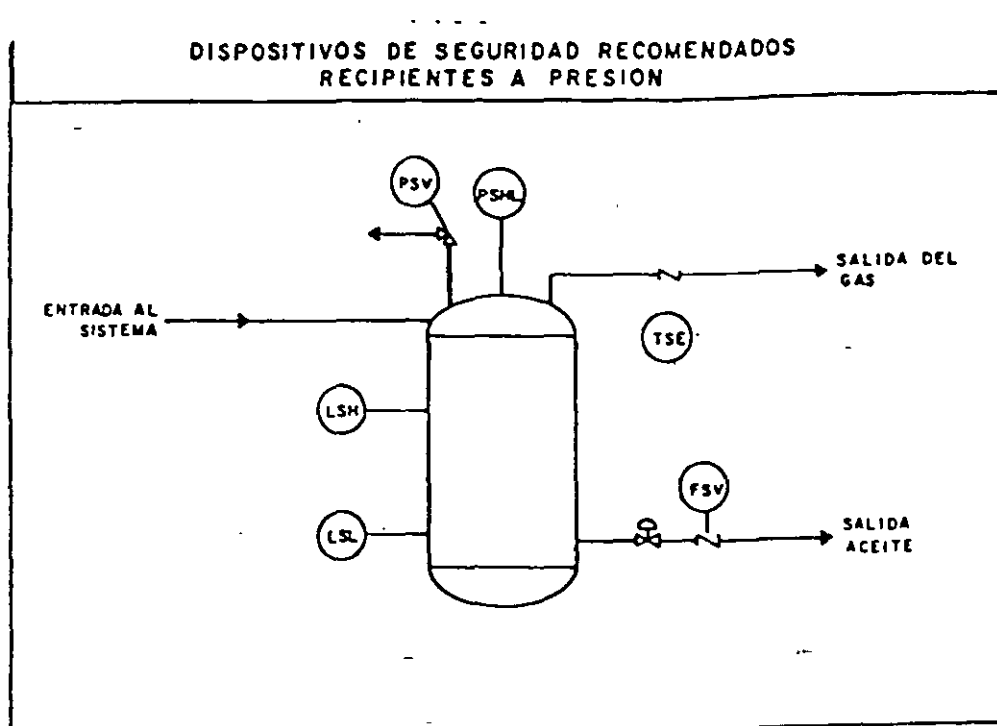


FIGURA 4.1 TABLA DE ANALISIS DE SEGURIDAD RECIPIENTES A PRESION				
EVENTO INDESEABLE	CAUSAS	CONDICION DETECTABLE	PROTECCION	
			PRIMARIA	SECUNDARIA
SOBREPRESION	EXCESO DE FLUJO. - EXPANSION TERMICA. SALIDA BLOQUEADA.	ALTA PRESION	PSH	PSV
BAJA PRESION	RETIRO EXCESIVO DE FLUJO. CONTRACCION TERMICA.	BAJA PRESION	SISTEMA COMPUESTO DE GAS	PSL
SOBREFLUJO	MAL CONTROL DE NIVEL. EXCESO DE AFLUENCIA DE FLUIDO.	ALTO NIVEL DE LIQUIDO	LSH	LSH LSL
FUGA DE GAS	MAL CONTROL DE NIVEL	BAJO NIVEL DE LIQUIDO	LSL	PSH, PSV & VENTEO
ALTA TEMPERATURA	GASTO EXCESIVO DE CALOR.	ALTA TEMPERATURA	TSH	DISPOSITIVO DE SEGURIDAD EN LA FUENTE DE CALOR



DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD RECOMENDADOS
RECIPIENTES ATMOSFERICOS

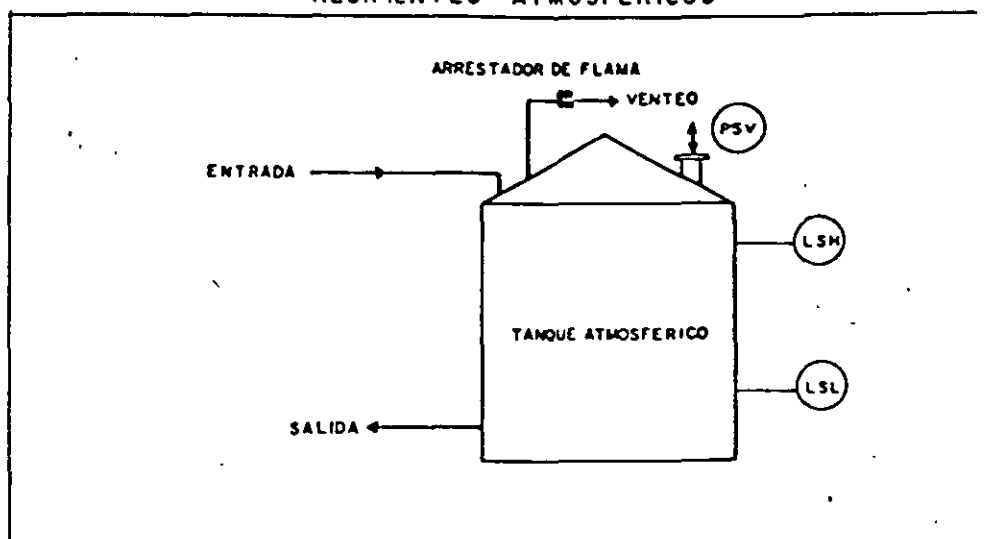


FIGURA 5.1
TABLA DE ANALISIS DE SEGURIDAD
RECIPIENTES ATMOSFERICOS

EVENTO INDESEABLE	CAUSAS	CONDICION DETECTABLE	PROTECCION	
			PRIMARIA	SECUNDARIA
SOBREPRESION	EXCESO DE FLUJO. EXPANSION TERMICA. BLOQUEO EN LA SALIDA.	ALTA PRESION	VENTEO	PSV o SEGUNDO VENTEO
BAJA PRESION (VACIO)	RETIRO EXCESIVO DE FLUJO. CONTRACCION TERMICA.	BAJA PRESION	VENTEO	PSV o SEGUNDO VENTEO
ALTO FLUJO	BLOQUEO EN LA SALIDA DEL FLUJO.	ALTO NIVEL DE LIQUIDOS	LSH	ESS
FUGAS	DETERIORO. RUPTURA. ACCIDENTES.	BAJO NIVEL DE LIQUIDO	LSH	ESS
ALTA TEMPERATURA	GASTO EXCESIVO DE CALOR	ALTA TEMPERATURA	TSH	SISTEMA DE SEGURIDAD EN FUENTE DE CALOR

Para recipientes a presión es muy común practicar en forma rigurosa un radiografiado al 100% para tanques de almacenamiento atmosférico por su gran tamaño esta prueba es prohibitiva.

8.4.8 COSTO RELATIVO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

Los costos de las esferas dependen de la capacidad y presión del trabajo y pueden estimarse con la figura 8.4.20.

Los costos relativos de varios tipos de tanques de almacenamiento se reportaron por la Petroleum Processing y que a continuación se muestra:

Tanque convencional de techo fijo cónico	1.0
Techo flotante tipo "charola"	1.1 - 1.2
Techo flotante, del tipo "pontoon" y doble cuello	1.25 - 1.5
Semiesferoides	1.5 - 2
Techo elevador	1.1 - 1.2
Esferoides	3 - 5
Esferas	5 - 10

8.5 PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN DE CONTRAINCENDIOS.

8.5.1 EL AGUA COMO AGENTE EXTINGUIDOR DEL FUEGO.

El agua es el agente extinguidor más comúnmente empleado en incendios pequeños, medianos y de grandes proporciones, esto se debe a: su fácil manejo, transporte y almacenaje, así como la abundancia de fuentes de abastecimiento; por su acción extinguidora para:

a) Enfriamiento

- b) Sofocación**
- c) Emulsificación**
- d) Dilución**

El agua debe ser de preferencia dulce y limpia y no deberá tener ninguna otra conexión para alimentar a otra red de agua con otro propósito, en ninguna circunstancia.

a) Extensión por enfriamiento

El agua absorbe la mayor parte del calor del incendio cuando ésta se convierte en vapor, siendo su aplicación más eficaz en forma de gotas pequeñas, que son de 0.3 a 1.0 mm de diámetro.

Para obtener mejores resultados el agua se debe aplicar con una velocidad suficiente y capaz de vencer la resistencia del aire, la gravedad, el viento, las llamas y el humo que se produce.

La cantidad requerida para extinguir un incendio dependerá de que tan caliente se encuentre el área incendiada, por lo que la rapidez de extinción del fuego dependerá de la cantidad de agua que se aplique.

La extinción por enfriamiento no es efectiva en líquidos cuya temperatura de inflamación está por debajo de los 38°C.

b) Extinción por sofocación.

Al lanzar agua en un incendio, se produce vapor de agua que desplaza el aire sofocando el incendio por la falta de oxígeno.

c) Extinción por emulsionamiento.

Este método se efectúa agitando líquidos inmiscibles con lo cual uno de ellos se dispersa en el interior del más denso en forma de minúsculas gotas, se logra la extinción de ciertos líquidos viscosos inflamables mediante la aplicación de agua pulverizada.

d) Extinción por dilución.

Los fuegos de materias inflamables hidrosolubles pueden apagarse por dilución. La adición de agua para lograrlo no es práctica frecuente cuando se trata de grandes depósitos.

- Calor de fusión de 36.1 Kcal/kg°C es el calor necesario para cambiar 0.454 kg de hielo a cero grados centígrados a líquido a la misma temperatura.
- Incrementa su volumen 1 700 veces al pasar del estado líquido a vapor, desplazando un volumen igual de aire.

8.5.1.1 EL AGUA COMO AGENTE PARA ENFRIAMIENTO SE UTILIZA PARA:

- a) Detener la liberación de vapores de la superficie de un líquido con la temperatura de vaporización, logrando la extinción del fuego.
- b) Proteger al personal de la acción del calor radiante de ataque al fuego.
- c) Protección de superficies expuestas a la flama (si la superficie incendiada se calienta a más de 100°C resulta más efectiva).

8.5.1.2. SISTEMAS DE APLICACION DEL AGUA.

Con el suministro del agua en forma de chorro directo se obtiene un alcance mayor, pero aplicada en forma de niebla incrementa su poder de enfriamiento y extinción. Los medios más comunes de aplicación se realizan a través de:

- a) **Hidratantes**
- b) **Monitores**
- c) **Gabinetes (hidratantes en edificio)**
- d) **Sistema de aspersión**

e) Camiones contra incendio

- a) El hidratante es un dispositivo para salida de agua, integrado a la red de agua contra incendio con una o dos tomas para conectar manguera de 1 ½" ϕ o 2 ½" ϕ , la presión que debe tener el agua antes de salir del hidrante más alejado nunca será menor de 7 Kg/cm² (100 psi) manométricos.

Los hidrantes deben ser diseñados para que por cada toma se proporcionen los consumos siguientes:

DIAMETRO NOMINAL	LPS	CONSUMO GPM
38 mm (1 ½")	6	100
63 mm (2 ½")	16	250

Las pérdidas a través del hidrante no deberán ser mayor de 0.14 kg/cm² (2 lb/pulg²), al operar con su gasto máximo.

La distancia máxima entre hidrantes en las áreas de instalaciones de proceso y almacenamiento de productos inflamables, debe ser de 30 a 50 m, en áreas de almacenamiento de productos deberá instalarse a una distancia no mayor de 100 m y para áreas de edificios administrativos, oficinas, almacenes de productos no inflamables será entre 75 y 90 m, todas estas distancias pueden ajustarse.

- b) El monitor o torrecilla es un dispositivo con boquilla regulable, para dirigir agua en forma de chorro directo o niebla y con mecanismo para girar 120° en el plano vertical y 360° en el plano horizontal.

Los monitores están diseñados para proporcionar el gasto requerido de acuerdo a las instalaciones de proceso, ya sean refinerías, plantas petroquímicas, de almacenamiento de producción primaria y otras, según la siguiente tabla:

PROCESO	CONSUMO	
	LPS	GPM
De refinación	31	500

De petroquímica	63	1000
Plantas de almacenamiento	31	500

Los monitores se deben colocar de acuerdo al alcance que tengan con chorro y niebla en función de la boquilla a disposición, forma y riesgo inerte del equipo por proteger.

c) El gabinete hidrante es un dispositivo que se utiliza para protección de edificios administrativos, hoteles, hospitales, centros comerciales, bodegas, etc. El gabinete se integra a la red de contraincendio; éste cuenta con unas mangueras generalmente de 1½" ϕ de 15 o 30 m de longitud, con un extremo conectado a una válvula de ángulo y en el otro extremo una boquilla para el suministro del agua en forma de chorro directo o en niebla. En el caso de edificios, cada piso se debe considerar como una área diferente.

d) Los sistemas de aspersión de agua se emplean particularmente en recipientes para gas, llenaderas, recipientes que contengan líquidos inflamables, etc., para protegerlos de la radiación de un incendio adyacente, ya que éste incrementa la temperatura y presión de los líquidos y gases almacenados o en proceso.

Estos sistemas se emplean con efectividad para:

- Extinción de incendios
- Control de incendios
- Protección a la radiación
- Prevención de fuego

Los requisitos con que debe cumplir un sistema de aspersión son:

- El sistema de aspersión se diseñará para que se obtenga la cantidad y presión del agua en todas las boquillas en un tiempo máximo de 30 segundos.
- La densidad o gasto mínimo de aplicación por superficie en tiempo por aspersor, debe ser de 0.10 LPM/m² (0.25 GPM/pie², según el código NFPA N°. 13).
- El diámetro de la tubería para un sistema de aspersión no debe ser menor de 0.254 m (1 pulg.).

- Se recomiendan velocidades comprendidas entre 1.83 a 2.44 m/seg. (6 a 12 pies/seg.).
- Cada sistema independiente no manejará descarga de agua mayores de 11350 LPM (3000 GPM).
- El agua para el sistema preferentemente será dulce y libre de sedimentos extraños.
- Colocar filtros o mallas en las líneas principales de almacenamiento agua.
- El sistema de drenaje debe tener la capacidad suficiente para eliminar líquidos y fluidos que pudieran vertirse durante las operaciones contra el fuego.
- Generalmente un sistema fijo de rociadores se recomienda cuando existe alta peligrosidad que implica una ampliación inmediata de agua.

Ejemplo: Un recipiente sin aislamiento.

Recipientes donde es difícil el acceso del equipo móvil, bombas debajo del lecho de tuberías y que manejan fluidos muy volátiles-inflamables, soloaires.

Equipos de control, estación de válvulas (manifold).

8.5.2 REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA COMBATIR UN INCENDIO.

GASTOS DE AGUA PARA ENFRIAMIENTO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

FUENTE/GASTO DE AGUA litros/min.- m²	TECHO FIJO	TECHO FLOTANTE
NFPA	10	10
REINO UNIDO	10	10
FRANCIA (7500 m3 capacidad)	5	3
FRANCIA (750 M3 capacidad)	3	2
litros/min-m circunferencia		
ALEMANIA	13	13
RUSIA, tanque en expansión	30	30
RUSIA, tanque adyacente	12	12

**GASTOS DE AGUA DE ENFRAIMIENTO PARA UNIDADES
DE PROCESO.**

EQUIPO	litros <u>min-m²</u>	Base de área
Estructuras		
• Horizontal	4	mojada
• Vertical	10	mojada
Lecho de tuberías	4	pared del tubo
Recipientes	20	superficie
Transformadores	10	
Otros equipos de		
Proceso	10	cerca rectangular
Equipos expuestos		
no absorbentes	6	cerca rectangular

APLICACION DE SOLUCION DE ESPUMA PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO	
FUENTE /TIPO DE TANQUES	GASTO litros/min-m²
NFPA/TECHO FIJO	4
NFPA/TECHO FLOTANTE	6.5
NFPA/TECHO FLOTANTE	20
Reino Unido, TECHO FIJO	5
Francia, Alemania, TECHO FIJO	2.5 (Relación de espuma 1:8)
Rusia, TECHO FIJO	4.5 (Relación de espuma 1:5)

8.5.3 ALMACENAMIENTO DEL AGUA CONTRA INCENDIO

Este tanque tendrá un volumen de agua suficiente para que las bombas operen a su capacidad nominal para satisfacer el riesgo mayor de la instalación durante un período de 5 a 8 hr.

Generalmente están contruidos de acero al carbón y deberán estar pintados en su interior o provistos con protección catódica.

La red de agua municipal podrá considerarse como almacenamiento la cantidad que las autoridades respectivas juzguen pertinente y disponible para un caso de emergencia extrema.

8.5.3.1 RED TUBERIA DE AGUA DE CONTRAINCENDIO

De preferencia se recomienda no localizarla debajo del piso terminado, en trincheras abiertas o cubiertas con rejilla. Será identificada con color rojo, con capa anticorrosiva de aluminio.

La calidad mínima de la tubería será en acero al carbón.

Se contemplará siempre que la red proporcione el gasto requerido a los hidratantes que se encuentren lo más alejado de la bomba de agua de contraincendio.

El diámetro mínimo del anillo será de 6 pulg.

La red de agua contraincendio estará diseñada en forma de anillos independientes. Sólo se pondrán 12 hidratantes por anillo.

8.5.4 BOMBAS DE AGUA CONTRAINCENDIO

Estas bombas serán centrífugas horizontales preferentemente y se localizarán en un cuarto seguro e independiente de cualquier otro servicio. Las bombas serán accionadas por una con motor eléctrico y la otra con un motor de combustión interna.

De acuerdo con las dimensiones de la instalación y el riesgo a proteger las capacidades de las bombas serán:

Gasto Volumétrico 500 750 1000 1250 1500 2000 2500
(GPM)

Potencia nominal
eléctrica (H.P.) 40 60 75 100 125 150 200

La curva característica de operación de las bombas será tal que con un gasto del 150% del normal, la presión de descarga no sea menor del 65% de su presión normal de operación.

La tubería de succión de la bomba estará diseñada para manejar el 150% de su capacidad volumétrica nominal.

NUMERO DE TOMAS PARA MANGUERAS							
CAPACIDAD GPM							
TAMAÑO	500	750	1000	1250	1500	2000	2500
2 1/2" Pulg.	2	3	4	5	6	6	8
1 1/2" Pulg.	6	9	12	15	18	18	24

Las bombas deberán probarse una vez a la semana a presión y gasto normal y por lo menos una vez al año al 150% de su capacidad.

La velocidad recomendable de diseño para el agua de contraincendio en cualquier parte de la red será de 9 pie/seg.

--

DIAMETRO MINIMO DE LA TUBERIA DE DESCARGA							
Capacidad GPM	500	750	1000	1250	1500	2000	2500
Diámetro.	6	8	8	8	10	10	12

8.5.4.1. TOMAS DE AGUA.

El número de monitores estará de acuerdo al agua requerida para combatir un determinado incendio.

Generalmente en cada hidratante habrá dos tomas de agua de 2 1/2" (500 GPM) y 1 1/2" (200 GPM).

Los hidratantes estarán situados aproximadamente de 30 m a 50 m uno de otro en donde existan instalaciones como edificios administrativos, tanques de almacenamiento, etc.

Donde existan almacenes con productos no inflamables a una distancia entre 75m a 90m uno del otro; en caso de edificios con varios pisos, cada piso se considera como un área diferente.

Para proteger mas área, los monitores tendrán plataformas, elevadores, protegidas con barandal y con escalera de acceso situada hacia el lado que se considere menos expuesto al incendio.

8.5.4.2. OTRAS CONSIDERACIONES.

- Las bombas tipo Jockey que son de baja capacidad y poca presión diferencial y sirven para mantener el sistema de agua de contraincendio energizada. La capacidad de la bomba deberá ser suficiente para mantener la presión en la red considerando posibles fugas en la misma red.

- La bomba Jockey tendrá una capacidad de 50 - 100 m³ / hr y desarrollará una presión de 5 a 5.5 kg. / cm² dependiendo de la capacidad y arreglo de la planta.
- Se contemplará siempre un sistema automático de arranque escalonado para las bombas principales y la del tipo Jockey cuando descienda la presión en la red de agua de contraincendio.
- Las líneas eléctricas de fuerza y control deberán ser subterráneas y entubadas hasta la conexión a los motores eléctricos localizados en el cobertizo de bombas de agua de C. I.
- El tanque de combustible para el motor de combustión interna tendrá combustible por lo menos para 2 horas de operación continua.

8.5.5 ESPUMAS CONTRA INCENDIOS PARA PROTEGER LÍQUIDOS INFLAMABLES

La espuma contra incendio apareció por primera vez a fines del siglo diecinueve, para combatir incendios de hidrocarburos. El agente original se conoció como "Espuma Química" debido a que la burbuja de espuma era el resultado de una reacción química.

Las espumas químicas ya pasaron de moda y se sustituyeron con espuma "mecánica" o de "aire". Las burbujas que estas espumas producen, son el resultado de la introducción mecánica de aire atmosférico dentro de una solución de agua y un líquido o concentrado de espuma.

La espuma mecánica se genera de una variedad de líquidos de espuma especialmente formulados como (proteína) regular, fluoroproteína, película de formación acuosa, así como espumas de alta expansión y resistentes al alcohol. La selección adecuada depende del producto a protegerse, diseño del sistema y temperatura ambiental del almacenamiento del líquido espumante.

Las espumas contra incendios son una masa de burbujas que contienen aire o un gas inerte y se compone de proteínas solubles en agua, utilizándose como materia prima, proteínas animales como por ejemplo: harina de pescado, cuernos de ganado vacuno, sangre, etc.

Los extractos fluoroproteicos, están hechos de sustancias sintéticas a base de ácidos alcohólicosulfúricos grasos, generando todas las gamas de espumas, con excepción de la espuma pesada o de baja expansión proveniente del extracto proteico.

La espuma es más ligera que todos los líquidos combustibles, en consecuencia flota, impidiendo al

mismo tiempo el acceso del oxígeno al seno de éstos; evitando así la mezcla de aire con los vapores inflamables y separando la flama de la superficie del combustible.

La denominada espuma contraincendio es un producto orgánico o sintético que consiste de una masa estable de pequeñas burbujas constituidas principalmente de tres componentes:

- Agua.
- Extracto espumante que se mezcla con el agua.
- Aire o gas inerte que sirve para inflar la burbuja de "espuma".

Los extractos espumantes son concentrados líquidos que se mezclan con el agua, con **una dosificación del 3 al 6 % mediante dosificadores o proporcionadores.**

La proteína según se describe previamente, se refiere a los líquidos concentrados de tipo regular, ordinario o convencional de espuma de aire. Por lo general, éstas tienen base de polímeros naturales.

8.5.5.1. SISTEMAS DE ESPUMA

Todos los sistemas de espuma, no obstante su tamaño o complejidad, consisten de los mismos componentes básicos; cada componente debe funcionar adecuadamente para lograr un resultado exitoso al combatir el incendio.

Por medio de la mezcla de agua con extracto espumante se puede producir espuma con un contenido bajo, mediano o alto de aire, éstas se conocen como espumas de baja, mediana y alta expansión, determinándose por un factor que indica el múltiplo por el cual se aumenta el volumen de la mezcla de agua con extracto espumante. Ejemplo: si 1 litro de mezcla genera 7 litros de espuma, la relación será de 1:7 (uno a siete).

Se acostumbra distinguir los tres tipos de espuma de la siguiente manera:

- Espuma de baja expansión, con una relación de generación de espuma de 1:20 (factor 20).
- Espuma de mediana expansión, con una relación desde 1:21 hasta 21 a 200 (factor 21 a 200).
- Espuma ligera o de alta expansión, con una relación desde: 1.201 hasta 201 a 1000 (factor 201 a 1000).

Hoy en día existen fundamentalmente cinco tipos de concentrados espumantes:

- a) Líquido proteico.- Está fabricado a base de hidrolizado proteico y otros compuestos como inhibidores del punto de congelación, preservadores y estabilizadores.
- b) Líquido fluoroproteico.- Su composición básica es similar a la anterior pero tiene además fluidizantes fluorados sintéticos, los que hacen que la espuma fluoroproteica tenga gran resistencia para absorber el aceite, por lo que al inyectarse en forma subsuperficial en el hidrocarburo se desplaza fácilmente hacia la superficie, formando una capa espumosa cuya función es la de sofocar, además de que es resistente al fuego.
- c) Espuma formadora de película acuosa AFFF (Aqueous Film Forming Foam).- Conocida comúnmente como líquido a triple F o agua ligera, combina los efectos de la fluoroproteína con una base sintética que provoca que la espuma no tenga las propiedades de retener el agua reduciendo la tensión superficial de los fluidizantes, creando una rápida película acuosa sobre la superficie del hidrocarburo.

La espuma AFFF muestra efectividad aplicada en los líquidos de alta tensión superficial como el como el combustóleo, el diesel y los combustibles para aviones de acuerdo a sus propiedades físicas

de velocidad, densidad y baja solubilidad en hidrocarburos, este producto se recomienda para suministrarse tanto en inyección subsuperficial como superficial.

- d) Espuma para solventes polares: se aplica en líquidos polares inflamables como aminas, éteres, aldehidos y cetonas que son solubles en el agua; son espumas con base sintética a la que se le adicionan aditivos que forman una barrera química insoluble entre el agua, la burbuja de espuma y la superficie del combustible, ya que una espuma normal no es efectiva porque el agua de ésta se disuelve rompiéndose la capa protectora.
- e) Espuma alta tensión: este concentrado se obtiene de mezclar fluidizantes y detergentes sintéticos; se usa con equipo que expande la solución agua-espuma entre 100 y 1 000 veces; se utiliza sobre materiales clase "A", o en líquidos clase "B".

Generalmente las espumas proteicas, fluoroproteicas y AFF, se utilizan como agentes extintores en proporción de 3 partes de concentrado por 94 partes de agua en volumen (6%), para solventes polares, la proporción será el 6 % de concentrado.

Las espumas tienen como principal limitante su uso en fuegos en clase "C" (equipos con cableado eléctrico bajo tensión), ya que sus componentes, son buenos conductores de la electricidad, lo que pone en riesgo la seguridad del personal, además poseen un cierto grado de corrosividad y son incrustantes, lo que dificulta su limpieza.

Abastecedor

El abastecimiento de agua para incendios proviene de camiones-cisterna o un sistema hidratante. Los volúmenes y presiones necesarios dependen del tipo y el tamaño del riesgo de líquido inflamable.

La espuma es un agente de mantenimiento y enfriamiento. Se usa para apagar incendios de líquidos inflamables y combustibles, así como para evitar que se escapen vapores inflamables y enfriar las fuentes de reignición. La burbuja de espuma sirve como vehículo para acarrear el agua al incendio. Todas las espumas apagan el incendio de cuatro maneras, a saber:

- A. Ahogan el fuego y evitan que el aire se mezcle con los vapores inflamables.
- B. Suprimen vapores inflamables y evitan su descarga.
- C. Separan las llamas de la superficie del combustible.
- D. Enfrian el combustible y la superficie del metal adyacente.

El líquido de espuma

Este concentrado puede abastecerse en baldes, tambores o tanques de grandes capacidades; los tanques de líquido de espuma pueden ser estacionarios o montados sobre camiones o remolques. La cantidad y tipo de espuma dependen del tamaño y tipo del riesgo.

El dosificador

Este mezcla correctamente el líquido se espuma con el abastecimiento de agua y produce una solución espumante. Varios tipos diferentes de aditamentos dosificadores se encuentran disponibles, pero el tipo y la capacidad del dosificador dependen del tipo y el tamaño del riesgo de líquido inflamable.

El formador de espuma (Aspirador de aire)

Este mezcla mecánicamente el aire atmosférico con la solución de espuma producida por el dosificador. El formador de espuma luego debe depositar la espuma expandida y acabada en la superficie del líquido

inflamable. Hay muchos tipos de productores de espuma disponibles para cubrir la variedad infinita de incendios; el tipo, cantidad, capacidad y ubicación de los productores de espuma depende del tipo y tamaño del riesgo.

Las Espumas para Película Acuosa (AFFF) apagan de igual manera. Como lo indica el nombre, éstas producen una película acuosa que es una capa delgada de agua, resultante del drenaje de la solución controlada de la capa de espuma.

Esto provoca un "descenso brusco" comparativamente rápido al fuego. Sin embargo la película se forma debido a la capacidad de enfriamiento de la capa de espuma y la resistencia al reencendido. Puede que la película no se desarrolle o no sea eficaz en todos los combustibles.

Las espumas regular, de fluoroproteína y AFFF son eficaces solamente en combustibles hidrocarburos. Por lo general, los combustibles que son solubles en agua (solventes polares) destruyen estas espumas. Los solventes polares y los combustibles miscibles en agua requieren agentes espumantes especiales "resistentes al alcohol".

La espuma resistente al alcohol consiste de una base de proteína con un aditivo para formar una barrera química insoluble entre la superficie del combustible y la burbuja de la espuma. Esto evita que el agua contenida en la burbuja se mezcle con el solvente polar y destruya la capa de espuma. Las espumas corrientes resistentes al alcohol deben aplicarse suavemente para resguardar la integridad de esta barrera protectora. La menor sumersión de la espuma la destruirá. Aunque las espumas resistentes al alcohol pueden usarse en combustibles de hidrocarburos, generalmente no son tan eficientes como los tipos de proteína y fluoroproteína. Se originó entonces la espuma Universal, que es una solución pseudoplástica compuesta de un sistema multipolimérico/solvente. Es

tan eficaz para incendios de hidrocarburos como para solventes polares.

La espuma Universal apaga incendios de hidrocarburos cubriendo la superficie del combustible con una película acuosa que contiene una espuma fuerte, resistente al calor y de lento drenaje. En solventes polares, forma una membrana o costra polimérica insoluble, y una espuma de lento drenaje.

La espuma debe ser suficientemente liviana para que flote con facilidad en líquidos inflamables de baja gravedad específica, y con bastante densidad para resistir su separación a causa del viento.

La calidad de la espuma se mide bajo los siguientes términos:

- A. Un 25% en tiempo de drenaje o un cuarto de vida. Este es el régimen de drenaje de la solución, de la espuma.
- B. Expansión o el volumen de aire a solución.
- C. Resistencia al fuego.
- D. Resistencia Burnback. La capacidad de soportar el calor.

Las secciones del Apéndice de las Normas NFPA 11 y 11B explican los métodos de ensayo para determinar los tiempos de drenaje y las expansiones de las espumas. Los ensayos para determinar la resistencia, se explican en las normas UL 162 de Underwriters Laboratories, la Federal Specification OF-555-C y la U.S. Military Specification 24385.

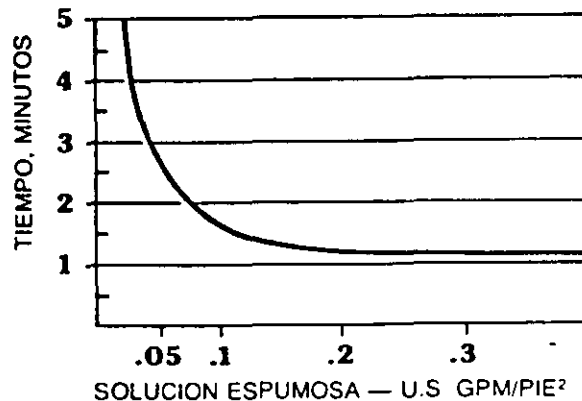
La mayoría de las espumas regulares, de fluoroproteína y AFFF se encuentran en concentrados de 3% y 6%. El porcentaje indica el número de partes de líquido de espuma que debe mezclarse con agua para formar la solución de 100 partes. Las primeras fórmulas de espuma regular y AFFF fueron concentraciones de 6%. El gobierno de los E. U. A. y otras organizaciones todavía usan líquidos de 6 %.

Al término de la Segunda Guerra, la Industria de espumas creó una concentración de 3% que ha ganado sorprendente aceptación para uso industrial.

Existen varias reglas generales para el uso de espumas de baja expansión, según lo siguiente:

- A. Debe evitarse sumergir la espuma dentro del combustible para reducir la saturación.
- B. Deben obedecerse los límites recomendados de presión para todos los aditamentos. La calidad de la espuma varía conforme se excedan los límites, altos y bajos.
- C: El uso exitoso de la espuma depende del régimen de la aplicación. Los regímenes de aplicación se explican en términos de la cantidad de galones de solución de la espuma que llega a la superficie del combustible, en términos del total de pies cuadrados por minuto. Un régimen de aplicación de 0.1 gpm/pie^2 (4 lpm/m^2) significa que un décimo de un galón de solución de espuma se aplica cada minuto por cada pie cuadrado de superficie del combustible.

El régimen crítico de aplicación es el régimen más bajo al que una espuma apagará un incendio bajo una serie dada de condiciones. El mínimo régimen de aplicación recomendable es el que se ha comprobado por medio de ensayos como el más práctico en términos de velocidad de control y el volumen de agente necesario. El aumento de la aplicación sobre el mínimo régimen recomendado, generalmente reducirá el tiempo necesario para la extinción. Los regímenes que excedan demasiado los mínimos recomendados desperdician los abastecimientos de espuma sin ninguna ventaja en el tiempo de apagamiento. Si los regímenes de aplicación son más bajos que los mínimos recomendados, el tiempo de apagamiento se extenderá. Si los regímenes de aplicación bajan demasiado del régimen crítico, no se podrá controlar el incendio. La siguiente curva general presenta la relación régimen-tiempo:



8.5.5.2 Métodos de dosificación y equipos utilizados

La dosificación correcta de la espuma líquida es necesaria para producir la óptima calidad y cantidad de espuma para apagar incendios de líquidos inflamables. Si el porcentaje de líquido de espuma es demasiado alto, la espuma resultante será espesa e incapaz de fluir alrededor de obstáculos. Además el tiempo normal de operación para el abastecimiento de líquido disponible será más corto. Al contrario, si la mezcla es muy diluida, resultará en el drenaje más rápido de la espuma que es menos resistente a la descomposición del calor y la llama, y, por consiguiente, se deteriorará más rápido que de lo normal.

La elección del método de dosificación depende de un número de factores, cada uno de los cuales deberá considerarse según las condiciones existentes en algún caso específico. Los dos factores más importantes son el flujo (régimen de aplicación) necesitado para proteger el riesgo y la presión de agua residual disponible en el perímetro de riesgo. La elección no es complicada cuando se emplea un método sistemático y considerando las alternativas.

Dosificadores de presión balanceada.

El método usado más frecuentemente y más versátil para la dosificación de líquido de espuma en la corriente de agua es por medio de un sistema de dosificación de presión balanceada. Ya en operación, el sistema dosifica automáticamente la espuma líquida sobre un amplio rango de flujos y presiones sin ajustes manuales. Es ideal y adecuado para camiones de espuma, buques o sisternas fijos.

Donde haya escasez de mano de obra la dosificación por presión balanceada emplea una bomba para líquido de espuma impulsada por motor, una válvula de diafragma para control del flujo y un dosificador especial para el gasto, montando al nivel de agua para realizar automáticamente la dosificación correcta de la espuma. El equipo de dosificación por presión balanceada puede diseñarse para igualarse al flujo máximo necesitado por su riesgo. Sistemas completos de presión balanceada montados en patines, diseñados a pedido, contruidos de acuerdo a sus necesidades y listos para su instalación en el campo, ya se han innovado.

Dosificadores de línea.

Los dosificadores de línea ofrecen un método simple y costoso para dosificar cuando la presión del abastecimiento de agua es bastante alta. Cada dosificador está diseñado para un volumen determinado de descarga a una presión de agua especificada, que dosifica exacta y correctamente esa presión.

Las presiones altas o bajas de la entrada del agua resultan en un aumento o reducción en el flujo del agua, con un cambio en la dosificación. La máxima presión de trabajo disponible del lado de descarga del dosificador de línea es aproximadamente dos tercios de la presión de entrada.

Los hay como unidades portátiles con tubos de captación o montados en tanques de almacenamiento de líquido de espuma.

Dosificadores de presión.

Otro método que usa la presión del abastecimiento de agua como fuente de potencia es el Dosificador de Presión. Con este aditamento, el abastecimiento de agua presuriza el tanque de almacenamiento de líquido de espuma mientras que el agua que fluye através de un venturi u orificio adyacente crea una presión diferencial. El punto de baja presión del venturi está conectado al tanque de almacenamiento de líquido de espuma, de manera que la diferencia entre la presión de abastecimiento de agua y este punto de baja presión, fuerza al líquido de espuma dentro del venturi. La caída de presión es relativamente baja a través de esta unidad, así que la presión del abastecimiento de agua, las pérdidas por fricción o del cabezal no son tan críticas con este método como con el Dosificador de línea. También la diferencial a través del venturi varía en proporción al flujo, y un venturi tiene la capacidad de dosificar adecuadamente sobre un amplio rango de flujo.

Son especialmente valiosos donde la presión de agua es relativamente baja o no hay electricidad disponible para operar una bomba de líquido de espuma. Estos dosificadores operan automáticamente sin necesidad de ajustes manuales.

Los dosificadores a presión están disponibles para tanques con capacidades desde 50 galones (189 litros) hasta 1 200 galones (4542 litros).

Dosificadores a presión de diafragma.

