

01177

2

29

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MÉXICO**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD EN UN  
PARQUE INDUSTRIAL  
(Caso de estudio: Ciudad Industrial del Valle de  
Cuernavaca, Morelos)**

**T E S I S**  
que para obtener el grado de  
**MAESTRO EN INGENIERÍA  
AMBIENTAL**  
**P R E S E N T A :**  
**I. Q. LIVIA BELTRÁN MEJÍA**

**Director: Dr. TOMÁS GONZÁLEZ MORÁN**

**MÉXICO, D.F.**

**1996**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**A mis padres Noé Beltrán B. y Valentina Mejía G.**

**A Humberto Ramírez Castañeda.**

**A mis familiares y amigos, con mucho cariño por su  
compañía.**

## **A G R A D E C I M I E N T O S**

**Deseo expresar mi sincera gratitud a todos aquellos que colaboraron conmigo en la realización de esta tesis, en especial a:**

**Al Centro Nacional de Prevención de Desastres por su respaldo económico para la realización de este trabajo.**

**A la PROFEPA del estado de Morelos, ya que no hubiese podido realizar esta tesis sin su ayuda en la recopilación de la información, particularmente a:**

**Dra. Ursula Oswald Spring  
Biól. Víctor Orihuela González**

**Al Dr. Tomas González Morán por la asesoría, consejos y amistad.**

**A los miembros del jurado por el tiempo prestado para la revisión de este trabajo y sus valiosos consejos:**

**Dra. Georgina Fernández Villagomez.  
M. C. Vicente Fuentes Gea.  
M. C. Julieta Pisanty.  
M. I. Ana Elisa Silva Martínez.**

**A Word Environmental Center por su apoyo técnico.**

**A los profesores de la UNAM quienes han aportado en mi formación como profesionista.**

**A mis amigos, Martha Alcantara Garduño por su ayuda en DBase y Mauricio Ortega por su asesoría en Autocad.**

# ÍNDICE

ÍNDICE DE ANEXOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	x
RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	6
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>MARCO JURIDICO, INSTITUCIONAL, LEGAL Y POLITICO EN EL MANEJO DE MATERIALES PELIGROSOS</b>	<b>7</b>
<b>1.1. ACUERDOS INTERNACIONALES.</b>	<b>7</b>
<b>1.2. LEGISLACIÓN MEXICANA</b>	<b>14</b>
<b>1.2.1. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE.</b>	<b>14</b>
<b>1.2.2. REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS.</b>	<b>17</b>
<b>1.2.3. REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS</b>	<b>18</b>
<b>1.2.4. LEY GENERAL DE SALUD Y LEY GENERAL DE TRABAJO.</b>	<b>20</b>
<b>1.2.4.1. CLASIFICACIÓN DEL GRADO DE RIESGO DE LAS EMPRESAS DE ACUERDO CON EL IMSS</b>	<b>22</b>
<b>1.2.5. LEGISLACIÓN DEL ESTADO DE MORELOS</b>	<b>25</b>
<b>1.3. PLAN ESTATAL DE DESARROLLO 1994-2000, PROGRAMA DE ORDENAMIENTO AMBIENTAL DE MORELOS</b>	<b>25</b>
<b>1.4. ASOCIACIÓN DE PROPIETARIOS DE LA CIUDAD INDUSTRIAL DEL VALLE DE CUERNAVACA (PROCIVAC)</b>	<b>26</b>
<b>1.5. PROGRAMA DE AYUDA MUTUA (PAM)</b>	<b>27</b>
<b>1.6. PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES (PPA)</b>	<b>28</b>

<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>EVALUACIÓN DE RIESGO INDUSTRIAL</b>	<b>30</b>
<b>2.1. CONSECUENCIAS DE UN ACCIDENTE INDUSTRIAL</b>	<b>31</b>
2.1.1. ESCAPE DE GASES TÓXICOS	31
2.1.2. EXPLOSIONES	33
2.1.3. INCENDIOS	34
<b>2.2. SITUACIONES QUE ORIGINAN RIESGOS</b>	<b>36</b>
2.2.1. FALLAS DE EQUIPOS O INSTALACIONES	36
2.2.2. DESVIACIONES DE LAS CONDICIONES NORMALES DE FUNCIONAMIENTO	37
2.2.3. ERRORES HUMANOS Y ORGANIZATIVOS	38
2.2.4. FUERZAS NATURALES	38
2.2.5. FUNCIONAMIENTO SEGURO DE LAS INSTALACIONES QUE PRESENTAN ALTO RIESGO	39
2.2.6. APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE RIESGOS DE ACCIDENTES MAYORES	41
<b>2.3. MODELOS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO</b>	<b>43</b>
2.3.1. ESTUDIO DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON EL FUNCIONAMIENTO. (HAZOP <sup>1</sup> )	45
2.3.2. ÍNDICE DOW	50
2.3.3. ÍNDICE MOND	53
2.3.4. MÉTODO "CONCIENTIZACIÓN Y PREPARACIÓN PARA EMERGENCIAS A NIVEL LOCAL" (APELL <sup>2</sup> )	59
2.3.4.1. PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE LA RESPUESTA A UNA EMERGENCIA	61
2.3.4.2. ESTRATEGIAS PARA ESTABLECER EL PROCESO APELL	63
2.3.4.3. METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA ZONA	65
2.3.5. OBSERVACIONES	68

---

<sup>1</sup>Hazard and Operability Studies

<sup>2</sup>Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level

<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>EVALUACIÓN DE RIESGO INDUSTRIAL</b>	<b>30</b>
<b>2.1. CONSECUENCIAS DE UN ACCIDENTE INDUSTRIAL</b>	<b>31</b>
2.1.1. ESCAPE DE GASES TÓXICOS	31
2.1.2. EXPLOSIONES	33
2.1.3. INCENDIOS	34
<b>2.2. SITUACIONES QUE ORIGINAN RIESGOS</b>	<b>36</b>
2.2.1. FALLAS DE EQUIPOS O INSTALACIONES	36
2.2.2. DESVIACIONES DE LAS CONDICIONES NORMALES DE FUNCIONAMIENTO	37
2.2.3. ERRORES HUMANOS Y ORGANIZATIVOS	38
2.2.4. FUERZAS NATURALES	38
2.2.5. FUNCIONAMIENTO SEGURO DE LAS INSTALACIONES QUE PRESENTAN ALTO RIESGO	39
2.2.6. APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE RIESGOS DE ACCIDENTES MAYORES	41
<b>2.3. MODELOS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO</b>	<b>43</b>
2.3.1. ESTUDIO DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON EL FUNCIONAMIENTO. (HAZOP <sup>1</sup> )	45
2.3.2. ÍNDICE DOW	50
2.3.3. ÍNDICE MOND	53
2.3.4. MÉTODO "CONCIENTIZACIÓN Y PREPARACIÓN PARA EMERGENCIAS A NIVEL LOCAL" (APELL <sup>2</sup> )	59
2.3.4.1. PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE LA RESPUESTA A UNA EMERGENCIA	61
2.3.4.2. ESTRATEGIAS PARA ESTABLECER EL PROCESO APELL	63
2.3.4.3. METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA ZONA	65
2.3.5. OBSERVACIONES	68

---

<sup>1</sup>Hazard and Operability Studies

<sup>2</sup>Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level

<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA CIVAC<sup>3</sup> Y SU ENTORNO.</b>	<b>70</b>
<b>3.1. EL MUNICIPIO DE JIUTEPEC</b>	<b>72</b>
<b>3.1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y POLÍTICOS.</b>	<b>72</b>
<b>3.2. RASGOS FÍSICOS</b>	<b>74</b>
<b>3.2.1. CLIMATOLOGÍA</b>	<b>74</b>
<b>3.2.1.1. TIPO DE CLIMA</b>	<b>74</b>
<b>3.2.1.2. TEMPERATURA PROMEDIO</b>	<b>74</b>
<b>3.2.1.3. PRECIPITACIÓN</b>	<b>75</b>
<b>3.2.1.4. VIENTOS</b>	<b>75</b>
<b>3.2.1.5. ALTURA DE LA CAPA DE MEZCLADO DEL AIRE</b>	<b>75</b>
<b>3.2.2. GEOMORFOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>76</b>
<b>3.2.2.1. SUSCEPTIBILIDAD DE LA ZONA A SISMICIDAD Y</b>	
<b>DESLIZAMIENTOS</b>	<b>77</b>
<b>3.2.3. HIDROGEOLOGÍA</b>	<b>77</b>
<b>3.2.3.1. AGUA SUBTERRÁNEA</b>	<b>79</b>
<b>3.3. RASGOS SOCIOECONÓMICOS</b>	<b>80</b>
<b>3.3.1. POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA</b>	<b>83</b>
<b>3.3.2. SERVICIOS</b>	<b>83</b>
<b>3.3.2.1. VÍAS DE COMUNICACIÓN Y MEDIOS DE</b>	<b>83</b>
<b>TRANSPORTE</b>	
<b>3.3.2.2. CENTROS EDUCATIVOS</b>	<b>85</b>
<b>3.3.2.3. CENTROS DE SALUD</b>	<b>85</b>
<b>3.3.3. ACTIVIDADES PRODUCTIVAS</b>	<b>86</b>
<b>3.3.3.1. AGRICULTURA Y GANADERÍA</b>	<b>86</b>
<b>3.3.3.2. INDUSTRIA</b>	<b>86</b>

<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>SITUACION AMBIENTAL EN LA ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>88</b>
<b>4.1. CONTAMINACIÓN DEL AGUA</b>	<b>88</b>
<b>4.1.1. DESECHOS INDUSTRIALES</b>	<b>90</b>

---

<sup>3</sup>Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca

4.2.	CONTAMINACIÓN DEL AIRE	91
4.3.	DESECHOS SÓLIDOS	92
4.4.	POSIBLES EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN SOBRE LA POBLACIÓN	93
4.5.	ACCIDENTES INDUSTRIALES	94

## **CAPÍTULO 5**

### **ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD**

5.1.	DESCRIPCIÓN DE LA ESTIMACIÓN DE LAS ZONAS MÁS VULNERABLES	97
5.1.1.	PARÁMETROS EN LA ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS ZONAS VULNERABLES	98
5.1.2.	RELACIÓN DE LA ZONA VULNERABLE ESTIMADA Y LIBERACIONES REALES	99
5.2.	ESTIMACIÓN DE LAS ZONAS VULNERABLES	100
5.2.1.	PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR UNA ZONA VULNERABLE	100
5.2.2.	MODELO DE DISPERSIÓN DE UNA NUBE TÓXICA	101
5.2.2.1.	DISPERSIÓN SEGÚN EL MODELO GAUSSIANO	103
5.2.2.2.	DETERMINACIÓN DEL FLUJO DE LIBERACIÓN	106
5.2.2.3.	ESTIMACIÓN DEL RADIO DE VULNERABILIDAD PARA UNA NUBE TÓXICA	111
5.2.3.	MODELO DE UNA EXPLOSIÓN	113
5.2.4.	MODELO DE UN INCENDIO	119
5.3.	EVALUACIÓN DE LOS MODELOS DESCRITOS	121

## **CAPÍTULO 6**

### **SER-Q:**

### **SISTEMA DE EVALUACIÓN DE RIESGO QUÍMICO**

6.1.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	124
6.2.	ESTRUCTURA DEL SISTEMA	126

## **CAPÍTULO 7**

### **APLICACIÓN DEL MODELO APELL A LA ZONA INDUSTRIAL DE CIVAC**

128

<b>CAPÍTULO 8</b>	
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>136</b>
<b>8.1. MAPA DE VULNERABILIDAD EN CASO DE UNA NUBE TÓXICA</b>	<b>136</b>
<b>8.2. MAPA DE VULNERABILIDAD EN CASO DE UNA EXPLOSIÓN</b>	<b>143</b>
<b>8.3. MAPA DE VULNERABILIDAD EN CASO DE INCENDIO</b>	<b>148</b>
<b>CAPÍTULO 9</b>	
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>153</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>157</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>176</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>183</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>1</b>	<b>Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con el tema.</b>	<b>157</b>
	<b>DE RESIDUOS PELIGROSOS Y ACTIVIDADES RIESGOSAS</b>	<b>157</b>
	<b>RELATIVAS AL TRANSPORTE DE SUSTANCIAS PELIGROSAS</b>	<b>158</b>
	<b>EN MATERIA DEL MANEJO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS, LA</b>	
	<b>SECRETARÍA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL</b>	<b>160</b>
	<b>EN MATERIA DE HIGIENE INDUSTRIAL DE LA SECRETARÍA DE SALUD</b>	<b>160</b>
<b>2</b>	<b>Manual del usuario del Sistema de Evaluación de</b>	
	<b>Riesgo-Químico (SER-Q)</b>	<b>161</b>
	<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SER-Q</b>	<b>163</b>
	<b>INSTALACIÓN</b>	<b>164</b>
	<b>FORMA DE INICIO</b>	<b>164</b>
	<b>MODO DE OPERACIÓN DE SER-Q</b>	<b>164</b>

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla L1 Industrias censadas en toda la República mexicana (INEGI, 1990)

Tabla 1.1, Capítulos del Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos.

Tabla 1.2, Contenido del Reglamento para el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos

Tabla 1.3, Clasificación de los materiales peligrosos. Fuente: El Reglamento de Transporte.

Tabla 1.4, Clasificación de riesgo según el IMSS. Fuente: SEDESOL, 1994

Tabla 2.1, Ejemplos de escapes importantes de sustancias tóxicas (OIT, 1990)

Tabla 2.2, Ejemplos de explosiones industriales (OIT, *op. cit*)

Tabla 2.3, Ejemplos de incendios importantes (OIT, *op. cit*)

Figura 2.4. Diagrama para la realización de un diagnóstico de seguridad (OIT, *op. cit*)

Tabla 2.5, Palabras empleadas por el método HAZOP (OIT, *op. cit*)

Tabla 2.6, Términos del análisis de HAZOP (OIT, *op. cit*)

Tabla 2.7, Hoja de cálculo del índice DOW (Dow, 1981)

Tabla 2.8, Clasificación de riesgo del índice DOW (Dow, *op. cit*)

Tabla 2.9, Hoja de cálculo del índice MOND (PUMA, 1995)

Tabla 2.10, Grado de riesgo según el índice MOND (PUMA, *op. cit*)

Tabla 2.11, Clasificación de peligro según el método MOND (PUMA, *op. cit*)

Tabla 2.12, Categorías de riesgo del método MOND (PUMA, *op. cit*).

Tabla 2.13, Esquema vínculo de responsabilidad. (UNEP, 1990)

Tabla 2.14, Jerarquización según la frecuencia de ocurrencia de un accidente (UNEP, *op. cit*).

Fig. 3.1, Mapa del Estado de Morelos, en el que se señala la ubicación del municipio de Jiutepec, (INEGI, *op. cit*).

Tabla 3.2, Temperaturas promedio de la Estación Meteorológica de Cuernavaca.