Este dispositivo incluye todas ventajas del Dosificador de Presión con la ventaja adicional de un diafragma plegable, elastomérico de nylon reforzado que separa físicamente el líquido de espuma del abastecimiento de agua. El tanque de líquidos es un recipiente a presión,

y por consiguiente el abastecimiento de líquido de espuma no se puede llenar durante la operación. Los Dosificadores a Presión de Diafragma operan con un rango semejante de flujos de agua y de acuerdo a los mismos principios que los Dosificadores a Presión.

8.5.5. 3 DISPOSITIVOS PARA HACER ESPUMA

Boquillas Portátiles y Monitores.

La industria ofrece una amplia selección de boquillas de espuma con aspiración de aire, portátiles de mano y montadas en monitores. Hay capacidades de solución disponibles desde 50 gpm (189 lpm) hasta 4 000 gpm (15.139 lpm).

También ofrece una línea completa de monitores especiales para espuma en tamaños de 3, 4, 6 y 8 pulg. Los monitores se encuentran en tipos para operación manual, de oscilación automática o para control remoto completamente automático.

Dispositivos Para Hacer Espuma Para Protección de Tanques.

Se fabrica todo tipo de dispositivos para hacer espuma para la protección de tanques.

Para los sistemas sobre el tope de tanques, existen líneas completas de cámaras de espuma aspirante de aire o torres portátiles de espuma hidráulica. En la literatura comercial se reporta que ya operan los sistemas para la inyección de espuma en subsuelos para tanques de almacenamiento y suministra una línea completa de dispositivos de alta contrapresión para hacer espuma para la aplicación en subsuelo.

Dispositivos especiales para hacer espuma.

Hay ciertos riesgos que requieren dispositivos especiales para hacer espuma. La industria ofrece una línea versátil y única de este equipo, inclusive:

- Regadores de espuma y agua, y dispositivos para rocío en alto usados en riesgo como hangares de aviones, cargadores de camiones y bodegas.
- Boquillas de piso para riesgos como estaciones de bombas, cuartos de maquinaria, y fosa de múltiples.
- Deflectores para tanques de descarga para riesgos como separadores, fosas de mezclas y tanques para templar.

8.5.5.4 Datos mínimos requeridos.

Cada sistema de espuma deberá reunir todos los componentes correctamente para combatir los incendios exitosamente. Para lograr esto, se necesita la siguiente información:

- A. Tipo de Líquido Inflamable (hidrocarburo o solvente polar).
- B. Tipo de Riesgo (tanque de almacenamiento, rampa cargadora, etc).
- C. Tamaño de riesgo.
- D. Abastecimiento de Agua (flujo y presión)

Conjuntamente con esta información, deberá suministrarse al grupo de ingeniería de Seguridad y Contra incendios los suficientes datos para diseñar un sistema de espuma para combatir incendios de acuerdo a las normas de rigor y las prácticas aceptables para la protección contra incendios. Las especificaciones completas incluidas tienen una lista de materiales y dibujos para la tubería de campo. Los diseños incluyen las recomendaciones para el óptimo líquido de espuma, equipo para dosificación y aplicación que ofrezca una protección de espuma contra incendios, que sea eficaz, confiable y económica.

8.5.5.5 Especificaciones mínimas requeridas para un sistema fijo con espuma mecánica.

El abastecimiento de agua deberá corresponder a la capacidad requerida para el riesgo mayor en función del tipo del líquido espumante a emplear y a los tiempos siguientes:

- Para espuma de baja expansión 120 minutos
- Para espumas de mediana expansión 60 minutos
- Para espuma ligera o de alta expansión 30 minutos

Una bomba succiona el concentrado espumante de su recipiente y lo lleva al dosificador cuando se trata de varios puntos de aplicación simultánea se requiere de un proporcionador tipo demanda, ya que dosifica siempre el mismo porcentaje de líquido espumante, aunque el flujo de agua cambie.

Normalmente el sistema se pone en servicio en forma manual pidiéndose disparar automáticamente al accionar el sistema de detección de fuego o humo.

Para prever una falla en el abastecimiento de agua o del líquido espumante, las instalaciones fijas deben contar con tomas siamesas, hidrantes, válvulas, etc. para que los bomberos puedan auxiliarlas.

8.5.5.6 Protección Contra incendio a Base de Espuma en Tanques de Almacenamiento Atmosférico que Contengan Líquidos Inflamables.

Esta protección se realiza con sistemas fijos y semifijos instalados en los tanques y son:

- A) Protección con cámara de espuma
- B) Protección por inyección subsuperficial

Cámaras de Espuma

Este dispositivo se instala en forma permanente en los tanques de almacenamiento de líquidos inflamables y

Cámaras de Espuma

Este dispositivo se instala en forma permanente en los tanques de almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles, cuya función es generar espuma para eliminar el oxígeno.

La espuma se forma en el interior de la cámara y por medio de un deflector se dirige sobre las paredes del tanque y superficie del líquido, en el interior de la cámara se cuenta con un sello de vidrio que impide que el producto almacenado y vapores de este entren por las líneas de alimentación de solución espumante.

Se emplean comúnmente dos tipos de cámaras denominadas I y II

Tipo I.- Esta clase de cámara se utiliza para protección a tanques que almacenan líquidos polares, conocidos como "tipo alcohol" (Actualmente su uso es limitado).

Tipo II.- Estas cámaras son las más comúnmente empleadas para la protección de tanques atmosféricos que almacenan hidrocarburos, líquidos inflamables o combustibles y polares.

Por su capacidad las cámaras de espuma se clasifican de la siguiente manera:

Tamaño	Capacidad nominal	
	GPM	
9	341	90
17	643	170
33	1 249	330
55	2 085	550

Requisitos que deben cumplir las cámaras de espuma (Tipo I y II).

- A) Operar a una presión mínima de 2.8 Kg/cm² (40 psig).
- B) Ser del tipo que utilice una placa de orificio de acuerdo al gasto requerido.
- C) Contar con un filtro de aire protegido con malla, en la entrada de aire.
- D) La escotilla de inspección debe ser atornillada con tuercas, para mantenimiento o cambio de sello.
- E) El sello estará sujeto por bridas especiales con tornillos y tuercas de mariposa.
- F) El vidrio será prerrayado para facilitar su rompimiento a 1 Kg/cm² (14 lb/pulg²).
- G) Contar con brida a la entrada y a la salida.
- H) La cámara tipo Y deberá contar con un tobogán soldado a la pared del interior del tanque que permita que la espuma se deslice a través de este con una pendiente 1 a 2 para evitar que la espuma al "caer" sobre el producto almacenado se rompa.
- I) El deflector de la cámara tipo II, se podrá sujetar con espárragos o soldarse a la pared del tanque.
- J) La cámara contará con un certificado de calidad y placa de especificaciones.
- K) En la requesición se debe indicar que el fabricante de ésta debe proporcionar táblas o gráficas de su comportamiento a difrentes presiones.
- L) Para estimar el diámetro del orificio de la placa se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{Q}{29.8K\sqrt{P}}}$$

Donde:

- D = Diámetro del orificio de la placa (pulg.)
- Q = Gasto a manejar por la cámara (GPM)
- P = Presión en orificio PSI
- K = Coeficiente del orificio

C = Cada fabricante deberá proporcionar sus propios valores de K para realizar las estimaciones del diámetro teórico del orificio.

LL) Para realizar estimaciones del diámetro del orificio de la placa en forma empírica se podrá utilizar los siguientes valores:

TAMAÑO DE CÁMARA	FACTOR "K"	Ø PERMITIDO Ø MIN. PERMITIDO (PULG.)	MAX.
9	0.613	0.914 0.641	
17	0.624	1.233 0.910	
33	0.632	1.825 1.222	
55	0.637	2.330 1.808	

8.5.5.7 Procedimiento para Seleccionar la Cámara de Espuma

- Se calcula el área de sección del tanque a proteger
- De acuerdo al NFPA-II se determina la relación de aplicación GPM/pie² LPM/m de solución.
- Se determina el gasto requerido de solución de acuerdo al área por proteger en base a la siguiente ecuación:

$$Q_r = A \times P$$

Donde:

Q_r = Gasto de solución requerido GPM (LPM)

A = Área del tanque a proteger m^2 (pie^2)

P = Densidad de aplicación solución (LPM/ M^2)
(GPM/ pie^2)

Cuando el área a proteger exceda de 2,300 m^2 , se deberá agregar una cámara por cada 400 m^2 de superficie que limita la circunferencia del tanque.

Para tanques de techo flotante el número de puntos de aplicación (cámara de espuma) se determina de acuerdo a la circunferencia del tanque, tomando en cuenta las siguientes recomendaciones de NFPA No. 11:

- A) La distancia máxima entre cámaras será de 12.19 m (40 Pies) de la circunferencia del tanque, si se utiliza una mampara contenedora de 0.304 m (12 pulg.) de altura.
- B) La distancia máxima entre cámaras de espuma será de 24.83 m (80 pies) de la circunferencia del tanque, si se utiliza una mampara contenedora de 0.609 m (24 pulg.) de altura.

Para ambos casos, la mampara debe localizarse a una distancia mínima de 0.304 m (1 pie) y máxima de 0.609 m (2 pies), a partir de la pared interior del cuerpo del tanque.

$$\text{No. de cámaras} = \frac{\text{Perímetro del tanque}}{\text{Distancia entre cámaras}}$$

En la plataforma superior de acceso al techo flotante y como un recurso adicional, se recomienda instalar un hidrante monitor con boquilla para generar espuma con capacidad de 500 GPM.

Las mampara de contención de espuma deberán contar con drenaje para su mantenimiento.

8.5.5.8 Inyección Subsuperficial de Espuma a Tanques Atmosféricos Verticales de Almacenamiento.

El sistema de inyección subsuperficial consiste en producir espuma con formador de alta contrapresión y forzarla a través de una tubería al interior del tanque de almacenamiento de combustible, dicha tubería puede ser la línea de llenado de tanque siempre y cuando cumpla con el diámetro y velocidad especificada o una línea instalada específicamente para la aplicación de espuma, la espuma pasará a través del producto almacenado en el tanque para formar una capa hermética que separa el oxígeno en la superficie del líquido.

El sistema será independiente cuando se diseñan líneas de tubería exclusivamente para el suministro de la espuma; generalmente se recomienda utilizarlo en tanques nuevos o instalarlo en cuanto salgan los tanques a mantenimiento, el sistema de inyección de espuma a través del cabezal de llenado del producto que el tanque almacena, se recomienda sea instalado en un recipiente que esté en servicio ya que no se requiere que el o los tanques a proteger se saquen de operación, pudiéndose instalar las líneas independientes cuando éste salga de operación como ya se estableció anteriormente.

8.5.5.9 Requisitos Mínimos que Deben Cumplirse en un Sistema de Inyección Subsuperficial de Espuma

- A) La espuma tendrá las características solicitadas, como las indicadas en los primeros puntos.
- B) No se recomienda para tanques de techo flotante como se establece en el NFPA volumen y, sección 11, edición 1983.
- C) No se recomienda para hidrocarburos ligeros de la clase IA, como el pentano.
- D) No se recomienda para productos polares por ser productos que destruyen la espuma, ya que ésta

- C) No se recomienda para hidrocarburos ligeros de la clase IA, como el pentano.
- D) No se recomienda para productos polares por ser productos que destruyen la espuma, ya que ésta se disuelve.
- E) La velocidad de la espuma en el punto de descarga hacia el interior del tanque no deberá exceder de 3 m/seg (10 pies/seg) para productos NFPA IB como el ciclohexano, benceno, tolueno, oxileno, hexano, heptano, isohexano y gasolina, o de 6 m/seg (20 pies/seg) para otros tipos de hidrocarburos líquidos.
- F) El desplazamiento máximo de la espuma sobre la superficie del líquido no deberá exceder de 30 m medidos en forma radial a partir de cada alimentación.
- G) Para tanques que almacenan hidrocarburos líquidos el gasto de solución de espuma deberá ser de por lo menos 4.1 litros/minuto/metro² (0.10 GPM/pie²) de superficie del tanque y de 8.1 LPM/m² (0.20 GPM/pie²) máximo.
- H) No debe emplearse con hidrocarburos con viscosidades arriba de 2,000 SSU (440 centistoks) 15.6 °C y un punto de congelación de -9.40 °C.
- I) La espuma deberá ser a base de líquido fluoroproteico o líquido AFFF, por ser inmiscibles con los hidrocarburos líquidos.
- J) La espuma proteica no deberá utilizarse en el sistema de inyección subsuperficial.
- K) El tanque deberá tener el número de descargas necesarias tal y como se detalla a continuación:

Diámetro del tanque (m)	Punto de inflamación abajo de 37.8 °C (100 °F) No. puntos de inyección	Punto de inflamación de 37.8 °C (100 °F) mayor No. puntos de inyección
24	1	1
24 a 36	2	1
36 a 42	3	2
42 a 48	4	2
48 a 54	5	3
54 a 60	6	3
Mayores	Agregar una descarga por cada 456 m ² adicionales	Agregar una descarga por cada 697 m ² adicionales

8.5.5.10 Procedimiento para el Diseño de un Sistema de Inyección Subsuperficial de Espumas

1. Los factores de diseño utilizados en el sistema de inyección de espuma subsuperficial son:

- a) Los formadores de espuma de alta contrapresión (PHB) forman espuma y la descargan al tanque, venciendo la carga hidrostática en el tanque, la suma de ésta más las pérdidas por fricción en la tubería que va del formador de espuma al tanque no debe exceder al 40 % de la presión de entrada en el formador.

En el formador de espuma la solución se expandirá de 2 a 4 veces; para calcular las pérdidas por fricción se debe utilizar un volumen de espuma de 4.

- b) La velocidad de la espuma en la línea no debe exceder de 3 m/seg para gasolina y NAFTA, y de 6 m/seg para otros tipos de líquidos con una densidad de aplicación de 4.1 y máximo de 8.1

densidad de aplicación de 4.1 y máximo de 8.1 litros minutos/metro cuadrado de superficie del líquido en el tanque, la expansión para la aplicación de la espuma debe ser 4 metros antes del punto de aplicación al tanque en operación y en tanques nuevos dentro del tanque.

2.- Para determinar la cantidad y tipo de formadores de espuma de alta contrapresión (PHB), se requiere de la siguiente información:

a) Datos del tanque:

D = Diámetro del tanque m o pie

A = Altura del tanque m o pie

d = Diámetro interior de la línea de llegada al tanque m o pie

L = Longitud de la tubería m o pie

b) Determinación del gasto de solución de espuma:

$$Q_{MIN} = G_{MIN} \times A_T \quad (1)$$

$$Q_{MAX} = G_{MAX} \times A_T \quad (1A)$$

Donde

$Q_{MIN} \sim MAX$ = Gasto mínimo de solución de espuma.

$G_{MIN} \sim MAX$ = Gasto mínimo o máximo de la solución de espuma por unidad de área (densidad de aplicación).

A_T = Superficie del producto almacenado en el tanque.

c) Determinación del gasto de la espuma:

$$Q_{FMIN} = Q_{MIN} \times 4 \quad (2)$$

$$Q_{FMAX} = Q_{MAX} \times 4 \quad (2A)$$

Debido a que el volumen de la solución aumenta 4 veces al formarse la espuma en la salida del proporcionador el gasto de espuma se determina de la forma siguiente:

Donde:

Q_{rMIN} o MAX = Gasto mínimo o máximo de la espuma

- d) Determinación de la velocidad de la espuma de la línea de inyección con el gasto de la espuma y el área de la línea de inyección se determina la velocidad:

$$V_{rMIN} = Q_{rMIN} / A_D \text{ _____ (3) }$$

$$V_{rMAX} = Q_{rMAX} / A_D \text{ _____ (3A) }$$

Donde:

V_{rMIN} o MAX = Velocidad mínima o máxima de la espuma

A_p = Área de la línea de inyección

- e) La velocidad resultante se compara con los límites mínimos y máximo, si resulta alta la velocidad se aumenta el diámetro de la línea por lo menos 4 metros antes de la descarga del tanque.
- f) Se determina la cantidad a usar de formadores de espuma de alta contrapresión como Q_{MAX} calculado y la presión de entrada al formador.

Se debe considerar que la contrapresión no debe exceder del 40 % de la presión de entrada cuando los formadores operen entre 7 y 21 Kg/cm² (100 y 300 psi) se tendrá en cuenta que al seleccionar varios formadores de espuma, éstos tendrán que operar a una misma presión.

3.- La longitud máxima de la tubería entre el tanque y los formadores es estimada; se determinan las pérdidas de presión por fricción en la tubería, considerando los cambios de dirección, las válvulas y el formador de espuma.

a) Determinación de la caída de presión máxima permisible en la línea de inyección mediante la relación siguiente:

$$40 \% P_e \geq P_h + AP_{phb} + AP_L \quad (4)$$

Donde:

P_e = Presión de entrada al formador de espuma.

P_h = Presión hidrostática del producto en el tanque.

AP_{phb} = Caída de presión en el formador de espuma.

AP_L = Caída de presión en la línea, considerando cambio de dirección, tramo recto, válvulas, reducción, etc.

Por lo que la máxima caída de presión permisible en la línea será:

$$AP_L \leq 40 \% P_e - P_h - AP_{phb} \quad (5)$$

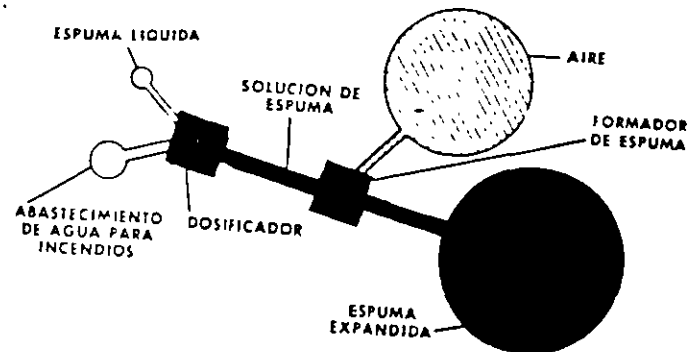
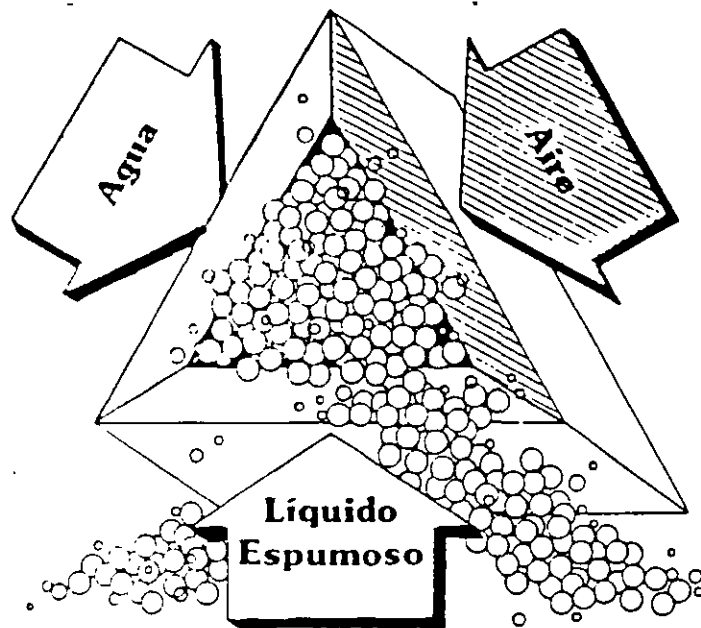
Como la caída de presión en la línea es equivalente a:

$$AP_L = AP_r + AP_{cd} \quad (6)$$

Donde:

AP_r = Caída de presión por fricción en la línea recta

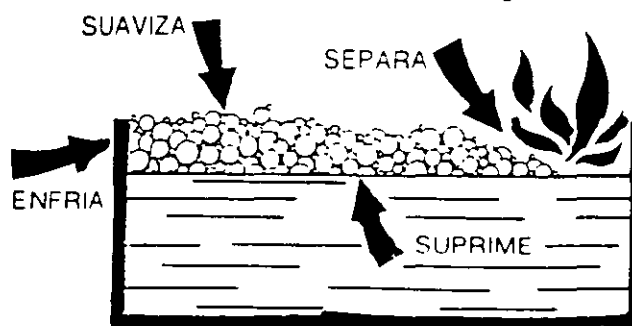
AP_{cd} = Caída de presión por fricción considerando los cambios de dirección, válvula, etc.



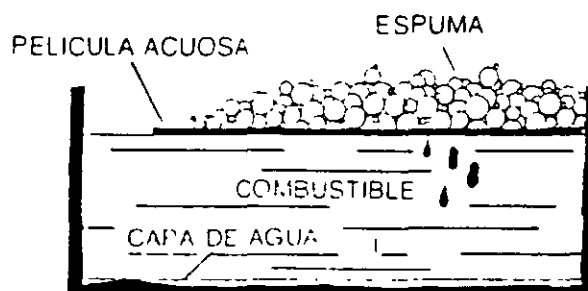


ESPUMAS LIQUIDAS – Cómo funcionan

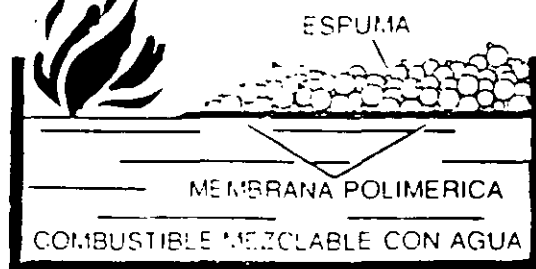
Como trabaja la espuma



Espuma que forma pelicula acuosa



Solvente Polar





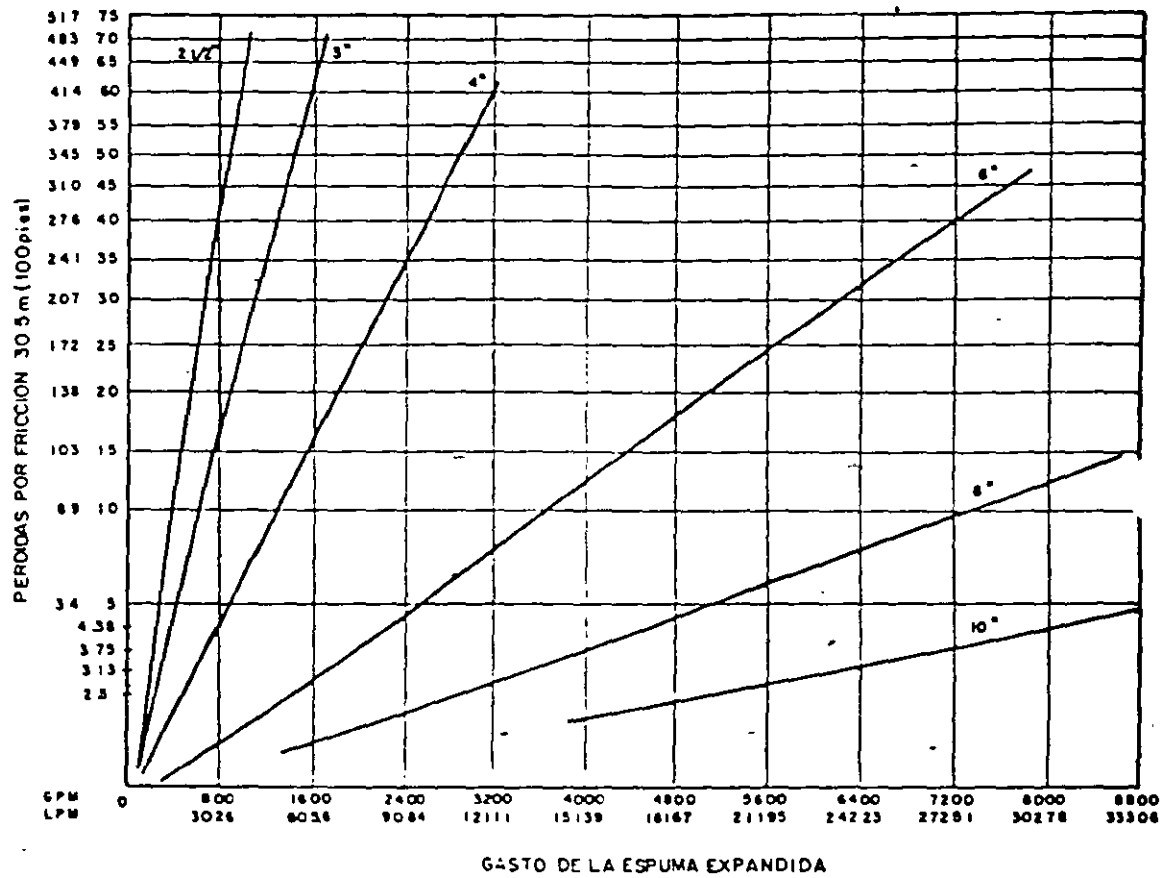
Espumas recomendadas, % Dosificación y Métodos de Aplicación para varios Riesgos.

ESPUMA LIQUIDA	RIESGO DE HIDROCARBUROS (Ref. - Normas N.F.P.A. 11 & 11B)			RIESGOS SOLVENTE POLAR (ALCOHOL)	
	Tanques Almacén (Vea Sección VI) .10 GPM/Pie (4 LPM/m) Dosis Aplic.	Incendios Derrames .16 GPM/Pie (6 LPM/m)	Tanques Almacén (Vea Sección VI)	Incendios derrames, Boquillas, Monitores, Dispositivos Aéreos	
	N.F.P.A. Tipo II Camaras superiores Fijas	Inyección Subsuperficie	Boquillas, Monitores Dispositivos Aéreos	Vea Tabla 2-2 para detalles de Dosis de Aplicación y Requisitos de Dosificación	
Fluoroproteína					
Aer-O-Foam XL-3	3%	3%	3%	NR	NR
Aer-O-Foam XL-6 (& Espuma fria)	6%	6%	6%	NR	NR
Proteína Regular					
Aer-O-Foam 3% (& Espuma fria)	3%	NR	3%	NR	NR
Aer-O-Foam (& Espuma fria)	6%	NR	3%	NR	NR
Aer-O-Water (AFFF)					
Aer-O-Water Plus (& Espuma fria)	3%	NR	3%	NR	NR
Aer-O-Water 6	NR	NR	6%	NR	NR
Universal	3%	4%	3%	6%-10% (Tipo II)	6%-10%
Aer-O-Water PSL	6%	3%	6%	6%-10% (Tipo II)	6%-10%

NR = no recomendable

ESPUMAS MECANICAS

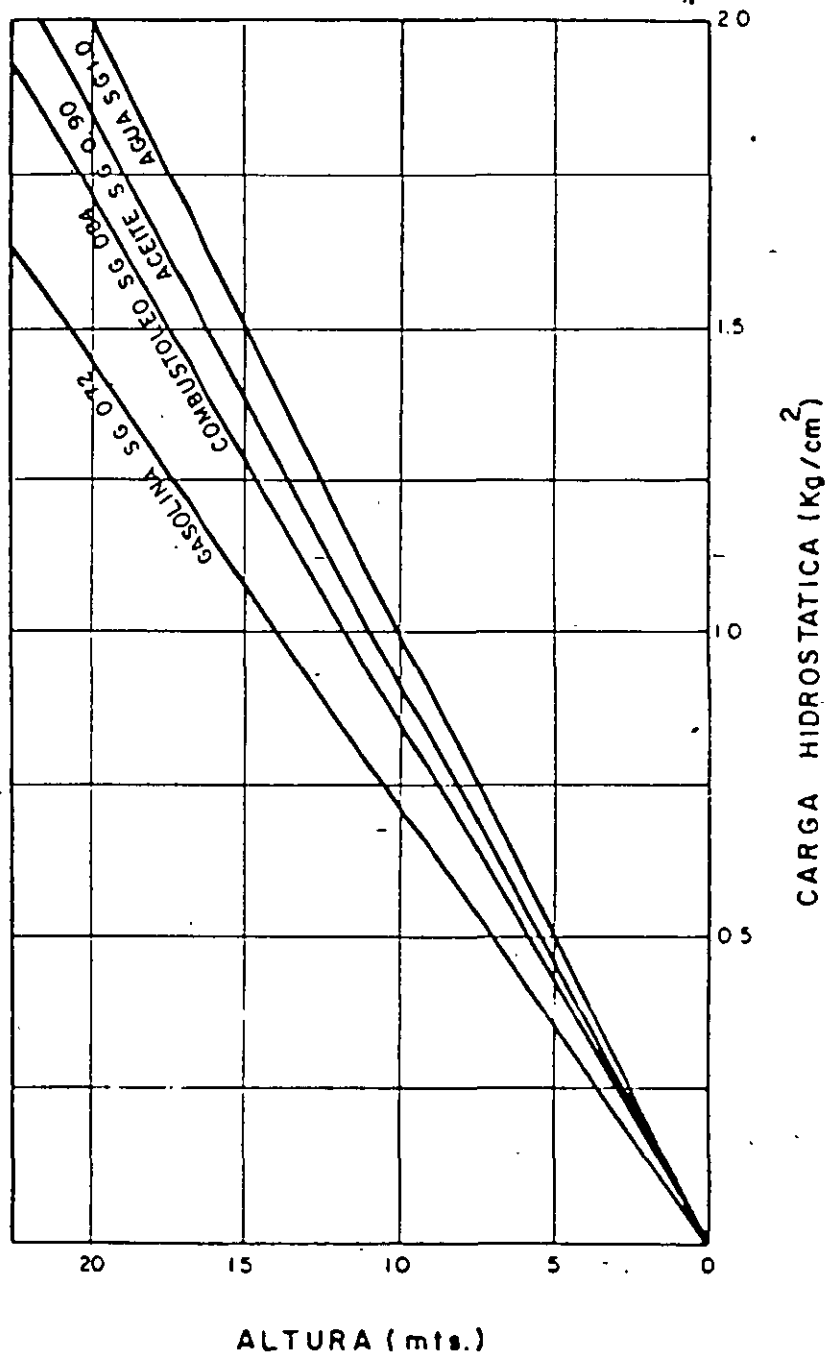
EXPANSION	TIPO	USO
Baja	Proteica	Compuestos no polares
	Fluoroproteica	Compuestos no polares
	AFFF (formadora de película acuosa)	Compuestos no polares
	Multiuso	Compuestos polares y no polares
Mediana y alta	Mediana y alta expansión	Compuestos no polares



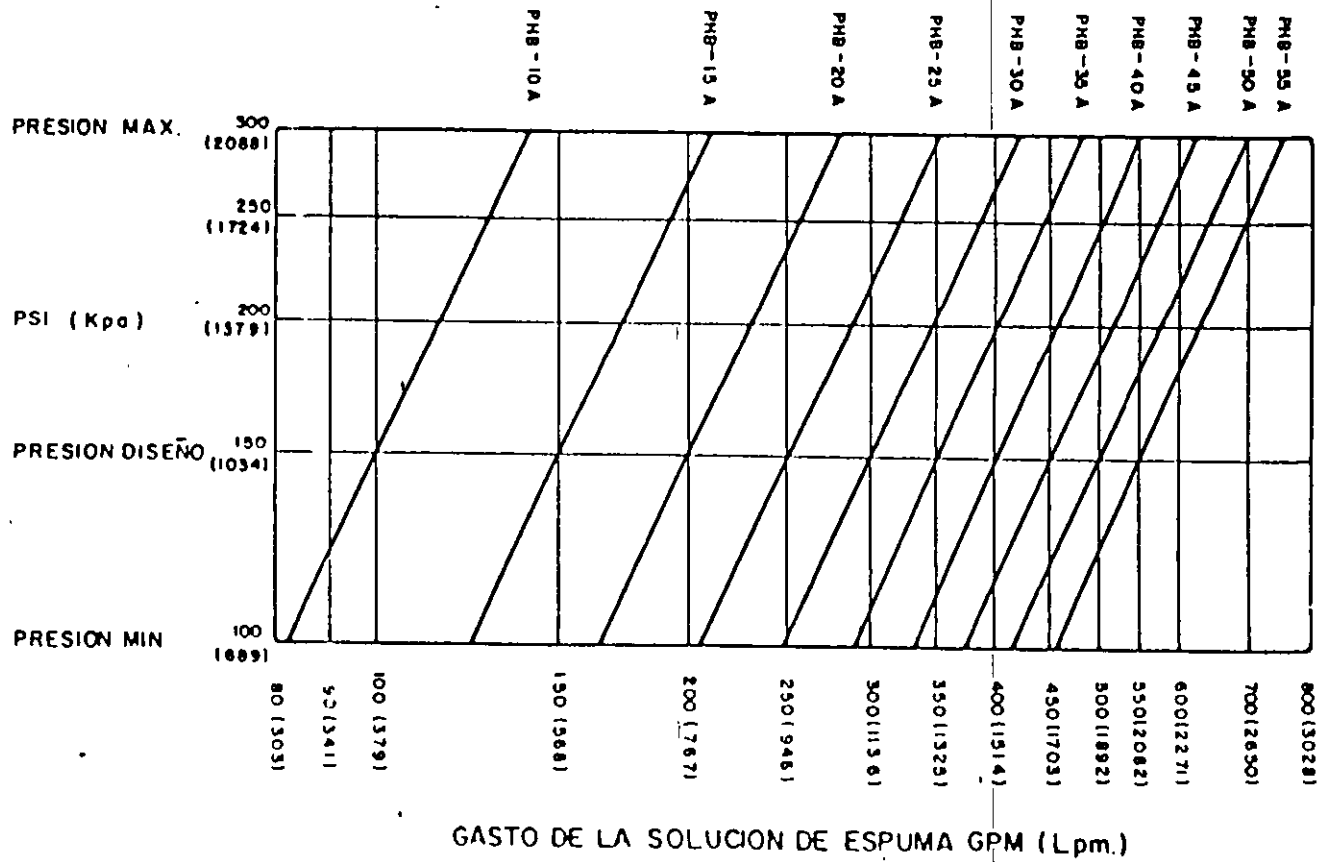
SELECCION DEL DIAMETRO DE LA ENTRADA DEL FORMADOR



PERDIDAS POR FRICCION ORIGINADAS POR EL GASTO
DE LA ESPUMA EN TUBERIAS (por producto)