**Fig. 3.3, Mapa de corrientes y cuerpos de agua, (INEGI, *op. cit.*).**

**Tabla 3.4, Población esperada para el año 2000 (Plan Municipal de Desarrollo de Jiutepec, 1988).**

**Fig. 3.5-A, Área Geoestadística Básica (AGEB) urbana del censo de población y vivineda 1990 que se encuentran rodeando a CIVAC (INEGI, 1992).**

**Fig. 3.5-B, Calles del municipio de Jiutepec alrededor de CIVAC (INEGI, *op. cit.*).**

**Tabla 3.6, Distribución de la población del municipio de Jiutepec en cada sector económico (INEGI, *op. cit.*).**

**Fig. 3.7, Mapa de carreteras y caminos en Jiutepec, (INEGI, *op. cit.*).**

**Tabla 3.8, Unidades Médicas en servicio del sector salud (Jiménez, 1991).**

**Tabla 3.9, Situación industrial en Morelos, (INEGI, *op. cit.*)**

**Tabla 4.1, Morbilidad en Jiutepec (Jiménez, *op. cit.*).**

**Tabla 4.2, Reporte de emergencias de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA, 1995).**

**Tabla 5.1, Factores que afectan la estimación de la zona vulnerable (EPA, *op. cit.*)**

**Tabla 5.2, Relaciones para obtener los coeficientes de dispersión  $\sigma_y$  y  $\sigma_z$**

**Tabla 5.3, Hoja de cálculo para la estimación de daño a causa de una sustancia tóxica.**

**Tabla 5.4, Hoja de cálculo para la estimación de daño a causa de una sustancia explosiva.**

**Tabla 5.5, Constantes para la ecuación 14 (Dow, 1981)**

**Tabla 5.6, Efectos de una explosión a diferentes sobrepresiones (Lees, 1991).**

**Tabla 5.7, Hoja de cálculo para la estimación de daño a causa de una sustancia inflamables.**

**Tabla 5.8, Daños en caso de incendio de acuerdo a la intensidad (Lees, 1991)**

**Tabla 6.1, Clave de los archivos, según el uso del material**

**Tabla 7.1, Información requerida por la PROFEPA a las industrias.**

**Tabla 7.2, Industrias de CIVAC, su giro, número con el que se localiza en los planos y nombre de archivo en SER-Q.**

**Tabla 8.1, Radio de vulnerabilidad para cada SEP por toxicidad.**

**Fig. 8.2, Distribución de las distancias que afectaría un accidente en CIVAC.**

**Tabla 8.3, Resultados de la simulación en SER-Q para sustancias explosivas.**

**Fig. 8.4, Distribución de las distancias que afectaría un accidente en CIVAC a causa de una explosión.**

**Tabla 8.5, Resultados de la simulación en SER-Q para sustancias inflamables.**

**Fig. 8.6, Distribución de las distancias que afectaría un accidente en CIVAC a causa de un incendio.**

**IG-02 Radio de vulnerabilidad de sustancias tóxicas.**

**IG-03 Radio de vulnerabilidad de sustancias explosivas.**

**IG-04 Radio de vulnerabilidad de sustancias inflamables.**

**Tabla A1, Contenido del análisis de riesgo APELL.**

**Tabla A2, Consecuencias en la vida y salud.**

**Tabla A3, Consecuencias en el ambiente.**

**Tabla A4, Consecuencias en la propiedad.**

**Tabla A5, Velocidad de desarrollo del accidente.**

**Tabla A6, Abreviaturas para los giros industriales**

**Tabla A7, Clave de los archivos, según el uso del material**

**Tabla A8. Claves para la alimentación de información de sustancias peligrosas.**

**Tabla A9, Requisitos para desplegar el reporte de peligrosidad**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

**AGEB:** Área Geoestadística Básica

**APELL:** "Concientización y Preparación para Emergencias a Nivel Local"  
(Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level).

**CCEC:** Centro de Control de Emergencias de CIVAC

**CENAPRED:** Centro Nacional de Prevención de Desastres

**CICOPLAFEST:** Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de  
Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas .

**CIVAC:** Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca

**CNUMAD:** Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y  
Desarrollo

**DGSHT** Dirección General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

**ECCACIV:** Empresa para el Control de la Contaminación del Agua de la Ciudad  
Industrial del Valle

**IDLH:** concentración de una sustancia que signifique peligro inmediato a la vida  
y la salud

**IMSS:** Instituto Mexicano del Seguro Social

**INE** Instituto Nacional de Ecología

**LGEEPA:** Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental

**LGS** Ley General de Salud.

**LIE:** Límite Inferior de Explosividad

**LOC:** Nivel de Concentración

**LSE:** Límite Superior de Explosividad

**NFPA:** National Fire Protection Association.

**OCDE:** Organización para el Comercio y el Desarrollo Económico

**OIA:** Oficina de Industria y Ambiente

**OIMA:** Oficina para la Industria y el Medio Ambiente  
**PAM:** Programa de Ayuda Mutua  
**PNUMA:** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente  
**POAM:** Programa de Ordenamiento Ambiental  
**PPA:** Programa de Prevención de Accidentes  
**PROCIVAC:** Asociación de Propietarios de la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca.  
**PROFEPA:** Procuraduría Federal de Protección al Ambiente  
**PUMA:** Programa Universitario de Medio Ambiente  
**SAGDR:** Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural  
**SECOFI:** Secretaría de Comercio y Fomento Industrial  
**SEDESOL:** Secretaría de Desarrollo Social  
**SEMARNAP:** Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales Y Pesca  
**SEP:** Sustancia Extremadamente Peligrosa.  
**SGBD:** Sistemas de Gestión de Base de Datos  
**SINAPROC:** Sistema Nacional de Protección Civil  
**SMN:** Servicio Meteorológico Nacional  
**SRT:** Seguro de Riesgo de Trabajo  
**SS:** Secretaría de Salud  
**SSBS:** Secretaría de Salud y Bienestar Social  
**STPS:** Secretaría de Trabajo y Prevención Social  
**TLC:** Tratado de Libre Comercio de América del Norte.  
**UNEP:** Programa Ambiental de las Naciones Unidas  
**UVCE:** Nubes de vapor no confinadas

## RESUMEN.

Esta tesis retoma el proyecto del Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP) denominado, "Concientización y Preparación para Emergencias a Nivel Local" conocido como APELL (Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level). Este programa tiene como objetivo el promover acciones de cooperación local en situaciones en las que la comunidad debe estar alerta por la amenaza "potencial" de daño a las personas, al ambiente y estar preparada en caso de emergencia.

El propósito de esta investigación consiste en identificar el peligro, evaluando y jerarquizando por medio de un "análisis crudo". Donde, los accidentes considerados son eventos como: grandes fuegos, explosiones y derrames de sustancias tóxicas al ambiente.

Se ha tomado como caso de estudio a la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca (CIVAC) por que la PROFEPA del estado de Morelos prestó facilidades para la realización del estudio, sin embargo el método propuesto es general y puede ser empleado en cualquier lugar en el que se encuentren presentes sustancias inflamables, explosivas o tóxicas.

Se realizó el Sistema de Evaluación de Riesgo Químico (SER-Q). Este es un paquete que:

- ✦ Almacena los datos descriptivos de cada industria así como de las sustancias peligrosas que maneja.
- ✦ Evalúa el radio de vulnerabilidad para las sustancias tóxicas, explosivas e inflamables.
- ✦ Despliega la información de peligrosidad de acuerdo con el modelo propuesto en APELL, para cada sustancia.

Los radios de vulnerabilidad obtenidos en SER-Q se dibujaron en el mapa de CIVAC, para identificar a las industrias de mayor peligro así como la dimensión del problema en caso de accidente.

## INTRODUCCIÓN

Los países desarrollados cuentan con gran número de empresas que manejan volúmenes considerables de sustancias químicas peligrosas, pero sus recursos económicos les permite mayor control de dichas sustancias. En los países en vías de desarrollo, la industrialización, aunada al crecimiento demográfico ha propiciado que las industrias se encuentren instaladas en lugares densamente poblados y con tecnologías obsoletas y altamente contaminantes en la que los riesgos de accidentes son elevados.

México como nación en desarrollo ha necesitado establecer y construir industrias nuevas, pero también existen gran cantidad de empresas que utilizan tecnologías obsoletas y la crisis de los últimos años ha ocasionado que las instalaciones no se hayan renovado. En nuestro país, así como en muchas otras naciones, se consideró a la industrialización como el camino para lograr un desarrollo económico acelerado, como sucedió durante el presente siglo. Sin embargo, la industrialización se llevó a cabo sin la planeación adecuada, creando asentamientos humanos e instalaciones de servicios en lugares poco propicios.

En 1929, existían muy pocas plantas manufactureras, talleres artesanales e industrias familiares. Se concentraban en los principales centros urbanos como el Distrito Federal y las ciudades de Puebla, Tlaxcala, Guadalajara y Monterrey.

Para 1930, de toda la producción industrial del país, el 33% era de la rama alimenticia, 28% textil, 26 % del grupo de la construcción, electricidad, madera y muebles, papel, artes gráficas, vidrio, hule, tabaco, óptica, joyería; el 13 % a la industria química y siderúrgica (INEGI,1990).

A partir de 1940 el país comenzó en forma acelerada su industrialización pero carente de las bases para el manejo seguro de actividades riesgosas que involucran el manejo de sustancias peligrosas. Es hasta la década de 1980 que adquiere impulso la prevención, preparación y respuesta organizada

intersectorial a los desastres tecnológicos. (Cortinas, 1994). El crecimiento industrial ha evolucionado como lo muestra la tabla I.1.

<b>AÑO</b>	<b>Núm. de industrias</b>
1930	48 573
1940	13 510
1950	74 252
1960	101 212
1970	119 963
1980	131 625
1990	172 599

Tabla I.1 Industrias censadas en toda la República Mexicana (INEGI, 1990)

La concentración de industrias en lugares prefijados ha sido labor de las autoridades nacionales, pero sobre todo municipales; a los sitios destinados para ello se les ha denominado como zonas, centros, parques, ciudades, etc. Este término se emplea para un conjunto industrial, agrupado en una localidad con objeto de compartir una infraestructura y mercado comunes. Este es el origen de la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca (CIVAC), zona de estudio del presente trabajo.

La concentración espacial de las industrias en el país genera necesidades de vivienda, servicios públicos como escuelas, policías, comercios, etc. impulsando económicamente al municipio, pero también genera contaminación, delincuencia, subempleos...

Todas las actividades humanas involucran un cierto grado de peligro y las industrias de proceso no son la excepción. En particular, la industria química es una rama preocupada por la innovación, en ella, se desarrollan continuamente nuevos procesos y productos para satisfacer el mercado, lo cual requiere de alta calidad y bajo costo. Esto en muchas ocasiones, se logra con procesos que manejan presiones y temperaturas extremas, además de utilizar materiales que presentan un peligro para la salud humana, el ambiente y las propiedades.

Los elementos que dan origen a los riesgos presentes en una operación industrial son, en términos muy generales los siguientes:

- Materias primas
- Proceso
- Productos y residuos
- Recursos humanos

La interrelación de estos elementos, a través de la tecnología utilizada, es lo que da por resultado la existencia de riesgos potenciales y su magnitud depende de las características particulares de los elementos antes mencionados.

Dentro del sector industrial hay una creciente preocupación por aplicar métodos sistematizados para eliminar o reducir accidentes, debido a que la sociedad en general, reclama una mayor seguridad para sus miembros, propiedades y ambiente.

En México ocurren accidentes mayores cada cuatro años, los mismos que, en otras partes del mundo y con otros criterios de seguridad se estima que sólo tienen probabilidad de ocurrir cada mil años (Cendejas, 1984). Esto significa que si una industria toma las precauciones debidas, nunca tendrá un accidente.

Es necesario identificar los posibles riesgos, evaluarlos y realizar acciones no sólo para controlarlos sino también para responder en caso de emergencia evitando que un incidente pase a catástrofe. La presente Tesis nace con el propósito de conocer los peligros que hay en un sitio de alto riesgo como lo es una zona industrial, donde la diversidad de sustancias y procesos incrementa la posibilidad de daños en caso de un accidente.

El documento llamado "Agenda 21" de las Naciones Unidas, expresa la preocupación mundial por el problema de la siguiente forma:

1. Los productos químicos son indispensables para el logro de las metas económicas y sociales.
2. Los riesgos de los productos químicos pueden preverse y prevenirse.
3. Cada sociedad debe determinar qué riesgos considera excesivos o inaceptables para definir su marco regulatorio y de gestión de productos químicos.
4. La gestión racional de los productos químicos debe cubrir su ciclo de vida integral.

Estos cuatro puntos forman parte de los lineamientos internacionales que México se ha comprometido a seguir. En el Capítulo 1, se presenta la

información sobre acuerdos internacionales vinculantes y no vinculantes que ha firmado México; sobre la legislación, política institucional con ingerencia en el control de sustancias peligrosas, clasificación y definición de riesgos industriales; así como los planes y programas existente del Estado de Morelos sobre el tema.

En 1987, a raíz de diversos accidentes industriales, que produjeron impactos adversos en la salud y al ambiente, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), a través de su Oficina de Industria y Ambiente (OIA), estableció el programa para la Concientización y Preparación para Emergencias a Nivel Local conocido como APELL (Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level), (UNEP, 1990).

El principal propósito del programa es la prevención de los accidentes tecnológicos y sus impactos mediante la concientización de los industriales, autoridades y sobre todo, de la comunidad respecto a las instalaciones peligrosas para la preparación de planes de respuesta en caso de emergencias.

Aunque es posible circunscribir la mayoría de los accidentes industriales a la planta misma, hay casos en los que el impacto rebasa sus límites y afecta zonas aledañas, con consecuencias de corto o largo plazo. La extensión de los daños depende, en gran medida de las acciones emprendidas por los primeros socorristas dentro de las instalaciones y en la comunidad que las rodea.

Las poblaciones deben juzgar los riesgos que pueden reducirse o transformar situaciones riesgosas en menos peligrosas, por ejemplo localizando nuevamente zonas habitacionales o las industrias, tomando en cuenta los plazos temporales adecuados.

Debido a la complejidad de la tecnología moderna, el análisis de riesgos ha desarrollado y establecido metodologías sistematizadas de alta confiabilidad, para realizar los diagnósticos de seguridad de los procesos industriales. Algunos de estos métodos se describen en el Capítulo 2 y se examina la definición de los riesgos industriales graves, sus tipos y consecuencias y los componentes de su sistema de control.

Para poder identificar y evaluar el peligro que representa CIVAC es necesario conocer las condiciones del sitio, el Capítulo 3 contiene la información

física y socioeconómica; y el Capítulo 4 describe la situación ambiental que prevalece en el Estado de Morelos, enfocándose a la zona de estudio.

Cuando se consideran los riesgos a los que puede estar expuesta una sociedad es útil tomar en cuenta los desarrollos futuros de la tecnología; la predicción de otros posibles escenarios y planes correspondientes es una parte importante del manejo de riesgos. Todas las proyecciones a futuro se vuelven obsoletas por lo que deben ser revisadas con regularidad. Para la evaluación de los riesgos se diseñó, como parte del trabajo de tesis, el sistema de información SER-Q el cual:

- ✧ Archiva información sobre las industrias y cualquier fuente de riesgo a consecuencia del manejo de sustancias tóxicas, explosivas e inflamables.
- ✧ Evalúa el radio máximo de afectación en caso de una nube tóxica, incendio o explosión.
- ✧ Presenta el informe de cada industria y sustancia.

Las bases teóricas para evaluar el radio vulnerable que se usan en el programa SER-Q se presentan en el Capítulo 5 y en el Capítulo 6 se describe SER-Q.