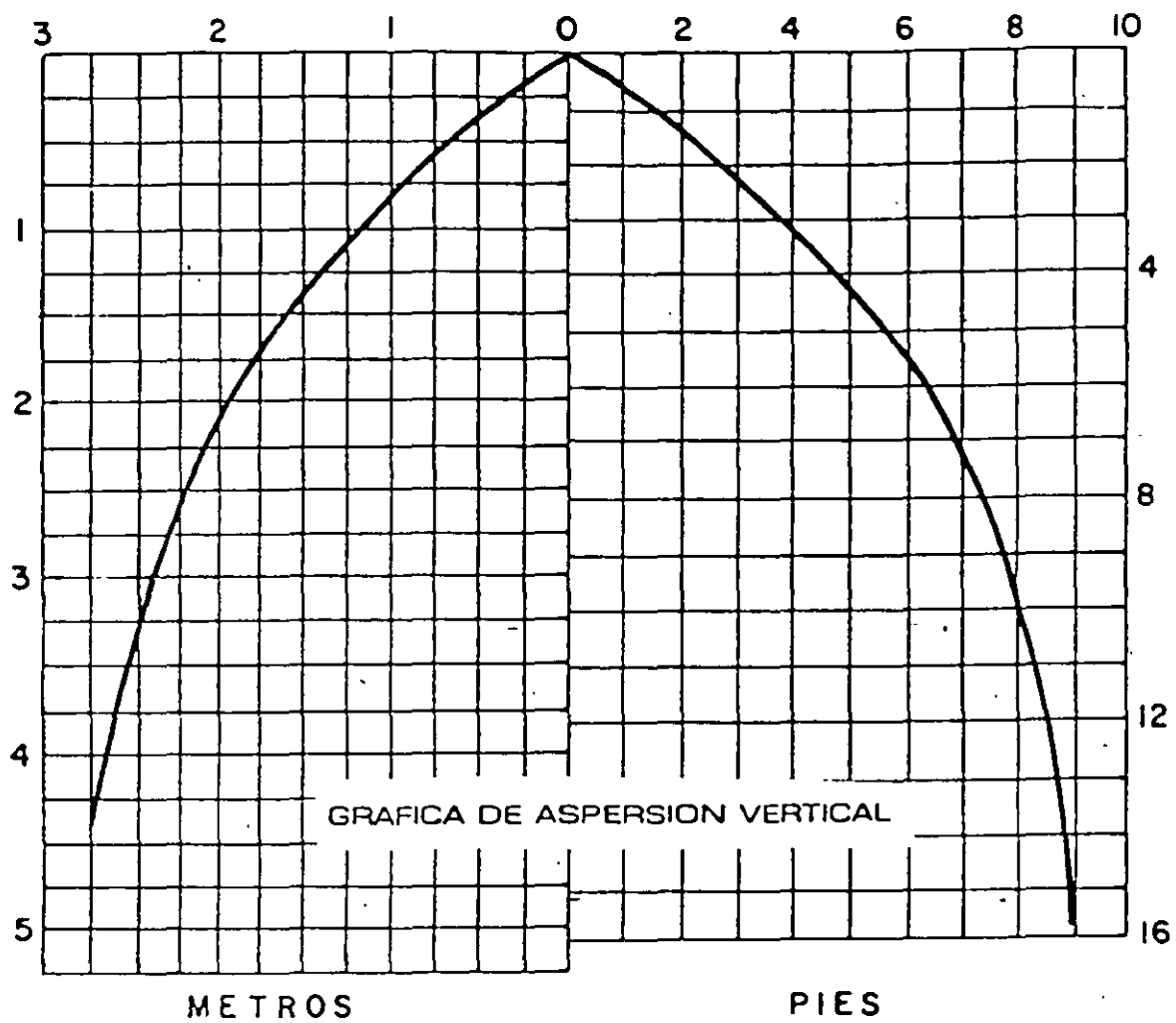


SELECCION DE FORMADORES DE ESPUMA





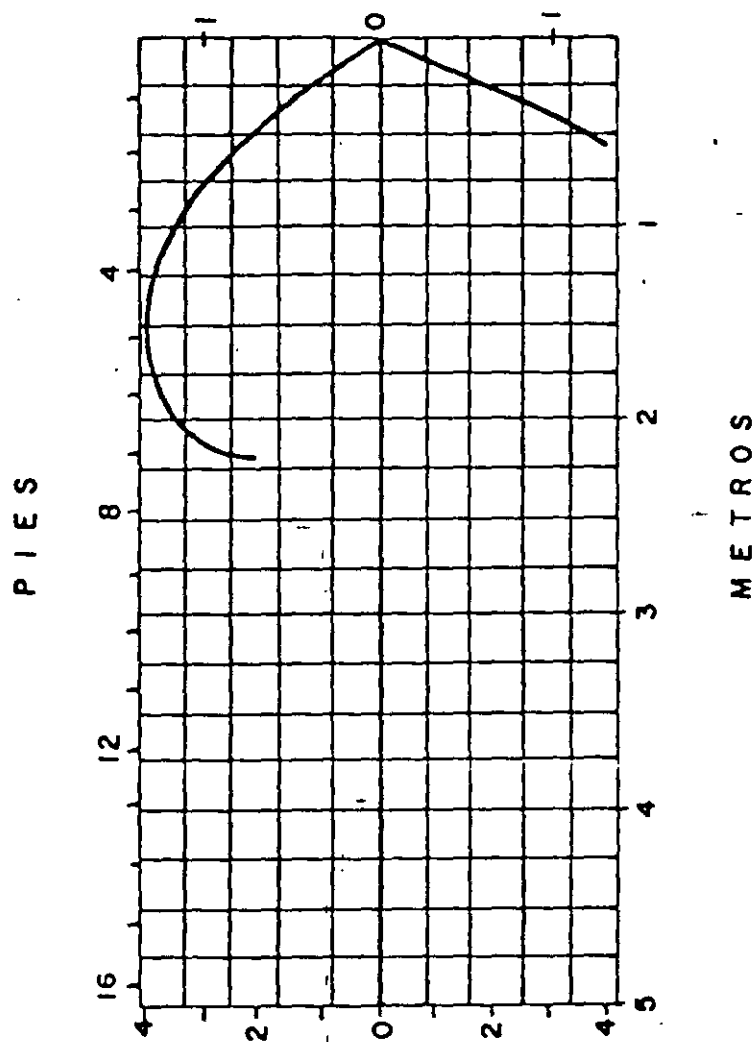
HV - 26



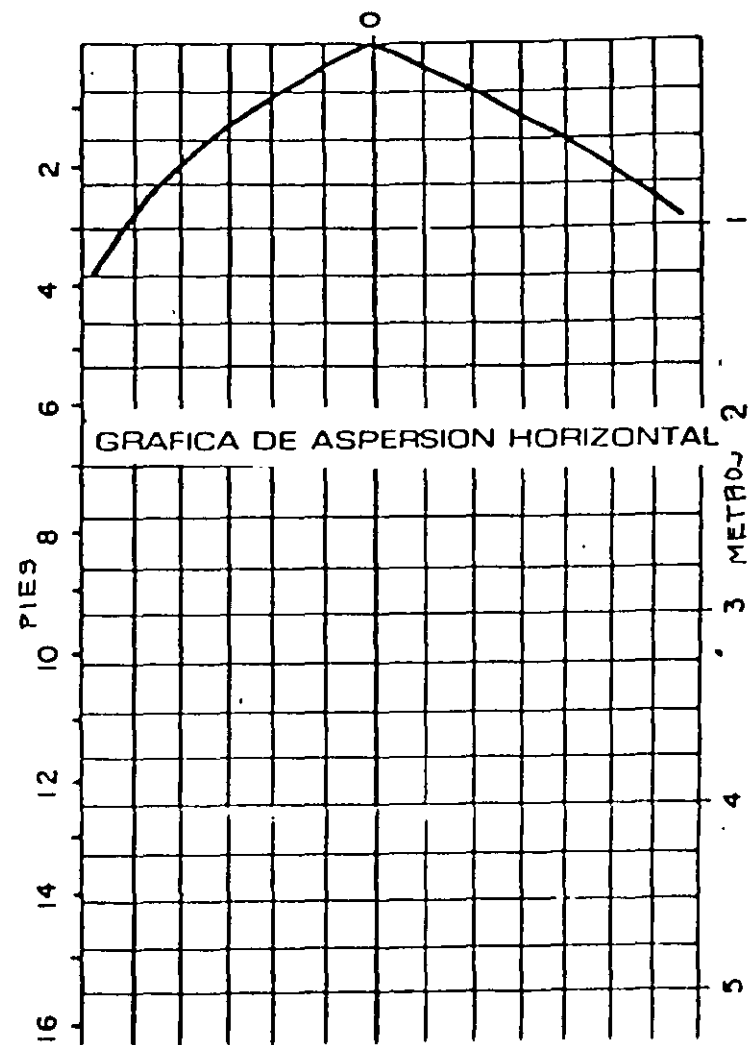
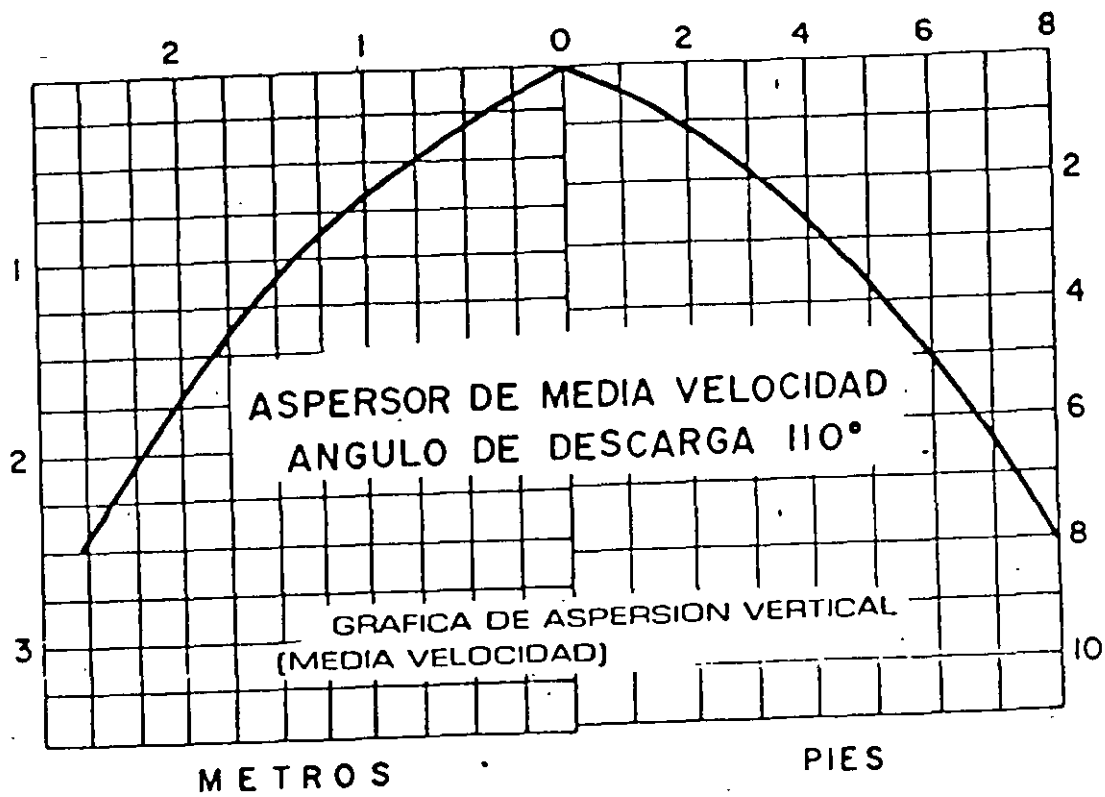


ASPERSOR DE ALTA VELOCIDAD

GRAFICA DE ASPERSION HORIZONTAL



ASPERSOR DE MEDIA VELOCIDAD,
ANGULO DE DESCARGA 110°



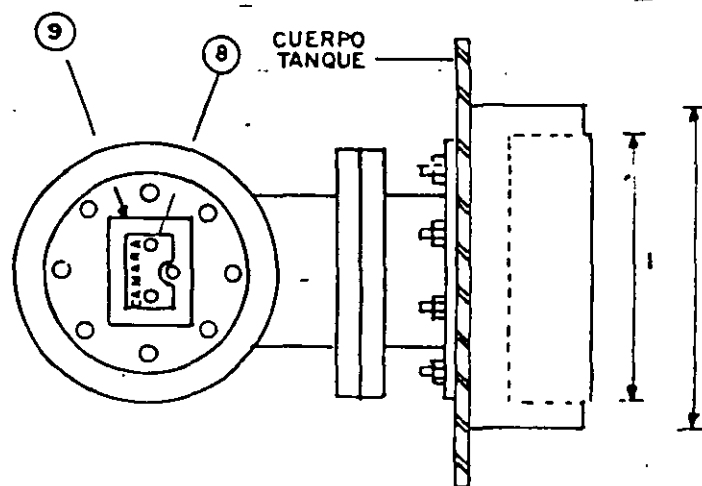
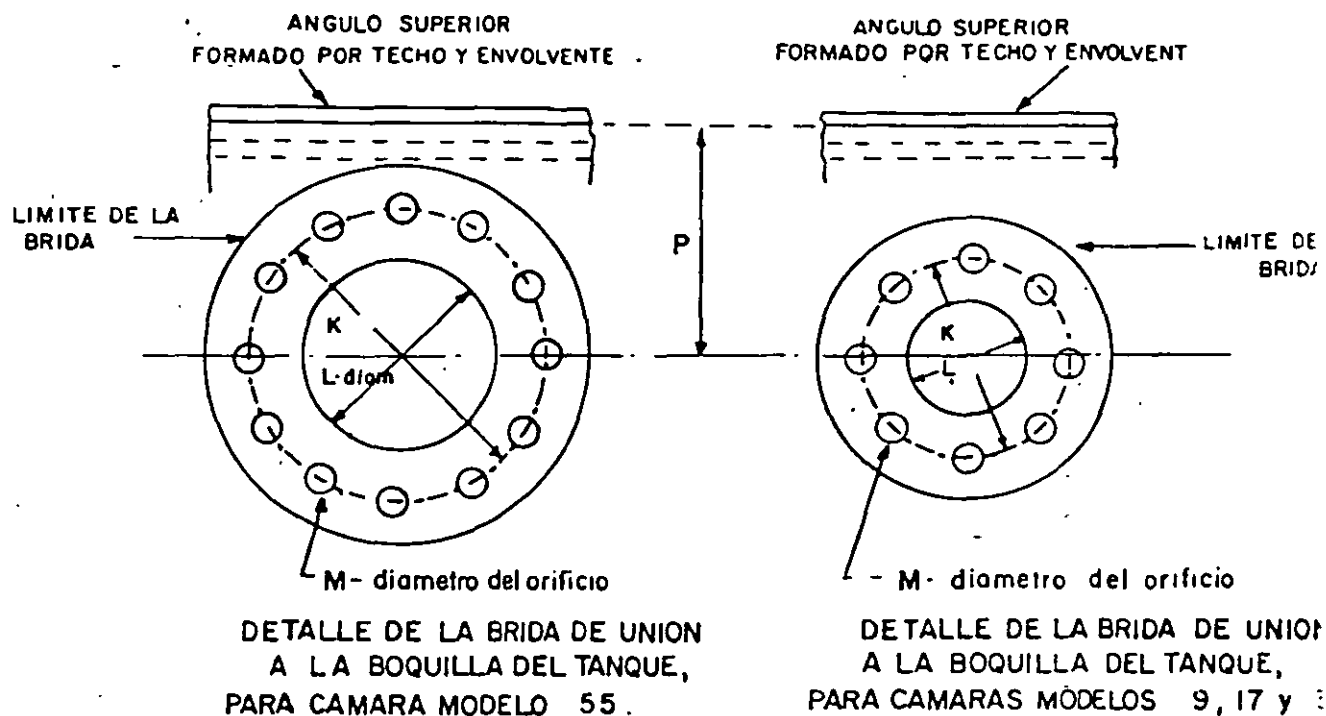


TABLA 3

No	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	ESCOTILLA DE INSPECCION
2	8	TORNILLOS DE BRONCE PARA LA 35, 33 y 17 TORNILLOS DE BRONCE PARA LA 9
3	1	CUERPO DE LA CAMARA ACERO AL CARBON A 53 Gr. B
4	1	PLACA CON ORIFICIO (BRONCE)
5	2	EMPAQUE (ASBESTO COMPRIMIDO DE 158 mm (1/16 pulg.))
6	1	TOMA DE AIRE (LAMINA DE 3.175 mm (1/8 pulg.))
7	1	DEFLECTOR ACERO AL CARBON A 53 Gr. B
8	2	TORNILLOS DE LA PLACA DEL FABRICANTE
9	1	PLACA DEL FABRICANTE

TABLA DE DIMENSIONES

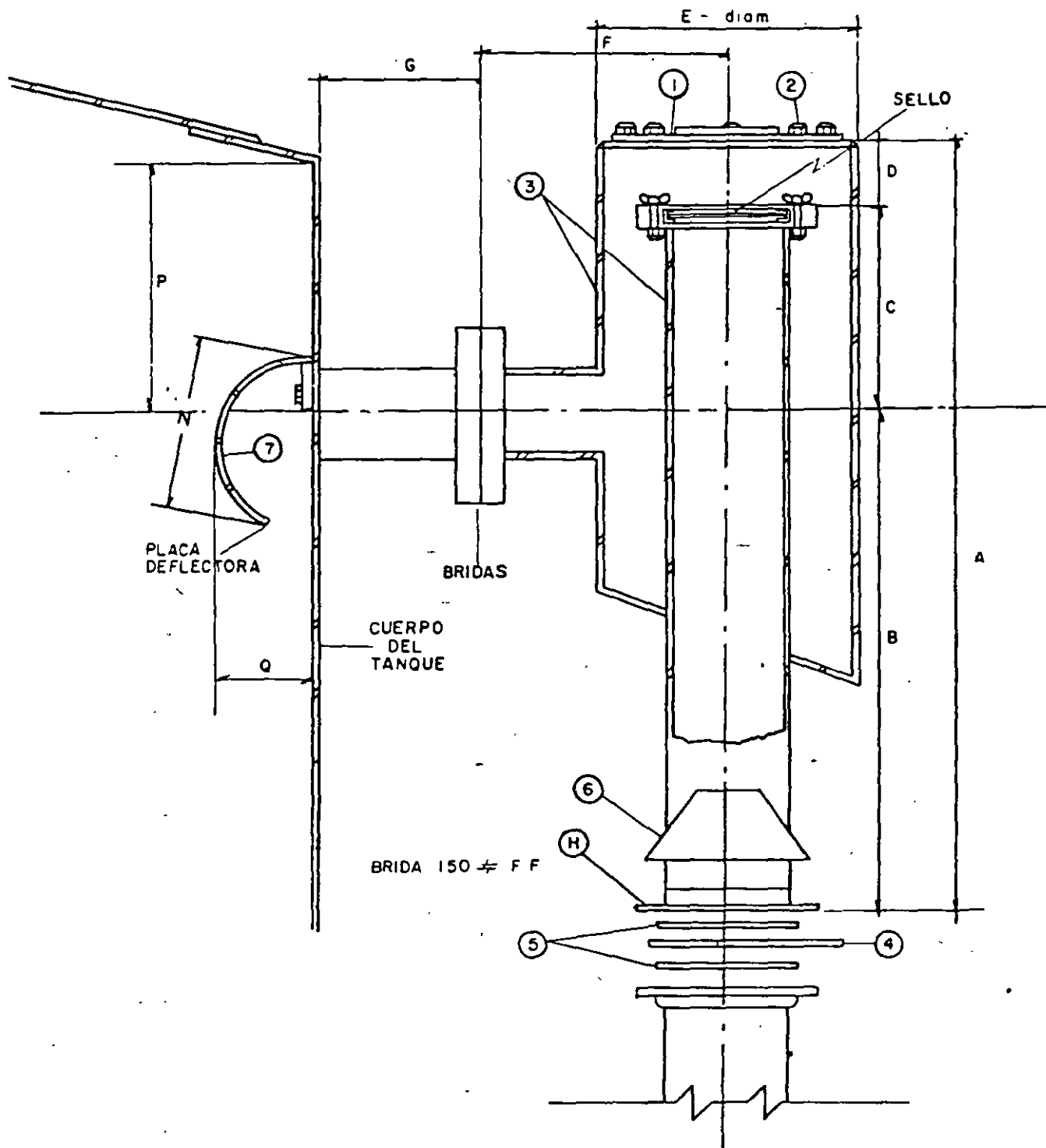
MODELO DE CAMARA	A	B	C	D	E	F	G	H
	milímetros pulgadas							
9	667 26 1/4	387 15 1/4	216 8 1/2	64 2 1/2	203 8	178 7	178 7	64 2 1/2
17	816 32 3/32	498 19 19/32	254 10	64 2 1/2	254 10	229 9	203 8	76 3
33	910 35 13/16	529 20 13/16	289 11 3/8	92 3 5/8	305 12	254 10	203 8	102 4
55	1084 42 11/16	646 24 23/16	314 12 3/8	125 4 15/16	406 16	305 12	229 9	152 6

TABLA DE DIMENSIONES
(CONT.)

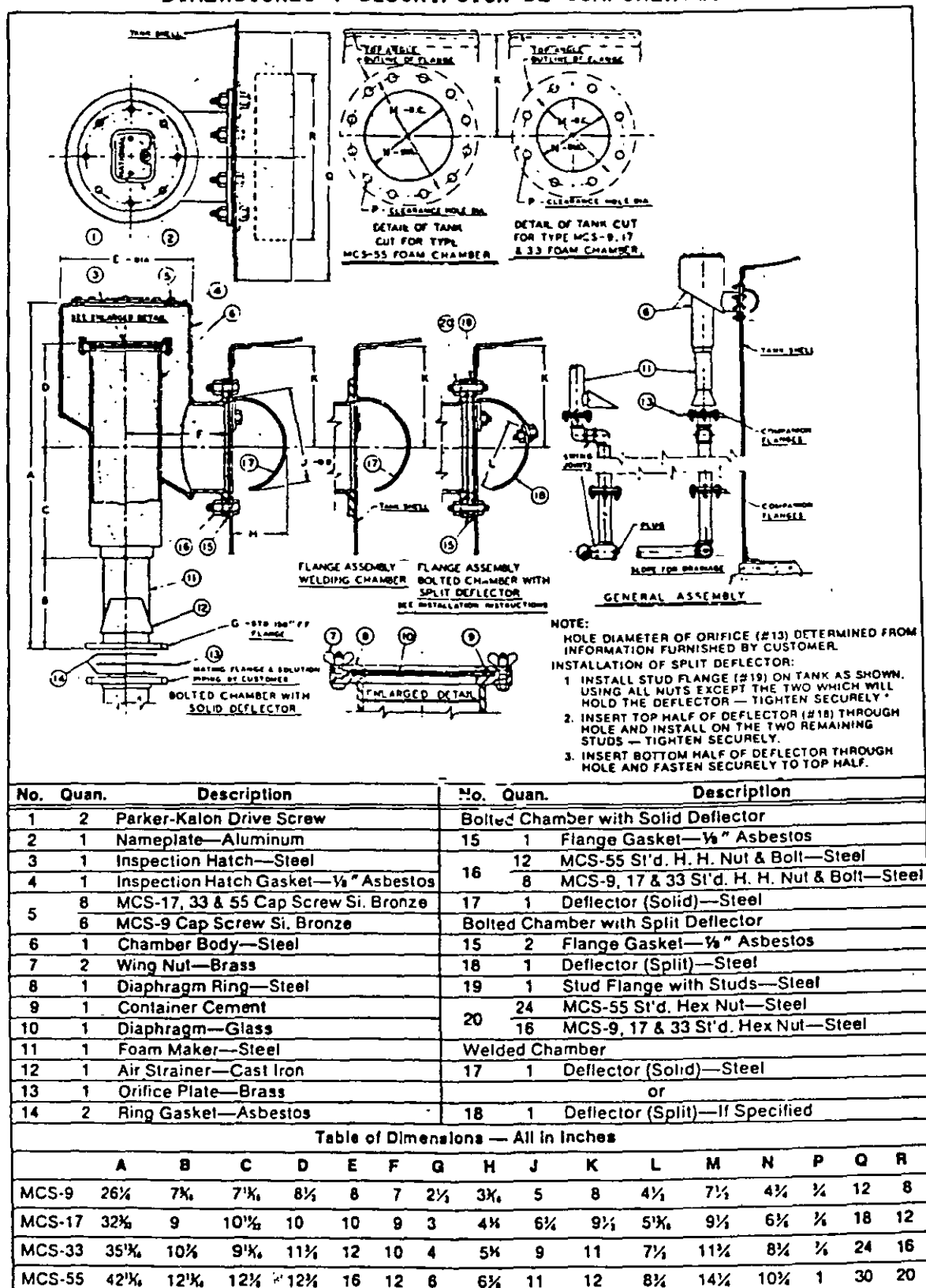
MODELO DE CAMARA	I	J	K	L	M	N	P	Q
	milímetros pulgadas							
9	203 8	305 12	191 7 1/2	121 4 3/4	19 3/4	127 5	203 8	81 3 3/16
17	305 12	457 18	241 9 1/2	168 6 5/8	22 7/8	171 6 3/4	241 9 1/2	111 4 3/8
33	406 16	610 24	298 11 3/4	222 8 3/4	22 7/8	229 9	279 11	137 5 3/8
55	506 20	762 30	362 14 1/4	273 10 3/4	25 1	279 11	305 12	168 6 5/8

TABLA N°. 1

Capacidad tanque en barriles	Diámetro en pies	Altura en pies	Area en Pies ²	Espuma requerida con = 0.10 gpm/ft ² en gpm	Número y Modelo de Cámara de espuma requerida	φ de la placa de orificio requerido en c/cámara de espuma en plg.	Gasto de Espuma proporcionado por las placas de orificio de las cámaras de espuma en GPM	Diámetro requerido de la tubería de alimentación a cada cámara de espuma a 10 ft/sec.	Diámetro nominal y N°. Cédula de la tubería de alimenta- ción a cada cámara de espuma, velocidad proporcionada en pies/seg (ft/sec)	Cantidad requerida de liquido proteico al 3% en una hora	Cantidad requerida de agua al (97%) en una hora
500	15'	16'	177	17.7	1 MCS-9	0.641"	47	1.385"	1 1/2" Diam. 1.500" Ced 80 8.5 ft/sec	84.6 gals	2735.4 gals.
1 000	20'	18'	314	31.4	1 MCS-9	0.641"	47	1.385"	1 1/2" Diam. 1.500" Ced 80 8.5 ft/sec	84.6 gals	2735.4 gals.
2 000	24.5'	24'	471	47.1	1 MCS-9	0.651"	49	1.414"	1 1/2" Diam. 1.500" Ced 80 8.9 ft/sec	82.2 gals	2851.8 gals
3 000	30'	24'	707	70.7	1 MCS-9	0.784"	71	1.702"	2" Diam. 2.067" Ced 40 6.8 ft/sec.	127.8 gals	4132.2 gals
5 000	31.66'	36'	787	78.7	1 MCS-9	0.837"	81	1.818"	2" Diam. 2.067" Ced 40 7.7 ft/sec.	145.8 gals	4714.2 gals.
10 000	42.50'	40'	1 419	141.9	1 MCS-17	1.111"	145	2.432"	2 1/2" Diam. 2.489" Ced 40 9.705 ft/sec	261 gals	8439.0 gals.
15 000	58'	32'	2 642	264.2	1 MCS-33	1.505"	273	3.337"	4" Diam. 4.026" Ced 40 6.872 ft/sec	491.4 gals	15890.0 gals.
20 000	60'	40'	2 827	282.7	1 MCS-33	1.537"	283	3.398"	4" Diam. 4.026" Ced 40 7.124 ft/sec.	509.4 gals	16470.0 gals
30 000	73.33'	40'	4 223	422.3	2 MCS-33	1.330"	426	2.950"	3" Diam. 3.068" Ced 40 9.3 ft/sec.	766.8 gals	24793.2 gals.
40 000	85'	40'	5 675	567.5	2 MCS-33	1.560"	581	3.443"	4" Diam. 4.026" Ced 40 7.3 ft/sec.	1045.8 gals	33814.2 gals.
55 000	100'	40'	7 854	785.4	2 MCS-33	1.825"	794	4.025"	4" Diam. 4.026" Ced 40 10 ft/sec.	1429.2 gals	46210.8 gals.
80 000	120'	40'	11 310	1 131.0	2 MCS-55	2.171"	1 131	4.804"	6" Diam. 6.065" Ced 40 6.3 ft/sec.	2035.8 gals	65824.2 gals.
100 000	134'	40'	14 103	1 410.3	3 MCS-55	1.988"	1 431	4.412"	6" Diam. 6.065" Ced 40 5.3 ft/sec.	2575.8 gals	89284.2 gals.
150 000	150'	48'	17 672	1 767.2	3 MCS-55	2.330"	1 965	5.170"	6" Diam. 6.065" Ced 40 7.3 ft/sec.	3537 gals	114363 gals
200 000	160'	48'	25 447	2 544.7	7 MCS-55	1.808"	2 751	4.005"	4" Diam. 4.026" Ced 40 9.9 ft/sec.	4951.8 gals	160103.2 gals

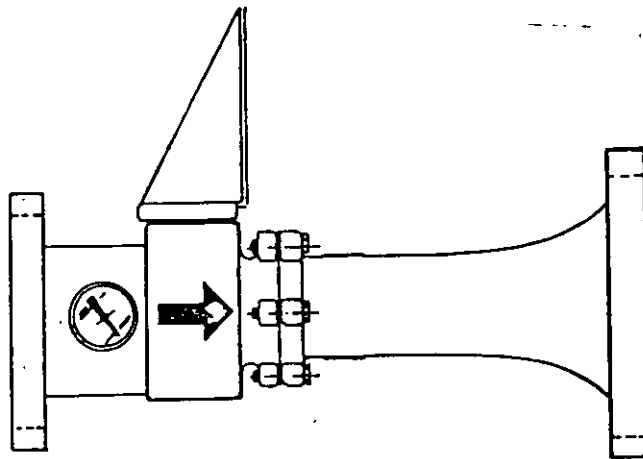


GENERADOR DE ESPUMA PARA COMBATIR INCENDIOS. DIMENSIONES Y DESCRIPCION DE COMPONENTES



M2-8.38

MONITORES Y PROPORCIONADORES P/SERVICIO DE AGUA Y ESPUMA CON. TRAINCENDIO

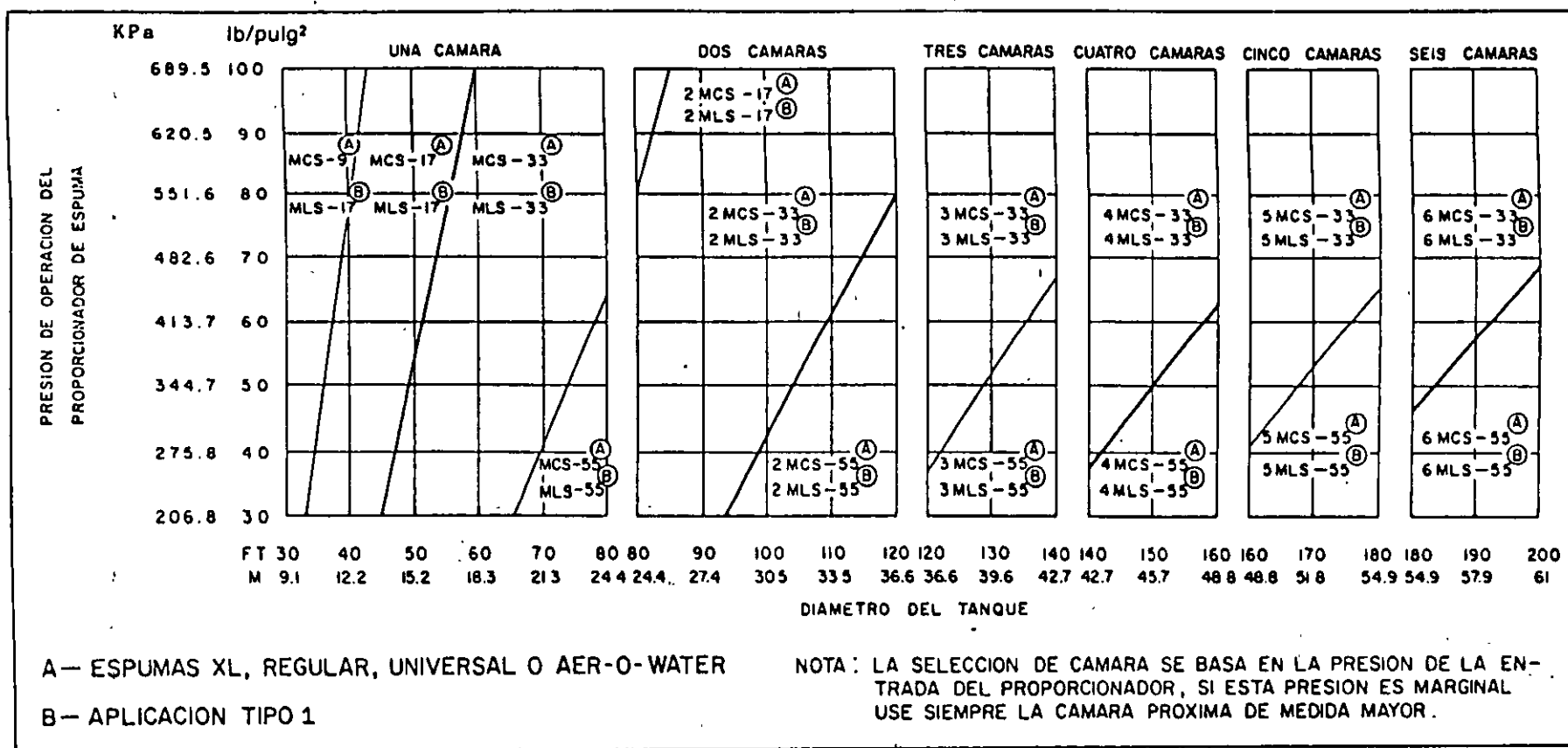


PROPORCIONADOR ESPUMA (UNIDAD CPTA.) DE INYECCION SUBSUPERFICIAL EN LINEA, solución regulable de 2 a 4%, con entrada y salida bridadas de 101.6 mm y 151.4 mm (4 y 6 pulg) de diámetro respectivamente y 558.8 mm (22 pulg) de largo, con manómetro indicador de alta presión de empuje, "NATIONAL FOAM", o similar.

CAPACIDAD DE PROPORCIONADORES DE ESPUMA, DE INYECCION SUBSUPERFICIAL EN LINEA

Modelo	Capacidad a 150 psi (10.5 kg/cm ²)	
	gpm	lpm
PHB-35A	350	1,325
PHB-40A	400	1,514
PHB-45A	450	1,703
PHB-50A	500	1,892
PHB-55A	550	2,082

Referencia.—Tabla 6.6 del National Foam, págs. 6-7.



**CAPACIDAD DE CAMARA CONTRA PRESION DE ENTRADA
 EN EL PROPORCIONADOR DE ESPUMA-HIDROCARBUROS
 REFERENCIA: CATALOGO NATIONAL FOAM. PAG. 6-16**



VALVULA DE COMPUERTA DE PISO COMPLETO CON EXTREMOS ROSCADOS (UNO MACHO NSHT Y EL OTRO HEMBRA NPT), CON TAPA Y CADENA.

800 mm

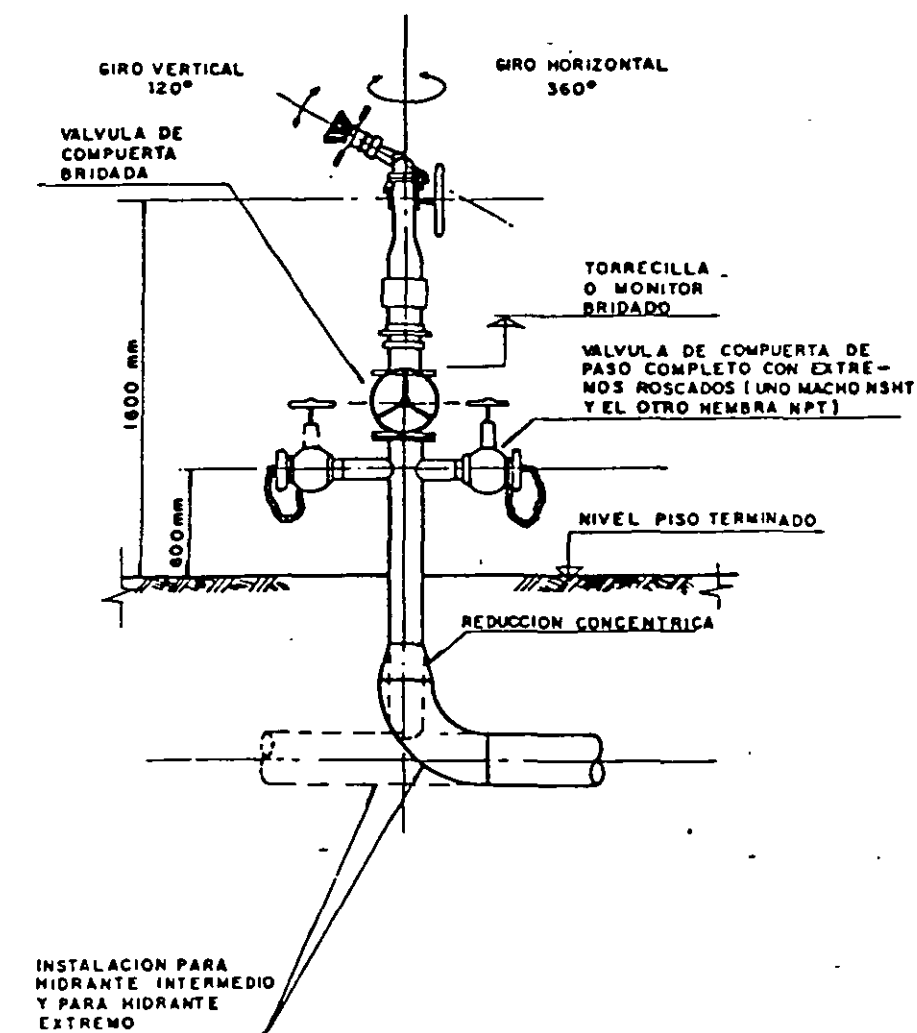
VARIABLE

810 mm (4")

NIVEL PISO TERMINADO

REDUCCION CONCENTRICA

DETALIE DE HIDRANTE DE DOS TOMAS



DETALLE DE HIDRANTE DE DOS TOMAS
CON MONITOR

PROBLEMA DE APLICACION

PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION

A CONTINUACION SE HARA LA PROTECCION CONTRA INCENDIO DE LA PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION, CORRESPONDIENTE A SU AREA NUEVA, DONDE SE LOCALIZAN TANQUES ATMOSFERICOS DE ALMACENAMIENTO DE GASOLINA NOVA, DIESEL Y DIAFANO LOS CUALES SE ENCUENTRAN CONSISTRADOS EN UN DIQUE COMUN.

LA PROTECCION DE ESTA AREA SE HARA POR MEDIO DE HIDRANTES CON MONITOR, CAMARAS DE ESPUMA, UN EQUIPO DE PRESION BALANCEADA Y BOMBAS CONTRA INCENDIO LOS CUALES SERAN CALCULADOS HIDRAULICAMENTE.

LA PROTECCION SERA DEFINIDA DE LA SIGUIENTE MANERA:

- 1.- PROTECCION CON ESPUMA AL TANQUE DE MAYOR CAPACIDAD.
- 2.- UN MONITOR DE 500 GPM.
- 3.- UN HIDRANTE DE 500 GPM.

I. PROTECCION AL TANQUE DE MAYOR CAPACIDAD.

COMO SE PUEDE VER EN EL DTI DE LA PLANTA, EN EL AREA NUEVA EL RECIPIENTE DE MAYOR CAPACIDAD ES EL QUE ALMACENA GASOLINA NOVA, POR LO QUE PARA ESTE TANQUE SE HARA EL CALCULO DEL SISTEMA DE ESPUMA CON EL CUAL SE PROTEGERA EL AREA DE DIQUES.

A. CLASIFICACION DEL RIESGO

PRODUCTO : GASOLINA

FLASH POINT : - 45 °F

CLASIFICACION : CLASE IA, HIDROCARBURO

B. DEFINICION DEL NUMERO DE CAMARAS POR TANQUE

VER TABLA No. 1, PARA LA DEFINICION DEL NUMERO DE CAMARAS POR EL DIAMETRO DEL TANQUE A PROTEGER.

1. TANQUE DE GASOLINA DE 55000 BLS.

DIAMETRO : 100 FT

No. CAMARAS : 2

2. TANQUE DE DIESEL DE 3000 BLS.

DIAMETRO : 30 FT

No. CAMARAS : 1

3. TANQUE DE DIAFANO - DE 5000 BLS.

DIAMETRO : 31.66 FT.

No. CAMARAS : 1

C. RANGO DE APLICACION

EL RANGO DE APLICACION ES DE ACUERDO A LA TABLA No. 1, QUE ES DE 0.10 GPM/FT².

D. TIEMPO MINIMO DE DESCARGA

EL TIEMPO MINIMO DE ACUERDO A LA TABLA No. 1, QUE ES DE 1 HORA DE APLICACION (60 MINUTOS).

E. CALCULO DE CONCENTRADO DE ESPUMA

CALCULANDO EL AREA DEL TANQUE QUE ALMACENA GASOLINA CON UN DIAMETRO DE 100 FT, TENEMOS:

$$A_{Tq} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (100)^2}{4} =$$

$$A_{Tq} = 7854 \text{ FT}^2$$

1. CALCULANDO EL RANGO DE SOLUCION.

$$R_{\text{sol.}} = A_{Tq} \times \text{RANGO DE APLICACION}$$

$$= (7854 \text{ FT}^2)(0.10 \text{ GPM/FT}^2) =$$

$$R_{\text{sol.}} = 786 \text{ GPM}$$

2. CANTIDAD DE CONCENTRADO DE ESPUMA

$$C_{\text{conc.}} = A_{Tq} \times R_{\text{apl.}} \times \% \text{ LIQUIDO ESPUMANTE} \times \text{TIEMPO DESC.}$$

$$= (7854 \text{ FT}^2)(0.1 \text{ GPM/FT}^2)(0.03\%)(60 \text{ MIN}) =$$

$$C_{\text{conc.}} = 1413.7 \text{ GALONES DE CONCENTRADO AL } 3\%$$

F. DATOS OBTENIDOS

Nº. CAMARAS TIPO II = 2 CAMARAS

CANTIDAD CONCENTRADO ESPUMA = 1414 GAL.

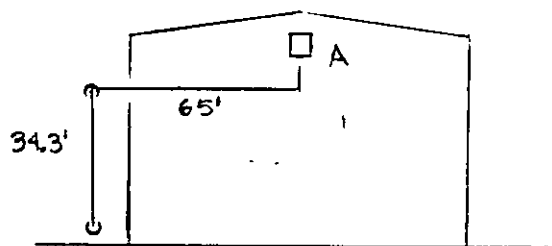
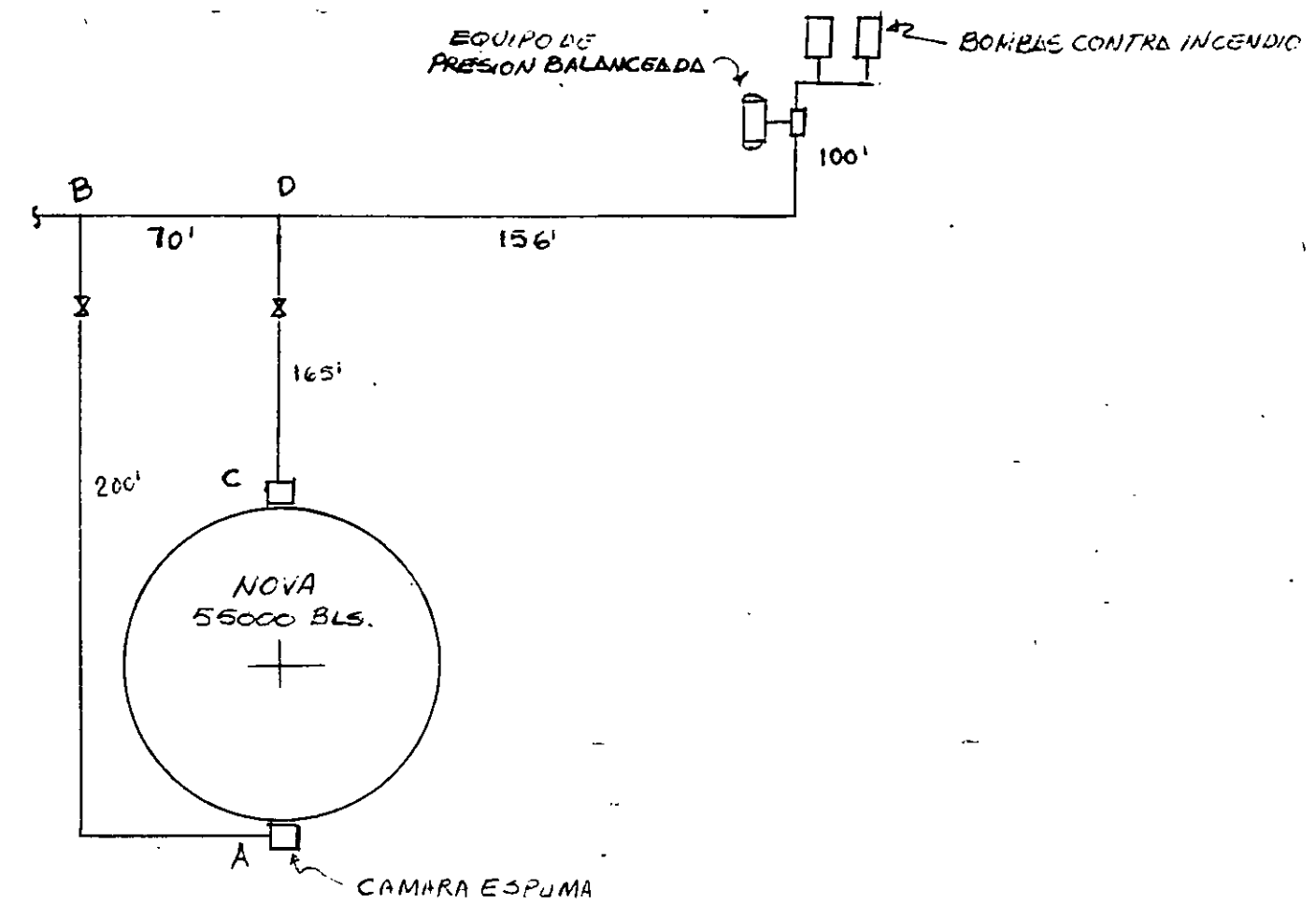
CAPACIDAD TQ. ALMTO. ESPUMA = 6 M³ (1585 GAL) COMERCIAL

TIPO DE SISTEMA PROPORCIONADOR = PRESION BALANCEADA

FLUJO DE SOLUCION ESPUMANTE = 786 GPM.

II CALCULO HIDRAULICO DEL ARREGLO DE TUBERIAS DEL SISTEMA DE ESPUMA.

EL CALCULO HIDRAULICO QUE A CONTINUACION SE HARA ES CONSIDERANDO EL FLUJO DE SOLUCION ESPUMANTE ANTES OBTENIDO, EN EL CUAL SE OBTENDRA LA CAIDA DE PRESION A LO LARGO DE LA TUBERIA DESDE LA CAMARA DE ESPUMA A LA DESCARGA DE LAS BOMBAS CONTRA INCENDIO, DE ACUERDO AL SIGUIENTE DIBUJO:



DIBUJO DEL SISTEMA DE ESPUMA

DE ACUERDO AL DIBUJO ANTERIOR, TENEMOS:

- APLICANDO LA ECUACION DE HAZEN-WILLIAMS.

$$\Delta P = \frac{4.52 Q^{1.85}}{C^{1.85} d^{4.87}}$$

$$C_{TUB. A.C.} = 100$$

TRAMO A-B

ACCESORIOS	ϕ (IN)	N. ACC. (PZAS)	L _{eq} (FT)	L _{eq. TOTAL} (FT)
CODO 90°	4	3	10	30
VAL. COMP.	4	1	2	<u>2</u>
				32 FT

$$LONG. TUB. = 299.3 \text{ FT}$$

$$L_{TUB. TOTAL} = 331.3 \text{ FT}$$

$$d_{INT. 4"} = 4.026 \text{ IN}$$

$$Q_{CAMERA} = 393 \text{ GPM}$$

$$P_{REQ. CAM} = 80 \text{ PSI (DATO DE PROVEEDOR)}$$

$$\Delta P_{4"} = 0.0644 \text{ PSI/FT}$$

$$CAIDA DE PRESION = \Delta P \times L_{TUB.} = (0.0644 \text{ PSI/FT})(331.3 \text{ FT})$$

$$CAIDA DE PRESION = 21.33 \text{ PSI}$$

$$Vel. 4" = 9.9 \text{ FT/SEC.}$$

$$PRESION ESTATICA DE 34.3 \text{ FT} = 14.85 \text{ PSI}$$

$$\Sigma P = P_{REQ. CAM} + CAIDA PRESION + PRESION ESTATICA$$

$$\Sigma P_{AB} = 80 \text{ PSI} + 21.33 \text{ PSI} + 14.85 \text{ PSI} = 116.18 \text{ PSI}$$

TRAMO C-D

ACCESORIOS	ϕ (IN)	N. ACC. (PZA)	L _{eq.} (FT)	L _{eq} TOTAL (FT)
CODO 90°	4	1	10	10
VALV. COMP.	4	1	2	<u>2</u>
				12 FT

$$\text{LONG. TUB.} = 199.3 \text{ FT}$$

$$\text{L TUB. TOTAL} = 211.3 \text{ FT}$$

$$d_{\text{INT. 4"}} = 4.026 \text{ IN}$$

$$Q_{\text{CAMARA}} = 393 \text{ GPM}$$

$$P_{\text{REQ. CAM}} = 80 \text{ PSI (DATO DE PROVEEDOR)}$$

$$\Delta P_{4"} = 0.0644 \text{ PSI/FT}$$

$$\text{CAIDA DE PRESION} = (0.0644 \text{ PSI/FT})(211.3 \text{ FT}) =$$

$$\text{CAIDA DE PRESION} = 13.6 \text{ PSI}$$

$$V_{4"} = 9.9 \text{ FT/SEC.}$$

$$\text{PRESION ESTATICA} = 14.85 \text{ PSI}$$

$$\leq P_{\text{CD}} = 80 \text{ PSI} + 14.85 \text{ PSI} + 13.6 \text{ PSI} = 108.45 \text{ PSI}$$

TRAMO B-D

ACCESORIOS	ϕ (IN)	No. ECC. (PZA)	L _{eq} (FT)	L _{eq} TOTAL (FT)
TEE	6	1	30	30

$$\begin{aligned} \text{LONG. TUB} &= 70 \text{ FT} \\ L_{\text{TUB. TOTAL}} &= 100 \text{ FT} \\ d_{\text{INT. 6"}} &= 6.065 \text{ IN} \\ Q_{\text{CAMARA}} &= 393 \text{ GPM} \\ \Delta P_{6"} &= 0.0063 \text{ PSI/FT} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CAIDA DE PRESION} &= (0.0063 \text{ PSI/FT})(100 \text{ FT}) = \\ \text{CAIDA DE PRESION} &= 0.62 \text{ PSI} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_{BC} &= P_{AB} + \text{CAIDA PRES} \\ &= 116.18 \text{ PSI} + 0.62 \text{ PSI} = \\ \Sigma P_{BC} &= 116.80 \text{ PSI} \\ V_{6"} &= 4.3 \text{ FT/SEC.} \end{aligned}$$

COMO EN EL PUNTO D SE UNE EL TRAMO A-B Y C-D, SE SUMARAN LOS GASTOS REQUERIDOS POR CADA CAMARA DE ESPUMA Y CONSIDERANDO LA PRESION MAYOR, TENEMOS

$$\begin{aligned} Q_T &= Q_{AB} + Q_{CD} = 393 \text{ GPM} + 393 \text{ GPM} = 786 \text{ GPM} \\ P_{BC} &= 116.80 \text{ PSI} \end{aligned}$$

TRAMO D-E

ACCESORIO	ϕ (IN)	No. LCC. (PZA)	L _{eq.} (FT)	L _{eq. TOTAL} (FT)
TEE	6"	1	30	30
CODO 90°	6"	1	14	<u>14</u>
				44 FT

$$\begin{aligned} \text{LONG. TUB.} &= 256 \text{ FT} \\ L_{\text{TUB. TOTAL}} &= 300 \text{ FT} \end{aligned}$$

$$Q_T = 786 \text{ GPM}$$

$$\Delta P_{6"} = 0.0 \text{ PSI/FT}$$

$$\text{CAIDA DE PRESION} = (0.0 \text{ PSI/FT})(300 \text{ FT}) =$$

$$\text{CAIDA DE PRESION} = 9.47 \text{ PSI}$$

$$V_{6"} = 8.71 \text{ FT/SEC.}$$

$$\Sigma P_T = P_{D-E} + P_{BC} = 9.47 \text{ PSI} + 116.8 \text{ PSI}$$

$$P_T = 126.3 \text{ PSI (PRESION REQUERIDA EN EL SUMINISTRO DE AGUA)}$$

COMO SE PUEDE VER LA PRESION FINAL O TOTAL PARA EL SISTEMA DE ESPUMA ES DE 126 PSI PARA UN FLUJO O GASTO DE LIQUIDO ESPUMANTE DE 786 GPM.

POR OTRO LADO, COMO SE PUEDE VER EN EL DTI DE LA PLANTA LAS CAPACIDADES DE LAS BOMBAS BA-801A/B ES DE 2000 GPM Y UNA PRESION DE DESCARGA DE 126 PSI. COMO PRIMER PUNTO DEL ANALISIS DEL SISTEMA SE HA CUMPLIDO CON EL DATO DE LA PRESION REQUERIDA PARA LAS BOMBAS CONTRA INCENDIO, PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA BOMBA PROPUESTA EN CUANTO A SU CAPACIDAD SE TIENE LO SIGUIENTE:

COMO SE MENCIONA EN UN PRINCIPIO DE ESTE TEXTO, LA PROTECCION DE LA PLANTA FUE DEFINIDA PARA EL TANQUE DE MAYOR CAPACIDAD, UN MONITOR Y UN HIDRANTE, QUE CON LOS GASTOS REQUERIDOS POR ESTOS SISTEMAS O EQUIPOS SE PUEDE DEFINIR LA CAPACIDAD DE LAS BOMBAS, POR LO TANTO EL GASTO REQUERIDO PARA EL SISTEMA DE ESPUMA QUE FUE CALCULADO, EL GASTO REQUERIDO POR UN MONITOR Y EL GASTO REQUERIDO POR UN HIDRANTE SUMANDO LO SE TIENE:

$$Q_{\text{REQ. BOMBA}} = 786 \text{ GPM} + 500 \text{ GPM} + 500 \text{ GPM} =$$

$$Q_{\text{REQ. BOMBA}} = 1786 \text{ GPM}$$

EL DATO OBTENIDO DEL FUJO ES EL REQUERIDO PARA LA PROTECCION DE LA PLANTA, MAS SIN EMBARGO EL GASTO FINAL DE LAS BOMBAS SE PUEDE DEFINIR POR LOS REQUERIMIENTOS ESPECIFICADOS POR LAS NORMAS DE PEMEX Y/O NFPA QUE LO MONEJA POR CAPACIDADES NOMINALES Y QUE PARA NUESTRO CASO DE 1786 GPM AUMENTA A UN GASTO DE 2000 GPM QUE SERA USADO COMO DATO FINAL PARA LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE LAS BOMBAS CONTRA INCENDIO.

EXPOSITOR.

ING. FRANCISCO R. MORALES LUNA

TEL. PART. 730-16-20

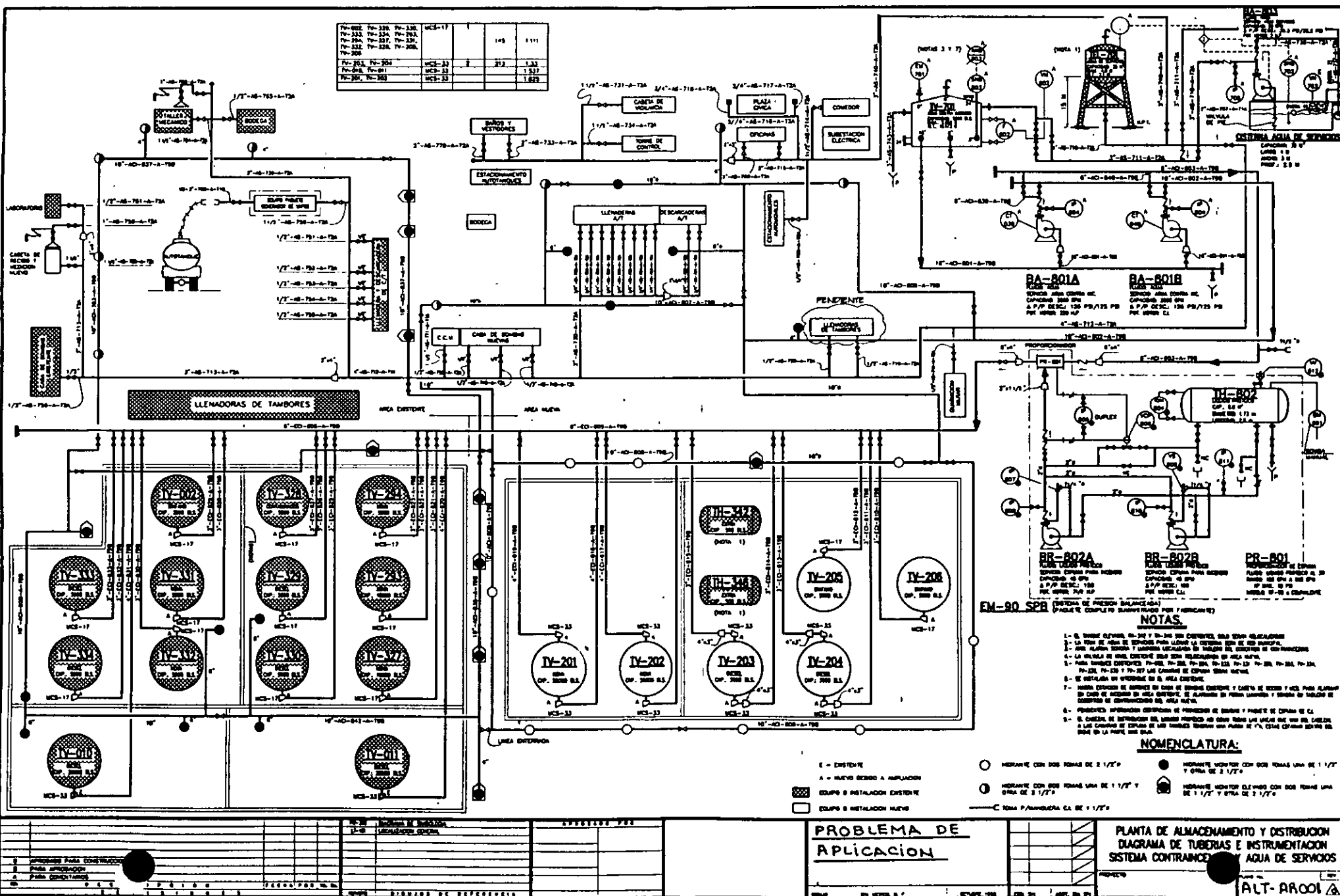
TEL. OFIC. 723-45-00

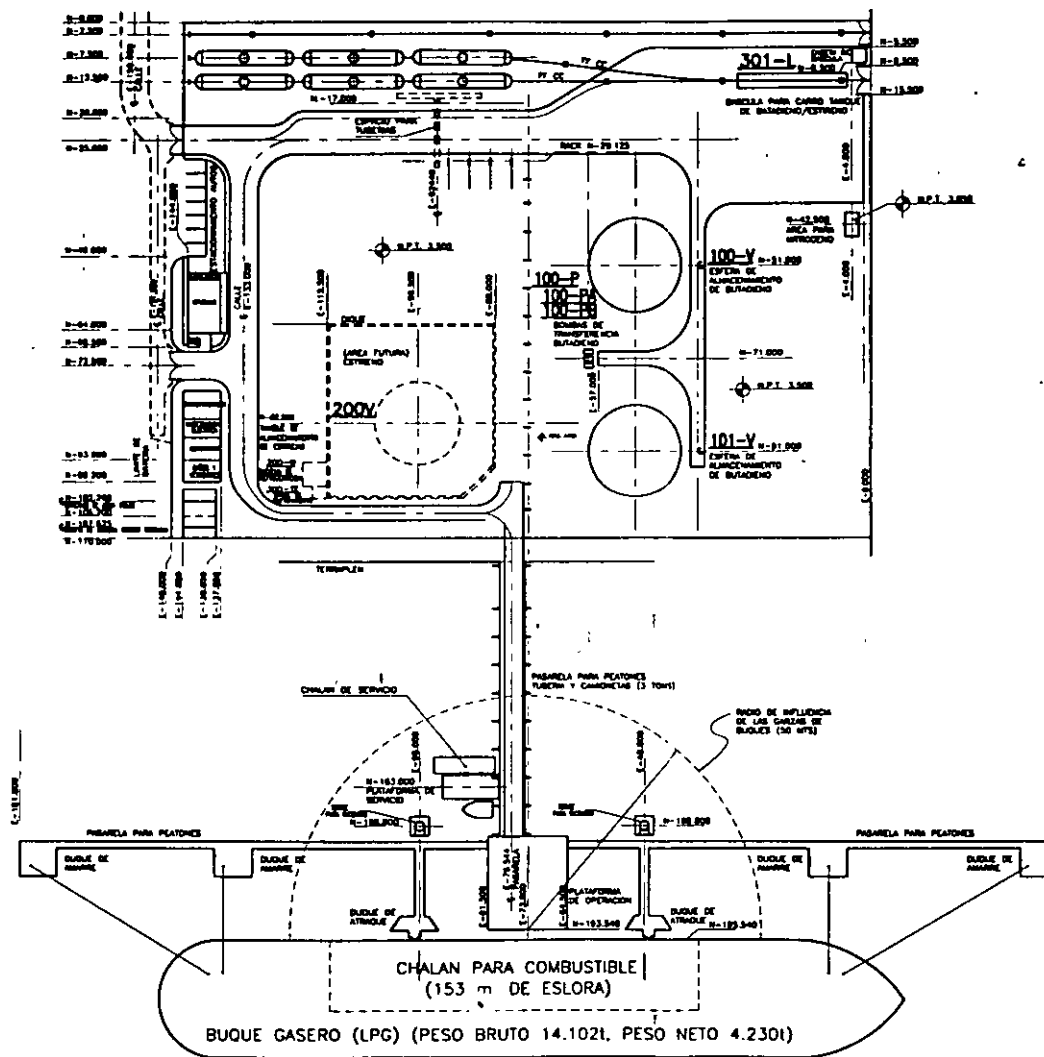
OFICINA : BUFETE INDUSTRIAL DISEÑOS Y PROYECTOS

MORAS 850, COL. DEL VALLE

ESQ. RIO MIXCOAC

HOJA 9 DE 9





NOTAS.

- 1 - CONSIDERAR 1 UNIDAD EN CEMENTO
- 2 - LA CANTIDAD DE LAS UNIDADES CORRESPONDIENTES SERA INCLUIDA POR EL CONTRATISTA, EL SERVICIO CONTRA INCLUIDO INCLUIDO LAS UNIDADES SERA POR EL CONTRATISTA.

										14-000000 15-000000		16-000000 17-000000		18-000000 19-000000		20-000000 21-000000		22-000000 23-000000		24-000000 25-000000		26-000000 27-000000		28-000000 29-000000		30-000000 31-000000		32-000000 33-000000		34-000000 35-000000		36-000000 37-000000		38-000000 39-000000		40-000000 41-000000		42-000000 43-000000		44-000000 45-000000		46-000000 47-000000		48-000000 49-000000		50-000000 51-000000		52-000000 53-000000		54-000000 55-000000		56-000000 57-000000		58-000000 59-000000		60-000000 61-000000		62-000000 63-000000		64-000000 65-000000		66-000000 67-000000		68-000000 69-000000		70-000000 71-000000		72-000000 73-000000		74-000000 75-000000		76-000000 77-000000		78-000000 79-000000		80-000000 81-000000		82-000000 83-000000		84-000000 85-000000		86-000000 87-000000		88-000000 89-000000		90-000000 91-000000		92-000000 93-000000		94-000000 95-000000		96-000000 97-000000		98-000000 99-000000		100-000000 101-000000		102-000000 103-000000		104-000000 105-000000		106-000000 107-000000		108-000000 109-000000		110-000000 111-000000		112-000000 113-000000		114-000000 115-000000		116-000000 117-000000		118-000000 119-000000		120-000000 121-000000		122-000000 123-000000		124-000000 125-000000		126-000000 127-000000		128-000000 129-000000		130-000000 131-000000		132-000000 133-000000		134-000000 135-000000		136-000000 137-000000		138-000000 139-000000		140-000000 141-000000		142-000000 143-000000		144-000000 145-000000		146-000000 147-000000		148-000000 149-000000		150-000000 151-000000		152-000000 153-000000		154-000000 155-000000		156-000000 157-000000		158-000000 159-000000		160-000000 161-000000		162-000000 163-000000		164-000000 165-000000		166-000000 167-000000		168-000000 169-000000		170-000000 171-000000		172-000000 173-000000		174-000000 175-000000		176-000000 177-000000		178-000000 179-000000		180-000000 181-000000		182-000000 183-000000		184-000000 185-000000		186-000000 187-000000		188-000000 189-000000		190-000000 191-000000		192-000000 193-000000		194-000000 195-000000		196-000000 197-000000		198-000000 199-000000		200-000000 201-000000		202-000000 203-000000		204-000000 205-000000		206-000000 207-000000		208-000000 209-000000		210-000000 211-000000		212-000000 213-000000		214-000000 215-000000		216-000000 217-000000		218-000000 219-000000		220-000000 221-000000		222-000000 223-000000		224-000000 225-000000		226-000000 227-000	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	--------------------------	--	-----------------------	--

8.7 CRITERIOS PARA ALMACENAR MATERIALES PELIGROSOS.

Referencia: Diario Oficial del viernes 22 de Octubre de 1993, tercera sección, Secretaría de Desarrollo Social.

8.7.1 NOM-CRP-001-ECOL/93

Características de residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al Ambiente.

Trata, define y presenta en forma de tablas cuales son los residuos peligrosos en cualquier estado físico por sus características corrosivos, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, venenosas, biológicas, infecciosas que representan un peligro para la población civil y medio ambiente.

Además de los materiales peligrosos mostrados en estas tablas se consideran también peligrosos los que presentan estas características:

1. El líquido o la solución acuosa que tienen un PH de >2.0 y $12.5<$
2. Cuando el líquido corroe el acero al carbón (SAE-1020) a 6.35 mm/año a 55° c.

3. El material o residuo polimeriza violentamente sin detonación (1 atm, 25° C).
4. Cuando se ponen en contacto con agua (residuo-solucion) 5:1, 5:3, 5:5 reacciona violentamente formando gases, vapores o humos.
5. Produce radicales libres.
6. Tiene una constante de explosividad igual o mayor a la del dinitrobenceno.
7. En solución acuosa contiene más de 24% de alcohol en volumen.
8. Es líquido y tiene un punto de inflamación inferior a 60° c.
9. Capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos.
10. Contiene bacterias, virus o microorganismos con capacidad de infección. Contienen toxinas que causan efectos nocivos a seres vivos.

8.7.2 NOM-CRP-002-ECOL/93

Procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

Trata y determina las técnicas de manejo más apropiadas y la toxicidad al ambiente de un residuo peligroso, establece los procedimientos para llevar a cabo la prueba de extracción y determinar los constituyentes del mismo.

8.7.3 NOM-CRP-003-ECOL/93

Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-CRP-001-ECOL/93.

Uno de los mayores riesgos que derivan del manejo de residuos peligrosos, es el que resulta de mezclar dos o más que por sus características físico-químicas son incompatibles por lo que es necesario establecer el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.

8.7.4 NOM-CRP-004-ECOL/93

Requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radioactivos.

Trata sobre los requisitos y la construcción de confinamientos controlados para la disposición final de los residuos peligrosos deben reunir consideraciones de máxima seguridad a fin de garantizar la protección y el equilibrio ecológico.

1. Ubicarse preferentemente en zona que tenga conexión con acuíferos.
2. Ubicarse fuera de llanuras de inundación con un periodo de retorno de 10,000 años.
3. Evitar regiones con intensidad de precipitación media anual mayor de 2,000 mm.
4. Crecimiento de centros de población.
5. La distancia del límite del centro de población debe ser como mínimo de 25 Km para poblaciones mayores de 10,000 habitantes con proyección al año 2010.
6. Ubicarse preferentemente en zona asísmica

8.7.5 NOM-CRP-005-ECOL/93

Establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

Trata sobre los confinamientos controlados para la disposición final de residuos peligrosos que deben reunir las condiciones de máxima seguridad para garantizar la protección de la población y el equilibrio ecológico por lo que es necesario establecer los requisitos para el diseño y construcción de sus obras complementarias.

8.7.7 NOM-CRP-007-ECOL/1993

Establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

Trata sobre los confinamientos controlados para la disposición final de residuos peligrosos que deben reunir condiciones de máxima seguridad a fin de garantizar la protección a la población y el equilibrio ecológico, por lo que es necesario establecer los requisitos para su operación.

8.7.6 NOM-CRP-006-ECOL/1993

Viernes 22 de octubre de 1993

DIARIO

NORMA Oficial Mexicana NOM-CRP-006-ECOL/1993, que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.

4. DEFINICIONES

4.1 Celda

El espacio creado natural o artificialmente dentro de un confinamiento controlado, apto para recibir residuos peligrosos compatibles.

4.2 Cubierta

El material o materiales que se colocan en forma de capas en la parte superior de la celda, para aislar los residuos peligrosos de la intemperie.

4.3 Estabilizar

Proceso físico, químico o biológico que al ser aplicado a un residuo, se logra la inactivación de éste.

5. DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CELDAS

5.1 Para el diseño y construcción de las celdas de confinamientos controlados se deberán observar los siguientes requisitos:

5.1.1 Las celdas deben contar con sistemas de captación de lixiviados.

5.1.2 Las celdas que contengan residuos que en su proceso de estabilización generen gases o vapores deben contar con sistemas de venteo.

5.1.3 Cuando en las celdas se depositen residuos peligrosos envasados, la estiba no debe exceder de una altura de 7 metros, podrá ser mayor la estiba cuando se justifique técnicamente y las características físicas del sitio lo permitan.

5.1.4 Las celdas deben impermeabilizarse en los términos de la norma oficial mexicana aplicable.

5.1.5 Los muros de contención deben tener un espesor de 60 cm de concreto, con una resistencia de 240 Kg/cm^2 o su equivalente en otros materiales.

5.1.6 En las dos terceras partes del perímetro de la celda, como mínimo, debe existir un espacio suficiente para asegurar el acceso y maniobras del equipo necesario para movilizar los residuos.

5.1.7 Las pendientes de los taludes de la celda deben ser igual o menores al ángulo de reposo del material del propio talud.

5.1.8 Deberá efectuarse un análisis estructural de los taludes y fondo de la celda, que considere la acción de las siguientes cargas: presión de relleno, cargas de construcción, operación, reparación y sismo. Si la compactación resultara menor del 95% de la prueba proctor, deberán efectuarse las obras de ingeniería complementarias para alcanzar este porcentaje. El coeficiente sísmico del diseño será de 0.3 en todos los casos.

5.1.9 La cubierta de la celda constará de dos capas. La inferior de arcilla, con un espesor, grado de compactación y humedad del material para obtener un coeficiente de permeabilidad $1 \times 10^{-7} \text{ cm/seg}$; o con un material sintético equivalente en su permeabilidad; la capa superior de suelo vegetal de 40 cm de espesor. En el caso de celdas que contengan residuos susceptibles de generar gases o vapores, además de las capas mencionadas, deberá considerarse una capa subyacente de grava, con un espesor mínimo de 25 cm.

5.2 Restricciones

Además de lo dispuesto en el punto anterior, deberán considerarse en el diseño y construcción de la celda, las siguientes restricciones:

5.2.1 Sólo podrán depositarse en la celda los residuos peligrosos previstos en la norma oficial mexicana NOM-CRP-001-ECOL/1993, con excepción de los que contengan sulfuros y cianuros reactivos, bifenilos, policlorados con concentraciones $> 50 \text{ ppm}$, dibenzo-dioxinas-policlorados y dibenzo-furanos-policlorados, hexas (hexacloro-benceno, hexacloro-etano y hexacloro-butadieno) o aquéllos que tengan características de inflamabilidad.

5.2.2 En una misma celda no podrán depositarse residuos peligrosos incompatibles en los términos de la norma NOM-CRP-003-ECOL/1993.

5.2.3 Sólo podrán depositarse en la celda residuos explosivos estabilizados.

5.2.4 Los residuos inflamables cuyo punto de inflamación sea igual o inferior a 60°C , sólo podrán depositarse estabilizados.

5.2.5 Sólo podrán depositarse en la celda residuos peligrosos a granel cuando el porcentaje de agua en los mismos no exceda del 30%. Los que excedan este porcentaje deberán depositarse envasados.

5.2.6 No podrán depositarse residuos peligrosos cuyo contenido de aceite sea superior al 5%.

5.2.7 Los residuos cuyo contenido de aceite sea igual o inferior al 5%, no podrán depositarse en la celda si contienen más del 25% de humedad.

6. DISEÑO Y CONSTRUCCION DE SISTEMAS DE CAPTACION DE LIXIVIADOS

6.1 El sistema debe estar compuesto de colector, subcolector, cárcamo y pozos de monitoreo de lixiviados como mínimo.

6.2 Todos los subcolectores deben conducir los lixiviados hacia el colector y éste a su vez descargará en el cárcamo de los pozos de monitoreo del lixiviado.

6.3 El colector y los subcolectores deben ser de 15 y 10 cm de diámetro como mínimo, respectivamente.

6.4 Debe existir un sistema de captación de lixiviados por cada 1000 m² de celda o fracción de la misma.

6.5 La pendiente de escurrimiento del colector y subcolectores de lixiviados no debe ser menor del 2% en dirección al cárcamo.

6.6 Para el desplante del sistema de impermeabilización y del tubo captador del lixiviado previa preparación de la excavación, se conformará el terreno sobre el cual se tenderá una capa de arcilla de 50 cm de espesor compactada a 90% de la prueba proctor, sobre la cual se colocará el sistema de impermeabilización sintético, la cual tendrá que ser protegida con otra capa de arcilla de 5 cm de espesor compactada al 90% de la prueba proctor donde se colocará el sistema de captación y recolección del lixiviado teniendo que ser empacado con arcilla la parte inferior (no perforada) del tubo captador dejando la parte media superior (perforada) libre de arcilla con un ángulo de 45° la cual será cubierta con grava de 3/4 de pulgada (19 mm) hasta la parte superior de la base de la celda, posteriormente se colocará el material de contacto que cubrirá toda la base de la celda teniendo un espesor mínimo de 12 cm en el tubo captador y con una pendiente del 2% para su drenado.

6.7 La resistencia de las paredes y del piso del colector y subcolectores deberá ser igual a la de las paredes de la celda.

6.8 El sistema de captación debe ser tal, que cada subcolector captará la décima parte del área servida por el sistema.

6.9 La velocidad de captación y escurrimiento del sistema debe ser mayor que la de velocidad de difusión en las paredes y pisos de la celda.

6.10 El cárcamo

6.10.1 La capacidad del cárcamo debe calcularse en función de las dimensiones de la

celda y de la precipitación pluvial promedio del sitio de confinamiento, así como la forma en que vayan a depositarse los residuos peligrosos en la celda. En cualquier caso, el volumen útil del cárcamo no deberá ser inferior a un metro cúbico.

6.10.2 El sistema de captación de lixiviados debe contar con dos pozos de monitoreo independientes, uno para captar los lixiviados conducidos por los colectores sobre la membrana y otro para captar los lixiviados que penetren la primera barrera de impermeabilización.

6.11 Cada pozo de monitoreo debe estar dotado de un sistema mecánico o eléctrico para la extracción de lixiviados.

7. DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE VENTEO

7.1 El sistema de venteo se sujetará a los siguientes requisitos:

7.1.1 Debe existir un sistema de venteo por cada 300 m² de celda o fracción.

7.1.2 Los conductos de venteo deben tener como mínimo 20 cm de diámetro.

7.1.3 Los subcolectores de captación de gases deben situarse a una altura máxima de 2 metros.

7.1.4 El tubo colector y el primer subcolector deben colocarse a una distancia del fondo de la celda, equivalente al 20% de la altura de la misma.