En el Capítulo 7 se detalla el procedimiento que se realizó para analizar el caso de estudio, CIVAC. Los resultados obtenidos y los mapas de vulnerabilidad, que señalan las áreas de peligro de la zona de estudio, se muestran en el Capítulo 8. Las conclusiones se encuentran en el Capítulo 9.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO PRINCIPAL:**

**Evaluar la peligrosidad de la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca (CIVAC).**

### **OBJETIVOS PARTICULARES:**

**Proporcionar información sistematizada de las empresas que manejan riesgos mayores, con el propósito de que las medidas de seguridad en estas industrias sean óptimas y eficientes.**

**Proporcionar una evaluación objetiva para la realización de un sistema de control de las industrias que empleen sustancias extremadamente peligrosas.**

**Establecer el programa: "Concientización y Preparación para Emergencias a Nivel Local" (APELL) en la parte relativa al análisis de peligrosidad, aplicada a una zona industrial.**

**Realizar un sistema computacional que permita el acceso fácil a la información industrial, y a la evaluación del radio vulnerable en caso de un accidente.**

**Identificar, evaluar y jerarquizar los daños ocasionados por un accidente en la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca (CIVAC).**

**Presentar un mapa de vulnerabilidad para cualquier situación de peligro en caso de un escape de sustancias tóxicas, de una explosión y de un incendio en CIVAC.**

# **CAPÍTULO 1**

## **MARCO JURIDICO, INSTITUCIONAL, LEGAL Y POLITICO EN EL MANEJO DE MATERIALES PELIGROSOS**

El conocimiento de los acuerdos internacionales firmados por México en esta materia, son los antecedentes y dan información sobre las directrices de la política, la legislación y normalización que se ha tomado, y que se establecerán en un futuro.

México ha participado en diversos convenios respecto al empleo de sustancias peligrosas, especialmente del manejo de residuos, ya que éstos representan un gran problema mundial. Los acuerdos más importantes sobre la materia se encuentran descritos a continuación.

### **1.1. ACUERDOS INTERNACIONALES.**

#### **1972 CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE HUMANO.**

- ✦ Por primera vez la crisis ecológica fue tratada en su conjunto a nivel mundial.
- ✦ Se creó el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el cual incluye los siguientes temas:
  - a) Asentamientos humanos.
  - b) Higiene ambiental.
  - c) Ecosistemas terrestres.

- d) Desertificación.
- e) Conservación de los recursos naturales.
- f) Conciencia ambiental.
- g) Desarrollo del derecho internacional ambiental.

**1983**                    **COMISIÓN MUNDIAL SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO**

Su finalidad fue elaborar un Programa Global para el cambio ante los graves problemas ecológicos y de desarrollo que enfrenta el mundo, documento conocido como "Informe Brundtland".

**1987**                    **DIRECTRICES DE LONDRES**

- ✧ Los países deberán fortalecer sus disposiciones legislativas y normativas, para mejorar el control y gestión de los productos químicos tóxicos, tanto industriales como de plaguicidas.
- ✧ Deberán designar una autoridad nacional gubernamental, encargada de comunicarse con las autoridades nacionales indicadas de otros países y con las organizaciones internacionales pertinentes, para notificar por primera vez cada adopción de medidas para prohibir o restringir el uso de un producto.

**1989**                    **CONVENIO DE BASILEA**

Entre las disposiciones más sobresalientes se encuentran las siguientes,

- ✧ Los desechos deberán reducirse al mínimo y deberán eliminarse, en lo posible donde se generan.
- ✧ Todo Estado tiene el derecho soberano de prohibir la importación y el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos.

- ✧ No deberán importar y exportar desechos peligrosos a un país que no sea parte del Convenio, a menos que haya disposiciones radicales similares y no menos estrictas que las del Convenio de Basilea.
- ✧ El Estado exportador no permitirá que se empiece un movimiento transfronterizo de desechos peligrosos, hasta que se haya recibido por escrito el consentimiento del Estado importador, así como de los Estados de tránsito.
- ✧ El Estado responsable de un movimiento ilícito de desechos peligrosos tiene el deber de reimportar los desechos, para su disposición ambientalmente racional.

**1992**      **LA CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO (CNUMAD)**

- ✧ Fue precedida por 4 comités preparatorios celebrados en Nairobi, Ginebra y Nueva York. En los Comités Preparatorios se debatieron una gran variedad de temas de los que destacan: cambio climático, contaminación transfronteriza, manejo de residuos peligrosos, protección y manejo de los recursos naturales, conservación de la diversidad biológica, protección de los océanos, explosión demográfica, desarrollo científico y tecnológico y recursos financieros.
- ✧ A lo largo del proceso de negociaciones se plantearon 5 objetivos:
  - a) Firmar en Río la Convención sobre Cambio Climático y la Convención sobre la Protección de la Diversidad Biológica.
  - b) Presentar y acordar una declaración conjunta que constituyera una "Carta de la Tierra" que incluyera los principios fundamentales que orientarían el comportamiento de los estados y los pueblos del mundo frente a la degradación ecológica mundial.
  - c) Realizar un programa de acción para instrumentar los principios de la Declaración Conjunta (Agenda 21)

- d) Llegar a un Acuerdo en el tema de recursos financieros.
- e) Transferencias de tecnologías limpias.

**1992**            **DECLARACIÓN DE RÍO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO.**

- ✦ **Contiene los principios que servirán de guía a la comunidad internacional para su comportamiento futuro frente a la problemática ambiental y de desarrollo.**

**Consta de un Preámbulo y 27 principios entre los que se contemplan:**

- ✦ **El ser humano como centro de las preocupaciones del desarrollo sustentable.**
- ✦ **Soberanía de los Estados sobre sus recursos naturales de conformidad con sus políticas ambientales y de desarrollo.**
- ✦ **Derecho al desarrollo**
- ✦ **Integración del ambiente al proceso de desarrollo.**
- ✦ **Erradicación de la pobreza como requisito indispensable para la consecución del Desarrollo Sustentable.**
- ✦ **La responsabilidad común pero diferenciada en el proceso de degradación ambiental haciendo alusión a la responsabilidad histórica en dicho proceso.**
- ✦ **La insostenibilidad de los patrones de producción y consumo y el fomento de políticas demográficas apropiadas.**
- ✦ **La participación pública en el proceso de toma de decisiones en materia ambiental.**
- ✦ **La relación ambiente y comercio.**
- ✦ **La responsabilidad e indemnización a las víctimas de la contaminación y otros daños ambientales.**

- ❖ El principio de "él que contamina paga".
- ❖ El principio de la Evaluación de Impacto Ambiental.
- ❖ El principio de Precautoriedad.
- ❖ El papel de las comunidades indígenas y las comunidades locales, de la mujer y los jóvenes en la consecución del Desarrollo Sustentable,
- ❖ La protección del ambiente en épocas de conflicto armado.
- ❖ La relación de la paz, ambiente y Desarrollo Sustentable.
- ❖ El desarrollo del Derecho Internacional en la esfera del Desarrollo Sustentable.

### **1993            TRATADO DE LIBRE COMERCIO DE AMÉRICA DEL NORTE. (TLC)**

- ❖ **Establece que cualquier controversia que tenga que ver con cuestiones comerciales deberá resolverse tomando en cuenta consideraciones ambientales y, en el caso de que exista conflicto entre el TLC y los Acuerdos Internacionales más relevantes en materia ambiental de los cuales las partes sean signatarios, estos últimos prevalecerán.**
- ❖ **La declaración de Estocolmo sobre Medio Ambiente Humano de 1972 y la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992, pasan a ser acuerdos vinculantes.**

**El compromiso de las partes de aplicar de manera efectiva su legislación ambiental no tiene precedente en tratado comercial alguno, ni en acuerdos ambientales internacionales, con lo cual el acuerdo sobre el Medio Ambiente del TLC marca un cambio en las políticas de comercio.**

**Acuerdo de Cooperación sobre el Medio Ambiente de América del Norte.**

✦ Los objetivos del Acuerdo se pueden clasificar en 2 rubros:

- 1) Cooperación
- 2) Observancia y aplicación de las leyes y reglamentos ambientales.

✦ Se crea la Comisión Trilateral para la cooperación ambiental. Esta nueva organización tiene como misión facilitar la cooperación entre los tres países miembros del TLC y el tratamiento de una gran variedad de asuntos en materia ambiental. Esta comisión puede estudiar y elaborar recomendaciones en cualquier asunto en materia ambiental, resaltando las referidas a:

- a) Técnicas y metodologías comparables para la recolección y el análisis de datos, el manejo de información y la comunicación de datos por medios electrónicos.
- b) Técnicas y estrategias para prevenir la contaminación.
- c) Enfoques e indicadores comunes para informar sobre el estado del ambiente.
- d) Uso de instrumentos económicos para la consecución de objetivos ambientales internos o acordados a nivel internacional.
- e) Investigación científica y desarrollo de tecnologías respecto asuntos ambientales.
- f) Promoción de la conciencia pública en relación con el ambiente.
- g) Cuestiones ambientales en zonas fronterizas o de naturaleza transfronteriza.
- h) Conservación y protección de flora y fauna silvestres así como de sus hábitats y de las áreas naturales bajo protección especial.
- i) Protección de especies amenazadas y en peligro.

- j) Actividades de prevención y de respuesta a desastres ambientales.
- k) Efectos ambientales de los productos durante su ciclo de vida

Estos acuerdos tienen implicaciones en la política mexicana, por lo cual en 1987 se creó la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST). Esta comisión está integrada por la ahora Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales Y Pesca (SEMARNAP); Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGDR); Secretaría de Salud (SS); Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) y Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). Se encarga de vincular las políticas intersectoriales, la armonización de las regulaciones y acciones de control de riesgos, la simplificación de los procedimientos administrativos para la emisión de autorizaciones, así como la activa participación en sus acciones, tanto de la iniciativa privada como de las instituciones académicas y representantes de la comunidad.

Para dar impulso a la actividad normativa en materia ambiental se creó el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) para reforzar la capacidad de verificar el cumplimiento de la legislación ambiental y atender las demandas públicas en la materia. México cuenta con un Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), coordinado a nivel federal por la Secretaría de Gobernación y en el que participan los Gobiernos de los Estados. Está destinado a prevenir y dar respuesta efectiva y oportuna en caso de desastres, incluyendo los relacionados con productos químicos tóxicos y desechos peligrosos. A la vez, se ha integrado dentro del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) creado por Decreto el 20 de septiembre de 1988, un área enfocada a los riesgos tecnológicos, entre los que se consideran los de origen químico.

El CENAPRED tiene carácter de un órgano administrativo desconcentrado, jerárquicamente subordinado a la Secretaría de Gobernación, con el objeto de estudiar, desarrollar, aplicar y coordinar tecnologías para la prevención y

mitigación de desastres, promover la capacitación profesional y técnica sobre la materia, así como apoyar la difusión de medidas de preparación y autoprotección a la población ante la contingencia de un desastre.

## **1.2 LEGISLACIÓN MEXICANA**

En la década de los ochenta, dos reformas constitucionales han precisado las bases jurídicas de la protección al ambiente en la Carta Magna. La primera en 1982, introdujo al artículo 25 la idea del cuidado al ambiente, recogiendo la idea del desarrollo sustentable. La segunda en 1987, enmendó los artículos 27 y 73 para ampliar la facultad de la Nación para imponer modalidades a la propiedad privada tendientes a la preservación, protección, control, prevención y restauración del equilibrio ecológico, y para facultar el congreso de la Unión a fin de expedir leyes que propicien la coordinación entre los tres niveles de gobierno para la atención de los problemas ambientales.

### **1.2.1 LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE.**

Con base en los *artículos* 27 y 73 de la Constitución Mexicana se emite la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA), publicada el 28 de enero de 1988, como parte del gobierno de Miguel De la Madrid Hurtado.

El artículo 8, fracción XI es sobre la Regulación de actividades que involucran materiales o residuos peligrosos y en el artículo 28 dice "Toda actividad u obra que pueda representar un daño o alterar el medio, deberá sujetarse a los lineamientos de esta ley".

Conforme al artículo 32 de la LGEEPA, el estudio de riesgo, deberá contener las medidas técnicas preventivas y correctivas para mitigar los efectos adversos al equilibrio ecológico durante su ejecución, operación normal y en caso de accidente. En virtud de la falta de reglamentación en materia de estudios de riesgo ambiental y de actividades altamente riesgosas, los lineamientos para su manifestación, se ha establecido mediante prácticas administrativas, en forma indirecta, a través de otras disposiciones en materia ecológica o de protección al ambiente, tales como la regulación en materia de impacto ambiental, de residuos peligrosos, de contaminación del agua, etc.

EL capítulo IV de la LGEEPA aborda el tema de *Actividades Consideradas como Riesgosas*, en el cual se establece la directriz para implementar un reglamento en la materia, sin embargo, a la fecha (julio, 96) el mismo no ha sido emitido.

Actualmente las actividades altamente riesgosas se encuentran controladas en forma indirecta, a través de otras disposiciones en materia de ecológica o de protección al ambiente, tales como la regulación en materia de impacto ambiental, de residuos peligrosos, de contaminación de agua, etc.

En el artículo 145 otorga a SEMARNAP ingerencia sobre la determinación del uso del suelo de modo que "se especifiquen las zonas en las que se permita el establecimiento de industrias, comercios o servicios considerados riesgosos por la gravedad de los efectos que puedan generar en los ecosistemas o en el ambiente ", tomando en consideración varios criterios, entre ellos: "La compatibilidad con otras actividades de las zonas, y La infraestructura existente y necesaria para la atención de emergencias ecológicas".

El artículo 146 anuncia la publicación del listado de actividades altamente riesgosas para efecto de la Ley. Se han publicado en el Diario Oficial de la Federación dos acuerdos en los que se expiden los listados sobre actividades altamente riesgosas, el primero, el 28 de marzo de 1990 y el segundo, el 4 de mayo de 1992.

El primer listado determina que se considerarán como actividades altamente riesgosas, el manejo de sustancias peligrosas en un volumen igual o superior a la cantidad de reporte. Se refiere a sustancias riesgosas por su producción, procesamiento, transporte, almacenamiento uso o disposición final de sustancias tóxicas. El segundo listado clasifica actividades altamente riesgosas, en función del manejo de sustancias inflamables y explosivas.

En el capítulo V, *Materiales y Residuos Peligrosos* la LGEEPA establece nuevamente que se publicará un listado estableciendo cuales son los residuos peligrosos. Sin embargo no se especifica cada cuando deben ser revisados , con objeto de incorporar nuevas sustancias de acuerdo con el desarrollo de la ciencia y con el cambio de tecnologías.

En el *artículo 151* se indican las políticas para el manejo de un residuo peligroso antes de llegar a un confinamiento controlado, es decir:

1. - Minimizar al máximo la producción del residuo peligroso.
2. - Reciclaje.
3. - Tratamiento ya sea para disminuir el volumen o para que el residuo salga de la categoría de peligroso.
4. - Incineración.
5. - Disposición final o confinamiento controlado.

El *artículo 153* a la letra dice: "La importación o exportación de materiales o residuos peligrosos se sujetará a las restricciones que establezca el Ejecutivo Federal. En todo caso deberán observarse las siguientes disposiciones:

I. Corresponderá a la Secretaría<sup>1</sup> el control y la vigilancia ecológica de los materiales o residuos peligrosos importados o a exportarse...