7.1.5 Cada subcolector debe cubrir un área equivalente a la sexta parte del área total de la celda.

7.1.6. El tubo de venteo debe terminar en cuello de ganso.

8. CUBIERTA

8.1 Los suelos contaminados con residuos peligrosos no deberán utilizarse como parte de la cubierta de las celdas, ni en obras exteriores de un confinamiento controlado.

9. OPERACION

9.1 En la operación de la celda de confinamiento se observarán además de los requisitos de diseño, los siguientes:

9.1.1 Se operará un frente de trabajo para el depósito de residuos peligrosos envasados y otro diferente para el depósito de los residuos a granel. La confluencia de ambos frentes debe estar claramente delimitada. En su caso, estos frentes deben quedar separados.

9.1.2 Los residuos peligrosos deben descargarse y colocarse en la celda en forma controlada, sin ser golpeados, arrastrados o arrojados.

9.1.3 Los residuos peligrosos envasados deben depositarse por grupos, tomando en cuenta sus características físico-químicas.

9.1.4 No podrán depositarse residuos envasados junto con residuos que hubieran sido depositados a granel, cuando los últimos puedan deteriorar los envases.

9.1.5 No podrán colocarse residuos envasados en recipientes metálicos junto con aquéllos que contengan agua libre en el porcentaje permitido para ser depositados a granel.

9.1.6 Los residuos peligrosos colocados a granel en la celda, deberán compactarse periódicamente para asegurar un 80% de la prueba proctor y cubrirse con tierra después de cada operación.

9.1.7 Debe evitarse la operación de celdas en caso de precipitación pluvial.

9.1.8 No deben depositarse residuos peligrosos mientras existan lixiviados en el primer pozo de monitoreo a que se refiere el punto 6.10.2 de esta norma oficial mexicana. Para efectuar el depósito deben extraerse previamente los lixiviados.

9.1.9 Cuando existan lixiviados en el segundo pozo de monitoreo que se señala en el punto 6.10.2 de esta norma, debe suspenderse el depósito de residuos peligrosos en la celda y cerrarla.

9.1.10 Cuando existan lixiviados en los pozos de monitoreo deberá determinarse su composición y darle el tratamiento en los términos de la norma oficial mexicana aplicable para que sean dispuestos en la misma celda que los generó.

9.1.11 Una vez cerrada la celda deberá verificarse la presencia de lixiviados por lo menos cada 30 días.

9.1.12 No deberá circular equipo mecánico con peso que exceda de 10 toneladas sobre las celdas de confinamiento controlado que contengan residuos peligrosos envasados.

9.1.13 Para contar con un control sobre el llenado de las celdas se utilizará un sistema de coordenadas para su ubicación.

10. EQUIPO DE PROTECCION

10.1 Los operarios de las celdas de confinamiento controlado deberán contar con el equipo de protección personal que establezcan las disposiciones aplicables y las normas oficiales mexicanas de seguridad correspondiente.

11. VIGILANCIA

11.1 La Secretaría de Desarrollo Social por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, es la autoridad competente para vigilar el cumplimiento de la presente norma oficial mexicana.

12. SANCIONES

12.1 El incumplimiento a las disposiciones contenidas en esta norma oficial mexicana será sancionado conforme a lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en materia de Residuos Peligrosos y demás disposiciones jurídicas aplicables.

13. BIBLIOGRAFIA

13.1 Black, C.A., Evans D.D., White J.L., Ensminger L.E. y Clark C.A. Methods of Soil Analysis. Vol. I y II, 5ª Reimpresión the American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 1979, U.S.A. (Métodos de análisis de suelos).

13.2 De Pablo L. Las Arcillas I Clasificación, Identificación, Usos y Especificaciones Industriales.

Sobretiro del Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, tomo XXVIII, 1964, México

13.3 Seaman Corporation XR-5 Chemical Resistant Geomembrane. 1989. (Geomembrana químicamente resistente)

13.4 Shuckrow, Alan. J. Hazardous waste leachate management manual. 1989. (Manual de manejo de residuos peligrosos y lixiviados).

13.5 SLT North America, Inc. for Environmental liming solutions, 1990.

13.6 Un sistema para la prevención, valoración y control de las exposiciones a sitios peligrosos y sus efectos en la salud. Department of Health and Human Services, 1991, U.S.A. (Tr. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, ECO.OMS/OPS, 1991).

14. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

14.1 Esta norma oficial mexicana no coincide con ninguna norma internacional.

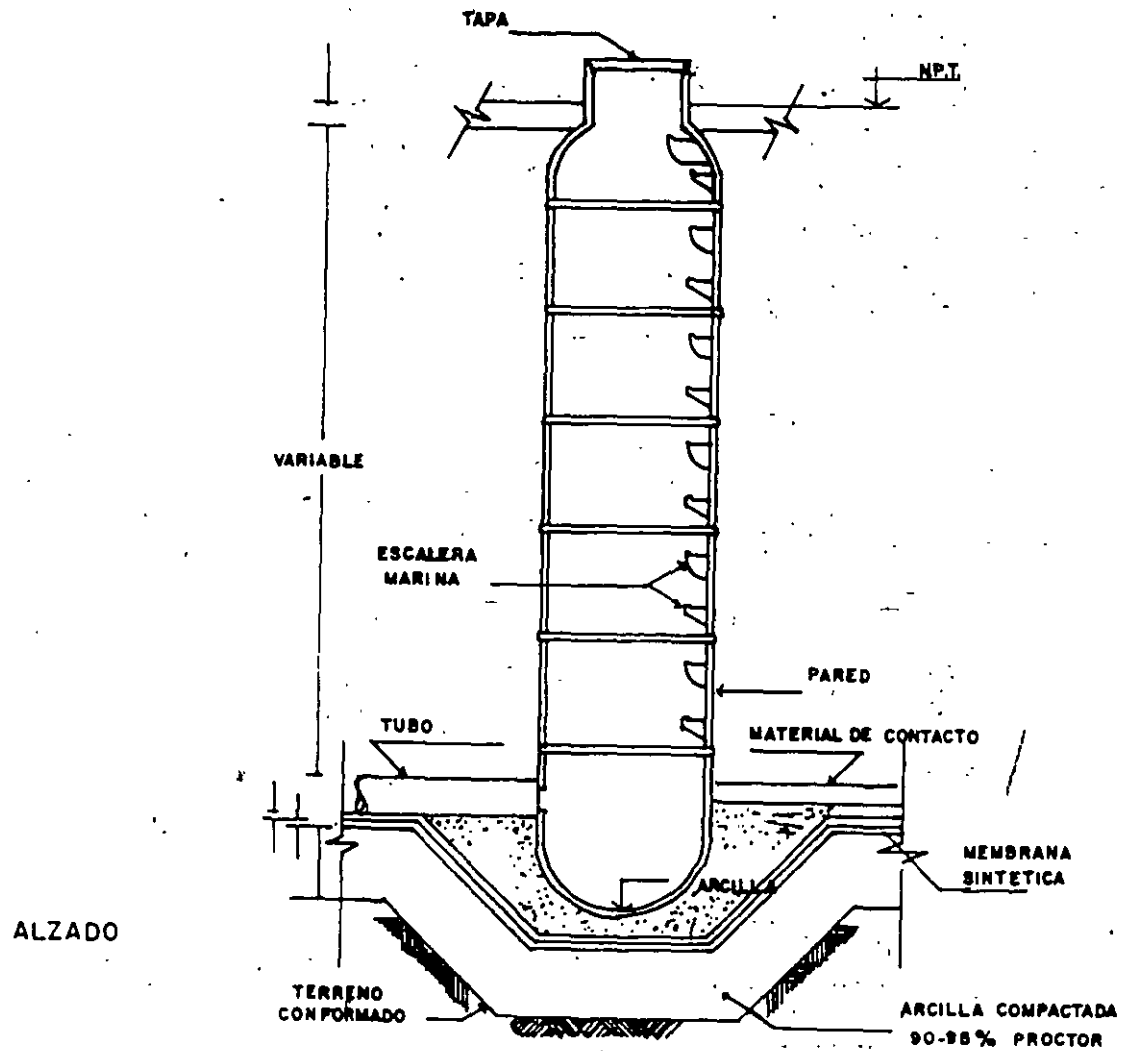
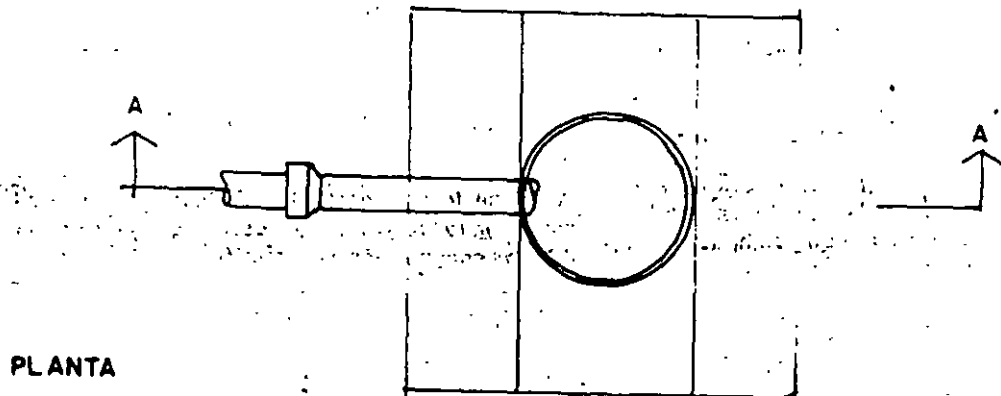
15. VIGENCIA

15.1 La presente norma oficial mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

15.2 Se abroga el Acuerdo por el que se expidió la norma técnica ecológica NTE-CRP-010/88, que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos determinados por la norma técnica ecológica NTE-CRP-001/88, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de diciembre de 1988.

Dada en la Ciudad de México, Distrito Federal, a los dieciocho días del mes de octubre de 1993.- El Presidente del Instituto Nacional de Ecología, Sergio Reyes Luján.- Rúbrica.

POZO DE MONITOREO PARA LIXIVIADOS

POZO DE MONITOREO PARA
LIXIVIADOS POLIETILENO ALTA DENSIDAD

8.8

ANEXOS



ALGUNOS CRITERIOS PARA ELABORAR UN ARREGLO DE EQUIPO

Cuando los reglamentos gubernamentales, legales o de la sociedad civil son muy estrictos estos serán prioritarios con cualquier especificación de ingeniería.

a) TERRENO

Las áreas de proceso se localizarán en la parte mas alta, que las áreas de almacenamiento.

Cuando esto no sea posible, el drenaje se dividirá en área de proceso y área de otros servicios.

b) VIENTO

Cuando esté perfectamente bien definido el viento dominante, los calentadores, quemadores de campo, calderas estarán localizadas viento arriba de las áreas de proceso y tanques de almacenamiento para disminuir su exposición ante una posible fuga de vapores explosivos.

c) LECHOS DE TUBERIAS (PIPE RACK)

Los lechos de tubería soportarán las líneas eléctricas, de instrumentación, neumáticas, proceso y de servicios.

Los lechos de tubería serán el lugar adecuado para soportar a soloaires y pasillos para accionar a válvulas, accesorios y equipos.

d) VAGONES Y CAMIONES DE CARGA Y DESCARGA

Se encontraran afuera de la planta de proceso o limites de batería de equipos de proceso a una distancia de 15 mts.

e) CALDERAS/HORNOS

Los equipos de proceso que contengan líquidos inflamables estarán separados entre 15 a 30 mts. de los hornos o calderas y de un edificio con oficinas administrativas 70 a 100 mts. de distancia.

Cuando un hidrocarburo que es manejado arriba de su temperatura de autoignición podrá estar junto con su equipo de proceso cerca de los hornos o calderas.

Los tanques con gas combustible estarán alejados a 8 mts. de cualquier quemador.

f) RECIPIENTES Y REACTORES

Recipientes hasta 3 m. de diámetro estarán separados de cualquier otro equipo de proceso a 2.5 mts. de distancia.

Los recipientes de 3 m. de diámetro estarán a 3 mts. de distancia.

Los recipientes mayores a 5 m. de diámetro estarán separados 4 mts. de distancia de cualquier otro equipo.

Ningún recipiente estará localizado debajo de un lecho de tuberías o un soloaire.

Los recipientes empacados y con charolas y otros internos tendrán un área de trabajo libre para poder maniobrar y sacar estos internos del equipo.

Los reactores que contengan catalizadores tendrán un área de descarga y carga considerable.

g) CAMBIADORES DE CALOR TUBULARES

Ningún equipo conteniendo líquidos inflamables arriba de 260°C, estará localizado arriba de un cambiador de calor.

Sólo se podrán encimar dos cambiadores en forma vertical. Considerar un área exterior para dismantelar los tubos del cambiador, nunca invadirán los caminos de acceso. Los termosifones estarán separados 1.5 mts. del recipiente donde dan servicio.

h) SOLOAIRES

No se aceptaran arreglos de otros equipos que estén encimados. Proporcionar un área suficiente para entre una grúa para darle mantenimiento.

h) BOMBAS

La línea de succión estará lo mas cerca al tanque o equipo de proceso. La cimentación tendrá un mínimo de 1m. de separación.

i) COMPRESORES

Estarán provistos de una guarda y se dejara suficiente área para su mantenimiento. Se localizara lo mas cerca a una calle por motivos de mantenimiento. No encimar equipos de proceso sobre algún compresor. Los compresores estarán localizados viento abajo de cualquier horno. Los compresores centrífugos estarán separados a 8 mts. de cualquier equipo de proceso.

j) TORRES DE ENFRIAMIENTO

Estarán localizados viento abajo de cualquier equipo de proceso, subestación eléctrica para que cualquier nube que se crea no cause corrosión o impida visibilidad.

k) TANQUES

Los tanques de almacenamiento deberán estar alejados por lo menos 10 m. de los equipos de proceso mas cercano y tendrá su propio dique. Ningún equipo de proceso se localizara adentro del dique.

l) TUBERIAS

Buscar trayectorias cortas, especialmente para las de acero inoxidable.

Tubería caliente y de pared pesada serán analizados sus esfuerzos.

m) CUARTO DE CONTROL/LECTURA DE INSTRUMENTOS

Se localizara en la unidad de proceso preferentemente cerca del limite de baterias o un acceso.

Los equipos utilizados en los cuartos de control deberán ser a prueba de explosión y adecuados a la tensión de operación.

Las subestaciones eléctricas serán diseñadas para manejar la tensión de operación adecuada.

**CRITERIO NORMATIVO DE DISEÑO
DE AREAS DE ALMACENAMIENTO**

Tanques Atmosféricos Verticales

Referencia: Norma Oficial de PEMEX SPCO- CR-E-05

CONTENIDO

1. INTRODUCCION
2. ALCANCE
3. DEFINICION DE CONCEPTOS
4. REFRENCIAS
5. CRITERIOS NORMATIVOS DE DISEÑO
 - 5.1 ARREGLOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO
 - 5.2 FRENTES DE ATAQUE (FA)
 - 5.3 VIAS DE ESCAPE Y ACCESOS PARA MANTENIMIENTO
 - 5.4 DISTANCIAS MINIMAS A OTRAS INSTALACIONES Y AL LIMITE DE PROPIEDAD DE PEMEX
 - 5.5 DISTANCIAS MINIMAS DE TANQUE A DIQUE
 - 5.6 DISTANCIAS MINIMAS DE TANQUE A TANQUE
 - 5.7 ALTURA DEL DIQUE
 - 5.8 CAPACIDAD VOLUMETRICA MINIMA DEL DIQUE
6. RECOMENDACIONES GENERALES

1. INTRODUCCION

En los proyectos de áreas para almacenamiento de tanques atmosféricos verticales se han venido aplicando diversas normas, reglamentos y especificaciones que difieren entre sí, propiciando que el ingeniero proyectista aplique lo que la Gerencia Operativa le determine y, en algunos casos, aplique según su criterio, la más adecuada al proyecto.

2. ALCANCE

Determinación de los requerimientos mínimos para el proyecto de áreas de almacenamiento con tanques verticales atmosféricos, en lo que se refiere a criterios de diseño de localización, agrupamientos según el producto almacenado y arreglos de tanques en cuanto a distancias mínimas permisibles; para garantizar un proyecto seguro, económico y funcional.

3. DEFINICION DE CONCEPTOS

- **HIDROCARBUROS SUJETOS A EBULLICION SUBITA (BOIL -OVER)**

Son aquellos productos que al incendiarse dentro de un tanque y despues de un tiempo determinado de calentamiento los residuos de la superficie incendiada se vuelven más densos que el producto no quemado, los cuales se sumergen formando una capa caliente llamada onda de calor ("Heat wave") que al llegar al fondo del tanque provocan una evaporación del agua o emulsión agua -- aceite y como consecuencia una fuerza ascendente o ebullición súbita del producto hasta derramarse.

Los aceites sujetos a ebullición súbita, cuentan con componentes de un amplio rango de puntos de ebullición, incluyendo tanto encendido final como un residuo viscoso. Estas características están presentes en la mayoría de los aceites crudos y también en mezclas sintéticas.

- **PETROLEO CRUDO**

Son mezclas de hidrocarburos que tienen el punto de ebullición abajo de 150°F (65.6°C), las cuales no se han-procesado en una refinería.

- **LIQUIDOS INFLAMABLES**

Son los líquidos que tienen un punto de inflamación menor de 100°F (37.8°C) a una presión de vapor no mayor de 40 lb/pulg² (absoluta); a 100°F (37.8°C) se denominan líquidos Clase I y se subdividen como sigue:

Clase IA. — Incluye aquellos que tengan puntos de inflamación menor de 73°F (22.8°C) y tengan un punto de ebullición menor de 100°F (37.8°C).

Clase IB. — Incluye aquellos que tengan puntos de inflamación menor de 73°F (22.8°C) y tengan un punto de ebullición de 100°F (37.8°C) o mayor.

Clase IC. — Incluye aquellos que tengan puntos de inflamación igual o mayor de 73°F (22.8°C) y tengan un punto de ebullición menor de 100°F (37.8°C).

Se consideran líquidos inflamables los siguientes productos: gasolinas (nova, extra, catalítica, reformada), nafta, turbosina, metanol, etanol, aromina, dodecibenceno, tolueno, etc.

- **LIQUIDOS COMBUSTIBLES**

Son los líquidos que tienen un punto de inflamación de 100°F (37.8°C) o mayor.

Los líquidos combustibles se subdividen como sigue:

Clase II. -- Incluye los líquidos que tengan puntos de inflamación igual o mayor de 100°F (37.8°C) y menor de 140°F (60°C).

Clase III -- A. -- Incluye los líquidos que tengan puntos de inflamación igual o mayor de 140°F (60°C) y menor de 200°F (93.4°C).

Clase III -- B. -- Incluye los líquidos que tengan puntos de inflamación igual o mayor de 200°F (93.4°C)

Se consideran productos combustibles los siguientes:

Diáfano, tractomex, tractogas, aceite a base de citrolina, diesel (1,2 o especial), combustóleo (ligero, intermedio y pesado), asfaltos y aceites lubricantes, etc.

- **TANQUES ATMOSFERICOS VERTICALES CON TECHO FIJO**

Estos tanques pueden almacenar productos cuya presión de vapor no llegue a 0.169 kg/cm² (2.4 lb/pulg²) y que por lo tanto, se almacenen prácticamente a presión atmosférica y no ofrezcan mayores riesgos por la cantidad de vapores que se desprendan en estas condiciones.

- **TANQUES ATMOSFERICOS VERTICALES CON TECHO FLOTANTE**

Estos tanques pueden almacenar productos cuya presión de vapor se encuentre entre 0.169 kg/cm² (2.4 lb/pulg²) y 1 kg/cm² (14.2 lb/pulg²).

Este techo está diseñado de tal forma que le permite flotar sobre el líquido almacenado evitando los grandes volúmenes de gases y vapores que existen en los tanques de techo fijo.

- **DIQUE (Ver Anexo I)**

Es el muro de contención o muro de seguridad que limita a uno o más tanques con el objeto de evitar, que en caso de derrame o siniestro, se extienda hacia otras áreas, así como tener la posibilidad de recuperar en un momento dado el producto cuando se tengan derrames de consideración.

Tipos: éstos podrán ser de terracería, concreto armado o de mampostería sólida debidamente impermeabilizados.

FRENTE DE ATAQUE (FA) (Ver Anexo III)

Es el lugar a través del cual se tiene una comunicación directa al tanque de al-

macenamiento desde un dique adyacente a una calle de servicio para proporcionar, en caso de siniestro, facilidades para ataque de contraincendio

- CUNETA (Ver Anexo I)

Es un canal superficial que tiene la finalidad de recolectar pequeños derrames de los tanques de almacenamiento para evitar que se extiendan en toda el área interior del dique.

- GUARNICION (Ver Anexo I)

Es una subdivisión del dique que, al igual que la cuneta, tiene la finalidad de evitar que se extiendan en toda el área interior del dique los pequeños derrames de los tanques, este pequeño muro de contención se construye de concreto armado, ya sea de 45 cm de altura, o bien, la altura que resulte para contener un 10% de la capacidad del dique o tanques que limite.

- ESCALERA (Ver Anexo III)

Es la vía de acceso de personal al área interior del dique para los trabajos de mantenimiento y operación.

- BURLADERO (Ver Anexo III)

Es una vía de escape que consiste en un escalón empotrado en el dique para facilitar la salida de personal mediante el salto de este muro en caso de emergencia.

- RAMPA (Ver Anexo III)

Es una vía de acceso de personal con equipo portátil para mantenimiento, con pendiente adecuada y un ancho similar a la escalera.

4. REFERENCIAS

Reglamentos, especificaciones y normas aplicables en áreas de almacenamiento de tanques atmosféricos.

- "REGLAMENTO DE TRABAJOS PETROLEROS" (R T P) (1974)

Aplicable a las obras de **Petróleos Mexicanos**.

- "NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION" (NFPA-30) (1984)

Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego.

Especificaciones aplicables en Seguridad Industrial.

- "ASEGURADORA FACTORY MUTUAL SYSTEM" (FM) (1967)

Recomendaciones aplicables en Seguridad Industrial.

- ESPECIFICACION GPEI-IS-3600 (PEMEX) (1985, Rev. 4)

"Especificaciones para protección de tanques de almacenamiento de la Subdirección de Transformación Industrial".

Aplicable en Subdirección de Transformación Industrial.

- NORMA AI-1-8 (PEMEX) (Octubre, 1966)

"Protección contraincendio de instalaciones de proceso". Aplicable en Seguridad Industrial.

- NORMA AII-5-2 (PEMEX) (Junio, 1980)

"Datos referentes a contraincendio y seguridad industrial, que deben incluirse en los planos de proyecto, para la construcción de las terminales de recibo y distribución de productos terminados y plantas de almacenamiento y distribución".

(Agencias de ventas). Aplicable en Seguridad Industrial.

5. CRITERIOS NORMATIVOS DE DISEÑO

Se analizaron las normas, reglamentos y especificaciones implicadas que aparecen en "Referencias" y los resultados de cada tema, que se deben aplicar a proyectos futuros, aparecen en el inciso denominado "Conclusiones".

• ARREGLOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

R.T.P. (página 358—68, artículo 240):

Artículo 240. — Con excepción de los tanques destinados al almacenamiento de gases licuados del petróleo a temperatura ambiente, todos los tanques para almacenar hidrocarburos o sus derivados estarán rodeados con diques o muros de contención debidamente impermeabilizados, que podrán ser de tierra, concreto o de mampostería sólida . . .

NFPA—30 (página 30—14, sección 2—2.3.3, inciso g):

g) Cada dique conteniendo dos o más tanques debe ser subdividido, preferentemente por canales de drenaje, o al menos por guarniciones intermedias, para prevenir derrames a tanques adyacentes dentro del dique como sigue:

1) Cuando se almacenen normalmente líquidos estables en tanques verticales con techo cónico, contruidos con techo fijo o techo flotante, o cuando se almacene petróleo crudo en áreas de producción en cualquier tipo de tanque, una subdivisión por cada tanque mayor de 10,000 bls y una subdivisión por cada grupo de tanques (menores a 10,000 bls de capacidad) que tengan una capacidad colectiva que no exceda de 15,000 bls.

4) Cuando dos o más tanques almacenen líquidos Clase I, y cualquiera de estos tanques es mayor de 150 pies (45 m) de diámetro y estén localizados en un mismo dique, deberá proveerse de guarniciones entre tanques adyacentes para contener al menos el 10% de la capacidad del tanque que limitan, no incluyendo el volumen derramado por el tanque.

5) Los canales de drenaje o paredes intermedias deberán ser localizados entre tanques, para obtener mayor ventaja del espacio disponible de la capacidad individual del tanque.

Donde se usen guarniciones, éstas no serán menores de 18 pulg (45 cm) de altura.

- Aseguradora Factory Mutual System (página 48—2, tabla 48—1):

Se proveerá de una área de dique individual para:

- 1) *Mayores de 15,000 gal (357 bls) de almacenamiento, donde el almacenamiento consiste en un sólo tanque.*
- 2) *Cada 5,000,000 gal (119,048 bls) si almacenan un grupo de tanques (100,000 gal (2,381 bls)) para tanques a baja presión.*
- 3) *Mayor de 5,000,000 gal (119,048 bls) si se almacena en un tanque individual, en un grupo de tanques.*

En una área de dique que contenga más de un tanque, se proveerán subdivisiones (18 pulg (45.72 cm) mínimo de guarnición) para:

- 1) *Mayores de 100,000 gal (2,381 bls) para cualquier tipo de tanque individual, y 420,000 gal (100,000 bls) para tanques de techo flotante o techo falso de unión débil.*
- 2) *Para grupos de tanques con capacidad colectiva mayor de 150,000 gal (3,571 bls), para techo flotante y techo falso de unión débil una capacidad colectiva de 630,000 gal (15,000 bls).*

3PEI—IS—3600 (hoja 36 de 60, inciso 7.5):

7.5 . . . Seccionamiento de Patios.

- 7.5.1 . . . *Los tanques de almacenaje de crudo y otros líquidos sujetos a "boil over", con capacidad de 10,000 bls y mayores, deberán ser dotados con redondeles individuales.*

En el caso de tanques de menor capacidad para almacenaje de crudo, se considera como máximo admisible la colocación de tanques de capacidad colectiva de 15,000 bls en un sólo redondel.

- 7.5.2 . . . *Los tanques de almacenaje de líquidos inflamables (gasolinas y similares NFPA 1B y 1C), serán dotados con redondeles individuales cuando su capacidad sea de 55,000 bls y mayores.*

En el caso de tanques de menor capacidad que contengan dichos productos, se considerará como máximo admisible la colocación de tanques con capacidad colectiva de 75,000 bls en un sólo redondel.

- 7.5.3 . . . *Los tanques de almacenaje de líquidos combustibles (NFPA II y III), serán dotados de redondeles individuales cuando su capacidad sea de 100,000 bls y mayores. En el caso de tanques de menor capacidad, se considerará como máximo admisible la colocación de tanques con capacidad colectiva de 220,000 bls en un sólo redondel.*

7.5.4 . . . Las reglas de los tres últimos párrafos serán válidas para tanques verticales de cúpula flotante o de cúpula fija con unión débil techo envolvente. En cualquier otro caso, se deberá contar con redondeles individuales para cada tanque de 2,500 bls o mayor o un grupo de tanques con capacidad colectiva de 3,750 bls como máximo.

- Norma AI-1-8 (página AI-1-8.4, inciso 13-V):

13-V. . . Cuando varios tanques se encuentren comprendidos dentro del área de los mismos muros de contención, deberán existir canales de separación drenados, o divisiones de 50 cm de altura, de tal modo, que cada subdivisión sólo contenga un tanque, o varios tanques, cuyo volumen total no sea mayor de 15,000 bls.

- Norma AII-5-2 (página AII-5-2.2, incisos 2.2.6 y 2.2.8):

Agrupación de tanques:

2.2.6 . . . La agrupación de los tanques de almacenamiento deberá realizarse tomando en cuenta las características de los productos respecto a los elementos y sistemas de extinción.

2.2.8 . . . Cuando en un muro de contención se alojen más de un tanque, la suma de las capacidades de estos tanques nunca será mayor a 110,000 bls.

- CONCLUSION (Ver Anexo I)

Con excepción de los tanques destinados al almacenamiento de gases licuados de petróleo a temperatura ambiente, todos los tanques para almacenar hidrocarburos o sus derivados estarán rodeados con diques o muros de contención debidamente impermeabilizados, que podrán ser de tierra, concreto o mampostería sólida.

En las áreas de almacenamiento de tanques atmosféricos, deberán subdividirse y agruparse de acuerdo con la clasificación NFPA-30/84 en: hidrocarburos sujetos a "ebullición súbita" (boil over), líquidos inflamables y líquidos combustibles, con el objeto de que en un dique se tengan productos de la misma clasificación, es decir, inflamables con inflamables, combustibles con combustibles, etc

Hidrocarburos sujetos a "ebullición súbita" (boil over).

Todos los tanques para almacenamiento de hidrocarburos sujetos a "ebullición súbita" (boil over) con capacidad nominal individual de 10,000 bls y mayores o cuando se tengan tanques de menor capacidad de 10,000 bls y cuya capacidad colectiva no exceda de 15,000 bls podrán localizarse dentro de la misma área, limitándose con muros de seguridad (diques) o con subdivisiones a base de guarniciones o canales de drenaje superficial (cunetas).

- Líquidos inflamables.

Cada uno de los tanques de almacenamiento de líquidos inflamables (gasolinas y similares, clasificación NFPA IB y IC) con capacidad nominal de 55,000 bls y mayores, deberán limitarse con muros de seguridad (diques).

En el caso de tanques de almacenamiento de dichos productos con capacidad nominal menor de 55,000 bls podrán localizarse dentro de la misma área limitada por muros de seguridad (diques) hasta una capacidad colectiva máxima de 75,000 bls.

Para tanques menores de 55,000 bls y mayores de 10,000 bls de capacidad, deberán limitarse con subdivisiones a base de guarniciones o canales de drenaje superficial (cunetas).

Para tanques de 10,000 bls de capacidad y menores, cuya capacidad colectiva no exceda de 15,000 bls, deberán limitarse con subdivisiones a base de guarniciones o canales de drenaje superficial (cunetas).

- Líquidos combustibles.

Cada uno de los tanques de almacenamiento de líquidos combustibles (clasificación NFPA II y III) con capacidad nominal de 55,000 bls y mayores, deberán limitarse con muros de seguridad (diques).

En el caso de tanques de almacenamiento de dichos productos con capacidad nominal menor de 55,000 bls, podrán localizarse dentro de la misma área limitada por muros de seguridad (diques) hasta una capacidad colectiva máxima de 120,000 bls.

Para tanques menores de 55,000 bls y mayores de 10,000 bls de capacidad, deberán limitarse con subdivisiones a base de guarniciones o canales de drenaje superficial (cunetas).

Para tanques de 10,000 bls de capacidad y menores, cuya capacidad colectiva no exceda de 15,000 bls, deberán limitarse con subdivisiones a base de guarniciones o canales de drenaje superficial (cunetas).

- FRENTE DE ATAQUE (FA):

A excepción de la Especificación GPEI – IS – 3600, los demás reglamentos y normas del capítulo REFERENCIAS no mencionan algo sobre este punto.

GPEI – IS – 3600 (hoja 37 de 60, inciso 7.6):

7.6 Accesos.

7.6.1 . . . Todo tanque de almacenamiento de 200,000 bls y mayor, tendrá acceso por calle pavimentada por los cuatro costados

7.6.2 . . . Los tanques menores de 200,000 bls tendrán como mínimo, un acceso por calle pavimentada por el lado donde se coloquen las tomas de espuma para la protección contraincendio.

- CONCLUSION (Ver Anexo III)

Todo tanque de almacenamiento de hidrocarburos tiene que estar localizado adyacente a un muro de contención (dique) como mínimo, el cual tenga acceso directo a una calle.

El número mínimo de frentes de ataque contraincendio (FA) desde calles adyacentes a los muros de contención (diques) será en función de la capacidad nominal del tanque de acuerdo a la siguiente tabla:

CAPACIDAD DEL TANQUE	Núm. MINIMO DE ACCESOS (FA)
500 y 200 MB	4
150 y 100 MB	3
80 y 55 MB	2
40 y menores	1

- VIAS DE ESCAPE Y ACCESOS PARA MANTENIMIENTO

A excepción de la GPEI – IS – 3600, los demás reglamentos y normas de REFERENCIAS no mencionan algo sobre este punto.

- Según GPEI - IS – 3600 (hoja 37 de 60, inciso 7.6):

7.6 En todos los redondeles, además de las escaleras normales de acceso al patio de los tanques, se dispondrá de vías de escape.

7.6.1 Deberán existir cuando menos cuatro vías de escape por patio o una cada 50 m, lo que resulte mayor.

7.6.2 Los patios de los tanques contarán también con acceso a través de rampas adecuadas para introducir a dicho patio equipos portátiles, tales como monitores o extinguidores de carro.

7.6.3 El número mínimo de rampas estará de acuerdo con la siguiente tabla

CAPACIDAD COLECTIVA DE LOS TANQUES EN EL PATIO	CANTIDAD DE RAMPAS
Mayor que 200,000	4
100,000 a 200,000	2
Menor de 100,000	1

Exclusivamente para este punto se consultó lo indicado en el "Instructivo 1 al 10 y 12 al 21 del Reglamento de Seguridad e Higiene de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social", (página 22, parte III) que indica lo siguiente:

Características y especificaciones de las salidas normales y de emergencia.

19. En los centros de trabajo, todas las áreas, locales o edificios, deben tener salidas normales y de emergencia para permitir el desalojo rápido de los trabajadores, de conformidad con lo que establece en este instructivo.
20. Las áreas, locales y edificios deben tener salidas de emergencia, en el caso de que el tiempo para desalojar a los trabajadores para las salidas normales sea superior a tres minutos; o cuando sólo exista una salida normal.
21. Las salidas normales y de emergencia de las áreas de peligro de los locales y edificios estarán dispuestas de tal forma que para ir del sitio de trabajo a la salida más próxima, la distancia a recorrer no debe exceder de:
 - a) 15 metros en donde exista alto riesgo.
 - b) 30 metros en los demás casos.
24. La dimensión de las salidas normales y de emergencia, en su caso, debe ser tal que permita desalojar a los trabajadores en un tiempo máximo de tres minutos.

● CONCLUSION (Ver Anexo III)

Escaleras

Los tanques con capacidad de 500,000 bls y 200,000 bls, deberán tener como mínimo cuatro accesos por escalera, ubicados estratégicamente.

Los tanques de 150,000 bls y menores, deberán tener como mínimo dos escaleras, localizadas en dos esquinas opuestas entre sí.

- Rampas

Toda área limitada por diques podrá contar con una rampa de acceso de 1.00 m de ancho para equipo portátil de mantenimiento, previa solicitud de la Gerencia Operativa.

En algunos casos se podrá sustituir una escalera por la rampa de acceso mencionada en el inciso anterior.

- Burladeros

Además de las escaleras se deberá contar con vías de escape a base de burladeros (escalón empotrado en los muros de contención para facilitar el escape, mediante el salto del dique) que deberán localizarse a cada 50 m como máximo.

En el caso de diques de 1.20 m de altura y menores no requerirán de vías de escape tipo burladero.

Para el caso de diques con una altura mayor de 1.80 m la localización de escaleras, vías de escape (tipo burladero) y rampas, deberán tratarse también como casos especiales.

- DISTANCIAS MINIMAS A OTRAS INSTALACIONES Y AL LIMITE DE PROPIEDAD DE PEMEX

Debido a que el texto que aplica a este capítulo de cada uno de los reglamentos, normas y especificaciones, es muy extenso; únicamente se incluye un resumen de cada uno de éstos.

R.T.P. (página 358—59, artículo 213, incisos b y d):

b. Para tanques que almacenen petróleo crudo de techo flotante o fijo, con sistema de protección. La distancia de un tanque a construcciones, a fuegos descubiertos o al lindero con cualquier vía pública: dos veces su mayor dimensión.

d. Para tanques que almacenen productos refinados de techo flotante o fijo, con sistema de protección. La distancia de un tanque a lindero próximo, a construcciones o al lindero, con cualquier vía pública: una vez su mayor dimensión, pero no menos de 3 m.

- NFPA—30 (página 30—12 sección 2—2.1.7):

a. Líquidos estables (presión de operación 2.5 psig o menor; tabla 2.1).

La distancia mínima de un tanque con techo flotante o falso con unión débil a otras instalaciones debe ser de 1/6 del diámetro del tanque, pero no menor de 1.5 m.

b) Líquidos que presentan "Boil over" (tabla 2.3).

La distancia mínima a otras instalaciones con tanques de techo flotante, debe ser de 1.6 del diámetro y para tanques con techo fijo según su protección debe ser de 1.3 ó 2.3 del diámetro del tanque. No deberá ser menor de 1.5 m

c) Líquidos combustibles Clase III B (tabla 2.5).

La distancia mínima a otras instalaciones debe ser de 1.5 m, 3.0 m, o 4.5 m, según la capacidad del tanque considerado.