II. Únicamente podrá autorizarse la importación de materiales o residuos peligrosos para su tratamiento, reciclaje o reuso, cuando su utilización sea conforme a las leyes, reglamentos y disposiciones vigentes; "

---

<sup>1</sup>SEMARNAP

A su vez es necesario realizar nuevos reglamentos y normas para aplicar los *artículos 151 y 153*, porque el tratamiento, reciclaje o reuso de residuos peligrosos pueden originar sustancias residuales más tóxicas a menor concentración<sup>2</sup>.

México firmó el convenio de Basilea, en el que se establece que los países desarrollados no deben exportar residuos a los países en vías de desarrollo, por que estos no cuentan con la infraestructura para tratarlos, siendo éste el caso del país. Pero en 1994, como parte de la política del gobierno del Lic. Carlos Salinas de Gortari y bajo el marco de la firma del TLC, México entró a la Organización para el Comercio y el Desarrollo Económico (OCDE) con lo cual, para efecto del convenio, pasa a ser considerado país desarrollado y por tanto, posible receptor de residuos peligrosos.

#### **1.2.2. REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS.**

Este reglamento aparece publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de noviembre de 1988, indicando que la aplicación del mismo compete a la ahora SEMARNAP. En la tabla 1.1. se muestran los capítulos y de manera resumida el contenido de algunos los artículos relevantes del Reglamento.

---

<sup>2</sup> En mi opinión no deberían importarse residuos peligrosos hasta contar con un reglamento claro y un órgano capaz de seguir con efectividad la ruta del mismo dentro del país.

Es importante y urgente que se establezcan confinamientos controlados y que se evalúe la instalación de incineradores en la República Mexicana. Toda nación que aspire al desarrollo sustentable necesita hacerse responsable de sus desechos. Hay que tratarlos y disponerlos de manera tal que no produzcan daño, mejorando, cuidando, vigilando los sitios para su disposición.

CAPITULO	CONTENIDO
<i>I. Disposiciones generales</i>	
<i>II. De la generación de residuos peligrosos</i>	"Quienes pretendan realizar obras o actividades públicas o privadas por las que puedan generarse o manejarse residuos peligrosos, deberán contar con autorización de la SEMARNAP..." y es obligación del generador identificar a sus residuos peligrosos con las indicaciones previstas en este Reglamento y en las normas respectivas;
<i>III. Del manejo de residuos peligrosos,</i>	"que para los efectos del Reglamento se entiende por manejo, el conjunto de operaciones que incluyen el almacenamiento, recolección, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de los residuos peligrosos.."
<i>IV. De la importación y exportación de residuos peligrosos</i>	Establece los requisitos para los movimientos transfronterizos. En éste están plasmado los acuerdos internacionales firmados por México
<i>V. Las medidas de control y de seguridad y sanciones</i>	Establece que toda persona puede denunciar ante las autoridades cualquier hecho que produzca daños al ambiente.

Tabla 1.1. Capítulos del Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos.

Para el cumplimiento de este reglamento se han decretado siete normas, (ver Anexo 1).

### **1.2.3. REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS**

Este reglamento fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de abril de 1993, bajo el gobierno del Lic. Carlos Salinas de Gortari. Tiene por objeto regular el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. En la tabla 1.2 se presentan los temas abordados por el reglamento.

<b>Título</b>	<b>CAPITULOS</b>
Primero	Disposiciones Generales I. Clasificación de sustancias peligrosas
Segundo	Del Envase y Embalaje I. Características II. Del etiquetado y marcado del envase y embalaje
Tercero	De las Características y/o especificaciones, equipamiento y clasificación de los vehículos motrices y unidades de arrastre a utilizar I. De las Características y/o especificaciones II. De la identificación de las unidades
Cuarto	De las condiciones de seguridad I. De la inspección de las unidades II. Del acondicionamiento de la carga III. De la documentación IV. Del sistema nacional de emergencia
Quinto	Del Tránsito en vías de Jurisdicción Federal I. Del autotransporte II. Del Ferrocarril
Sexto	De los residuos peligrosos I. Disposiciones especiales para el tránsito de los residuos peligrosos.
Séptimo	De la responsabilidad I. Del autotransporte y del ferrocarril
Octavo	De las obligaciones adicionales de las partes I. Del expedidor y destinatario II. Del autotransporte III. Del ferrocarril IV. De la capacitación
Noveno	Sanciones,

Tabla 1.2, Contenido del Reglamento para el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos

Es importante la clasificación de los materiales peligrosos contenida en este reglamento, por ser la primera clasificación oficial para identificar el riesgo, la cual se presenta en la tabla 1.3.

<b>Clase</b>	<b>Denominación</b>
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 y agentes infecciosos
7	Radiactivos
8	Corrosivos
9	Varios

Tabla 1.3, Clasificación de los materiales peligrosos.  
Fuente: Reglamento para el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos.

Cuenta también con una subclasificación, que nos da las características que la sustancia debe poseer para ser considerado por este reglamento como peligrosos. En base a éste se han publicado 21 normas y cuatro más están por publicarse, (ver Anexo 1).

#### **1.24. LEY GENERAL DE SALUD Y LEY GENERAL DE TRABAJO.**

Es importante considerar la seguridad laboral porque con la reducción de los accidentes laborales se disminuye el riesgo de eventos que dañen a la población vecina.

El artículo 123 de la Constitución Política, apartado A, señala en sus fracciones XIV y XV, la obligación de los empresarios de capacitar o adiestrar a los trabajadores para el trabajo, así como su responsabilidad en relación con los accidentes y enfermedades que puedan ocurrir con motivo o en el ejercicio del trabajo.

La Comisión Consultiva Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo, conformada por la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS), SS, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), y representantes de trabajadores y empleadores, es la instancia que estudia y propone la adopción de medidas para prevenir y disminuir riesgos.

La Dirección General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (DGSHT), promueve mejoras a las condiciones físicas y ambientales de trabajo. Establece las normas en medicina, seguridad e higiene en el trabajo, en coordinación de las Comisiones Mixtas de Seguridad e Higiene, en cada una de las empresas. Debe proporcionar capacitación a los trabajadores, entre otras cosas, sobre el manejo seguro de los productos químicos.

La Ley General de Salud (LGS) fue publicada el 7 de febrero de 1984 y reformada el 14 de junio de 1991, establece el derecho a la protección a la salud y estatuye como materia de salubridad general, entre otras cosas, la prevención y el control de los efectos nocivos de los factores ambientales en la salud del hombre.

La LGS en su última modificación, señala las atribuciones que tiene la SS en la materia, en sus *artículos 128, 129 y 194* los cuales incluyen:

- ✦ El establecimiento de normas técnicas para el uso y manejo de sustancias, con objeto de reducir los riesgos a la salud del personal ocupacionalmente expuesto.
- ✦ La determinación de los límites máximos permisibles de exposición de un trabajador a contaminantes y coordinar y realizar estudios de toxicología al respecto.
- ✦ Ejercer el control sanitario sobre los establecimientos en los que se desarrollen actividades ocupacionales, conforme a los reglamentos establecidos.

Todas estas actividades deben realizarse en coordinación con otras autoridades con competencia en la materia, como la STPS y los gobiernos estatales.

Conforme al *artículo 198* de la LGS, únicamente requieren autorización sanitaria los establecimientos dedicados al proceso de medicamentos, plaguicidas, fertilizantes, fuentes de radiación y sustancias tóxicas o peligrosas para la salud.

La SS publicó el proyecto NOM-SS-001, que establece el grado de riesgo sanitario en materia de actividades, servicio, establecimientos y locales. En el proyecto de norma a que se hace referencia, los criterios para clasificar a las actividades en cinco clases incluyen:

1. Estado físico, vía de absorción, grado de toxicidad, mutagenicidad, carcinogenicidad y teratogenicidad, acumulación y efecto residual, así como

infalibilidad, explosividad, reactividad y corrosividad de las sustancias utilizadas.

2. Índice de siniestridad (de acuerdo con el IMSS)

3. Manejo de riesgo sanitario.

La Ley Federal del Trabajo que entró en vigor el primero de mayo de 1970, en su *artículo 513*, integra una tabla de enfermedades de trabajo asociadas con la inhalación de polvos y humos, o con la exposición a productos químicos y otros factores de riesgos.

El Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, derivado de la Ley del Trabajo, publicado en 5 de junio de 1978, sirve como marco para que la SS y la STPS, promuevan acciones para prevenir y disminuir los accidentes y enfermedades laborales. En su *artículo 5*, dicho reglamento indica que la STPS expedirá instructivos (normas) y manuales, que elaborará en coordinación con la SS, el IMSS y otras dependencias para el cumplimiento de los objetivos de la reglamentación.

La Ley Federal de Trabajo define a los riesgos del trabajo, no como la probabilidad que puedan producir efectos adversos en la salud, sino como hechos consumados, es decir como accidentes y enfermedades profesionales resultado del ejercicio o con motivo del trabajo.

En materia del manejo de sustancias peligrosas, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social ha publicado cinco normas. (Anexo 1)

#### **1.2.4.1. CLASIFICACIÓN DEL GRADO DE RIESGO DE LAS EMPRESAS DE ACUERDO CON EL IMSS**

En virtud de la existencia de accidentes de trabajo y de enfermedades profesionales, el IMSS estableció el Reglamento para la clasificación de empresas y determinación del Seguro de Riesgo de Trabajo (SRT).

En el *artículo 2*, el reglamento especifica que las cuotas del SRT que deban pagar los patrones, se determinarán conforme a la clase y grado de riesgo, expresándolas en por ciento de la cuota legal obrero-patronal, que la propia empresa deba entregar por el mismo período en el Seguro de Invalidez, Vejez, Cesantía en edad avanzada y muerte, de acuerdo con los términos de la Ley del Seguro Social.

Para efectos de la clasificación de las empresas, el *artículo 9* establece cinco clases de riesgo en las que se agrupan los diversos tipos de actividades y ramas industriales.

La clasificación se presenta de (I) menor a (V) mayor riesgo. Las actividades industriales asociadas con la producción, extracción y manejo de las diversas sustancias químicas se clasifican como lo muestra la tabla 1.4 (SEDESOL, 1994).

Clase de riesgo	Actividad industrial
III	Fabricación de: resinas sintéticas y plásticos; tificantes; pinturas, barnices, lacas, tintas, pegamento e impermeabilizantes; aguarrás, brea y clorofonia; cerillos y fósforos.
III	Otros productos de la industria química conexas: no tóxicos ni cáusticos; tóxicos y cáusticos.
IV	Extracción de petróleo crudo y gas natural; refinación del petróleo crudo y petroquímica básica
IV	Fabricación de: sustancias químicas industriales básicas; fertilizantes y plaguicidas; explosivos y fuegos artificiales.

Tabla 1.4, Clasificación de riesgo según el IMSS

Fuente: SEDESOL, 1994

### 1.2.5. LEGISLACIÓN DEL ESTADO DE MORELOS

En la LGEEPA en el capítulo II, *Concurrencia Entre la Federación, las Entidades Federativas y los Municipios*, los *artículos 5 y 6* establecen que el manejo de sustancias peligrosas y las actividades altamente riesgosas serán reguladas

por la Federación y el control lo llevarán a cabo los municipios y las entidades federativas. Por lo anteriormente expuesto, se expone a continuación lo que el estado de Morelos ha regulado hasta la fecha.

En el Diario Oficial del Estado de Morelos del 9 de agosto de 1989, se publicó la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del estado.

Desde el 18 de enero de 1978, el municipio de Jiutepec cuenta con Bandos de Policía y Buen Gobierno Municipal; en el Título noveno, referente a "*Gobernación y seguridad pública*" dedica el capítulo séptimo a la *Seguridad contra incendios*, especificando que el gobierno municipal, prestará el servicio de bomberos.

El Título décimo tercero es de "*Sanidad e higiene municipal*" y en su capítulo segundo trata de la contaminación y establece que, las industrias que se encuentran instaladas dentro del municipio deberán estar registradas en el Padrón de la Empresa, y para el control de la contaminación de las aguas, el Ayuntamiento declara de utilidad pública, a la Empresa para el Control de la Contaminación del Agua de la Ciudad Industrial del Valle (ECCACIV), cuyo labor es tratar el agua residual industrial.

### **1.3. PLAN ESTATAL DE DESARROLLO 1994-2000,**

#### **PROGRAMA DE ORDENAMIENTO AMBIENTAL DE MORELOS (POAM)**

El Programa de Ordenamiento Ambiental (POAM) constituye el marco de referencia básico de la protección, conservación y el mejoramiento del ambiente del estado de Morelos. Los principales objetivos son:

- ♦ Promover un desarrollo sustentable en la preservación y garantía de los derechos de los morelenses a una vida sana y productiva, en armonía con la naturaleza, reorientando los avances científicos-tecnológicos hacia una nueva política ambiental para aprovechar los recursos sin comprometer los de las generaciones futuras.
- ♦ Impulsar la cultura ecológica y la constitución del derecho ambiental...
- ♦ Preservar la excepcional riqueza natural en Morelos.
- ♦ Impulsar una política integral que comprenda reducción en la generación de basura.
- ♦ Promover con la Comisión Nacional del Agua, la desincorporación de las zonas federales de las barrancas y ríos en su paso por las áreas urbanas.

Las estrategias a seguir son:

- ♦ Instrumentar medidas de prevención, conservación y recuperación del ambiente.
- ♦ Establecer un marco normativo con nuevas leyes, reglamentos y normas, abocados a la protección del agua, aire, flora, fauna e impulsar a su observancia con la participación ciudadana.
- ♦ Mejorar el sistema de recolección y disposición de desechos sólidos y fomentar su tratamiento.

- ✦ Incrementar las áreas naturales y elaborar los reglamentos de áreas protegidas.
- ✦ Apoyar en los 33 municipios del estado la creación del Bando de policía y Buen Gobierno, los reglamentos de basura, uso de suelo y otras normas.

#### **1.4. ASOCIACIÓN DE PROPIETARIOS DE LA CIUDAD INDUSTRIAL DEL VALLE DE CUERNAVACA (PROCIVAC)**

El Bando de Policía y Buen Gobierno del Estado de Morelos sólo menciona el problema de contaminación de agua, sin ocuparse de los desechos sólidos ni de las emisiones a la atmósfera. Sin embargo, desde el 2 de enero de 1973 la Asociación Civil denominada PROCIVAC (Periódico Oficial, 1973) celebró un convenio con el municipio cuya Primera Cláusula establece que:

El municipio de Jiutepec encomienda a PROCIVAC A. C. la prestación de servicios municipales de CIVAC, como el alumbrado público, el servicio de agua, drenaje, pavimentos, banquetas, parques, jardines, limpieza, recolección de basura, vigilancia y bomberos.

Originalmente este convenio tuvo una duración de 20 años, pero en 1993 fue renovado por un período de 15 años más (Periódico Oficial, 1993). Con este acuerdo, el municipio relega parte de la responsabilidad de la limpieza y seguridad a las industrias y solamente efectúa visitas para garantizar el mantenimiento y la operación. El costo de los servicios municipales operados por PROCIVAC A. C. se realiza con cargo a las cuotas aportadas por sus miembros.