Aseguradora Factory Mutual System (página 48—2, tabla 48—1):

a) Líquidos con punto de inflamación menor de 110°F (43.3°C).

La distancia mínima de la pared del dique hacia otras instalaciones será de 12.2 m para tanques de capacidad de 500 y 1,000 bls; 22.9 m para 2,000 bls y de 45.7 m de 3,000 bls y mayores.

b) Líquidos con punto de inflamación mayor de 110°F (43.3°C).

La distancia de la pared del dique hacia otras instalaciones será de 4.6 m, 5.3 m, ó 22.9 m para tanques de 10,000 bls o menores y 45.7 m para tanques mayores de 10,000 bls de capacidad.

● GPEI—IS—3600:

No hace mención alguna sobre este punto.

● Norma AI—1—8 (página AI—1—8.4, incisos 14 y 15):

a) Hidrocarburos sujetos a ebullición súbita.

La distancia mínima de un tanque con techo flotante a otras instalaciones, debe ser igual a dos diámetros del tanque, pero no mayor de 100 m. Para tanques con techo fijo, debe ser igual a un diámetro del tanque, pero no mayor de 50 m.

b) Líquidos inflamables y combustibles.

La distancia mínima de un tanque de techo flotante a otras instalaciones, debe ser igual a un diámetro, pero no mayor de 50 m. Para tanques con dispositivo de alivio varía la distancia según la capacidad del tanque:

500 bls	8 m	3,000 a 10,000 bls	25 m
1,000 bls	10 m	15,000 a 20,000 bls	30 m
2,000 bls	15 m	30,000 a 40,000 bls	40 m
		55,000 y mayores	50 m

Norma AII—5—2 (página AII—5—2.3, párrafo 2.2.15):

La distancia mínima del área de tanques en: límite de propiedad será de 20 m;

cualquier construcción para fines habitacionales será de 50 m; instalaciones propias será de 25 m.

● CONCLUSION (Ver Anexo IV)

Clasificación de Areas.

Instalaciones propias del área de almacenamiento.

Son aquéllas que por su función tienen que estar dentro de la misma área de almacenamiento; tal es el caso de las casas de bombas para el manejo de los productos almacenados.

Instalaciones Tipo I. — Son aquéllas que por su importancia en el proceso, presentan alto riesgo que afecta a la actividad productiva de un centro de procesamiento (Refinería, Complejo Petroquímico, Estación de Bombeo, Agencia de Ventas, etc.), entre este tipo de instalaciones podemos citar: plantas de proceso, llenaderas y descargaderas de productos, servicios auxiliares, tales como: generadores de vapor, de electricidad, torres de enfriamiento de agua, tratamientos y pretratamientos de agua, áreas de tratamiento de efluentes, área de quemadores, corredores de tuberías principales, etc.

Instalaciones Tipo II. — Son aquéllas que no intervienen directamente en el proceso del centro productivo, sino que son instalaciones de servicio o de apoyo de índole administrativo. Entre éstas se pueden considerar: los talleres, almacenes, bodegas, muelles de carga y descarga de materiales y equipo, oficinas administrativas y de control, casetas de telecomunicaciones, cobertizo contraincendio, laboratorios, etc.

La distancia mínima del muro de contención (dique) de los tanques atmosféricos a instalaciones propias del área de tanques, será de 10 m.

La distancia mínima del muro de contención (dique) de los tanques atmosféricos a instalaciones Tipo I, será de la mitad del diámetro ($D/2$) del tanque considerado, pero no menor de 10 m.

La distancia mínima del muro de contención (dique) de los tanques atmosféricos a instalaciones Tipo II, será de una y media veces el diámetro ($1.5 D$) del tanque considerado, pero no menor de 10 m.

La distancia mínima del muro de contención (dique) de los tanques atmosféricos al límite de propiedad de Pemex, será de la mitad del diámetro ($D/2$) del tanque considerado, pero no menor de 10 m.

- DISTANCIAS MINIMAS DE TANQUE A DIQUE

R.T.P:

No indica nada al respecto.

- NFPA—30 (página 30—15, inciso f.3):

La distancia mínima entre tanques y el pie de la pared interior del dique, será de cinco pies (1.50 m).

Aseguradora Factory Mutual System (FM) (páginas 48—2, tabla 48—1):

La distancia mínima de cualquier tanque al dique, será de la mitad del diámetro del tanque.

- GPEI—IS—3600 (hoja 34 de 60, inciso 7.1):

7.1 *Distancia al muro. La distancia de un tanque de almacenamiento al dique o muro de contención será, como mínimo, igual a la mayor de las siguientes dimensiones:*

7.1.1 *Altura del tanque.*

7.1.2 *Lo que resulte de aplicar la distancia entre tanques:*

$$\frac{D_1 + D_2}{2}$$

7.1.3 *Lo que resulte de aplicar la capacidad de contención, es decir, la capacidad volumétrica del patio limitado por los diques o muros de contención, será la necesaria para contener la capacidad del tanque si hay uno solo, o la capacidad del tanque mayor si hay varios.*

- Norma AI—1—8:

No indica nada al respecto.

Norma A II—5—2 (página AII—5—2.2, inciso 2.2.6):

2.2.6. . . . *Cuando el muro aloje a más de un tanque, la distancia de éstos al muro se terminará de igual manera que la indicada para la distancia entre tanques. (La distancia entre dos tanques de almacenamiento nunca será menor que la mitad del diámetro del tanque más pequeño o que la tercera parte del diámetro del tanque mayor).*

En el caso de dos tanques del mismo diámetro se tomará la mitad del diámetro.

- CONCLUSION (Ver Anexo II)

Para uno o varios tanques de almacenamiento con capacidad nominal igual o menor de 30,000 bls, la distancia mínima de tanque a dique, será igual a la altura del tanque considerado

Para uno o varios tanques de almacenamiento con capacidad nominal mayor de 30,000 bls, la distancia mínima de tanque a dique, será igual a la mitad del diámetro del tanque considerado.

- DISTANCIAS MINIMAS DE TANQUE A TANQUE

R.T.P. (página 358—59, artículo 213, incisos a, b y d):

Artículo 213. — La localización de tanques de almacenamiento de hidrocarburos, deberá guardar, como mínimas las siguientes distancias, de acuerdo con su capacidad, características y condiciones de almacenamiento.

De un tanque fijo a otros tanques de almacenamiento. La semisuma de las mayores dimensiones de los tanques.

- NFPA—30 (página 30—14, tabla 2—7):

... Espaciamiento mínimo entre tanques.

Para tanques no mayores de 150 pies (45 m): con techos flotante y fijo o tanques horizontales que almacenen líquidos clases I o II y III A, el espaciamiento mínimo entre tanques, será de 1/6 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes, pero no menor de 3 pies (90 cm).

Para tanques mayores de 150 pies (45 m):

Tanques con techo flotante, con techo fijo o tanques horizontales que almacenen líquidos clase III A, el espaciamiento entre tanques será de 1/4 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes. Tanques con techo fijo o tanques horizontales que almacenen líquidos clase I y II, el espaciamiento entre tanques será de 1/3 de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes

- Según Aseguradora Factory Mutual System (FM) (página 48—2, tabla 48—1):

... La distancia mínima entre dos tanques en la misma área del dique, será de la mitad del diámetro del tanque mayor.

GPEI IS--3600 (hoja 35 de 60, inciso 7.2):

7.2 Distancia entre tanques.

7.2.1 En el caso de tanques atmosféricos la distancia mínima entre ellos (entre tangentes) será la semisuma de sus diámetros.

- Según Norma AI-1-8 (página AI-1-8.5, inciso 18):

18. La distancia entre dos tanques de almacenamiento deberá en todo caso, satisfacer los requisitos siguientes:

I) Nunca será menor de un metro.

II) Nunca será menor que la mitad del diámetro del tanque más pequeño.

- Norma AII-5-2 (página AII-5-2.3, inciso 2.2.14):

2.2.14 Distancia entre tanques.

La distancia entre dos tanques de almacenamiento nunca será menor que la mitad del diámetro del tanque más pequeño o que la tercera parte del diámetro del tanque mayor.

En el caso de dos tanques del mismo diámetro se tomará la mitad del diámetro.

- CONCLUSION (Ver Anexo II)

Para hidrocarburos sujetos a "ebullición súbita" (boil over) y líquidos inflamables, la distancia mínima entre tanques (entre tangentes) será igual al diámetro del tanque mayor (diámetro mayor).

Para líquidos combustibles, la distancia mínima entre tanques (entre tangentes) será igual a la mitad del diámetro del tanque mayor:

$$\frac{(\text{diámetro mayor})}{2}$$

- ALTURA DEL DIQUE

R.T.P. (página 358-68, artículo 240):

Artículo 240. — . . . La altura máxima de estos muros o diques será de dos metros.

NFPA-30 (página 30-14, sección 2-2.3.3, inciso e).

e) . . . Las paredes del dique estarán restringidas a una altura interior promedio de 6 pies (1.80 m), sobre el nivel de piso interior del dique.

- Aseguradora Factory Mutual System (FM) (página 48—3, 4o. párrafo):

... Prácticamente en todas partes, el límite de altura del dique, sin tomar en cuenta el tipo de construcción será de 6 pies (1.80 m). . .

- GPEI—IS--3600 (hoja 36 de 60, inciso 7.4):

7.4 Muros.

7.4.1 La altura de los muros o diques de contención será como mínimo de 1.20 m de altura con respecto a la calle y la altura sobre el patio interior no excederá de 1.80 m, en terrenos absolutamente horizontales. En los casos donde esto no sea posible, se someterán a la consideración de la Gerencia de Seguridad y la Operativa correspondiente.

- Según Norma AI—1—8 (página AI—1—8.4, parte 13, inciso IVf):

IV. Los muros de contención no tendrán más de 1.80 m de altura. . .

Según Norma AII—5—2 (página A II—5—2.2, inciso 2.2.7):

2.2.7 Altura del muro de contención:

En todo caso, los muros de contención no tendrán más de 1.80 m de altura (NSPM A II—2.6.7.1).

- CONCLUSION (Ver Anexo I)

La altura del dique o muro de contención será como mínimo de 1.20 m y la altura máxima será de 1.80 m con respecto al piso exterior e interior respectivamente. En los casos donde se tengan terrenos accidentados, se tratarán como casos especiales que serán sometidos a la consideración de la Gerencia de Seguridad Industrial y de la Operativa correspondiente.

Altura de guarniciones.

Cuando se utilicen subdivisiones a base de guarniciones su altura será de 45 cm o del 10% de la capacidad real del tanque que encierran o limitan, lo que resulte mayor.

- CAPACIDAD VOLUMETRICA MINIMA DEL DIQUE

R.T.P. (página 358—68, artículo 240):

Artículo 240. — . . . Los diques o muros de contención serán diseñados para contener una vez y media el volumen del producto susceptible de almacenarse.

- NFPA—30 (página 30—14, sección 2—2.3.3, inciso b):

b) La capacidad volumétrica mínima del dique no será menor que la cantidad más grande de líquido que pueda derramarse del tanque mayor dentro del área del dique considerando tanque lleno.

Tomar en cuenta el volumen ocupado por los tanques, la capacidad del área del dique se calculará después de deducir el volumen de los tanques, además del tanque mayor, abajo de la altura del dique.

- Aseguradora Factory Mutual System (FM) (página 48—3, 2o. párrafo):

Se proveerá de una capacidad dentro del área del dique, por lo menos igual a la cantidad más grande de líquido que pueda derramarse del tanque mayor, suponiendo tanque lleno. Si el área del dique contiene a más de un tanque, el volumen de todos los tanques abajo de la altura del dique deberá deducirse cuando se calcule la capacidad de éste.

Para tanques que contengan líquidos con características de "ebullición súbita" (boil over) tales como petróleo crudo, la capacidad del área del dique no será menor que la capacidad del tanque (lleno).

- GPEI—IS—3600 (hoja 35 de 60, inciso 7.3):

7.3 Capacidad de contención.

7.3.1 *Para tanques atmosféricos, la capacidad volumétrica del patio limitado por los diques o muros de contención, será la necesaria para contener la capacidad del tanque si hay uno sólo, o la capacidad del tanque mayor si hay varios.*

Norma AI—1—8 (página AI—1—8.5, parte 13, inciso I y II):

- I)** *La capacidad volumétrica de los muros de contención, cuando los tanques contengan productos no espumantes, será igual al volumen del tanque más grande contenido dentro del área, descontando el volumen de los otros tanques hasta la altura del muro.*
- II)** *Cuando se trate de productos con tendencia a formar espuma con agua en ebullición, la capacidad de los muros de contención será igual por lo menos al volumen de todos los tanques contenidos en el área, deduciendo el volumen de los tanques por debajo de la altura de los muros.*

Norma AII—5—2 (página AII—5—2.2, inciso 2.2.8):

2.2.8. La capacidad volumétrica del muro de contención:

La capacidad volumétrica del muro de contención será igual a 1.2 veces

el volumen del tanque más grande contenido dentro del área, más el volumen de otras construcciones que ocupen un espacio dentro del muro de construcción hasta una altura de 1.80 m.

CONCLUSION (Ver Anexo II)

La capacidad volumétrica mínima del dique será la misma para hidrocarburos sujetos a "ebullición súbita" (boil over), líquidos inflamables y combustibles.

Para uno o varios tanques de almacenamiento en un mismo dique el cálculo de la capacidad volumétrica mínima del dique (CVM) será igual a la capacidad real del tanque más grande (CRT) contenido dentro del dique, más el volumen de otras construcciones que ocupen un espacio dentro del dique hasta una altura de 1.80 m (Volumen muerto = VM) ($CVM = CRT + VM$).

6. RECOMENDACIONES GENERALES

• RESTRICCIONES

Deberán respetarse las distancias mínimas entre tanques, de tanque a dique, del área de almacenamiento a otras instalaciones, etc.; es decir, todos los incisos correspondientes al Capítulo 6 de estos criterios de diseño.

• LOCALIZACION DEL AREA DE ALMACENAMIENTO

Para la localización del área de tanques con respecto a otras áreas o instalaciones, deberá considerarse la dirección de los vientos dominantes y reinantes, para evitar que los gases emitidos por los tanques invadan dichas áreas y en especial a las áreas de quemadores y calentadores a fuego directo.

Deberá procurarse que el área interior del dique se proyecte a un solo nivel de plataforma.

En los casos donde se tenga un terreno accidentado, de preferencia esta área se localizará en la parte más baja con respecto a otras instalaciones, a excepción del área para tratamiento de efluentes.

• DIQUES

La selección del tipo de dique o muro de contención dependerá del material existente en la región, previo estudio técnico-económico para determinar el más adecuado.

El diseño de los diques de terracería o terraplen, deberán tener una corona mínima de 50 cm y un talud acorde con el ángulo de reposo del material de que sea construido, deberá de estar protegido contra la erosión e impermeabilizado adecuadamente para cumplir con la hermeticidad requerida en este elemento.

Los diques serán diseñados estructuralmente para soportar esfuerzos adicionales originados por la carga hidrostática del líquido derramado en caso de siniestro.

En ningún caso se permitirá que todos los muros del dique sean mayores de 1.80 m de altura debido a que dificultan el escape de personal. Cuando se trate de terrenos accidentados y que el diseño esté obligado a utilizar alturas mayores de 1.80 m, se deberá tener como mínimo un lado del dique con muros que cumplan con este requerimiento, de preferencia el más cercano al tanque para facilitar el acceso de personal de mantenimiento así como el escape de éste en caso de emergencia.

- **TIPO DE PAVIMENTO**

Para definir el tipo de material a utilizar en el piso interior del área del dique, se recomienda consultar el Estudio ET-02/85 que se elaboró para tal efecto, en el cual se compararon las diferentes alternativas de pavimentos que se pueden utilizar, apoyándose en factores técnico-económicos, así como el mantenimiento requerido en los pisos considerados.

- **VIAS DE ESCAPE Y DE ACCESO**

La localización de vías de escape y acceso para mantenimiento del área interior de los diques, debe ser analizada minuciosamente con el fin de que se ubiquen en lugares libres de obstáculos (corredores de tuberías, cunetas, guarniciones para agilizar la salida de personal en caso de emergencia).

- **CORREDORES DE TUBERIAS**

Para la localización de los corredores de tubería en áreas de almacenamiento se debe considerar lo siguiente:

Menor recorrido de las tuberías, por lo tanto menor costo.

No entorpecer las vías de escape y acceso para mantenimiento por ejemplo: escaleras, rampas, burladeros del dique, así como las escaleras propias de los tanques.

Reducir al mínimo el número de corredores dentro de un dique.

No rodear con corredores de tuberías el perímetro del dique.

Se deberá incluir en los corredores de tubería el diseño de pasarelas, para facilitar el cruce de personal sobre estos elementos, donde se considere necesario.

- **URBANIZACION**

El ancho de las calles en el área de almacenamiento será de 7.00 m como máximo, a excepción de las que limitan a dicha área de almacenamiento con otras áreas, donde se puede considerar doble calle de esta dimensión con camellón central, con el fin de tener un elemento delimitante del área, además de propiciar una mayor separación entre éstas, que por seguridad se requiere.

- **INSTALACIONES SUBTERRANEAS**

Para la localización de los corredores de instalaciones subterráneas tales como

ductos eléctricos, alumbrado, red contraincendio, drenajes, etc. deberá ser analizada con base en las restricciones de colchones mínimos y la separación mínima permitida entre estas instalaciones.

- **CODIGO DE IDENTIFICACION DE TANQUES**

Para la identificación de los tanques de acuerdo al producto almacenado, deberá consultarse y aplicarse la Norma Pemex 3.134.01 "Colores y Letreros en Instalaciones Petroleras", emitida para este efecto.

- **SISTEMA DE DRENAJES**

Las áreas de almacenamiento y específicamente las comprendidas dentro de los diques o muros de contención, deberán contar con un sistema de drenaje pluvial y aceitoso o químico, con sus respectivas válvulas de bloqueo, con indicación de posición "abierto—cerrado" y colocadas fuera del dique.

El sistema de drenaje deberá permitir que se puedan enviar selectivamente las aguas al drenaje pluvial y al aceitoso o al químico según se requiera, mediante la interconexión de estos colectores, por medio de válvulas de bloqueo, normalmente cerradas y operadas desde el nivel del piso.

Las copas y registros de purga del drenaje aceitoso o químico deberán estar diseñadas de tal manera que evite se introduzca el agua pluvial del área interior del dique.

La tubería de los drenajes de purgas de tanques de almacenamiento de crudo deberán tener venas de calentamiento, excepto en los casos donde la Gerencia Operativa no lo considere necesario de acuerdo al tipo de crudo que maneje.

En el registro de entrega de cada colector de purgas de tanques a la red de drenaje aceitoso, se instalará por seguridad un sello hidráulico.

Pueden utilizarse cunetas poco profundas dentro del área interior del dique para la recolección de aguas pluviales y de contraincendio, así como de pequeños derrames del producto almacenado. La pendiente mínima recomendable será de una milésima (0.001 m de profundidad por cada metro de longitud) para cunetas revestidas y de 2 milésimas (0.002) para aquellas que no tengan revestimiento. La profundidad máxima recomendable de las cunetas será de 0.30 m y el ancho máximo de 1.50 m.

En el caso de que se utilicen subdivisiones a base de guarniciones en el área interior del dique, deberá proyectarse un sistema de drenaje pluvial independiente para cada área subdividida.

- **VENTEO Y ARRESTADORES DE FLAMA**

La localización de estos dispositivos en el techo del tanque se deberá de hacer de preferencia en la periferia y en un lugar opuesto a la plataforma de medición, y de acuerdo con los vientos dominantes del lugar. En cualquier caso, se tendrán las facilidades necesarias como pasillos, barandales, plataformas, pescales, etc., para poder efectuar la revisión y limpieza de estos dispositivos de seguridad.



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

CURSOS ABIERTOS

**FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

**DIPLOMADO
EN RIESGO AMBIENTAL**

MODULO II

TEMA 9: RIESGOS QUÍMICOS

- * INTRODUCCIÓN
- * RIESGO QUÍMICO

- * SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE MATERIALES PELIGROSOS

- * CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS QUÍMICOS

- * SITUACIONES DE EMERGENCIA

RIESGOS QUÍMICOS

(SUSTANCIAS PELIGROSAS)

INTRODUCCIÓN

La actividad industrial se ha constituido hoy día en uno de los sectores más importantes y dinámicos de la Economía en nuestro país. El grado de afectación que este desarrollo industrial tiene hacia el ambiente y la salud de la población esta en función de la cantidad y tipo de contaminantes que se vierten al medio ambiente.

Conocer los distintos sucesos que pueden presentarse cuando se trabaja con materiales clasificados como peligrosos - por su naturaleza química, por la reacción que manifiestan cuando se encuentra presente agua o bien las transformaciones que pueden sufrir cuando reaccionan con otras sustancias - es de importancia fundamental ya que permite diseñar **procedimientos de prevención, combate y retorno a condiciones normales** que la población potencialmente expuesta debe seguir cuando se presentan emergencias tales como **fugas o derrames** con todas las consecuencias que estas implican.

El uso de las sustancias químicas en la producción de bienes es muy común en todo el mundo, algunas de estas resultan muy seguras en su manejo, cuando se les somete a procesos de transformación, para la fabricación de productos formulados que se obtienen en estado líquido, sólido ó gaseoso, sin embargo algunas **sustancias** por sus **características propias** requieren de mayor cuidado.

RIESGO QUÍMICO

Al respecto en México se tienen dos listados, publicados en el Diario Oficial, que consideran las características fisicoquímicas para aquellas sustancias presentes en una instalación y que por su cantidad mínima de reporte, convierten a la actividad de esa instalación en una actividad altamente riesgosa cuando esta rebasa la cantidad mínima de reporte:

- Primer listado de actividades altamente riesgosas en donde se establecen las cantidades mínimas de manejo de sustancias **tóxicas**, con fecha 28 de marzo 1990 y
- Segundo listado de actividades altamente riesgosas donde se establecen las cantidades mínimas de manejo de sustancias **inflamables y explosivas**, con fecha 4 de mayo de 1992

Por otro lado también **La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente** (LGEEPA), establece como asunto de alcance general de la nación o interés la federación, la regulación de las actividades que deban considerarse altamente riesgosas, debido a la gran cantidad de sustancias químicas existentes en la actualidad, con propiedades intrínsecas de:

Corrosividad

Reactividad, Radiactividad

Explosividad

Toxicidad

Inflamabilidad y

Biológico Infeccioso

las cuales se **almacenan, transportan o procesan** en las actividades comerciales, industriales y de servicios ya sea como materias primas, productos, subproductos o residuos.

De esta forma las sustancias químicas se han clasificado Internacionalmente por su principal peligro debido a su **comportamiento**. Esta clasificación se conoce como **CLASIFICACIÓN CRETIB** (Corrosivas, Reactivas, Explosivas, Tóxicas, Inflamables, Biológico-infecciosas).

Para un mejor entendimiento de estos criterios de clasificación, es importante hacer algunas definiciones adicionales que nos permitan evaluar el **riesgo químico** en su real magnitud :

Actividades altamente riesgosas :

Son aquellas acciones, serie de pasos u operaciones comerciales y/o de fabricación industrial, en que se encuentren presentes una ó mas sustancias peligrosas, en determinadas cantidades, que al ser liberadas por condiciones anormales de operación externa, provocarían accidentes mayores.

Sustancias peligrosas :

Son aquellas que por sus características inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas, corrosivas, radioactivas, ó biológicas pueden ocasionar daños a los ecosistemas, a la población o a sus bienes. En la presente ponencia se consideran las sustancias químicas con propiedades tóxicas, explosivas e inflamables que se reportan en el anexo correspondientes.

Sustancias inflamables :

Se consideran como sustancias inflamables, aquellas que son capaces de formar una mezcla se considera equivalente al limite inferior de explosividad.

De acuerdo con la definición de la agencia Nacional de Protección contra incendios de los E.U.A., son aquellas que poseen un punto de inflamación menor a 60°C y una presión de vapor absoluta que no exceda de 2.81 Kg/Cm² a 38°C.

Sustancias explosivas :

Son aquellas que producen una expansión repentina, por turbulencia, originada por la ignición de cierto volumen de vapor inflamable, acompañada por ruido, junto con fuerzas físicas violentas, capaces de dañar seriamente las estructuras, por el paso de los gases, que se expanden rápidamente.

Accidentes mayores :

Son aquellos cuyos efectos, por su alcance, rebasan los limites de la instalación industrial o comercial, en que se encuentra una o mas sustancias peligrosas, dañando a los ecosistemas, seres humanos o a sus bienes. Los efectos pueden ser instantáneos o retardados y de tipo reversible o irreversible.

Como **accidentes mayores** pueden considerarse los siguientes :

1) cualquiera **liberación** real o potencial **de una sustancia peligrosa**, en que la cantidad liberada sea mayor a la que se haya fijado como segura (cantidad de reporte).

- 2) Cualquier **fuego mayor** que de lugar a la elevación de radiación térmica en el lugar o límite de planta que exceda de 5 kg/m^2 por varios segundos.
- 3) Cualquier **explosión de vapor o gas** que pueda ocasionar sobrepresión de 0.5 LB/PULG^2 .
- 4) Cualquier **explosión de una sustancia reactiva o explosiva** que pueda causar daño a edificios o plantas, fuera de la vecindad inmediata, suficiente para dañarlos o volverlos inoperantes por un tiempo.
- 5) Cualquier **liberación de sustancias tóxicas**, en la que la cantidad liberada pueda ser suficiente para alcanzar una concentración igual o arriba de su **IDLH** en áreas aledañas a su desprendimiento, por más de 30 minutos.

Cantidad de reporte (CR) :

Es la cantidad arriba de la cual, tendrá que reportarse la existencia de alguna sustancia peligrosa, de las identificadas en nuestro estudio, en cualquier establecimiento de fabricación, distribución o venta.

Para determinar las cantidades existentes, deben sumarse en su totalidad, las cantidades que se encuentran en cada punto del establecimiento, incluyendo los almacenes, tuberías, equipos de proceso y equipos auxiliares.

SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE MATERIALES PELIGROSOS

De acuerdo a lo antes mencionado, los diferentes procesos productivos implican un conocimiento total de los riesgos que involucran el emplear sustancias peligrosas bajo esta clasificación.

Para adquirir este conocimiento se hace necesario usar criterios universalmente conocidos y sistematizados, tales como son :

- **SISTEMA NFPA**
National Fire Protection Association= Asociación Nacional de Protección contra incendio.
- **SISTEMA MISH**
Material Identification Safety Hazardous = Identificación Segura de Materiales Peligrosos.
- **SISTEMA O.N.U.**
Sistema de la Organización de las Naciones Unidas
- **SISTEMA DOC - CANUTEC**
Sistema de Identificación convencional entre el departamento de Transporte de Estados Unidos de Norteamérica y CANUTEC de Canadá.

Estos sistemas muestran y organizan la información de los materiales y los riesgos que representa su uso. Emplean para ello combinaciones de color, figuras, palabras e instrucciones, que indican la prevención, planificación y organización de los servicios con que debe contarse para hacer frente a una emergencia.

Manejar la información con esta simbología, permite establecer los **NIVELES DE RIESGO** que presentan las diferentes sustancias así como cuáles deben ser los cuidados que se tengan, cuando se este en contacto con ellas o bien cuando deba atenderse una emergencia. Estos niveles de riesgo establecen cuatro niveles de Materias Peligrosas, a saber :

1. **Materias extremadamente peligrosas.**

Líquidos volátiles inflamables, gases inflamables o materias **detonables** capaces de **causar muerte** o lesiones permanentes como consecuencia de una breve exposición, por ejemplo: Paratión, bromo, cianuro de hidrógeno, ácido hidrofúorhídrico,

2. **Materias Peligrosas.**

Son aquellas que por sus efectos nocivos pueden causar **lesiones** por **exposición o contacto** que tardan cierto tiempo en curar, por ejemplo aquellas que pueden causar la destrucción de tejidos, especialmente de los ojos. Estas materias pueden provocar una situación de urgencia.

3. **Materias Menos peligrosas.**

Son las que pueden causar una **lesión o inhabilitación temporal** que presumiblemente no dejan efectos permanentes, tales como gases lacrimógenos, irritantes fuertes.

4. **Materias de efectos molestos.**

Son las que pueden causar una **irritación o incomodidad temporal** que desaparece al cesar la exposición a las mismas, o bien materias sólo ligeramente combustibles. Estas materias no son causa de una situación de urgencia, sin embargo pueden complicar seriamente una situación de emergencia en la que intervinieran.

EL SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS NUM. 704 DE LA N.F.P.A. (ROMBO 704 DE LA N.F.P.A.)

La "identificación de riesgos de los materiales " núm 704 de la NFPA constituye un sistema de símbolos destinados a utilizarse en instalaciones fijas, como equipos de proceso químico, naves de almacén, cuartos de almacenamiento y entradas de laboratorio. Informan sobre las medidas de autoprotección que deben tomarse cuando se presenta una emergencia en esa zona.

El sistema de información basado en el rombo 704 (figura Núm 1) constituye el medio de presentación visual de la información sobre los **peligros de inflamabilidad, autorreactividad y para la salud**, así como **datos especiales** relacionados son estos riesgos.

ROMBO 407 NFPA

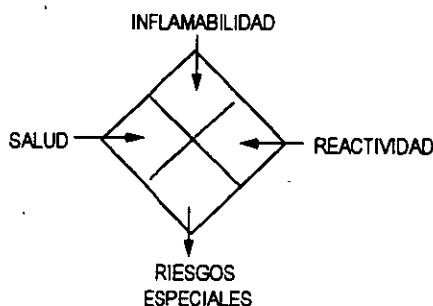


FIGURA NUM. 1

El rombo, se subdivide en otros cuatro más pequeños; en el rombo superior y en los dos laterales se expresan números del 0 al 4 para indicar el grado de peligro que presenta cada uno de estos tres aspectos específicos.

- **0** indica el **grado más bajo**. No hay peligro
- **1** Existe riesgo de entorpecimiento que necesita cierta atención.
- **2** Existen peligros.
- **3** Situación extremadamente peligrosa
- **4** el riesgo **más alto**. Material excesivamente peligroso.

El cuarto rombo inferior, se emplea para comunicar información especial. Se sugieren dos símbolos para este último espacio:

- a) Una letra **W** atravesada por una barra horizontal (W) que indica que el material puede tener una reacción peligrosa con el agua. Esto no quiere decir que no se emplee agua, puesto que en algunas formas (en nebulización o en pulverización fina) puede emplearse en muchos casos, quiere decir que el empleo de agua puede presentar peligros, y que debe utilizarse con precaución hasta que se obtenga la información adecuada.
- b) La rueda de radios que indica la presencia de materias radiactivas

Este símbolo romboidal intenta constituir un aviso instantáneo; sin embargo la información es limitada.

El rombo 704 también proporciona información sobre los **riesgos y acciones** que deben tomarse **para la protección de la Salud**, Inflamabilidad, Reactividad y riesgos especiales.

La interpretación para estos rubros se da como sigue:

- **SALUD**. Se denota con el fondo de color **AZUL** y con números que van del **0** al **4**. La asignación de estos números indica los grados de peligrosidad que la(s) sustancia(s) en cuestión tiene(n), derivados de una exposición única, para la salud:

-
- 4.- Materiales demasiado peligrosos. El vapor o líquido de estos materiales en una dosis pequeñísima puede ser Mortal.
 - 3.- Materiales extremadamente peligrosos. Puede trabajarse observando la máxima cautela.
 - 2.- Materiales peligrosos para la salud.
 - 1.- Materiales que presentan riesgos leves
 - 0.- No ofrece peligros.
- **INFLAMABILIDAD.** Se denota por el fondo de color **ROJO** y al igual que en el caso de Salud, los grados de riesgo se clasifican del **0** al **4**. Su base es la susceptibilidad incendio.
- 4.- Gases muy inflamables o líquidos. inflamables muy volátiles.
 - 3.- Materiales que pueden inflamarse en casi todas las condiciones de temperatura normal.
 - 2.- Materiales que deben ser sometidos a calentamiento moderado antes de ser inflamables.
 - 1.- Materiales que requieren ser sometidos a recalentamiento antes de ser inflamables.
 - 0.- Materiales no combustibles
-

- **REACTIVIDAD.**- Se denota por el fondo de color **AMARILLO**. También los grados de riesgo se clasifican del **0** al **4**. Su base es la susceptibilidad de los materiales a la emisión de energía (explosión generalmente).

4.- Materiales susceptibles de detonar

3.- Materiales, que calentados y encerrados, son capaces de **detonar**.

2.- Materiales que pueden sufrir un **violento cambio químico** a temperaturas y presiones elevadas.

1.- Materiales estables que pueden volverse inestables si se combinan con otros o a temperaturas y presiones elevadas.

0.- Materiales estables que **no presentan reactividad**.

- **INFORMACIÓN ESPECIAL.** El fondo es blanco y la letra de color negro.

4.- La W no se emplea cuando el nivel de reactividad es de 4

3.- Los materiales pueden reaccionar explosivamente con el agua

2.- Los materiales pueden reaccionar violentamente con el agua o formar mezclas explosivas con ella.

1.- Los materiales pueden reaccionar vigorosamente pero sin violencia con el agua.

0.- No se emplea la W

VENTAJAS DEL SISTEMA 704 DE LA NFPA

El sistema 704 de la NFPA advierte contra los peligros que presentan los materiales en condiciones de incendio que otros sistemas de información clasifican como no peligrosos.

Este sistema puede también advertir de los riesgos generales de incendio que se presenten en la zona. Colocados en la puerta de laboratorio o de un almacén, puede advertir de los peores riesgos que puedan presentarse en una situación de incendio.

Otra ventaja, es que puede usarse sin el auxilio de manuales suplementarios. Debido a su simplicidad es fácil memorizar el significado general de los números y la totalidad del símbolo puede leerse e interpretarse rápidamente de un vistazo, incluso con mala iluminación.

DESVENTAJAS DEL SISTEMA 704 DE LA NFPA

El sistema 704 de la NFPA no prevé la presencia de oxidantes de tipo Donadores de oxígeno. Ofrece una información muy limitada sobre los peligros.

Como el sistema informa sobre las medidas de protección, puede ser que emplee el mismo número para designar diferentes tipos de peligros, de modo que, por ejemplo, el número 3 del rombo de peligros para la salud significa **no hacer contacto** sin especificar si el peligro que se presenta es de corrosividad para la piel o toxicidad por absorción a través de la piel, de modo que el símbolo solo es útil para personas adiestradas e informadas.

SISTEMA MISH

Este sistema, que significa **Material Identification Safety Hazardous** = Identificación Segura de Materiales Peligrosos, maneja los mismos principios de identificación que el sistema Rombo 704 de la NFPA; sin embargo introduce un concepto adicional de gran utilidad como lo es el EQUIPO DE SEGURIDAD que debe ser empleado cuando se trabaja con materiales peligrosos.

La información se presenta en forma de tabla, como se muestra en la figura Núm. 2

SISTEMA "HMIS"

ACIDO FOSFORICO	
RIESGO A LA SALUD (AZUL)	2
INFLAMABILIDAD (ROJO)	0
REACTIVIDAD (AMARILLO)	1
EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL (BLANCO)	G

SISTEMA "NFPA"

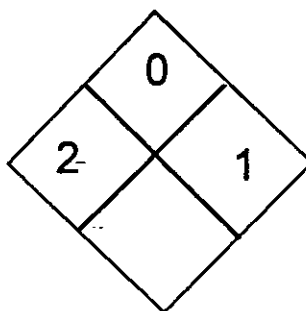


FIGURA NUM 2

El primer renglón indica la sustancia de que se trata. Los riesgos a la Salud se muestran en el segundo renglón; el fondo de la barra es azul y los riesgos se indican con números que van del 0 al 4.

La interpretación es semejante a la que proporciona el rombo 704. La diferencia estriba en que el rombo indica la toxicidad de la(s) sustancia(s) y las barras del sistema MISH indican los riesgos:

- 4.- Riesgo Severo, grave de muerte
- 3.- Riesgo alto, lesión grave
- 2.- Riesgo moderado, lesión leve con posible incapacidad temporal.
- 1.- Riesgo ligero, irritación o lesión leve
- 0.- Riesgo no significativo

- **INFLAMABILIDAD.** Este riesgo esta indicado en la barra siguiente. Tiene el fondo de color **ROJO** y sus riesgos también se clasifican del **0** al **4**:

- 4.- Riesgo severo, gases y líquidos inflamables muy volátiles.
- 3.- Riesgo alto, materiales que pueden incendiarse en casi todas las condiciones de temperatura normal.
- 2.- Riesgo moderado, materiales a los que debe incrementar su temperatura para que se presente el incendio.
- 1.- Riesgo ligero, Materiales que deben elevar su temperatura antes de ser causa de un incendio.
- 0.- Riesgo mínimo, materiales estables que pueden arder si son expuestos de manera directa a la flama.

- **REACTIVIDAD.**- El fondo es de color **AMARILLO**. Informa sobre la posibilidad que tiene un material de liberar energía y hasta explotar. También los grados de riesgo se clasifican del **0** al **4**.

- 4.- Riesgo severo, materiales que por reacciones a temperatura y presión ambiente son capaces de explotar.
- 3.- Riesgo alto (serio) , materiales que calentados y encerrados, son capaces de explotar.
- 2.- Riesgo moderado, materiales que pueden sufrir un violento cambio químico pero sin que estallen.
- 1.- Riesgo ligero, materiales estables que pueden volverse inestables si se combinan con otros o a temperaturas y presiones elevadas.
- 0.- Materiales estables que no presentan reactividad.

- **INFORMACIÓN ESPECIAL.** El fondo es blanco y la letra de color negro. En este apartado la información es más detallada que la que proporciona el rombo 704, pues introduce otros riesgos de los materiales que son propios de características tales como :

- **Oxidantes** que se identifican por las letras **OXY**
- **Alcalinidad** identificado por las letras **ALC**
- **Acidos** para los que se emplea **ACID**
- **Corrosión** que se identifican por **CORR**

Usa las mismas indicaciones que el rombo 704 de la NFPA para materiales que muestran reactividad con agua :

- 4.- La W no se emplea cuando el nivel de reactividad es de 4
- 3.- Los materiales pueden reaccionar explosivamente con el agua
- 2.- Los materiales pueden reaccionar violentamente con el agua o formar mezclas explosivas con ella.
- 1.- Los materiales pueden reaccionar vigorosamente pero sin violencia con el agua.
- 0.- No se emplea la W

SISTEMA DOC-CANUTEC-ONU

Este es un sistema de identificación convencional entre el departamento de Transporte de U.S.A.- CANUTEC de Canadá y la O.N.U.

Clasifica a los materiales en nueve clases por su riesgo:

1. Explosivos
2. Gases
3. Líquidos inflamables
4. Sólidos inflamables
5. Oxidantes
6. Venenosos e infecciosos
7. Radiactivos
8. Corrosivos
9. Otros peligros no clasificados.

Este sistema emplea tres clasificaciones claves:

1. **N.U.** : que significa Naciones Unidas.
2. **CAS** : significa otro código de una organización que tiene registrados muchos productos químicos; es muy útil en situaciones de emergencia.
3. **No. CAT** : El más importante para el personal que labora dentro de la planta, pues le indica el número de catálogo donde puede encontrar información sobre la sustancia que se este trabajando.

CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS QUÍMICOS

Los riesgos químicos presentes en una instalación durante el almacenamiento, transporte y manejo de los materiales son: **Fuego** (combustión, inflamabilidad, explosiones de gas o vapor) **Explosión, Toxicidad, Corrosión y Reactividad Química**. Estos riesgos tienen su origen en diversas causas, entre las cuales se encuentran:

- Las sustancias químicas involucradas.
- Las fuentes que las generan.
- Dimensión del área contaminada
- Número de personas expuestas o en riesgo
- Vías de exposición.
- Consecuencias en la salud o médicas.

El desarrollo de estas causas se desarrollan a continuación:

I. LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS INVOLUCRADAS.

En este apartado se consideran

- Sustancias peligrosas : Explosivas, inflamables, oxidantes, tóxicas y corrosivas.
- Aditivos, contaminantes y adulterantes.
- Productos radioactivos.

Siendo este punto muy importante para clasificar el **riesgo químico** es necesario definir algunas propiedades fisicoquímicas de las sustancias peligrosos tales como :

Punto de ebullición: Temperatura a la cual un líquido cambia al estado de vapor, a una presión dada. Los materiales que tienen **bajo punto de ebullición** representan generalmente **riesgos extremos de incendio**.

Límites de explosividad: Todas las concentraciones de una mezcla de un vapor o gas inflamable en aire, generalmente expresadas como porcentaje en volumen, en los cuales el material puede entrar en ignición. También se le conoce como límites de inflamabilidad.

Límite inferior de inflamabilidad : De un gas o vapor, es la concentración más baja (mínimo porcentaje de la sustancia en el aire) que produce una flama o un fuego cuando esta presente una fuente de ignición (calor, arco o flama). A concentraciones menores al LEL, la mezcla es demasiado pobre para quemarse.

Límite superior de explosividad (inflamabilidad): De un vapor o gas, es la concentración más alta (el más alto porcentaje de esa sustancia en el aire) que produce una flama o fuego en presencia de una fuente de ignición. A mayores concentraciones la mezcla demasiado rica para arder.

Densidad de vapor: Peso de un vapor o gas comparado con el peso de un volumen igual de aire. Los materiales que son más ligeros que el aire tienen densidades de vapor menores a 1.0 (acetileno, metano, hidrógeno), los materiales que son más pesados que el aire (dióxido de carbono, propano, butano, cloro, amoníaco) tienen densidades de vapor mayores de 1.0

Presión de vapor: Es la presión debida a la vaporización de un líquido en un contenedor cerrado, se expresa en libras por pulgada cuadrada o en mm. de Hg. Mientras más bajo es el punto de ebullición de una sustancia, mayor es su presión de vapor.

Viscosidad: Resistencia de un líquido a fluir. Esta característica aumenta o disminuye dependiendo de la temperatura del líquido. Los líquidos de baja viscosidad tienen cualidades adhesivas pobre y por lo tanto fluyen libremente.

Gravedad específica: Peso de un material comparado con el de un volumen igual de agua, expresa la densidad de un material. Los materiales insolubles que tienen una gravedad específica menor de 1.0 flotan en el agua: La mayoría de los líquidos inflamables tienen gravedades específicas menores de 1.0.

pH : Indicación de la acidez o alcalinidad de una sustancia. De 1 a 6 es ácido, de 8 a 14 es alcalino y el 7 es neutro.

Estas características nos llevan a clasificar los materiales peligrosos en:

EXPLOSIVOS: Estos se pueden clasificar como:

- Tipo A Máxima detonación y explosión
- Tipo B Flama rápida
- Tipo C Bajas cantidades de detonantes (pirotécnicos)

La exposición a estos materiales puede causar: dilatación de las venas, irritación de los ojos y problemas pulmonares.

GASES: Se clasifican en

1. Gases venenosos

- Si el material venenoso forma una nube, esta pueda explotar
- Puede entrar al organismo a través de la piel, boca y nariz
- Al quemar se libera gases venenosos.

2. Gases inflamables:

- Pueden causar asfixia.
- Causan irritación a los ojos y vías respiratorias

3. Gases no inflamables:

- Causan asfixia
- Desplazan el oxígeno
- Son los llamados gases inertes (nitrógeno, argón, neón, etc)

LÍQUIDOS INFLAMABLES: Son principalmente derivados del petróleo y la exposición a ellos puede causar:

- Depresión del sistema nervioso
- Daños al cerebro
- Irritación respiratoria
- Edema pulmonar
- Arritmias cardíacas.

SÓLIDOS INFLAMABLES: Se pueden encender por fricción, absorción de humedad y reacción química. Ejemplo Cloruro de calcio, magnesio, sodio etc.

Los sólidos inflamables reaccionan violentamente con el agua.

OXIDANTES: Son materiales que contienen oxígeno y que lo liberan en una forma rápida. Reaccionan químicamente en forma veloz. Pueden causar explosiones. Ejemplos: ácido nítrico, peróxidos orgánicos, etc.

VENENOSOS O INFECCIOSOS: Causan infecciones biológicas. Pueden entrar al organismo por nariz, boca o piel. Son agentes contaminados con SIDA, viruela negra, etc.

RADIOACTIVOS: Estos materiales causan daño a nivel celular, la protección contra estos materiales depende del tiempo, distancia y protección.

CORROSIVOS: En esta clasificación caen los ácidos y las bases, estos pueden ser sólidos, líquidos o gases. Al contacto con ellos pueden ocasionar: irritación de las vías respiratorias, quemaduras de diferente nivel, daños gastrointestinales por ingestión, dañar las membranas, etc.

Para Aditivos, contaminantes y adulterantes así como productos radiactivos deberán considerarse adicionalmente a las mencionadas otras características.

II. LAS FUENTES QUE LOS GENERAN.

- Antropogénicas : Manufactura, almacenamiento, manejo, transporte, uso y disposición de sustancias peligrosas.
- Naturales : Volcanes y otras fuentes de actividad geológica, toxinas animales, vegetales o microbianas, incendios y minerales.

III. DIMENSIÓN DEL ÁREA CONTAMINADA

- Intramuros de una instalación.
- Vecindad inmediata de una instalación.
- Área amplia alrededor de una instalación.
- Dispersión extensa.

IV. NÚMERO DE PERSONAS EXPUESTAS O EN RIESGO.

Cálculadas en términos de muertes, lesionados y/o evacuados, además de otra consideraciones que permitan juzgar la severidad del accidente.

V. VÍAS DE EXPOSICIÓN.

- Inhalación
- Exposición Ocular
- Contacto con la piel
- Ingestión

VI. CONSECUENCIAS EN LA SALUD Ó MÉDICAS.

- De acuerdo con el órgano o sistema afectado y el tipo de efectos ocasionados.

En este rubro es importante enfatizar la trascendencia de los daños al ambiente y a los individuos, que se pueden originar por el uso de materiales peligrosos precursoras de un riesgo químico. Para poder entender esta trascendencia referiremos algunas definiciones de importancia para la mejor comprensión de este tema:

Sustancias tóxicas :

Son aquellas que causan daños al tejido viviente, cuando se absorben en dosis relativamente pequeñas. La cantidad o dosis es una característica esencial, que indica el grado de toxicidad de cada sustancia.

Las actividades y los materiales que intervienen en un proceso productivo así como las propiedades físicas, químicas y toxicológicas de estos materiales, pueden ser causa de accidentes importantes que dañen el entorno, el ambiente, la salud de los trabajadores que laboran en la planta industrial y de las personas e instalaciones.

Las **fugas** son un claro ejemplo de estos tipos de accidentes en los que la causa, en la mayoría de los casos, es el **escape de sustancias tóxicas**.

Cuando la sustancia que se fuga se encuentra en estado gaseoso, el peligro inmediato más probable es la formación de una **NUBE TÓXICA**, la cuál puede quedar confinada y afectar únicamente a los trabajadores de la planta y el medio ambiente intralaboral o bien trasladarse grandes distancias donde la afectación sería para población y medio ambiente aledaños. Poder atender esta situación de peligro se requiere de ejecutar acciones precisas y correctas que solo proporcionan la capacitación y experiencia precisa.

Las consecuencias de el escape de estos materiales se evalúan tomando en cuenta la población que resulte afectada por la concentración de esta nube, el tiempo de exposición y el daño que dicha exposición cause.

Para poder determinar el daño que se ocasionó por la presencia de una nube tóxica se toman en cuenta criterios universales como los que establece la **AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH)**.

Para esto se requiere establecer dos definiciones fundamentales:

- **Concentración TWA (TIME WEIGHTED AVERAGE):** Esta definición aplica a la concentración a la que se expone repetidamente el personal, día tras día, sin efectos adversos, considerando jornadas de 8 horas de trabajo al día, en semana de 40 horas.
- **Concentración STEL. (SHORT TIME EXPOSITION LIMIT):** Se define como la concentración que promediada en 15 minutos, no debe rebasarse en ningún momento de la jornada de 8 horas. La exposición a ésta concentración no debe exceder más de 15 min. y en no más de cuatro ocasiones en la jornada, con al menos 1 hora como lapso entre exposiciones sucesivas. Si se excede la concentración, se presentan efectos como irritación, daño irreversible o narcosis según la naturaleza del material.

Con éstas definiciones se aclara el criterio utilizado para determinar las distancias seguras mínimas. Se parte de la concentración **STEL** y la distancia segura, que es aquella donde se alcanza dicha concentración, medida desde la fuente de emisión tóxica.

Como criterios adicionales, se tienen los siguientes:

- realizar análisis de día con radiación solar fuerte.
- Realizar análisis de noche con nubosidad baja

Que corresponde a las situaciones climáticas más críticas, que son las que permiten alcanzar distancias mayores en la dispersión de los contaminantes.

Para este análisis se utilizan dos velocidades de viento.:

1.0 m/s y 3.9 m/s correspondientes al promedio máximo y a una velocidad en racha, esporádica, respectivamente.

La elección de las fallas se basa en su probabilidad de ocurrencia, realizando para cada una cuatro análisis, de acuerdo a las combinaciones de condiciones climáticas y velocidades de viento.

VALORES UMBRALES LIMITES (T.L.Vs)

Los Valores Umbrales límites son las concentraciones de sustancias presentes en el aire y se interpretan con las condiciones bajo las cuales se acepta que casi todos los trabajadores pueden ser expuestos repetidamente día tras día, sin sufrir algún efecto adverso. Sin embargo, debido a la amplia variación en la susceptibilidad individual un pequeño porcentaje de trabajadores puede sufrir alguna incomodidad causada por sustancias en concentraciones iguales o menores al umbral limite.

Los umbrales limites están basados en la mejor información disponible surgida de la experiencia en la industria, de estudios experimentales en el hombre y animales y cuando es posible, de una combinación de los tres.

Las bases sobre las que se establecen éstos valores pueden diferir entre una sustancia y otra, para algunas la guía puede ser la protección contra un daño para la salud, mientras que para otras están dadas por una ausencia razonable de irritación, narcosis, molestias y otras formas de estrés.

A continuación se especifican tres categorías de Valores Umbrales Limites:

1. VALOR UMBRAL LIMITE - PROMEDIO PONDERADO EN TIEMPO (T.L.V - TWA).

Es la concentración promedio, ponderada en tiempo para una jornada de trabajo normal de 8 horas o una semana de 40 horas, a la cual casi todos los trabajadores pueden ser expuestos repetidamente, día tras día, sin sufrir efectos adversos.

El T.L.V - TWA es usado como Guía en el control de los peligros para la salud y no como línea divisoria entre concentraciones no peligrosas y peligrosas.

2. VALOR UMBRAL LIMITE - LIMITE DE EXPOSICIÓN BREVE (T.L.V -STEL.).

Es la máxima concentración a la que puedan ser expuestos los trabajadores durante un periodo continuo de 15 minutos como máximo sin sufrir: 1) Irritación. 2) Daño tisular crónico o irreversible 3) Narcosis de intensidad suficiente para aumentar la propensión a accidentes, reducir notoriamente la eficiencia de trabajo siempre que no se permitan más de cuatro incursiones por día con intervalos de 60 minutos por lo menos entre los periodos de exposición y que no se supere el T.L.V - TWA diario. el STEL. se considera la máxima concentración permitida o techo, que no debe ser excedida en ningún momento durante el periodo de 15 minutos.

3. VALOR UMBRAL LIMITE - TECHO.

Es la concentración que no debe superarse ni aún por un instante.

Para algunas sustancias, por ejemplo. gases irritantes, sólo tienen importancia una categoría, el T.L.V - T. Para otras sustancias pueden ser importantes dos o tres categorías, dependiendo de su acción fisiológica. Es necesario tener en cuenta que si cualquiera de

éstos tres T.L.V es superado, se debe considerar que existe un peligro potencial debido a esa sustancia.

Los promedios ponderados en tiempo permiten incursiones por encima de los límites siempre que estén compensados con otras equivalentes por debajo de los límites durante la jornada de trabajo. En algunos casos se puede permitir calcular la concentración promedio para la semana en vez del día de trabajo. La relación entre umbral límite e incursión permisible es una regla empírica y puede no ser aplicable en ciertos casos. El grado en que pueden ser excedidos los umbrales límites por periodos cortos puede deberse a:

- Una intoxicación aguda
- A efectos acumulativos
- Frecuencia con que se presentan las concentraciones altas y finalmente
- La duración de esos periodos.

Las sustancias tóxicas pueden actuar sobre el sistema nervioso central, los riñones, el hígado, así como en la sangre, por inhalación o ingestión; también pueden entrar al cuerpo por absorción de la piel. Pueden también ser causa directa de efectos carcinogénicos mutagénicos y teratogénicos.

El grado de toxicidad de las sustancias puede expresarse en formas muy diversas, de acuerdo con el fin que se persiga. Tratándose de salud ocupacional se han empleado los de tipo medico a fin de lograr una correcta identificación en el ámbito del equilibrio ecológico.

Sustancias de toxicidad aguda :

Son sustancias químicas que pueden causar efectos a la salud, ya sea a corto plazo, después de una simple exposición breve. Estas sustancias químicas, pueden causar daños al tejido viviente, daños al sistema nervioso central, enfermedad severa o en casos extremos la muerte.

Nivel IDLH

Es un valor establecido por el Instituto Nacional para la Salud y Seguridad ocupacional, que representa el nivel máximo al que un trabajador saludable, puede exponerse por 30 minutos y escapar sin sufrir efectos de salud irreversibles, o escapar sin síntomas ni daños.

Este nivel, se seleccionó por la SEMARNAP para determinaciones de medidas posibles de toxicidad, que se encontrarían al librarse en el ambiente las sustancias tóxicas, utilizando los modelos de dispersión con los que se obtuvieron las cantidades denominadas de reporte.

Sin embargo, es necesario señalar que estos valores de toxicidad no necesariamente indican niveles seguros, por las siguientes razones :

- El IDLH se basa en la respuesta de una población de trabajadores masculinos saludables y no toma en cuenta una exposición de individuos mas sensibles, tales como personas edad, niños o gente con diversos problemas de salud.
- El IDLH se basa en una exposición de 30 minutos, que puede no ser realista para liberaciones accidentales a la atmósfera.
- Los valores de IDLH no existen para todas las sustancias químicas de toxicidad aguda.
- Empleando los valores de IDLH la metodología puede no identificar todas las cantidades que podrían originar daños serios, sino solo daños reversibles.

CONTROL DE LOS MATERIALES PELIGROSOS

La reseña de todas aquellas consecuencias que puede traer el mal manejo de materiales peligrosos, es un indicativo de la urgencia que se tiene de ejercer un control sobre la identificación, manejo, procesamiento y almacenamiento de estos materiales peligrosos.

Realizar este control a la brevedad y de manera correcta, permitirá disminuir considerablemente las probabilidades de un accidente de fatales consecuencias en aquellas instalaciones donde se encuentren presentes estas sustancias químicas consideradas como peligrosas. Algunas de las muchas razones por las cuales se debe tener dicho control se mencionan a continuación:

- Por su importancia, tanto económica como por sus características fisicoquímicas, ya que en caso de ser liberados por una fuga o un derrame la distribución ó dispersión de estos en el ambiente, estará en función del tiempo principalmente y por otro lado por las condiciones climatológicas, además del atributo de la naturaleza que esta siendo afectado, el aire, el agua ó el suelo.
- Los costos que involucra la limpieza de un lugar dañado por un derrame de un material contaminante dependen directamente del volumen total de suelo contaminado y de la complejidad de la extracción del contaminante. En el caso del agua el tratamiento de aguas residuales involucra un costo que dependerá de lo complejo del sistema de tratamiento de agua. En el caso del aire la afectación será difícil de remediar si esta no procede de una fuente fija que normalmente esta generando estos contaminantes. La importancia se hace mayor dependiendo de la ubicación del sitio y que tal lejos se encuentre de una población vecina.

- Los daños a la salud podrían ser mayores dependiendo de las concentraciones alcanzadas por una fuga de un material peligroso y de la población expuesta. Una intervención rápida permite reducir los peligros a la salud en el área laboral y su entorno.
- Los daños al ambiente se pueden dar en sus tres atributos principales aire, agua y suelo. Una intervención oportuna además de las medidas previas para controlar derrames o fugas así como el mantenimiento de las instalaciones, nos permite reducir los daños probables.
- No controlar los posibles incidentes de fugas ó derrames al inicio de su desencadenamiento.

- Los daños a la salud podrían ser mayores dependiendo de las concentraciones alcanzadas por una fuga de un material peligroso y de la población expuesta. Una intervención rápida permite reducir los peligros a la salud en el área laboral y su entorno.
- Los daños al ambiente se pueden dar en sus tres atributos principales aire, agua y suelo. Una intervención oportuna además de la medidas previas para controlar derrames o fugas así como el mantenimiento de las instalaciones, nos permite reducir los daños probables.
- No controlar los posibles incidentes de fugas ó derrames al inicio de su desencadenamiento.

SITUACIONES DE EMERGENCIA

Se sabe que debido a episodios naturales o antropogénicos, es posible que ocurra un episodio de emergencia, aún cuando se posean los equipos y dispositivos de prevención, así como de control de accidentes y liberarse al ambiente determinados volúmenes de estas sustancias químicas, poniendo en peligro al ecosistema, a la salud y el bienestar de la población cercana y a sus bienes.

Los impactos negativos producidos por un accidente mayor pueden ser a largo o a corto plazo, reversibles o irreversibles, en diferentes escalas; por tanto, una finalidad básica de la identificación de las actividades altamente riesgosas por el manejo de sustancias químicas es proteger a las comunidades de la **LIBERACIÓN** de estas sustancias, con el fin de prepararla para que sea posible responder de forma rápida y eficaz a los planes de contingencia en caso de accidentes.

El análisis y jerarquización de factores que determinen el alto riesgo de una actividad, competen al hecho de que en la industria se trabaja con un conjunto de componentes móviles y altamente dinámicas, que hacen necesario tomar en consideración respuestas flexibles y de largo plazo. Las causas y los efectos dentro de las actividades altamente riesgosas son complejas, entrelazadas y en gran parte muy difíciles de evaluar.

De ahí que los impactos son frecuentemente significativos y algunas veces podrían ser también irreversibles y difíciles de predecir. La etapa de caracterización del riesgo de una discusión sumatoria en la cual la información se reúne de una manera útil. Esto significa que la caracterización del riesgo contiene no solamente una estimación del mismo para una exposición específica, sino también un resumen de la información biológica, las estimaciones empleadas y sus limitaciones así como una discusión de las incertidumbres dentro de la asesoría sobre riesgos, tanto cualitativa como cuantitativamente.

Dentro de una instalación industrial, los accidentes con efectos sobre el ambiente pueden presentarse por la peligrosidad que se tenga dentro de una actividad determinada, cuyo nivel dependerá de la conjugación de diversos factores tales como :

- A) El asociado a las **características de las diversas sustancias** que intervienen en el proceso;
- B) El asociado a las **modalidades energéticas** utilizadas en la instalación.
- C) El **inherente a los diversos equipos** que conforman la línea de proceso y;
- D) El correspondiente a las diversas **operaciones realizadas** en las instalaciones.

Estos factores en conjunto, presentan un efecto sinérgico que en el momento óptimo desembocará en un accidente con consecuencias sobre el ambiente que puede llegar a ser de gran severidad.

Dentro de las actividades del Departamento de Higiene y Seguridad Industrial esta la de identificar todas aquellas sustancias que representan un riesgo mayor, de acuerdo a los criterios mencionados y reportarlas a través de listados en los que se indiquen las cantidades de estas sustancias, debajo de las cuales se considera que al presentarse un accidente, no se provocarían daños apreciables en una distancia de 100 m. alrededor del punto en que se liberen.

De esta forma los accidentes químicos son, en muchos de los casos, las principales causas de emergencia dentro de una planta industrial, los sitios que rodean las instalaciones o bien las rutas que siguen los encargados de transportar materiales peligrosos.

Estar preparados para enfrentar una emergencia provocada por sustancias químicas, significa establecer procedimientos que deberán ejecutarse de manera precisa antes y después del accidente.

Estos procedimientos deberán contemplar diversas fases :

1. Planeación y prevención
2. Planificación de la Mitigación de los efectos
3. Presencia de la emergencia
4. Seguimiento
5. Rehabilitación

La fase de **planeación y prevención** es una de las más importantes, pues una planeación bien estructurada permite disminuir considerablemente las probabilidades de que la emergencia se presente.

Esta planeación deberá ser diseñada en planta por todos los responsables de la seguridad de la población trabajadora y de las instalaciones.

Comprende actividades que deberán realizarse de manera rápida y efectiva, y considerar aspectos tan importantes como son :

- Evaluación de los riesgos que están presentes.

Llevar a cabo una evaluación de riesgos permite identificarlos, ubicar las zonas vulnerables y hacer la evaluación de los mismos.

2.- Prevención

Si se planea correctamente, efectuar la remoción de los riesgos, seleccionar alternativas de atención y controlar los riesgos, resulta una tarea relativamente sencilla que desemboca en la planificación oportuna de contingencias; permite también proporcionar los conocimientos necesarios sobre los diversos métodos que existen para rehabilitar sitios afectados a la vez que establece marcos de trabajo perfectamente organizados.

3.- Retorno a condiciones Normales.

Después de la emergencia, en la que debe tenerse una reacción adecuada y precisa seguida de una velocidad de acción, las instalaciones y población trabajadora debe retornar a sus actividades.

El personal responsable de la atención a la emergencia deberá aislar la zona del accidente y NO olvidar hacer un reporte de las posibles causas que lo generaron así como cuáles fueron las consecuencias de esta emergencia.

Esto permitirá tener un conocimiento más amplio sobre la toxicidad y comportamiento de los diversos agentes químicos y de la efectividad que tiene la organización misma para atender situaciones de emergencia.

4.- Rehabilitación.

Para poder efectuar esta etapa se requiere de hacer primeramente un diagnóstico de necesidades. Los resultados de este diagnóstico permitirá a la empresa:

- Desarrollar la implementación de las medidas planteadas.
- Efectuar monitoreos continuos sobre el funcionamiento de estas medidas.

- Obtener información que proporcione una retroalimentación para llevar a cabo los ajustes necesarios.

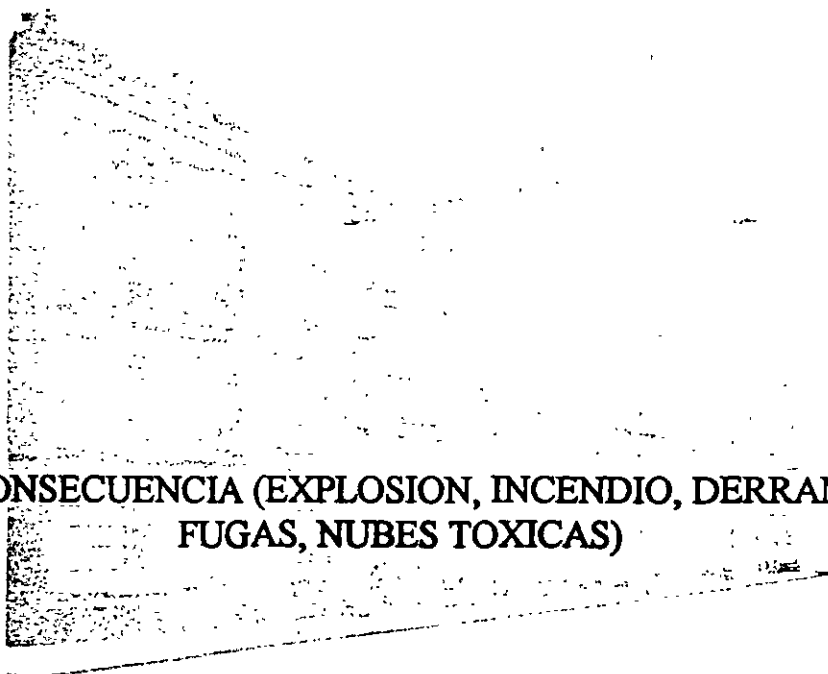
Transferir y almacenar información que sea de utilidad para la atención de situaciones semejantes, o bien para apoyar a otras áreas, de la misma planta, que lo requieran.



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

DIPLOMADO EN RIESGO AMBIENTAL

MODULO II: ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL



**TEMA : CONSECUENCIA (EXPLOSION, INCENDIO, DERRAME,
FUGAS, NUBES TOXICAS)**

1997

**ESTUDIOS DE RIESGO
AMBIENTAL**

**TEMA 9 CONSECUENCIAS (EXPLOSIÓN, INCENDIO,
DERRAME, FUGAS, NUBES TÓXICAS)**

18 abril, 1997

CALCULOS PARA EVALUACION DE RIESGOS

Daño Potencial de Nubes Explosivas

Antecedentes

Durante muchos años se consideró que sólo era posible la formación de presión por combustión de vapores o gases inflamables, en una reacción de combustión confinada.

Consecuentemente la fuga de gases inflamables o de líquidos calientes inflamables se tomaba en cuenta sólo como un problema de incendio. No se consideró el potencial explosivo de nubes de gases o vapores inflamables en espacios abiertos hasta que ocurrieron diversas y potentes explosiones el año de 1948.

Hace algunos años el Internacional Risk Institute ha reconocido que una fuga de grandes cantidades de gases inflamables pueden ocasionar una nube explosiva en espacios abiertos que pueden causar severos o catastróficos daños a extensas áreas de una Planta.

Por tal motivo se ha desarrollado un método de cálculo para determinar el potencial explosivo aproximado de una nube de inflamables y los daños que puede llegar a ocasionar.

Suposiciones

En los últimos años se han hecho diversos estudios, basados en las experiencias sufridas, que han definido clara y detalladamente el potencial explosivo de una nube de gases y que proponen métodos de análisis de las pérdidas ocurridas después de ocurridos los desastres. Estos métodos incluyen datos como velocidad de la fuga, velocidad y dirección del viento, así como otras condiciones atmosféricas. Sin embargo, en la predicción de un desastre potencial, estas variables son desconocidas y debe determinarse una aproximación conservadora y práctica que reduzca sus efectos al mínimo para el cálculo de una nube. Por tal motivo se harán las siguientes suposiciones:

1. La fuga es instantánea y no se considerará el caso de un escape de gas paulatino, excepto para fugas en tuberías de gran capacidad con material transportado desde instalaciones alejadas.
2. El material fugado se vaporiza instantáneamente y la nube se forma inmediatamente, de acuerdo a las condiciones termodinámicas del gas o líquidos inflamables antes de la fuga.

3. La nube adquiere una forma cilíndrica cuya altura es su eje vertical. No se consideran distorsiones por viento o por estructuras y edificios presentes.
4. La nube tiene una composición uniforme y su concentración en el aire está en el punto medio entre los límites inferiores y superiores de explosividad del material.
5. Se tomará el calor de combustión de 1 TNT (2000 Btu/ 1b) para convertir el calor de combustión del material a un equivalente en peso de TNT.
6. La temperatura ambiente es constante: 70°F (21. 1°C)

Esta reconocido que una explosión de una mezcla confinada vapor-aire dentro de un edificio tendrá una fuerza explosiva mayor que una explosión en espacio abierto del mismo volumen de vapor, sin embargo en la generalidad de los casos al volumen que ocupa una nube de vapor explosivo, productos de fugas factibles, será mucho mayor que el volumen de la mayoría de los edificios industriales. Por tal motivo, se supondrá que una fuga originada en el interior de un edificio, formará una nube de las mismas dimensiones que una originada en el exterior.

Factores que Determinan la Formación de Nubes Explosivas:

Para propósitos de este procedimiento se considerarán sólo los siguientes materiales como posibles formadores de nubes explosivas:

1. Gases en estado líquido por enfriamiento.
2. Gases en estado líquido por efecto de alta presión.
3. Gases sujetos a presiones de 500 psi ó mayores.
4. Líquidos inflamables o combustibles a una temperatura mayor a su punto de ebullición mantenidos en estado líquido por efecto de presión (excepto materiales con una viscosidad mayor que 1×10^6 centipoises o puntos de fusión sobre 212°F)

Uso de la Guía de Cálculo

El análisis de una nube explosiva debe ser hecho sólo por personal familiarizado con la Planta y el proceso.

Por este método será posible calcular el daño máximo probable (DM) y el daño catastrófico probable (DC). Se deberá utilizar para todas las unidades de proceso o plantas con mayor potencial de formación de nubes explosivas. Debe considerarse que el potencial de una nube será el más peligroso de una planta, en la mayoría de los casos, aunque pueden existir otro tipo de riesgos que deben ser siempre tomados en cuenta. Por ejemplo, una planta con sólo un pequeño potencial de fuga de inflamables, pueden tener un potencial peligroso de explosión en el interior de equipos que cause un daño gravemente que sobrepase el potencial de una nube explosiva.

Los resultados de este análisis, además de determinar los daños máximo y catastrófico probables, permitirán evaluar la exposición al riesgo de ampliaciones de la planta, así como el proyecto y lay - out de nuevas plantas.

De esta manera deberá considerarse el espaciamiento entre plantas utilizando este método, siguiendo el criterio de todos los puntos siguientes:

- A. Una nube explosiva originada en un área no deberá cubrir ninguna parte de los mayores edificios o procesos de un área vecina.**
- B. Todos los edificios y equipos mayores de un área deberán estar afuera del círculo de una onda expansiva de 3 psi de presión producida por la explosión de una nube explosiva de otra área.**
- C. Todos los edificios y equipos mayores afectados por ondas expansivas entre 1 y 3 psi de presión deberán estar diseñados para resistir una onda expansiva de 2 psi, considerando un factor de explosividad $F=0.02$.**

Las áreas alcanzadas solo por la circunferencia de una sola onda expansiva de 1 psi, pueden considerarse como separadas del área peligrosa.

Método de Cálculo

A. Determinación de la fuga probable.

1. Daño Máximo probable (DM)

Para efectos del cálculo de DM en una Planta con riesgo de formación de nubes explosivas, se usará el siguiente criterio para estimar las dimensiones de una fuga:

- a. El tamaño de una fuga estará determinada por el contenido del mayor recipiente de proceso o serie de recipientes de proceso conectados entre sí sin estar aislados uno de otro. Si existen válvulas automáticas o a control remoto que se cierran en los recipientes al originarse una fuga, se considera reducida ésta, de manera que siempre se considerará que la mínima fuga se tomará como el contenido del mayor recipiente.
- b. La existencia de fuentes de ignición en las cercanías de una posible fuga no se considerará como limitante de la formación de una nube. La experiencia de explosiones por nubes de vapores ha demostrado la posibilidad de formación de grandes nubes en las cercanías de fuentes de ignición, por efecto de corrientes de aire y difusividad del gas.

2. Daño Catastrófico Probable (DC)

Para efecto de la estimación del DC, se utilizará el siguiente criterio para la estimación del tamaño de una fuga:

- a. El tamaño de la fuga dependerá del contenido del mayor recipiente del proceso o serie de recipientes conectados entre sí. No se considerará la existencia de válvulas automáticas.
- b. Deberá considerarse la destrucción o daño grave de tanques mayores de almacenamiento como formadores de nubes explosivas catastróficas.
- c. Se considera también fugas en tuberías de gran capacidad, alimentadas desde instalaciones remotas, propias o exteriores, suponiendo que la tubería es dañada seriamente y que el material fugará por 30 minutos.

d. Tampoco se considera la posibilidad de limitación de la formación de una nube por fuentes de ignición cercanas.

e. Se tomará en cuenta gases o líquidos usados como combustibles.

B. Cálculo del peso del material en el sistema

1. Gases.- Si el material en el sistema es un gas a 500 psig o más de presión, el peso del gas se calculará por:

$$W_G = 0.002785 M V_G \dots\dots\dots (1)$$

donde

W_G = Peso del gas descargado (1b)

M = Peso molecular del gas

V_G = Volumen del gas corregido a condiciones normales (273 ° K y 1 atm) (ft 3).

Debe tomarse en cuenta el factor de compresibilidad del gas.

2. Líquidos.- Si el material en el sistema se encuentra en estado líquido, se usará:

$$W_L = 8.35 \rho V_L \dots\dots\dots (2)$$

donde

W_L = Peso del líquido fugado (1b)

ρ = densidad del material a la temperatura del proceso: T_1 (g/ ml)

V_L = Volumen del líquido contenido (gal)

C. Cálculo de la cantidad vaporizada (W)

1. Para líquidos o gases licuados con punto de ebullición menor a 70°F (21.1°C), se supone que el 100% se vaporizará, por lo que :

$$W = W_G \text{ y } W = W_L$$

2. Para líquidos con punto de ebullición sobre 70°F, la cantidad vaporizada será:

$$W = \frac{W_L \bar{C}_p (T_1 - T_2)}{\Delta H_v} \dots\dots\dots (3)$$

donde

W = Peso del material vaporizado (lb)

$\bar{C}_p$ = media geométrica de los calores
específicos a diferentes temperaturas
entre T_1 y T_2 (cal/ g -°C)

T_1 = Temperatura del líquido en el proceso

T_2 = Punto de ebullición (°C)

ΔH_v = Calor de vaporización a T_2 (cal/ g)

D. Cálculo de la magnitud de la nube

Para efectos de este Método se considerarán únicamente gases o vapores que sean más pesados que el aire, los cuales constituyen la inmensa mayoría de los potenciales formadores de nubes explosivas.

La experiencia ha demostrado que una nube explosiva alcanza una altura hasta de 10 pies, por lo que es conveniente considerar ésta como la altura general de una nube. Debe tenerse mucho cuidado de considerar una altura mayor para gases ligeros, ya que podría resultar en un error en el diámetro de la nube que iría en una subestación de su potencial.