## **1.5. PROGRAMA DE AYUDA MUTUA (PAM)**

Un grupo de industriales creó en 1989 un plan de apoyo industrial para emergencias de CIVAC. Las compañías fundadoras fueron (Hernández, 1995):

Cristianson, S. A. de C. V.;

Esquim, S. A. de C. V.;

Laboratorios Julian, S. A. de C. V. y

Mexama, S. A. de C. V.

Actualmente agrupa a 11 empresas además del Centro de Control de Emergencias de CIVAC (CCEC).

El Grupo PAM hasta el momento ha realizado simulacros en conjunto, visitas a las empresas miembros por bomberos del CCEC y ayuda en emergencias a solicitud de la empresa. Su organización cuenta con:

- ✦ Ocho brigadistas capacitados, en promedio por empresa miembro, con equipo de protección, medio de transporte, equipos de extinción de fuego, rescate y médicos, y
- ✦ Reuniones de trabajo mensuales para elaborar programas de visita para inspecciones, análisis de tiempos de respuesta, etc.
- ✦ Una persona para la comunicación con el grupo PAM, la cual deberá acudir a las reuniones de trabajo y portar credencial del grupo para agilizar los accesos.

Los compromisos de las empresas que integran este grupo son:

- ✦ Deben ayudar monetariamente y reponer el material o equipo dañado en caso de una emergencia.
- ✦ Ayudar en caso de siniestro, y de cumplir con todas las normas de seguridad y ambientales vigentes.

Se han organizado en cuatro comités: Eventos, Transportación, Inspecciones y Auditorias y Capacitación, que tienen como objetivo promover planes de información y realización de actividades de interés para cada comité.

#### **1.6. PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES (PPA)**

Es un programa formado por los planes, procedimientos, acciones y recursos dispuestos en el artículo 147 de la LGEEPA para proteger a la población y sus bienes, así como al ambiente y sus ecosistemas, de los accidentes que pudieran ser ocasionados en la realización de alguna actividad riesgosa.

Los objetivos del Programa de Prevención de Accidentes pretenden:

- a. Evitar que los accidentes provocados por la realización de Actividades Altamente Riesgosas, alcancen niveles de desastre.
- b. Propiciar que quienes realicen actividades de alto riesgo, comunidad y empresas aledañas, así como autoridades locales, desarrollen una conciencia de alerta continua ante cualquier contingencia ocasionada por la liberación de sustancias peligrosas.
- c. Propiciar un ambiente de seguridad en la comunidad y empresas aledañas a una actividad de alto riesgo.
- d. Contar con planes, procedimientos, recursos y programas para dar respuesta a cualquier contingencia ocasionada por el manejo de sustancias peligrosas.

- e. **Establecer los mecanismos de comunicación, coordinación y concertación de acciones para poner en marcha adecuadamente el PPA en la localidad.**
- f. **Que las Industrias de Alto Riesgo difundan en la localidad, la información relacionada con las actividades que desarrollan y los riesgos que éstas representan para la población, sus bienes y el ambiente, así como los planes, procedimientos y programas con que cuentan para disminuir y controlar dichos riesgos y enfrentar cualquier contingencia y atender calamidades y/o desastres provocados por la liberación accidental de sustancias peligrosas.**

**Algunas industrias han presentado a la PROFEPA su propuesta de PPA, pero sólo a pocas empresas les han contestado si se aprueba o no su programa, por lo que este proceso aún se encuentra en proceso.**

## **CAPÍTULO 2**

### **EVALUACIÓN DE RIESGO INDUSTRIAL**

El análisis de riesgos incluye una estimación de la probabilidad o posibilidad de que ocurra un evento. El riesgo puede ser caracterizado en términos cualitativos como alto, mediano, o bajo, o en términos cuantitativos utilizando estimaciones numéricas y cálculos estadísticos. En términos prácticos, el análisis de riesgos se puede fundamentar en evaluaciones subjetivas, experiencia, donde la evaluación de la probabilidad de un futuro accidente se basa en el conocimiento de la frecuencia con la cual se han presentado los accidentes en el pasado.

La probabilidad y las consecuencias son extremadamente importantes en la evaluación del riesgo. Una situación de alto riesgo puede ser resultado de una alta probabilidad con serias consecuencias, mientras que una situación de riesgo moderado puede resultar de cualquier alta probabilidad con consecuencias poco severas. La disminución de la posibilidad de un accidente o la minimización de consecuencias reducirá el riesgo global.

Para la elaboración de los planes de emergencia en las comunidades es suficiente con consideraciones relativas del peligro, que no requieren de evaluaciones matemáticas complejas, aplicaciones estadísticas, o soporte de expertos. La aplicación de la información disponible y el sentido común, combinados con evaluaciones en sitios específicos, tales como el análisis de vulnerabilidad, completarán con mucho el proceso del análisis de riesgo. Como están basados en el conocimiento, la experiencia, las consideraciones locales, y las prioridades de la población involucrada, no hay una respuesta única en el análisis de riesgos.

## **2.1. CONSECUENCIAS DE UN ACCIDENTE INDUSTRIAL**

Los riesgos industriales graves suelen estar relacionados con la posibilidad de que se presente un incendio, explosión o dispersión de sustancias químicas tóxicas y, por lo general, entrañan el escape de material de un recipiente, seguido en el caso de sustancias volátiles, de su evaporación y dispersión. Entre los principales accidentes cabe mencionar:

- 1. Escape de materia inflamable, mezcla del material con el aire, formación de una nube de vapor inflamable y arrastre de la nube hasta una fuente de ignición, lo que provocará un incendio o explosión.**
- 2. Escape de sustancia tóxica, formación de una nube y arrastre de ésta.**

Las ondas de expansión y los proyectiles de una explosión pueden afectar la integridad de otras plantas que contengan materiales inflamables y tóxicos, causando de este modo una intensificación del desastre. Casos como éste se pueden presentar en los centros industriales como CIVAC.

El riesgo potencial de la utilización de sustancias químicas depende del carácter inherente de la sustancia química y de la cantidad acumulada. Los acontecimientos no controlados, constituidos por incendios, explosiones o escapes de sustancias tóxicas que ocasionan la muerte o lesiones de un gran número de personas dentro y fuera de la fábrica, causan amplios daños en bienes y al ambiente. A continuación se mencionan de las condiciones necesarias para que se presente un accidente de estos tipos.

### **2.1.1. ESCAPE DE GASES TÓXICOS**

Los efectos de las sustancias químicas tóxicas son totalmente diferentes cuando se examinan los riesgos de accidentes mayores, estos guardan relación con una exposición aguda (durante e inmediatamente después de una fuga importante) a los efectos relacionados con una exposición crónica. En el presente

trabajo se examina la utilización y almacenamiento de sustancias químicas tóxicas, frecuentemente en grandes cantidades que si se escaparan, se dispersarían con el viento y tendrían la posibilidad de matar o lesionar a personas que viven fuera de la fábrica o fuente emisora.

La toxicidad se determina principalmente por:

- ✦ el estudio de los accidentes,
- ✦ los estudios epidemiológicos,
- ✦ los experimentos en animales y
- ✦ los ensayos con microorganismos.

Se tienen que interpretar con cuidado los valores de toxicidad por que varían de acuerdo a factores tales como:

- ✦ edad,
- ✦ sexo,
- ✦ antecedentes genéticos,
- ✦ grupo étnico,
- ✦ nutrición,
- ✦ fatiga,
- ✦ enfermedades,
- ✦ exposición a otras sustancias con efectos sinérgicos y,
- ✦ condiciones laborales.

A la cantidad de una sustancia a la que se expone a un organismo y que puede causar efectos tóxicos, no tóxicos o benéficos se le llama dosis. Para el análisis de peligrosidad son importantes las dosis que dependen del tiempo de exposición.

El escape al aire de sustancias tóxicas, como el cloro y el amoníaco, figuran entre las sustancias químicas tóxicas más comúnmente utilizadas en grandes cantidades y que entrañan riesgos. Algunos de los accidentes que han pasado a la historia por el daño causado se muestran en la tabla 2.1.

Fecha	Lugar	Sustancia	Muertes	Lesiones
1950	Poza Rica, México	Fosgeno	10	-
1952	Wilsum, Alemania	Cloro	7	-
1976	Seveso, Italia	Dioxina/TCDD	-	-
1977	Cartagena, Colombia	Amoníaco	30	25
1978	Baltimore, EUA	Dióxido de azufre	-	100
1978	Chicago, EUA	Ac. Sulfhídrico	8	29
1984	Bhopal, India	Isocianato de metilo	2 000	2000 000
1996	Cosoloacaque, Méx.	Amoniaco	7	15

Tabla 2.1 Ejemplos de escapes importantes de sustancias tóxicas (OIT, 1990)

## 2.1.2. EXPLOSIONES

Las explosiones se caracterizan por una onda de choque que puede producir un estallido, causar daños a los edificios, ventanas y arrojar materiales a varios metros de distancia.

Los efectos de la onda de choque varían dependiendo de las características del material, su cantidad y el grado de restricción de la nube de vapor. Las lesiones directas se producen a presiones de 5 a 10 KPa (una sobre presión mayor origina por lo general pérdida de la vida), mientras que los edificios, las ventanas y puertas se rompen a presiones de 3 a 10 KPa. La presión de la onda de choque disminuye rápidamente con el aumento de la distancia desde la fuente de explosión (OIT, 1990).

Las explosiones pueden producirse en forma de deflagración o de una detonación, en función de la velocidad de combustión durante la explosión. Se produce una deflagración cuando la velocidad de combustión o la velocidad de la llama es relativamente lenta, de orden de 1 m/seg. En una detonación en cambio, la velocidad de la llama es extremadamente elevada. El frente de la

llama se desplaza como una onda de choque, con una velocidad normal de 2000 a 3000 m/seg., por lo que genera mayores presiones y es mucho más destructiva.

En general las explosiones de gases son catastróficas, cuando se liberan y dispersan en el aire considerables cantidades de material inflamable (Tabla 2.2). Las explosiones de polvos se producen cuando materiales sólidos inflamables se mezclan; la sustancia sólida dispersada adopta la forma pulverizada y la explosión resulta de un hecho inicial, como un incendio o una pequeña explosión, que motiva que el polvo depositado sobre las superficies pase al aire. Al mezclarse con el aire se produce una segunda explosión, que a su vez genera otra, y así sucesivamente. La historia de las explosiones de polvo, particularmente en los últimos años, ha mostrado que los efectos nocivos se limitan en general al lugar de trabajo.

Fecha	Lugar	Sustancia	Muertes	Lesiones
1948	Ludwigshafen, Alemania	Eter-dimetílico	245	3,800
1954	Bitburg, Alemania	Queroseno	32	16
1967	Lake Charles, EUA	Isobutano	7	13
1967	Pernis, Países Bajos	Residuos de petróleo	2	85
1968	East St. Louis, EUA	Propileno	-	230
1972	Decatur, EUA	Propano	7	152
1974	Flixborough, Inglaterra	Ciclohexano	28	89
1975	Beek, Países Bajos	Propileno	14	107
1986	Bulgaria	Cloruro de vinilo	17	19
1986	Filipinas	Prod. pirotécnicos	11	8
1980	Ortuella, España	Gas propano	51	-
1984	S. Juan Ixhuarepec, Méx.	Gas propano	452	2,500
1992	Guadalajara	Gas propano	206	1,600
1996	D. F., México	Hidrogeno	1	0

Tabla 2.2 Ejemplos de explosiones industriales (OIT, *op. cit*)

### 2.1.3. INCENDIOS

Los principales efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 KW/m<sup>2</sup> durante aproximadamente 5

segundos y de 30 KW/m<sup>2</sup> durante sólo 0.4 segundos antes de que se sienta dolor (OIT, *op. cit.*).

Otro efecto nocivo que debe tomarse en consideración al producirse un incendio es la disminución del oxígeno en la atmósfera debido al consumo de oxígeno en el proceso de combustión. En general, este efecto se limita al entorno inmediato del lugar del incendio. Los humos generados por el incendio pueden ser tóxicos y por tanto producir efectos sobre la salud.

Los incendios se producen en la industria con más frecuencia que las explosiones y las emanaciones de sustancias tóxicas, aunque las consecuencias medidas en pérdida de vidas humanas suelen ser menos graves (OIT, *op. cit.*) (Tabla 2.3).

Fecha	Lugar	Sustancia	Muertes	Lesiones
1944	Cleveland, EUA	Metano	136	77
1966	Feyzin, Francia	Gas licuado de petróleo	18	90
1973	Staten Island, EUA	Gas natural licuado	40	-
1978	Santa Cruz, México	Metano	52	-
1987	Francia	Nitrato amónico	-	-
1987	Italia	Metano	4	1

Tabla 2.3 Ejemplos de incendios importantes (OIT, *op. cit.*)

La explosión de un líquido en ebullición con desprendimiento de vapores en expansión se conoce como bola de fuego, es una combinación de incendio y explosión con una emisión de calor radiante intenso en un intervalo de tiempo relativamente breve. El fenómeno puede producirse dentro de un recipiente o depósito en el que se mantenga un gas licuado por encima de su punto de ebullición atmosférico. Si un recipiente a presión se rompe como resultado de un debilitamiento de su estructura, el contenido se escapa al instante como una mezcla turbulenta de líquido y gas que se expande rápidamente y se dispersa por el aire como una nube. Cuando esta nube se inflama, se produce una bola de fuego, que origina una radiación térmica de enorme intensidad en unos pocos segundos.

También este tipo de explosión puede ser causado por un impacto físico sobre el recipiente o depósito que está averiado o sometido a una presión excesiva debido, por ejemplo, a un accidente de tránsito con un camión cisterna o un incendio que afecte a un depósito. Una explosión provocada por una bola de fuego de una cisterna de 50 toneladas de propano puede ocasionar quemaduras de tercer grado a distancias de 200 metros y ampollas a unos 400 metros (OIT, *op. cit.*).

## **2.2. SITUACIONES QUE ORIGINAN RIESGOS**

La evaluación de riesgos permite descubrir deficiencias potenciales del equipo físico y de las prácticas dentro y entorno a la planta. A continuación, se presentan ejemplos de deficiencias típicas seguidas de medidas de control adecuadas.

### **2.2.1. FALLAS DE EQUIPOS O INSTALACIONES**

La condición previa fundamental para un funcionamiento seguro es que los componentes puedan resistir las cargas operacionales para proteger de ese modo cualquier sustancia potencialmente peligrosa. Las posibles fallas que se pueden presentar consisten en:

- a) diseño inadecuado en relación con la presión interna, las fuerzas externas, los medios corrosivos y la temperatura.
- b) falla mecánica de los recipientes o de las tuberías debido a la corrosión o a un impacto exterior.

- c) falla de componentes tales como bombas, compresores, ventiladores impelentes o agitadores.
- d) falla de los sistemas de control (sensores de la presión y la temperatura, controladores de nivel, medidores de flujo, unidades de control, ordenadores de proceso)
- e) falla de los sistemas de seguridad (válvulas de seguridad, diafragmas protectores, sistemas de desahogo, sistemas de neutralización, torres para combustión de gases sobrantes)

## **2.2.2. DESVIACIONES DE LAS CONDICIONES NORMALES DE FUNCIONAMIENTO**

Si bien las fallas de los componentes se pueden evitar mediante un buen diseño o mantenimiento, las desviaciones de las condiciones normales de funcionamiento producen:

- a) deficiencias en la vigilancia de los parámetros esenciales del proceso (presión, temperatura, flujo, proporciones de la mezcla).
- b) fallas en el suministro manual de las sustancias químicas.
- c) fallas en los servicios como:
  - i. Insuficiencia del refrigerante para reacciones exotérmicas
  - ii. Insuficiencia de vapor para la caldera
  - iii. Falla de electricidad
  - iv. Falta de nitrógeno
  - v. Falta de aire comprimido

- d) deficiencias en los procedimientos de arranque y paro, que podrían provocar una atmósfera explosiva.
- e) formación de productos secundarios, residuos o impurezas no contemplados en el diseño.

Las consecuencias de estas fallas se explican después de examinar el comportamiento de todo el sistema que lo ocasionó.

### **2.2.3. ERRORES HUMANOS Y ORGANIZATIVOS**

La capacidad humana para dirigir una instalación que presente riesgos de accidentes mayores es de importancia fundamental, no sólo para las plantas industriales que requieren mucho trabajo manual, sino también para aquellas muy automatizadas que requieren la intervención del hombre únicamente en casos de emergencia. Los errores cometidos por el personal son tan diversos como sus tareas en el manejo de la planta. Estos errores humanos se producen debido a que:

- a) el personal encargado del manejo está mal capacitado para el trabajo
- b) el personal encargado del manejo no está consciente de los riesgos.

### **2.2.4. FUERZAS NATURALES**

Otros impactos externos pueden deberse a fuerzas naturales. Entre los que tienen mayor importancia se encuentran:

- a) el viento
- b) las inundaciones
- c) los sismos
- d) el asentamiento del terreno
- e) las heladas excepcionales
- f) los relámpagos

Si se tiene conocimiento de que en el medio natural donde están ubicadas las instalaciones se produce alguno de estos fenómenos, deben adoptarse las debidas precauciones.

#### **2.2.5. FUNCIONAMIENTO SEGURO DE LAS INSTALACIONES QUE PRESENTAN ALTO RIESGO**

Después de examinar y evaluar los riesgos y las causas de accidentes, es necesario tomar las medidas necesarias para disminuirlos al mínimo. En esta sección se presentan, los sistemas de control y las medidas de organización dentro de la planta más importantes.

Para evitar accidentes producto de un inadecuado diseño de la planta, sus componentes deben resistir:

- a) las cargas estáticas
- b) las cargas dinámicas
- c) la presión interna y externa
- d) la corrosión

- e) las cargas debidas a grandes diferencias de temperatura
- f) las cargas debidas a impactos exteriores (viento, nieve, terremotos)

Las normas de diseño son un requisito mínimo en lo que se refiere a las instalaciones que presentan riesgo de accidentes mayores, principalmente para sistemas presurizados que contienen gases inflamables, explosivos o tóxicos, o líquidos por encima de sus puntos de ebullición.

Cuando una instalación está concebida para resistir todas las cargas que se puedan producir en condiciones de funcionamiento normales o anormales previstas, la tarea del sistema de control de los procesos consiste en mantener la planta en seguridad dentro de esos límites, para lo cual se puede recurrir a alguno de lo siguientes sistemas:

- ✦ Control manual
- ✦ Control automático
- ✦ Sistemas de parada automática
- ✦ Dispositivos de seguridad
- ✦ Sistemas de alarma

Las variables del proceso controladas pueden ser la temperatura, la presión, y/o el flujo, las cuales indicaran cuando el proceso sale del funcionamiento normal y por tanto hay que tomar acciones para que no se presente un accidente.

Además del control del proceso, para evitar accidentes es importante:

- a) crear y capacitar a un cuerpo de bomberos
- b) establecer una línea directa con bomberos o fuerzas públicas de emergencia
- c) establecer planes de emergencia

- d) comunicar a las autoridades la índole y el alcance del riesgo que entrañaría un eventual accidente
- e) proporcionar antídotos, en caso de producirse un escape de sustancias tóxicas.

Estas medidas deben ir acompañadas de una capacitación apropiada del personal de la fábrica, las fuerzas de emergencias y los servidores públicos.

#### **2.2.6. APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE RIESGOS DE ACCIDENTES MAYORES**

La determinación de los riesgos es el punto de partida esencial para cualquier sistema de control de accidentes. Cualquier lista que se establezca debe ser clara y no presentar ambigüedades para que todas las organizaciones participantes en la emergencia puedan establecer su intervención de manera coordinada.

Para decidir el programa inicial de trabajo, es importante que se establezcan prioridades dependiendo del grado de riesgo. El plan de emergencia debe contemplar el lugar de trabajo y los alrededores del mismo. Se deben tomar en cuenta las causas probables de peligro como:

Incendio	Ruido
Explosión	Vibración
Toxicidad	Materiales nocivos
Corrosión	Asfixia
Radiación	Falla mecánica
Riesgos particulares de cada proceso	

El diagnóstico de seguridad de una planta de procesos requiere responder una serie de preguntas como las planteadas en la Figura 2.4

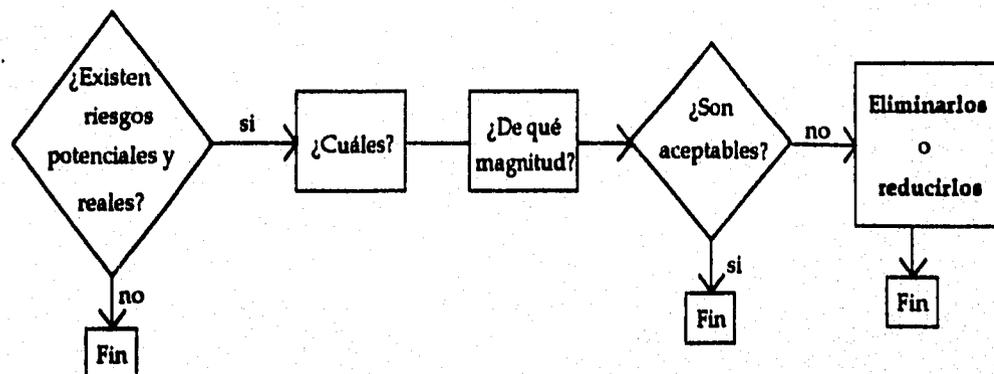


Figura 2.4. Diagrama para la realización de un diagnostico de seguridad (OIT, *op. cit*)

La respuesta a estas exigencias pueden obtenerse a través de un análisis de riesgo. Para realizar este proceso se requiere de cubrir las siguientes etapas generales (OIT, *op. cit*):

- 1- Conocer a detalle las características de los procesos, los materiales utilizados y su entorno, para la identificación primaria de la existencia de posibles riesgos reales y potenciales.
- 2- Identificar los riesgos específicos existentes.
- 3- Evaluar la magnitud del evento y cuantificar sus posibles consecuencias, y si fuese necesario, evaluar la probabilidad de ocurrencia.
- 4- Establecer las medidas preventivas necesarias para eliminar o minimizar el riesgo hasta el grado de aceptación del mismo.

Las técnicas específicas a aplicar en cada una de las etapas, dependerán de cada caso particular y del grado de profundidad requerido.

### 2.3. MODELOS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO

Aún cuando no existen evidencias precisas, de las primeras metodologías para el análisis de riesgos en operaciones industriales tienen su origen entre 1910 y 1920. Éstas fueron producto de la experiencia adquirida a través de accidentes ocurridos. La primera de ellas se conoce hoy en día, como **Investigación de Accidentes** (Bird, 1982) la cual, aunque ha evolucionado, sigue conservando sus principios.

Los resultados de la **Investigación de Accidentes** son de gran utilidad, aún cuando no proporcionan todas las respuestas requeridas para contar con operaciones con un grado de confiabilidad aceptable. Las limitaciones propias de la metodología y las enseñanzas producto de ella, dieron como resultado la generación de **Códigos y Estándares** (por ejemplo: NFPA, Safety Data Sheet of Chemical Manufacturers Association...), donde se establecen parámetros generalmente aceptados para riesgos reconocidos.

La segunda metodología desarrollada y establecida fue la denominada **Inspecciones Planeadas y no Planeadas** (Bird, *op. cit*) a través de la cual se pretende identificar desviaciones contra lo no establecido en los códigos y estándares. Los cuales, a su vez indican, las medidas de control a implantar para eliminar o reducir los riesgos. Esta metodología se complementa mediante el uso de **Listas de Verificación** (Knowlton, 1982) lo cual facilita su aplicación.

La seguridad y operabilidad son factores significativos que deben ser considerados como parte integral en el diseño de los procesos. La revisión del proyecto puede ser llamada **Verificación Primaria de Seguridad** (Lees, 1980), la cual normalmente se logra a través de los Estándares y Códigos de Diseño.

Muchas organizaciones introdujeron algunas formas de revisiones secundarias de seguridad y una versión de ellas consiste en realizar revisiones de seguridad a través de grupos multidisciplinarios. La metodología "What if?" (¿Qué sucede si...?, Cizek, 1982) permite a cada paso del proceso, la determinación del efecto de las fallas en equipos o errores de operación. El grupo hace énfasis en la revisión de factores no detectables a través de las revisiones visuales, con el fin de identificar los riesgos potenciales con base a sus

conocimientos y experiencias, así como establecer las medidas de control más apropiadas.

El desarrollo formal de sistemas de análisis de riesgos se inició en la Industria Aeroespacial (Crosetti, 1971), como una respuesta a la magnitud de las consecuencias al ocurrir una falla. Por ejemplo, a principios de los 60's se empleó la metodología conocida como **Failure Mode and Effects Analysis** (Lambert, 1978), que es actualmente la formalización del sistema **What if?**. En 1962 se desarrolló la metodología **Fault Tree Analysis** (Arbol de fallas, Lawley, 1974), la cual consiste en el análisis y cuantificación de un diagrama lógico que identifica la secuencia de todos los eventos que pueden dar como resultado una falla específica (fuego, explosión, derrame, etc.).

También fue creado por la división Mond de ICI, el sistema **HAZOP** (**Hazard and Operability Studies**, Kletz, 1985) durante esta década. La metodología fue originalmente concebida para aplicarse en el diseño de nuevas unidades operativas de una industria o para modificaciones de la misma. El objetivo es estimular la imaginación en forma sistemática.

Actualmente, existe en el mercado una gran variedad de metodologías para el Análisis de Riesgos, pero el uso de ellas debe ser selectivo con el fin de optimizar sus resultados. En mayo de 1985, la **Chemical Manufactures Association** realizó un estudio en el que concluye que los métodos más usados para el análisis de riesgo son:

<p style="text-align: center;"><b>What if ?</b> <b>HAZOP</b> <b>Lista de verificación o de chequeo</b> <b>Índice Dow</b> <b>Índice Mond</b></p>
---

Antes de aplicar un método se deberán analizar sus ventajas y desventajas, preguntándonos invariablemente si nos dará la respuesta esperada en función del tiempo, profundidad, tiempo, costo y aplicabilidad de sus resultados.

Las listas de verificación son de uso frecuente para la identificación de los riesgos, pero tienen la desventaja de que cualquier aspecto no incluido en ellas quedará sin analizar. Son útiles cuando no existen modificaciones en las instalaciones.

Existe la tendencia de hacer tangible la magnitud de un riesgo identificado, sobre todo cuando no es clara la probabilidad de ocurrencia, es por ello, que las empresas utilizan métodos cuantitativos para evaluar riesgos. El cálculo de Índice Dow e Índice Mond han resultado prácticos para la evaluación del riesgo, con la limitante de ser orientadas a riesgos muy particulares (fuego, explosión y toxicidad).

Un sistema de control de riesgos de accidentes mayores plenamente desarrollado requiere una amplia variedad de individuos especializados. Además del personal industrial relacionado directa o indirectamente con el funcionamiento seguro de la planta, se necesitan inspectores, evaluadores del riesgo, planificadores de emergencia, autoridades locales, policías, servicios médicos, etc.

Un elemento esencial para establecer un sistema de control de riesgos mayores consiste en obtener información actualizada en relación con la seguridad.

En el presente trabajo se establece la metodología para aplicar algunos de estos modelos. En general, cuanto más laborioso es el método, más seguros son los resultados como indicadores del riesgo.

### **2.3.1. ESTUDIO DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON EL FUNCIONAMIENTO. (HAZOP)**

En la publicación *Safety Audits* del Consejo de Seguridad de la Industria Química Británica, se define esta técnica de la siguiente manera (OIT, *op. cit*):

"La aplicación de un examen crítico sistemático y regular al proceso y a las intenciones técnicas de las nuevas instalaciones para evaluar el potencial de riesgo de accidente por el mal funcionamiento de un elemento individual del equipo y sus consecuencias sobre la instalación en conjunto."

Esta técnica tiene por objeto descubrir de manera metodológica, los riesgos potenciales de un diseño y además poder aplicarse a plantas industriales de todo tipo.

La seguridad en el diseño de las plantas de productos químicos depende primordialmente de la aplicación de diversos códigos de diseño que se basan en los conocimientos teóricos y de la experiencia de expertos de la industria.

Desde hace mucho tiempo se ha reconocido la necesidad de verificar los diseños para evitar errores y omisiones. Los expertos suelen aplicar sus conocimientos especializados o sus experiencias para comprobar aspectos particulares del diseño, examinando si una planta funcionará como se pretende en todas las circunstancias posibles. Es probable que los riesgos detectados sean el resultado de una interacción imprevista de componentes o métodos de funcionamiento aparentemente seguros en condiciones óptimas.

El presente trabajo describe el método publicado por el Consejo de Seguridad e Higiene de la Industria Química en Londres en 1977 con el título de *A guide to hazard and operability studies*.

El procedimiento de examen consiste esencialmente en hacer una descripción completa del proceso, analizar de manera sistemática cada una de las partes para descubrir cómo se pueden producir desviaciones de la intención del diseño y determinar si esas pueden originar riesgos.

El análisis de cada una de las partes es objeto de un número de preguntas formuladas en torno a varias *palabras-guía* que se usan con el fin de poner a prueba la integridad de cada parte del diseño y sirven para analizar todas las formas concebibles en que ese diseño podría desviarse del funcionamiento normal. Las *palabras-guías* (Tabla 2.5) se aplican a la finalidad o intención del diseño. La finalidad del diseño nos indica qué se espera que haga el equipo.

Palabra-guía	Significado	Observaciones
NO	Negación	No se logran las finalidades, pero no sucede algo más.
MAS MENOS	Aumento o disminución cuantitativos	Se refiere a cantidades y propiedades como el flujo, temperatura,... y actividades como calentar y reaccionar
ASI COMO	Aumento cualitativo	Todas las finalidades del diseño y del funcionamiento se logran junto con alguna actividad adicional
PARTE DE	Disminución cuantitativa	Sólo alcanza alguna de las finalidades, otras no
INVERSION	La oposición lógica de la finalidad	Se aplica sobre todo a actividades, por ejemplo la inversión del flujo o de la reacción química
DISTINTO DE	Situación completa de la intención de diseño	No se consigue la finalidad original, sucede algo totalmente diferente

Tabla 2.5 Palabras empleadas por el método HAZOP (OIT, *op. cit*)

El objetivo de realizar exámenes es poner al descubierto toda posible desviación de manera que se identifiquen los riesgos asociados. Se encontrarán situaciones en las que la solución no cause efectos adversos en otras partes del diseño y se pueda adoptar una decisión y modificación inmediata del diseño, sin embargo esto no siempre es posible.