El diámetro de la nube se calcula con:

$$D = 22.19 \sqrt{\frac{W}{hMv}} \dots\dots\dots (4)$$

donde

D = diámetro de la nube (ft)

h = altura de la nube (ft)

M = peso molecular

V = fracción de la nube representada por vapor o gas si la nube entera se encuentra en la concentración explosiva media, calculada por:

$$V = \frac{LEL (\%) + VEL (\%)}{2 \times 100 (\%)} \dots\dots\dots (5)$$

Si se considera la altura standard de la nube como 10 pies, se tiene:

$$D = 7.017 \sqrt{\frac{W}{Mv}} \dots\dots\dots (6)$$

E. Cálculo de la energía desprendida

La energía desprendida por una nube explosiva estará expresada por su equivalente en toneladas de TNT y estará dada por:

$$W_e = \frac{W H_c f}{4 \times 10^6} \dots\dots\dots (7)$$

donde

W_e = Peso de TNT que produce una fuerza equivalente a la explosividad de la nube. (Ton. TNT)

H_c = Calor de combustión del material (Btu/lb)

f = factor de explosividad.

El factor de explosividad (f) de materiales varía de 0.01 a 0.1 (adimensional) y depende de la capacidad del material a detonar. El valor calculado del factor de explosividad es 0.1 para propelentes de cohetes con oxígeno líquido.

Las nubes explosivas varían de 0.01 a 0.05 o más en caso de catástrofe

Para el cálculo de DM se usará $f = 0.02$

Para el cálculo de DC se tomará $f = 0.1$

F. Cálculo del diámetro de las ondas expansivas.

Las ondas expansivas consideradas en este método, producto de una explosión, se expresan en unidades de presión y varían de 0.5 psi a 30 psi. Las ondas de mayor presión estarán en una circunferencia cerca del centro de la nube explosiva, mientras que las de menor presión abarcan una circunferencia de diámetro mayor.

La determinación de los diámetros de estas circunferencias de onda expansiva se lleva a cabo por medio de la fig. 1

Se determinarán los diámetros para los valores de We obtenidos tanto para DM como DC.

G. Determinación del año

Para determinar la extensión del daño producido por una nube explosiva se usan las Tablas I y II, basadas en los efectos de las diversas presiones de onda expansiva, aunque a estos deberán adicionarse los posibles incendios y / o explosiones subsecuentes. Este riesgo es importante ya que dentro de la circunferencia de onda expansiva de 5 psi existe la certeza de destrucción de tuberías y si existe riesgo de incendio por esta causa, puede considerarse un daño total (desastre) dentro de esta circunferencia. Entre las circunferencias de 3 y 5 psi existe menor riesgo de rotura de líneas, aunque esta posibilidad es definitiva.

En la determinación del DM pueden tomarse en cuenta para considerar reducido el daño probables factores como tuberías soldadas, de rociadores, válvulas y tuberías protegidas, sistemas de agua contra incendios asegurados, etc., sin embargo para el cálculo de DC, estos factores no deben tomarse en cuenta.

El análisis de los daños estimados va a mostrar perfiles de % daño a diversas áreas de la Planta.

TABLA 1

EFFECTOS DE NUBES EXPLOSIVAS EN REFINERIAS.

1. Cuarto de control: construcción de concreto y estructura de fierro.
onda expansiva 0.5 psi - rotura de ventanas.
 1.0 psi - deformación de la estructura
 1.5 psi - derrumbe del techo
 3.5 psi - derrumbe de muros de concreto
 10.0 psi - derrumbe de estructura
2. Torre rectangulas: estructura de concreto

 5.5 psi - fractura de la estructura de concreto
 7.0 psi - derrumbe de la estructura y la torre.
3. Torre octagonal: estructura de concreto.

 7.0 psi - fractura de la estructura
 7.5 psi - ruptura de encaje de la torre y caída de ella.
4. Torre fraccionadora: montada sobre pedestal de concreto

 4.5 psi - aflojamiento de tuercas de anclaje
 7.0 psi - caída de la torre
5. Torre de regeneración: estructura de acero

 5.0 psi - deformación de la columna
 7.0 psi - caída de l torre
6. Torre de regeneración: estructura de concreto

 8.5 psi - fractura de la estructura
 16.0 psi - derrumbe de la estructura y la torre.
7. Reactor rectangular de crocking: estructura de concreto

 8.0 psi - fractura de la estructura

12.0 psi - derrumbe de la estructura y la torre.

8. Dosisobutanizador: montado sobre pedestal y zapatas.

9.5 psi - caída del reactor

9. Unidad de recuperación de vapor: con estructura rectangular de acero

6.0 psi - derrumbe de la estructura.

10. Horno de tubos fijos.

1.5 psi - desplazamiento ligero de su posición original

6.0 psi - caída de chimenea

6.5 psi - derrumbe del horno

11. Edificio de mantenimiento.

0.3 psi - caída de techo de asbesto corrugado

3.0 psi - deformación de la estructura.

5.0 psi - derrumbe de muros de tabique, deformación seria de la estructura

6.0 psi - derrumbe de la estructura.

12. Torre de enfriamiento de agua.

0.3 psi - caída de lumbrreras de asbesto corrugado.

3.5 psi - derrumbe de la torre.

13. Tuberías: soportadas por estructura de acero.

3.5 psi - deformación de la estructura

6.0 psi - derrumbe de la estructura y rompimiento de la tubería.

14. Tuberías: soportadas por estructura de concreto.

3.5 psi - fracturas en la estructura.

5.0 psi - derrumbe de la estructura y rompimiento de líneas.

15. Tanques de almacenamiento: techo cónico y techo flotante.

- 1.5 psi - levantamiento de tanques vacío
- 3.5 a 6.5 psi - levantamiento de tanques llenos
medio llenos, dependiendo de su
capacidad.

16. Tanques de almacenamiento esféricos.

- 7.0 psi - deformación de la estructura en
tanques llenos.
- 7.5 psi - deformación de estructura en
tanques vacíos.
- 9.0 psi - derrumbe de tanques llenos.
- 9.5 psi - derrumbe de tanques vacíos.

CALCULOS PARA EVALUACIÓN DE RIESGOS CON EJEMPLOS

Daño potencial de nubes explosivas

La tabla 5.1 muestra la forma de calcular el tamaño de una nube de gas o vapor, suponiendo una termodinámica sencilla, tal como lo ilustra el ejemplo 1.

Puesto que la cantidad de material que ha escapado, depende de la manera en que se presente la falla, este dato es muy incierto. De tal forma que se usará el criterio de Kletz (1); es decir, la cantidad que ha escapado es igual a la cantidad de vapor que se forma.

Tabla 5.1 Cálculo del tamaño de una nube instantánea

Cantidad en el recipiente	W_o
Fracción de W_o en el escape Instantáneo o (Flash)	$m = C_p \left(\frac{T_o - T_b}{1b} \right); \leq 1$ 1b: Calor latente a la temperatura de ebullición T_b T_o: Temperatura del fluido
Fracción escapada	$e = m \text{ para } m \leq 0.5$ $e = 1 - m \text{ para } > 0.5$
Peso de la nube	$W = (e + m) W_o \text{ (líquido evaporándose)}$ $W = W_o \text{ (vapor)}$
Volúmen de la nube a la presión atmosférica P_a y a la temperatura T_a del aire.	$V = \frac{WRT_a}{MP_a} = \frac{WM_a}{\rho_a M}$ M = Peso Molecular ρ_a = Densidad del aire

DIAMETRO DE CIRCULOS DE SOBREPRESION (Ft)

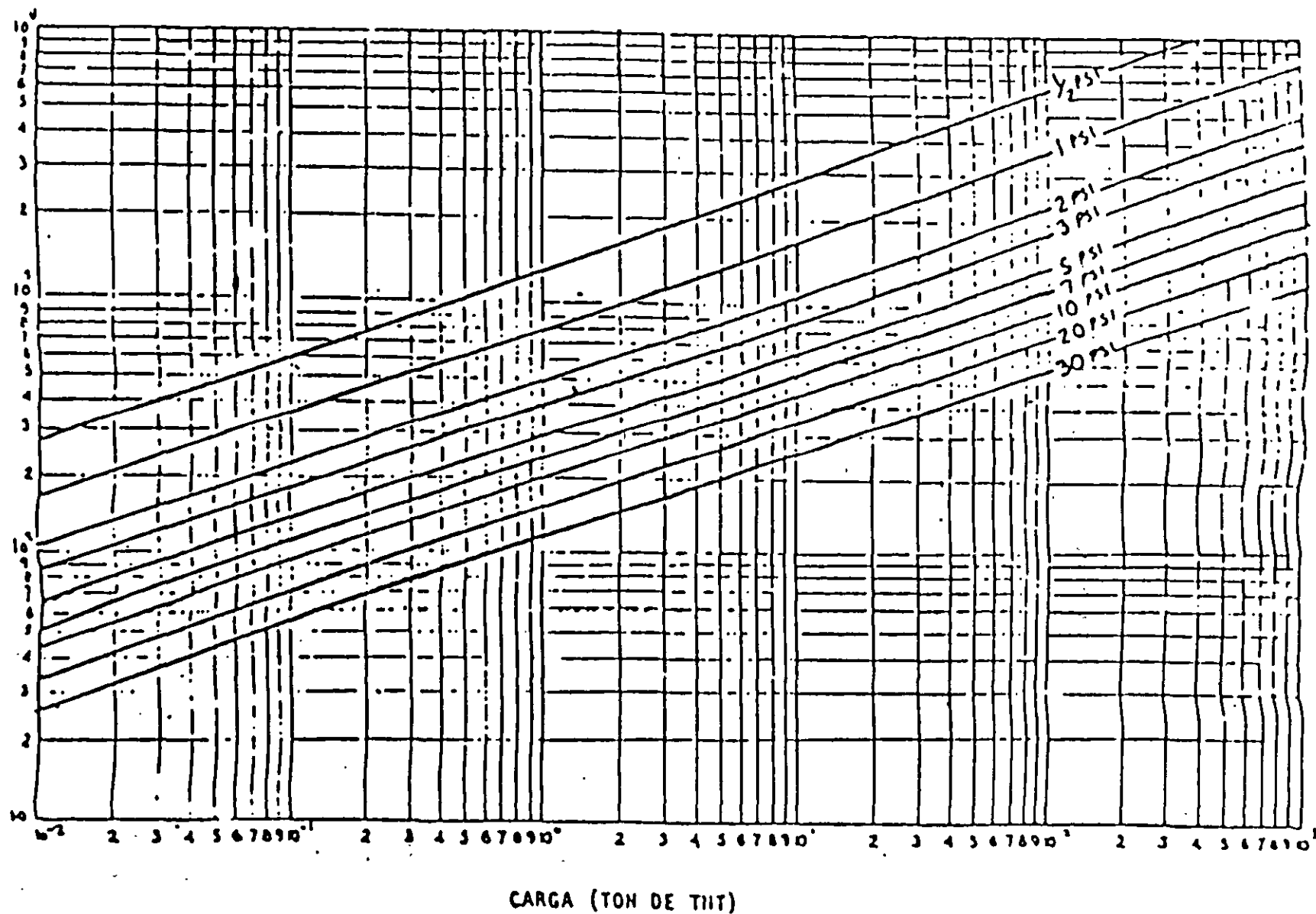


FIG. 1 DIAMETRO DE CIRCULOS DE SOBREPRESION PARA DIFERENTES CARGAS EXPLOSIVAS

- (1) Kletz, T. A. Plant Lay- Out and Location: Some methods for Taping Hazardous Ocurrances into Account.

AIChE, Loss Prevention. 13, 147; 1980.

- (2) Nazario, F. N. Preventing or Surviving Explosions
Chem. Eng. August 15, 1988. P-102-109

Escape instantáneo de gas o vapor

Ejemplo 1. En un recipiente de acero cuyo diámetro es de 3.5 m y longitud de 3.5 m, se tienen 20 toneladas de etilamina a 100°C

Calcúlese el tamaño de la nube por escape instantáneo, de acuerdo con los datos siguientes:

Etilamina: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_2$

Peso Molecular: 45

Presión de vapor (Atms):	1	2	5	10	20
Temperatura (°C)	17	36	65	92	124

Densidad del Líquido: 683 Kg/ m³

Calor específico del líquido: 2.92 kJ/ Kg (°K)

Calor específico del vapor: 1.77 kJ/ Kg (°K)

Calor latente a la temperatura
de ebullición: 623 kJ/ Kg

Coefficiente de difusión
de la etilamina en aire: $1.1 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{seg}$

Límite Inferior de inflamación: 0.0355 V/ V

Límite de Exposición Máximo: 10 ppm V/ V (TWA 8Hr)

Nivel de peligro para la salud

o la vida inmediato :

4000 ppm V/ V en 30 min

RESPUESTA:

$$\text{Fracción como vapor : } m = C_p \left(\frac{T_o - T_b}{1b} \right) = 2.92 \frac{(373 - 290)}{623}$$

$$m = 0.389$$

En este caso

$$e = 0.389$$

$$\begin{aligned} \text{Cantidad total evaporada} &= 0.778 \times 20 = 15.6 \text{ ton.} \\ &= \frac{W \cdot Ma}{\ell \text{ a PM}} = \frac{15,600 \times 29}{1.22 \times 45} = 8,240 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Líquido remanente: 4.4 ton @ 17°C P:E:

Escape Continuo de Gas o Vapor

Velocidad o tasa de Fuga

La tabla II-5.3 muestra la tasa de descarga y otras condiciones de los gases y flujo en dos fases. Cuando la presión en el recipiente es mayor a 2.0 Kg/ cm², los gases alcanzan la velocidad del sonido en las restricciones o la descarga. Después del orificio, se supone que los gases, a medida que se reduce la presión hasta la atmosférica, sufriendo una serie de ondas de choque que mantienen la velocidad del gas muy cercana al valor sónico (1). Se supone también que no hay arrastre de aire durante el proceso, aunque esto no necesariamente es cierto. (2).

Los trabajos de Fauske (3) y Cude (4) indican que cuando se escapan de un recipiente líquidos hirviendo, la vaporización ocurre después del orificio. Sin embargo, si la ruptura se haya arriba del nivel del líquido o en una tubería después del recipiente, entonces la vaporización no ocurre en la punta del orificio. Las ecuaciones que se presentan en la tabla II5.3 se han derivado suponiendo que existe un equilibrio termodinámico cuando la línea es suficientemente larga (i.e. $L_p/D_p > 1\%$) y que la vaporización no se presenta en tuberías cortas ($L_p/D_p < 2$). Lo que puede ocurrir en líneas de longitud intermedia es un problema que se puede resolver con datos experimentales. Los efectos de la vena

contracta y la fricción se han acomodado en el coeficiente de Descarga CD. Es probable que se puedan desarrollar mejores modelos como resultado de investigaciones que se hayan en progreso (5) y otros. Al presente existe la necesidad de contar con modelos para cálculos con mezclas.

1. Marshall, J. G. "The Size of Flammable Clouds Arising from continuous Releases in the Atmosphere" I. Chem. Eng. Symp. Ser. 49, 99, 1977; 58, 11, 1980.
2. Seddon, O. Haverty, O. "Technical Note No. AERO-2400 Farborough, 1955.
3. Fauske, H.K. "The Discharge of Saturated Water Through Tubes" ChEP Symp. Ser. 61 (59), 210, 1965.
4. Cude, A.L. "The Generation, Spread Decay of Flammable Vapour Clouds" I. Chem. E. Course on Process Safety. Tee side Polytechnique. Middlesboroug. 1975
5. 4th International Symposium on Loss Prevention, Harrogate. I Chem. E. Simp. Ser. 80, 1983.

Tabla II Velocidad y tasa de Descarga

Gas: SUBSONICO

CONDICIÓN: $\frac{P_a}{P_o} > \left(\frac{z}{1+k} \right)^{k/(k-1)}$

Temperatura de
descarga $T = T_o \left(\frac{P_a}{P_o} \right)^{(k-1)/k}$

Densidad a la descarga $\rho = \frac{P_a M}{RT}$

Velocidad a la descarga $u = C_o \left[\frac{2kR'}{(k-1)M} (T_o - T) \right]^{1/2}$

Flujo en masa $G = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \rho_u$

Tiempo de permanencia de ℓ $t = \frac{w}{G} \int_{\ell} \left(\frac{1 - T/T_0}{\ell^{(k-1)} - \frac{T}{T_0}} \right)^{1/2} d\ell$

$$= \frac{2w}{G} \left(\frac{1 - T/T_0}{k-1} \right) \left[1 - \left(\frac{\ell^{(k-1)} - T/T_0}{1 - T/T_0} \right)^{1/2} \right]$$

Condiciones en el recipiente después del tiempo "t"

$$P = P_0 \ell^k$$

$$T = T_0 \ell^{(k-1)}$$

GAS: FLUJO SONICO

CONDICION:

$$\frac{P_0}{P_0} < \left(\frac{Z}{1+k} \right)^{k/(k-1)}$$

Temperatura a la descarga

$$T = \frac{2 T_0}{1+k}$$

Densidad a la descarga

$$\rho = \frac{P_0 M}{R T}$$

Velocidad a la descarga

$$U = C_0 \left[\frac{2k R' T_0}{(1+k) M} \right]^{1/2}$$

Flujo en masa

$$G = C_0 \frac{\pi D_1^2}{4} P_0' \left[\frac{k M}{R' T_0} \left(\frac{Z}{k+1} \right)^{(k+1)/(k-1)} \right]^{1/2}$$

Tiempo de permanencia en ℓ

$$t = \frac{w}{G} \left(\frac{Z}{k-1} \right) \left(\ell^{(1-k)/2} - 1 \right)$$

Condiciones en el recipiente después de tiempo "t"

$$P = P_0 \ell^k$$

$$T = T_0 \ell^{k-1}$$

VAPORIZACION INSTANTANEA "FLASH" (SUBSONICO)

Condición $\ln \frac{P_0}{P_a} < \frac{0.5}{1 - \frac{RT_0}{\ell_m}}$

Condición a la descarga $T = T_b \quad P = P_a$

Fracción vaporizada $m = \frac{s(T_0 - T_b)}{\ell}$

Velocidad $\frac{U^2}{2C_p} = \frac{T_0 - T_b}{2T_b} \ell'_m + \frac{P_0' - P_a'}{\ell_\ell}$

Densidad del vapor $\rho_v = \frac{P_a M}{R T_b}$

Densidad promedio $\frac{1}{\ell} = \frac{m}{\ell_v} + \frac{1-m}{\ell_\ell}$

Flujo en masa $G = G_1 \cdot \frac{\pi D_1^2}{4} \ell_u$; para $L_p > 12 D_1$

La ecuación es válida al alcanzarse el equilibrio termodinámico. Para L_p menor véase Flujo Sónico.

Tiempo de descarga $t_0 = \frac{W}{G}$ Se ignora la variación de la presión, etc.

Tiempo de permanencia en $\left(\frac{V_r}{\ell W} - \frac{1}{\ell_\ell} \right) \frac{P_v M}{RT} = \left(\frac{V_r}{W} - \frac{1}{\ell_\ell} \right) \frac{P_0 M}{RT_0} + \frac{s(T_0 - T_b)}{\ell}$

P_v : Presión de Vapor a T
 V_r : Volumen del Recipiente

VAPORIZACION INSTANTANEA (SONICA)

Condición $\ln \left(\frac{P_0}{P_a} \right) > \frac{0.5}{1 - \frac{RT_b}{\ell_m}}$

Condiciones a la
descarga

$$T = T_b \quad P = P_a$$

Fracción vaporizada

$$m = \frac{s(T_o - T_b)}{\ell}$$

Velocidad

$$\frac{U^2}{2C_p} = \frac{0.5 \ell_m}{\frac{\ell_m}{RT_o} - 2 + \frac{T_o/2}{T_o - T_b}} + \frac{P_o - P_a}{\rho_l}$$

Densidad del vapor

$$\rho_v = P_M / RT_b$$

Densidad Promedio

$$\frac{1}{\rho} = \frac{m}{\rho_v} + \frac{1-m}{\rho_l}$$

Condiciones de
choque (choke)

$$\ln\left(\frac{P_o}{P_N}\right) = \frac{0.5}{1 - \frac{RT_N}{\ell_m}} = \frac{0.5}{1 - \frac{RT_o}{\ell_m}}$$

P_N : Presión de vapor a T_N

Fracción vaporizada

$$m_N = \frac{s(T_o - T_N)}{\ell}$$

Velocidad

$$\frac{U_N^2}{2C_p} = \frac{T_o - T_N}{2T_N} \cdot \ell_{mN} + \frac{P_o - P_N}{\rho_l}$$

Densidad del vapor

$$\rho_{vN} = \frac{P_N M}{RT_N}$$

Densidad media

$$\frac{1}{\rho_N} = \frac{m_N}{\rho_{vN}} + \frac{1-m_N}{\rho_l}$$

Flujo en masa

$$G = G_1 = \frac{\pi D_i^2}{4} \rho_N U_N ; L_p > 12 D_i$$

Cuando se ha llegado al equilibrio Termodinámico

$$G = G_2 = \frac{1}{4} C_D [2 \rho (P_0 - P_a)]^{1/2} \cdot L_p < 2 D_L$$

Cuando no hay flash

$$G = G_2 + (G_1 + G_2) \left(\frac{L_p}{D_L} - 2 \right) / 10 ; 2 D_L < L_p < 12 D_L$$

Cuando empieza el flash pero no se ha llegado al equilibrio termodinámico.

Tiempo mínimo de
descarga

$$t_D = \frac{W}{G}$$

No se consideran cambios
de presión, temperatura,
etc.

Condiciones en
el recipiente

Véase evaporación
instantánea
(subsónica)

EVAPORACION INSTANTANEA Y GAS

Diámetro aparente

$$D_a = \sqrt{\frac{4G}{\pi \rho_u}}$$

Coefficiente de descarga

$$C_D = 0.8$$

Si no hay un dato mejor

Flujo en volumen como
vapor @ cond. atmosféricas

$$Q = \frac{G R T_a}{P_a M} = \frac{G M_a}{P_a M}$$

Peso de material emitido
o liberado

$$W$$

Vapor liberado como vapor
@ cond. atmosféricas.

$$V = \frac{W M_a}{P_a M}$$

Derrame de líquidos

Cuando ocurre una falla catastrófica del techo de un tanque, el tanque abierto se comporta como un charco (Pool). Una falla en las paredes,

base o tuberías del tanque dará como resultado una pileta de líquido. El diámetro del charco o pileta es determinado, generalmente, por la topografía del lugar. Sin embargo cuando el sitio es plano, proporciona la variación del radio con el tiempo, aunque la difusión no nos confunda puede y debe evitarse. también proporciona el flujo no catastrófico a través de una fuga relativamente pequeña.

La vaporización de un charco forma una plana. Si la temperatura de la pileta está por encima del punto de inflamación la dispersión al LFL determina la posición del punto de ignición, en tanto que la dispersión al LVL determina la posición de la oficinas, etc.

Las ecuaciones determinan la cantidad de material evaporado (1), (2), (3). Para materiales criogénicos o no criogénicos esparcidos sobre agua. Se alcanza un estado de vaporización permanente, (sin embargo véanse (4), (5), (6), (7), (8)). Esta velocidad no puede ser mayor que la de la fuga y la menor de las dos se usa en la estimación de la formación de una nube neutra estable en la Tabla para hallar la distancia al LFL o al LVL. Sin embargo, las fugas de material pueden formar nubes muy grandes y aún presentarse explosiones debidas a una transición Rápida de Fase (Rapid Phase Transition RPT) (4) a (8), cuando se utilizan materiales criogénicos sobre agua.

Con materiales criogénicos esparcidos sobre el suelo, la velocidad de vaporización disminuye rápidamente a medida que el suelo se enfría (6). Para fines de estimación, se calcula la cantidad vaporizada en el primer minuto. La cantidad no puede ser mayor a la cantidad fugada en el primer minuto. En la práctica se ha usado la cantidad menor como la Nube Neutra Instantánea para fijar las posiciones de LFL y LVL. A partir del primer minuto, el material vaporiza de manera semejante a un material no criogénico.

Debido a que los charcos y los tanques son fuentes finitas, es necesario corregir el tamaño de la nube en los cálculos de dispersión

Tabla Velocidad de fuga de Líquidos y tamaño charco

Velocidad de fuga
de líquido

$$G = C_0 \frac{\pi D}{4} L^2 \rho_L \left(\frac{P_0 - P_a}{\rho_L} + g h \right)^{1/2} \times \sqrt{2}$$

$$Q = G M_0 / M P_a$$

Tamaño de la pileta, de-
rrame instantáneo no con-
finado

$$D_p^2 = D_0^2 + t \left(\frac{128 g \delta w_0}{\pi \rho_L} \right)^{1/2} ; < \frac{4 N_0}{\pi \rho_L h m}$$

Tamaño de la pileta, de-
rrame continuo no confi-
nado.

$$D_p^2 = \left(\frac{5129 \delta t^3}{9 \pi \rho_L} \right)^{1/2} \cdot \frac{4 G t}{\pi \rho_L h m}$$

Valor más pequeño de D y grande de t

Densidad relativa

$$\delta = 1.0 \text{ (para el suelo)} \\ = 1 - \frac{\rho_L}{\rho_L} \text{ (sobre agua)}$$

Profundidad mínima de la
pileta

hm = 25 mm, suelo arenoso y rugoso
20 mm, tierra de labor
10 mm, arena tersa, grava
5 mm, concreto, piedra
1.8 mm, agua calmada

Velocidad de vaporiza-
ción no criogénica

$$Q = l_2 w D_p^2 \frac{\pi}{4} \frac{P_v}{P_a} \left(\frac{2}{w^2 D_p} \right)^{n_c} \text{ para usarse con tabla.}$$

con criterio de estabilidad D

$$l_2 = 1.7 \times 10^{-3} \text{ unidades sm}$$

$$n_c = 0.130 \text{ la sección 9 de otros criterios para } l_2$$

NOTA: Q debe ser menor a la velocidad de la fuga

Vaporización de un crio-
génico sobre agua

$$G = \frac{\pi D_p^2}{4} h \frac{T_w - T_b}{L} ; h = 0.6 \text{ kw/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$$

$$Q = \frac{G M a}{\ell_{a M}} \text{ para usarse con tabla}$$

NOTA: G debe ser menor a la velocidad de la fuga.

Vaporización de un criogénico sobre el terreno

$$W = \frac{2 \beta A}{L} (T_g - T_b) \left(\frac{t}{\pi \alpha} \right) \left(\frac{\pi D_p^2}{4} \right)$$

$$V = \frac{W M a}{\ell_{a M}} : \text{ Para usarse en la tabla}$$

t = valor cuando haya criogénico

= $\frac{V}{Z_t}$ cuando haya No criogénico

$$\beta = 1 \text{ Para suelo no poroso}$$

$$\beta = 3 \text{ Para suelo poroso}$$

$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p} ; \text{ Difusividad térmica}$$

$$\text{SUBSTRATO} \quad \frac{k}{\rho C_p} (\alpha)^{1/2}$$

$$\text{Concreto} \quad 1.43 \text{ } \frac{\text{kg W s}^{1/2}}{\text{m}^2 (\text{°K})}$$

$$\text{Suelo (prometido)} \quad 1.42$$

$$\text{Suelo (arenoso, seco)} \quad 0.58$$

$$\text{Suelo (humedad 80\% y arenoso)} \quad 1.02$$

NOTA: W debe ser menor a la cantidad derramada en el tiempo L

Ejemplo Encontrar la distancia a la que desaparece la pluma, a la concentración segura fuera del edificio y la LFL para la vaporización del tanque en el ejemplo 1, después de la pérdida del techo. Los casos son:

- Del tanque mismo
- De un charco no confinado sobre concreto formado por una fuga de 10 cm en la base del tanque.

RESPUESTA

a) Evaporación del tanque:

Velocidad de vaporización
$$Q = 1.2 \cdot W \cdot D_p^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \frac{P_v}{P_a} \left(\frac{2}{W^2 \times D_p} \right)^{0.3}$$

$$= 1.7 \times 10^{-3} \times 2 \times (3.5)^2 \cdot \frac{\pi}{4} \times \frac{1}{1} \left(\frac{2}{4 \times 3.5} \right)^{0.3} = 0.0254 \text{ m}^3/\text{s}$$

Distancia a la concentración tóxica segura.

$$\dot{G}_1 \quad \dot{G}_2$$

$$= \frac{0.0254 \times 0.5}{\pi \times 2 \times 4 \times 10^{-3}} = 0.50 \text{ m}^2, \text{ de la tabla y, } x=6, \text{ del tanque}$$

reemplazar $\dot{G}_1$ por $\frac{3.5}{\sqrt{2\pi}}$, así

$$\dot{G}_2 = 0.50 \cdot \frac{\sqrt{2\pi}}{3.5} = 0.36 \text{ m}$$

De la tabla ON SITE X 0.9 m, por lo que la distancia

$$X = 0.90 + 1.75 = 2.65 \text{ muy cerca del tanque}$$

b) Vaporización de charco:

Nivel remanente en el tanque

$$H =$$

$$= \frac{4,400 \times 4}{663 \times \pi \times (3.5)^2} = 0.67 \text{ m}$$

Velocidad de fuga

$$G = C_0 \frac{\pi}{4} D_L^2 \ell_c \left(\frac{P_0 - P_c}{\ell_c} + g H \right)^{1/2} \sqrt{2}$$
$$= 0.6 \times \frac{\pi (0.1)^2}{4} \times 683 \sqrt{9.807 \times 0.61 \times 2} = 11.7 \text{ kg/s}$$

i.e., tiempo para vaciarse $> \frac{4.400}{11.7} = 377 \text{ S}$

Velocidad volumétrica de fuga

$$Q = G M_0 / M \ell_a = \frac{11.7 \times 29}{1.22 \times 45} = 6.16 \text{ m}^3/\text{s}$$

Velocidad de vaporización

$$Q = \ell_2 W D_p^2 \frac{\pi}{4} \frac{P_v}{P_0} \left(\frac{2}{W^2 D_p} \right)^{n_c}$$
$$= 1.7 \times 10^{-3} \times 2 \pi \frac{D_p^2}{4} \times \frac{1}{1} \left(\frac{2}{2^2 D_p} \right)^{0.130} = 6.16 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro del charco =

$$= 66 \text{ m}$$

Distancia a la concentración tóxica segura

$$\bar{G}_1 \bar{G}_2 =$$

$$= \frac{6.16 \times 0.5}{9 \times 2 \times 4 \times 10^{-3}} = 123 \text{ m}^2$$

De la tabla , $X = 246 \text{ m}$ para OFF SITE

Ancho efectivo

$$\bar{G}_1 = 9.3 \frac{D_p}{\sqrt{2\pi}} = 26 \text{ m}$$

La corrección necesaria para el ancho de la fuente será:

$$\bar{G}_2 = \frac{123.00}{26} = 4.7 \text{ m}$$

De la tabla ,

On-site $x = 34 \text{ m}$

Off site $x = 63 \text{ m}$

De aquí, para On-site al centro del charco

$$x = 33 + 34 = 67 \text{ m}$$

y al off-site efectivo

$$x = 33 + 63 = 96 \text{ m}$$

Distancia al LFL $G_1 G_2 =$

$$= \frac{6.16}{9\pi \times 2 \times 0.0355} = 27.62 \text{ m}^2$$

De la tabla , para off-site

$$x = 100 \text{ m}$$

$$G_1 = 4.0 \text{ m} \frac{Dp}{\sqrt{2\pi}} = 26 \text{ m}$$

La corrección necesaria para el ancho de la fuente es pues:

$$G_2 = \frac{27.62}{26} = 1 \text{ m}$$

$$x = 4.0 \text{ m para on-site}$$

$$\text{del centro del charco } x = 4 + 33 = 37 \text{ m}$$

De forma análoga para off-site

$$x = 41 \text{ m}$$

Tiempo de "Spreading"
ignorando la
vaporización

$$(66)^2 = \left(\frac{512 \times 9.807 \times 11.7 \times t^3}{9\pi \times 683} \right)^{1/2}$$

$$t = 184 \text{ S}$$

$$(66)^2 = \frac{4 \times 11.7 \times t}{\pi \times 683 \times 0.005} ; t = 1,001 \text{ S, tiempo aplicable}$$

El tiempo mínimo de descarga es 377 S, el charco puede llegar a 66 m. Así pues los efectos pueden ser menos severos que los calculados.

Fuego en Tanques y Derrames

La tabla 5.8 proporciona el método usado para calcular la magnitud y la intensidad de fuego producido por un derrame o tanque. (1), (2), y (3).

El viento puede cambiar la dirección de la flama (4), (5), de acuerdo con lo anterior, la orientación de la flama se debe seleccionar como la que proporcione el flujo calórico máximo. También se deben tomar en cuenta los casos en que la flama apunta directamente al receptor. En los casos en que se tienen separaciones grandes, se recibe mayor flujo calórico desde los lados de la flama.

Ejemplo 5.5 Hallar el tamaño de la flama y las distancias a varios flujos críticos para fuegos originados en el tanque del ejemplo 1, después de la pérdida del techo. Los casos por analizar son:

- Fuego en el tanque
- Fuego en un derrame sobre el piso de concreto, discutido en el ejemplo 10.

RESPUESTA:

a. Fuego en el tanque:

Velocidad de combustión en masa. $B = 1.3 \times 10^{-6} \left(\frac{H_c}{\rho} \right) = 1.3 \times 10^{-6} \left(\frac{683 \times 35300}{623} \right)$
 $= 0.03 \text{ kg/sm}^2$

Tasa de combustión $B \cdot \pi D_p^2 = 0.03 \pi (3.5)^2 = 0.484 \text{ kg/s}$

Tiempo de combustión $t_c = \frac{V}{B} = \frac{1100}{0.484} = 9.100 \text{ s} = 2.5 \text{ hr.}$

Altura de la flama $\frac{l}{D_p} = 42 \left[\frac{B}{\rho (g D_p)^{1/2}} \right]^{0.6}$; $l = 3.5 \times 42 \left[\frac{0.03}{1.22 (9.8 \times 3.5)^{1/2}} \right]^{0.6}$
 $l = 7.15 \text{ m}$

Area de la flama $A = \pi l D_p = \pi \times 3.5 \times 7.15 = 78.6 \text{ m}^2$

Tabla Fuego en derrames y tanques

Velocidad de combustión en masa $8.13 \times 10^{-6} \rho_L \frac{H_c}{\ell}$

Velocidad de combustión $\frac{8\pi D_p^2}{4} \leq G$

Altura de la flama $\frac{\ell}{D_p} = 42 \left[\frac{B}{\rho_a (g D_p)^{1/2}} \right]^{0.61}$

Area de la flama $A = \pi \ell D_p$

Flujo radiante $I_0 = \frac{B H_c F}{4 \ell / D_p} ; F = 0.2$

Flujo recibido $I = \ell I_0$

ℓ es el mayor de ℓ_r y ℓ_s

FACTORES DE CONFIGURACION:

Al extremo $\ell_r = \frac{1}{1 + \frac{4}{D_p} \left[(x^2 + z^2)^{1/2} - \frac{\ell}{2} \right]^2}$

Lateral $\ell_s = \frac{1}{1 + \frac{9\pi}{D_p} \left[(x^2 + z^2 - \frac{\ell^2}{4}) - \frac{D_p}{2} \right]^2}$

Limites de flama $x^2 + z^2 < \ell^2$

Al extremo

$$\phi_F = \frac{1}{1 + \frac{4}{D_p} \left[(x^2 + z^2)^{1/2} - l \right]}$$

$$= \frac{1}{1 + 4 \left[\sqrt{(x^2 + z^2)} - 21.57 \right]^2 / (17.23)^2}$$

$$x^2 = \left[21.57 + 8.62 \left(\frac{1}{\phi_F} - 1 \right)^{1/2} \right]^2 - z^2$$

Lateral

$$\phi_s = \frac{1}{1 + \frac{9\pi}{D_p l} \left[\sqrt{(x^2 + z^2 - \frac{l^2}{4})} - \frac{D_p}{2} \right]^2}$$

$$= \frac{1}{1 + \frac{9\pi}{17.23 \times 21.57} \left[\sqrt{(x^2 + z^2 - \frac{(21.57)^2}{4})} - \frac{17.23}{2} \right]^2}$$

Limites de flama

$$x^2 = \left[8.62 + 10.88 \left(\frac{1}{\phi_s} - 1 \right)^{1/2} \right]^2 - z^2 + 116.3$$

$$x^2 + z^2 = 21.57$$

	flujo calorífico RW/m ²	Factor de configuración (f _o)	Nivel C/Centro flama	Nivel C/Limite del TQ	Sobre el piso
Limites de flama		1	19		22
Tanques con dique	38	0.54	28		30
Edificios especiales	25	0.35	31		33
Edificios normales	14	0.20	37		39
Vegetación	12	0.17	39		41
Rutas de escape	6	0.085	49		50
Personal de emergencia	3	0.043	62 extremo		62
Cables rec. C/plástico	2	0.028	72 lateral		73
Personal estacionario	1.5	0.021	82		83

Tiempo de spreading
Ignorando el tiempo
de quemado

$$17.2^2 = \left(\frac{512 \times 9.8 \times 11.7 \times t^3}{9 \times 683 \pi} \right)^{1/2}; t = 31.5$$

$$17.2^2 = \frac{4 \times 11.7 \times t}{\pi \times 683 \times 0.005}; t = 69.5$$

Este es el tiempo que se aplica

NOTA: El flujo se reducirá a medida que el tanque se vaya vaciando, por lo que el tamaño del derrame y los efectos del fuego decrecerán, también, con el tiempo.