Es un examen sistemático y estructurado, por lo que las personas que participan en él tienen que utilizar ciertas palabras y expresiones de manera precisa; los términos más importantes se presentan en la tabla 2.6

<b>Intención:</b>	Define cómo se espera que funcione la pieza.
<b>Desviaciones:</b>	Se trata de desvíos de la intención.
<b>Causas:</b>	Son los motivos por los que se pueden presentar desviaciones
<b>Consecuencias:</b>	Son los resultados de las eventuales desviaciones que puedan producirse
<b>Riesgos de accidentes</b>	Son las consecuencias que pueden causar daños lesiones o pérdidas.

Tabla 2.6 Términos del análisis de HAZOP (OIT, *op. cit*)

El procedimiento de estudio consta de seis etapas las que se describen a continuación (OIT, *op. cit.*).

## **1. Definición de los objetivos y el alcance**

Son las razones para efectuar un estudio, cabe mencionar las siguientes:

- ✧ Verificar un diseño
- ✧ Decidir si se ha de comprar un equipo
- ✧ Mejorar la seguridad de las instalaciones existentes
- ✧ Determinar los tipos de riesgos que se han de tomar en consideración, por ejemplo:
  - ✧ para las personas que trabajan en la planta
  - ✧ para la planta y el equipo
  - ✧ para el público en general
  - ✧ para el ambiente

Habrá que determinar los límites físicos de la planta que se va a estudiar y si se deben incluir las interacciones con unidades o edificios próximos y especificar cualquier limitación de tiempo o financiera.

## **2. Composición del equipo de trabajo**

Los estudios sobre los riesgos relacionados con el funcionamiento se realizan normalmente por equipos profesionales multidisciplinares. Los miembros de esos equipos pueden ser de dos tipos: los que hacen la aportación técnica y los que desempeñan la tarea de apoyo y de estructuración.

### **3. Preparación del estudio**

El trabajo preparatorio consta de cuatro etapas:

- a. Obtener datos
- b. Preparar la información en forma adecuada
- c. Planificar la secuencia del estudio
- d. Organizar las reuniones necesarias.

Por lo general, los datos constan de varios diseños en forma de diagramas de flujo, de construcción, planos de disposición de la fábrica, planos isométricos. También de instrucciones de funcionamiento, diagramas de control de los instrumentos, diagramas lógicos y programas de computadora y, a veces de manuales de la planta y de los equipos.

Se prepara un diagrama que lleva la secuencia del proceso y una vez reunidos todos los datos, el jefe del estudio organiza las reuniones de trabajo con los expertos.

### **4. Realización del examen**

El examen comienza basándose en el orden del modelo o diagrama y aplicando las palabras-guías a cada parte de la sección o unidad objeto del análisis.

A medida que se detecten los riesgos de accidente, algunas veces se pueden proponer soluciones o asignar a la persona encargada de investigar el posible cambio.

### **5. Actividades de seguimiento**

Si se han de adoptar decisiones con respecto a los cambios de diseño o los métodos de funcionamiento, éstos deben comunicarse al responsable.

Una vez que se ha descubierto un riesgo, se debe convenir el tipo de medida requerida para proporcionar un sistema seguro, la que puede clasificarse en dos categorías:

- a. las que supriman la causa del riesgo
- b. las que reduzcan sus consecuencias.

Es preferible suprimir el riesgo pero esto también depende del costo. En general, un cambio en el diseño será más costoso que la mayoría de las medidas preventivas de funcionamiento.

## **6. Registro de resultados**

Es importante anotar los resultados con objeto de dar un informe de la situación de la planta. Este puede ayudar en caso de accidentes, de modificaciones futuras en el proceso e influir en las primas de seguros.

### **2.3.2 ÍNDICE DOW**

A continuación se describe un sistema rápido que permite clasificar en forma individual los elementos de una planta industrial. Es una versión simplificada del método establecido por la Dow Chemical Company (Dow, 1981).

Antes de aplicar índices de riesgo, la instalación debe subdividirse en elementos o unidades lógicas e independientes. En algunos casos, el grupo de equipos o unidad puede estar constituida por un elemento de la planta separado de los demás elementos por espacio o por muros de protección. Un elemento también puede ser un aparato, instrumento, sección o sistema capaz de provocar un riesgo específico. Para cada elemento de la planta que contenga sustancias

inflamables o tóxicas, se puede determinar un índice de incendio y explosión (I y E) y/o un índice de toxicidad (T).

Para organizar la información necesaria de la evaluación de los índices de T, I y E es común utilizar la hoja de datos que se muestra en la tabla 2.7. Para su llenado se utilizan datos de la National Fire Protection Association (NFPA) sobre propiedades químicas y físicas de cada material.

El primer paso es la determinación del Factor del Material. Este es la medición del potencial de energía del material o mezcla de materiales presentes más peligrosos. El Factor del Material se determina utilizando únicamente dos propiedades, la inflamabilidad y la reactividad, caracterizadas por la inestabilidad y la reactividad al agua de la sustancia química. El Factor del Material se debe determinar con respecto a todas las sustancias peligrosas que existen en el elemento de la planta.

Posteriormente se determinan los riesgos generales del proceso y los riesgos especiales del mismo; la penalización<sup>1</sup> recomendada en cada caso se muestra en la tabla 2.7.

El índice de toxicidad se basa primordialmente en las cifras índices de los riesgos para la salud establecidas por la NFPA. En el presente trabajo no se incluye la lista por ser muy extensa.

Las cifras de la NFPA se plasman en un factor de toxicidad ( $T_h$ ) y este factor se correlaciona con el valor de la concentración máxima admisible de la sustancia tóxica añadiéndole una penalización ( $T_s$ ).

<sup>1</sup> La penalización se refiere al factor de "castigo" de acuerdo a las características del proceso. Por ejemplo, cuando se maneja un material inflamable la penalización se calcula de la siguiente forma:

Penalización (Y)	Situación
$\log Y = 0.305 \cdot \log(eQ \cdot 2.965)$	En proceso
$Y = \sqrt{185 - \log\left(\frac{eQ}{7 \cdot 10^{14}}\right)^2} - 11.45$	Para gas licuado presurizado almacenado
	Para líquidos inflamables almacenados
$Y = \sqrt{55 - \log\left(\frac{eQ}{27 \cdot 10^{10}}\right)^2} - 6.4$	

donde:

e: calor de combustión del material en KJ/Kg

Q: cantidad de material inflamable en Kg.

INDICE DOW			
Nombre			Fecha
Localización			Número
Planta	UNIDAD	A cargo de	
MATERIAL Y PROCESOS			
Materiales		Disolventes	
FACTOR DEL MATERIAL			
RIESGOS GENERALES DEL PROCESO (RGP)	Penalización	Penalización usada	
Reacciones exotérmicas	0.2 a 1.25		
Reacciones endotérmicas	0.2 a 0.4		
Transferencia y manejo de materiales	0.5 a 0.6		
Unidades de proceso cerradas	0.3 a 0.6		
Añádase $RGP_{tot}$			
$FM = (1 + RGP_{tot})$			
RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO (REP)			
Temperatura del proceso			
Superior al punto de inflamación	0.25		
Superior al punto de ebullición	0.6		
Superior al punto de autoignición	0.75		
Presión baja (sub-atmosférica)			
Riesgo de formación de peróxido	0.5		
Sistema de acopio de hidrógeno	0.5		
Destilación al vacío ( $P > 0.67$ bar)	0.75		
Operación en o cerca de condiciones de inflamabilidad			
Líquidos inflamables y GLP almacenados en tanques en el exterior	0.5		
Confianza en instrumentos y/o $N_2$ o purga de aire para quedar fuera del campo de inflamabilidad	0.75		
Siempre en condiciones de inflamabilidad	1.0		
Presión de servicio (P=presión)	$0.435 \log P$		
Temperatura baja			
Entre 0 y $-30^\circ C$	0.3		
Inferior a $-30^\circ C$	0.5		
Cantidad de material inflamable			
En proceso	Y		
Almacenamiento	Y		
Corrosión y erosión	0.1 a 0.5		
Fugas por uniones y empaques	0.1 a 1.5		
Añádase RPE			
$I y E = FM \cdot (1 + RGP_{tot}) \cdot (1 + REP_{tot})$			
INDICE DE TOXICIDAD			
$T = (T_h + T_c) / 100 \cdot (1 + RGP_{tot} + REP_{tot})$			

Tabla 2.7 Hoja de cálculo del índice Dow (Dow, 1981)

## CLASIFICACIÓN EN CATEGORÍAS DE RIESGOS

De acuerdo con los índices de T, I y E obtenidos del análisis Dow, se establecen tres categorías. La categoría I agrupa a los elementos con el menor riesgo potencial y la III representa los mayores riesgos potenciales (Tabla 2.8). Cabe mencionar que en el caso de obtener un índice de Incendio y Explosión y uno de Toxicidad en diferentes categorías, se adopta el índice más alto.

Categoría	I y E	T
I	$F^2 < 65$	$T < 6$
II	$65 \leq F < 95$	$6 \leq T < 10$
III	$F \geq 95$	$T \geq 10$

Tabla 2.8 Clasificación de riesgo del índice Dow

Tomado de (Dow, *op. cit*)

### 2.3.3. ÍNDICE MOND

La información mínima requerida para efectuar el estudio "Mond" y obtener los índices de Fuego, Explosión y Toxicidad se presenta en forma esquemática en la tabla 2.9. A continuación se describen, los pasos a seguir para la evaluación de los índices.

Una sección se define como la parte de una planta que se puede identificar lógica y fácilmente como una entidad separada. La parte de la planta seleccionada como una sección es normalmente el área donde exista un proceso particular y/o un riesgo material, diferente de aquellos presentes en otras secciones cercanas.

Materiales, catalizadores, intermedios, subproductos y solventes deben identificarse y listarse para la sección junto con las reacciones u operaciones normalmente efectuadas dentro de ella. Posteriormente se selecciona uno de estos materiales (o mezclas de los mismos) que represente el mayor riesgo en la

---

<sup>2</sup>Valor del índice de I y E obtenido.

unidad. Esta selección se basa generalmente, en el grado de inflamabilidad combinado con la cantidad de material, aunque en algunos casos la combinación de cantidad y energía potencial explosiva puede considerarse como de mayor riesgo.

#### **MÉTODO DE APLICACIÓN**

Este consiste en siete pasos que se describen a continuación (Lewis, 1979):

- I. Determinación del Factor de Material (B)
- II. Riesgos especiales del material (M)
- III. Riesgos generales del proceso (P)
- IV. Riesgos especiales del proceso (S)

En esta sección los factores de cantidad se asignan con respecto a las características de operación del proceso, almacenamiento, transporte,...

- V. Riesgo de cantidad (Q)

El factor de cantidad se asigna por medio de 3 gráficas, en las que se relaciona el peso de material en toneladas, la presión de operación con Q (Lewis, *op. cit.*).

- VI. Riesgos por el arreglo del equipo (L)

Diseño de la estructura

Efecto dominó

- VII. Riesgos de toxicidad (T)

Valores de TLV<sup>3</sup>

Forma del material

---

<sup>3</sup>TLV: (Time Weighted Threshold Limit Values), Valor de límite umbral, es la concentración a bajo de la cual no hay efectos tóxicos en 7 u 8 horas de exposición por día.

## Riesgo de exposición corta

### Adsorción por la piel

#### Factores físicos

Una vez seleccionada la sección y recabados y analizados los datos requeridos, se procede al llenado de la una hoja de trabajo (Tabla 2.9) y al cálculo del índice.

La columna de "Factor usado" representa la penalización máxima para cada situación, es decir sin tomar en cuenta la existencia de medidas de seguridad. Las medidas de mitigación de riesgo, se evalúan en la columna del factor reducido, tomando en cuenta la existencia o no de las siguientes medidas de prevención y protección:

1. **Prevención de riesgos de Almacenamiento**
  - ✦ Recipientes a presión
  - ✦ Tanques verticales de almacenamiento no a presión
  - ✦ Líneas de transferencia (Tensión de diseño, Juntas y empaques)
  - ✦ Contenedores adicionales
  - ✦ Detección y respuesta a fugas y derrames
  - ✦ Desecho de material derramado
2. **Control de proceso**
  - ✦ Sistemas de alarma
  - ✦ Suministro de emergencia de energía
  - ✦ Sistemas de enfriamiento de proceso
  - ✦ Sistemas de gas inerte
  - ✦ Actividades de estudio de riesgo
  - ✦ Sistemas de seguridad para paros
  - ✦ Control por computadora
  - ✦ Protección contra explosión o reacción incorrecta
  - ✦ Instrucciones de operación
  - ✦ Supervisión de planta
3. **Actitud de Seguridad**
  - ✦ Involucramiento de la gerencia
  - ✦ Entrenamiento en seguridad
  - ✦ Procedimiento de seguridad y mantenimiento
4. **Protección contra incendio**
  - ✦ Recubrimiento a estructuras
  - ✦ Barreras resistentes a fuego
  - ✦ Equipo de protección contra incendios
5. **Aislamiento de corte de material**
  - ✦ Sistemas de válvulas
  - ✦ Ventilación
6. **Combate de incendios**
  - ✦ Alarma de emergencia
  - ✦ Extinguidores
  - ✦ Red contra incendios
  - ✦ Espuma o inertización
  - ✦ Respuesta de la brigada
  - ✦ Cooperación con otras plantas
  - ✦ Extractores de humo

INDICE MOND DE INCENDIO, EXPLOSION Y TOXICIDAD					
Nombre			Fecha		
Localización			Número		
Planta	Unidad	A cargo de			
Sustancias		Productos			
Catalizadores		Presión (Bar)			
Productos intermedios		Temperatura (°C)			
Solventes		Reacciones			
I. FACTOR DEL MATERIAL			Observaciones		
Sustancia o Mezcla:					
Calor de combustión, formación, o reacción		KCal/g			
Factor B =					
II. RIESGOS ESPECIALES DE LA SUSTANCIA		Factor sugerido	Factor usado	Letra del factor	Valor Reducido
Sustancia oxidante		0 a 20			
Reacción con agua produce gas combustible		0 a 30			
Características de la mezcla		-60 a 60			
Sujeta a calentamiento espontáneo		30 a 250			
Sujeta a polimerización espontánea		25 a 75			
Sensibilidad a la ignición		-75 a 150			
Sujeta a descomposición explosiva		0 a 125			
Sujeta a detonación en fase gaseosa		0 a 150			
Riesgo de explosión en fase condensada		200 - 1500			
Otro		0 a 150			
Total		M =			
III. RIESGOS GENERALES DEL PROCESO		Factor sugerido	Factor usado	Letra del factor	Valor Reducido
Manipulación y cambios físicos		10 a 50			
Reacciones continuas simples		25 a 50			
Reacción batch simple		35 a 110			
Reacciones múltiples en un mismo equipo		35 a 185			
Transferencia de materiales		0 a 50			
Recipientes móviles o transportables		10 a 100			
Total		P =			
IV. RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO		Factor sugerido	Factor usado	Letra del factor	Valor Reducido
Baja presión ( $\leq 1 \text{ Kg/cm}^2$ )		0 a 100			
Alta presión					
Baja temperatura					
Acero al carbón 10 a -25° C		15			
Acero al carbón < -25° C		30 a 100			
Otros materiales		0 a 100			
Alta temperatura					
Sustancias inflamables		0 a 40			
Resistencia de los materiales		0 a 25			
Corrosión y erosión		0 a 150			
Fugas por juntas y empaques		0 a 60			
Vibración, cargas cíclicas, fatiga....		0 a 50			

Tabla 2.9 Hoja de cálculo del índice Mond (PUMA, 1995) (primera parte)

	Factor sugerido	Factor usado	Letra del factor	Valor Reducido
Procesos o reacciones difíciles de controlar	20 a 300			
Operaciones en/cerca del rango de inflamabilidad	0 a 150			
Riesgo de explosión superior al promedio	40 a 100			
Riesgo de explosión en polvos o neblinas	30 a 70			
Uso de sustancias fuertemente oxidantes	0 a 300			
Sensibilidad del proceso a la ignición	0 a 75			
Riesgos electrostáticos	0 a 200			
Total		S =		
Temperatura del proceso en K		t =		
<b>V. RIESGOS DEL INVENTARIO</b>				
Inventario Total	(m <sup>3</sup> )			
Densidad (Ton/m <sup>3</sup> )	K (Ton) =			
Factor por inventario	1 a 1000	Q =		
Altura (m)	H =	Superficie de trabajo (m <sup>2</sup> )	N =	
<b>VI. RIESGOS POR TIPO DE CONSTRUCCIÓN Y DISPOSICIÓN.</b>				
Diseño estructural	0 a 200			
Efecto domino	0 a 250			
Instalaciones subterráneas	0 a 150			
Drenaje superficial	0 a 100			
Otro	0 a 250			
Total		L =		
<b>VII. RIESGO DE TOXICIDAD</b>				
Valores TLV	0 a 300			
Forma del material	25 a 200			
Riesgos de exposición corta	100 a 150			
Absorción por la piel	0 a 300			
Factores físicos	0 a 50			
Total		T =		
<b>CÁLCULO DE ÍNDICES DE RIESGO</b>				
Índice				Valor
General de riesgo	$D = B \cdot (1 + M/100) \cdot (1 + P/100) \cdot (1 + (S + Q + L)/100 + T/400)$			
	$F = B \cdot K / N \cdot 20500 \text{ Btu/ft}^2$			
Carga de Fuego	$E = 1 + (M + P + S)/100$			
Riesgo de explosión interna	$A = B \cdot (m/100) \cdot (Q \cdot H \cdot E) \cdot (T/300) \cdot ((1 + P)/1000)$			
Riesgo de explosión externa	$U = T/100 \cdot (1 + M \cdot P \cdot S)/100$			
Toxicidad de la unidad	$C = Q \cdot U$			
Toxicidad mayor	$R = D \cdot (1 + v \cdot F \cdot U \cdot E \cdot A)/1000$			

Tabla 2.9 Hoja de cálculo del índice Mond. (segunda parte)

Tomado de (PUMA, op. cit).

Siempre que los factores de riesgo individual se reduzcan, el nuevo valor debe aparecer en la columna de "Valor reducido" en las formas. Una vez que los cambios individuales se han hecho, los índices se calculan.

## CÁLCULO DE LOS ÍNDICES

El **Índice General (D)** indica el grado de riesgo global, este es estandarizado en la tabla 2.10. El cálculo del **potencial de explosión (E)** es una medida del riesgo de explosión interna de la planta, aunque no representa el único potencial de explosión de la sección. Del estudio de gran número de sustancias inflamables que han dado lugar, ya sea a explosiones aéreas o a nubes que han causado únicamente fuego por ignición, ha sido posible derivar el **índice A de explosión aérea** (Lewis, *op. cit.*).

Grado de riesgo	Rango del índice General (D)
Suave	0 - 20
Ligero	20 - 40
Moderado	40 - 60
Moderadamente alto	60 - 75
Alto	75 - 90
Extremo	90 - 115
Muy extremo	115 - 150
Potencialmente catastrófico	150 - 200
Muy catastrófico	más de 200

Tabla 2.10 Grado de riesgo según Mond  
Tomado de PUMA, *op. cit.*

El **índice unitario de toxicidad** representa la influencia de la toxicidad y consideraciones afines sobre el control y supervisión de la sección de la planta. Usando una combinación del **Índice U** y el **Factor de cantidad Q**, se obtiene el **índice máximo tóxico C**. Las categorías de estos índices se presentan en la tabla 2.11.

Categoría	Índice de Explosión interna de la Sección (E)	Índice de Explosión Aérea(A)	Índice unitario (U) de Toxicidad	Índice del Máximo Incidente Tóxico (C)
Ligero	0 - 1	0 - 10	0 - 1	0 - 20
bajo	1 - 2.5	10 - 30	1 - 3	20 - 50
Moderado	2.5 - 4	30 - 100	3 - 6	50 - 200
Alto	4 - 6	100 - 500	6 - 10	200 - 500
Muy Alto	Arriba de 6	Más de 500	Más de 10	Más de 500

Tabla 2.11 Clasificación de peligro según el método Mond (PUMA, *op. cit.*)

El cálculo del Potencial de fuego (F) da un estimado de la duración del fuego en el caso de un incidente (Tabla 2.12).

La división Mond ha observado que la magnitud global del riesgo cuando se considera el arreglo de equipo de la planta, debe tener influencia de los índices calculados anteriormente. Las categorías se muestran en la tabla 2.12

Existen diferentes niveles aceptables de riesgo global, estos son apropiados según las circunstancias, la lista de valores del Factor Global de Riesgo se presentan en la tabla 2.12.

Categoría del Riesgo Global	Cantidad de Fuego (F) en Btu/ft <sup>2</sup> del Área Normal de Trabajo (valores efectivos)	Rangos de la Duración Esperada del Fuego-Horas	Factor Global Riesgo R
Ligero	0 - 50,000	0.25 - 0.50	0 - 20
bajo	50,000 - 100,000	0.50 - 1.00	20 - 100
Moderado	100,000 - 200,000	1.00 - 2.00	100 - 500
Alto	200,000 - 400,000	2.00 - 4.00	500 - 1100
Muy alto	400,000 - 1,000,000	4.00 - 10.00	1100 - 2500
Intenso	1,000,000 - 2,000,000	10.00 - 20.00	2500 - 12500
Extremo	2,000,000 - 5,000,000	20.00 - 50.00	12500 - 65000
Muy extremo	5,000,000 - 10,000,000	50.00 - 100.00	Más de 6500

Tabla 2.12 Categorías de riesgo del método Mond.  
Tomado de PUMA, *op. cit.*

#### 2.3.4. MÉTODO "CONCIENTIZACIÓN Y PREPARACIÓN PARA EMERGENCIAS A NIVEL LOCAL" (APELL)

A fines de 1986, después de varios accidentes industriales importantes (Tablas 2.1, 2.2 y 2.3), el director ejecutivo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), sugirió una serie de medidas con la finalidad de reducir la frecuencia y la gravedad de los accidentes tecnológicos.

Dos de ellas fueron diseñadas para ayudar a los gobiernos de los países en vías de desarrollo, suscribiendo convenios internacionales y la tercera, para instituir un programa que permita a las autoridades en cooperación con la industria identificar riesgos potenciales en sus localidades y preparar medidas de emergencia para afrontar accidentes que impliquen riesgos para la salud, la seguridad y el ambiente.

El proceso APELL, fue instituido a partir de 1988 por la Oficina para la Industria y el Medio Ambiente (OIMA) del PNUMA. Básicamente está enfocado a los riesgos generados dentro de la planta, incluyendo el transporte de materiales peligrosos dentro de la comunidad. En el programa participan: las autoridades, la industria y los grupos de interés local.

APELL es un proceso de respuesta a accidentes tecnológicos y su objetivo principal es proteger a la comunidad de toda pérdida humana y material, así como evitar daños al medio ambiente. Estos objetivos se pueden lograr al (UNEP, 1990):

- ♦ Concientizar a la comunidad y a los encargados de la seguridad sobre los posibles peligros de accidentes industriales dentro de una zona dada.
- ♦ Desarrollar un plan que responda a las emergencias de esta naturaleza evitando que se transformen en catástrofes de graves consecuencias.
- ♦ Capacitar a la comunidad local para reaccionar adecuadamente ante situaciones de emergencias.

La finalidad global del proceso APELL es el de prevenir la pérdida de vidas humanas, los perjuicios a la salud, el bienestar social, los daños materiales y el ambiente.

En la aplicación del proceso APELL es posible que participen personas y comunidades que rebasen las fronteras locales, regionales o nacionales. Estos formaran el Grupo de Coordinación para actuar conjuntamente en favor del bienestar, de la seguridad y de los bienes materiales de la localidad. Éste funcionará como vínculo entre la industria, el gobierno local y la comunidad, para desarrollar un enfoque unificado y coordinado que permita planificar la respuesta ante una emergencia y establecer canales de comunicación con la

comunidad. El esquema de trabajo entre los participantes propuesto por la PNUMA se muestra en la tabla 2.13

<b>Responsabilidad de la industria</b>	<b>Acciones del Grupo de Coordinación</b>	<b>Responsabilidades del gobierno local</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Establecer procesos seguros de operación</li> <li>2. Garantizar la seguridad personal de los trabajadores</li> <li>3. Establecer programas de seguridad</li> <li>4. Coordinar al personal de la planta en caso de emergencia</li> <li>5. Desarrollar planes y procedimientos de respuesta en emergencias</li> <li>6. Proporcionar condiciones y equipo de seguridad, entrenamiento e información sobre riesgos químicos</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Abrir líneas de comunicación</li> <li>2. Compartir la información</li> <li>3. Coordinar planes y procedimientos de emergencia</li> <li>4. Interactuar con otros organismos de respuestas ante emergencias</li> <li>5. Educación y entrenamiento conjuntos</li> <li>6. Proporcionar asistencia para la ayuda mutua</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Propiciar una comunidad segura</li> <li>2. Garantizar la seguridad y el bienestar de todos</li> <li>3. Establecer programas de seguridad pública</li> <li>4. Proteger las vidas así como las propiedades</li> <li>5. Coordinar equipos de respuesta a emergencias</li> <li>6. Desarrollar planes y procedimientos para responder en caso de emergencia</li> <li>7. Dirigir entrenamientos y ejercicios de simulacro</li> <li>8. Mantener canales de comunicación con los gobiernos nacionales</li> </ol>

Tabla 2.13 Esquema vínculo de responsabilidad. (UNEP,1990)

Todas las instalaciones industriales tienen la responsabilidad de establecer y poner en marcha un plan de respuesta ante una emergencia dentro de la planta. Este plan esta basado en una revisión de la seguridad del funcionamiento de las instalaciones, por lo que se debe examinar detalladamente los elementos que pueden afectar la seguridad en el funcionamiento de las instalaciones.

#### 2.3.4.1. PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE LA RESPUESTA A UNA EMERGENCIA

Entre los primeros pasos que se deben dar dentro del proceso de planificación están el de reunir la información y evaluar la situación presente, analizando los siguientes puntos (UNEP, *op. cit*):

1. Identificar los órganos locales que componen la red potencial de concientización y preparación local (bomberos, policía, servicios médicos, etc.)
2. Identificar los riesgos que puedan provocar una situación de emergencia. Lo primero que viene a la mente son las instalaciones que producen productos químicos, pero también hay otras operaciones que implican riesgos mayores (almacenes de agroquímicos, gasolineras, etc.).
3. Evaluar cuál es la situación de la comunidad en cuanto a planificación y coordinación de la preparación para emergencias provocadas por productos peligrosos, asegurándose que no haya duplicidad de funciones.
4. Identificar con claridad a los interlocutores específicos de la comunidad y determinar sus responsabilidades en un caso de emergencia.
5. Hacer una lista de equipo y material disponible en la comunidad para responder ante emergencias.
6. Identificar la estructura organizativa para el manejo de emergencias. Esto es en el caso de que existan planes de emergencia por parte de las industrias.
7. Verificar si la comunidad tiene grupos entrenados de respuesta a emergencias en el caso de fugas de materiales peligrosos.
8. Definir el sistema de transporte de emergencia de la comunidad. Comprobar si se tienen rutas de evacuación designadas y si éstas son conocidas por todos.
9. Definir cómo debe proceder la comunidad para proteger a los habitantes durante las emergencias.
10. Establecer un mecanismo para que los encargados de la respuesta puedan intercambiar información o ideas durante una emergencia con otras entidades.

#### **2.3.4.2. ESTRATEGIAS PARA ESTABLECER EL PROCESO APELL**

Para establecer el proceso APELL, se puede seguir una estrategia en diez pasos, a fin de lograr un plan de respuesta (UNEP, *op. cit*):

- 1. Identificar a los participantes de la respuesta a una emergencia y definir sus funciones, recursos y responsabilidades.**
- 2. Evaluar los peligros y riesgos que pueden provocar una situación de emergencia en la comunidad.**

❖ **A partir de las especialidades de los participantes, hacer una lista de los riesgos posibles que pueden provocar una situación de emergencia en la comunidad, tomando en cuenta:**

- ♦ **plantas químicas**
- ♦ **instalaciones nucleares**
- ♦ **desastres naturales**
- ♦ **instalaciones industriales**
- ♦ **actividades de transporte.**

❖ **Definir la magnitud del riesgo y la posible gravedad del impacto de acuerdo a factores como:**

- ♦ **amplitud de la zona de impacto**
- ♦ **número de personas en peligro**
- ♦ **tipo de peligro (tóxico, explosivo o inflamable)**
- ♦ **impactos en áreas ambientales sensibles.**

- ◇ **Determinar la probabilidad de un incidente, definiendo si es suficiente un enfoque cualitativo o si resultaría útil una evaluación de riesgos cuantitativa, tomando en cuenta los siguientes factores:**
  - ◇ **probabilidad de incidentes aislados**
  - ◇ **probabilidad de incidentes simultáneos (por ejemplo un desastre natural que provoque fuga de materiales peligrosos)**
- 3. Hacer que los participantes revisen su propio plan de emergencia para adecuarlo a la respuesta coordinada.**
- 4. Identificar las tareas de respuesta necesarias que no han sido cubiertas por los planes existentes.**
- 5. Amortizar estas tareas con los recursos disponibles de cada uno de los participantes.**
- 6. Realizar los cambios necesarios para mejorar los planes existentes, integrarlos al plan global de la comunidad y buscar un consenso.**
- 7. Poner por escrito el plan integrado de la comunidad y buscar la aprobación de las autoridades locales.**
- 8. Informar a todos los grupos participantes sobre el plan integrado y asegurarse de que todos los encargados de responder a una emergencia estén debidamente entrenados.**
- 9. Definir procedimientos para probar, revisar y actualizar el plan de manera periódica.**
- 10. Informar y entrenar a la comunidad en su conjunto en la utilización del plan integrado.**

Dado que el paso 2 indica que debe hacerse una evaluación de los peligros a los cuales está expuesta una población, el PNUMA propone la siguiente metodología para evaluar la peligrosidad de una zona (UNEP,1992)

### **2.3.4.3. METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA ZONA**

Los objetivos principales del proceso APELL se pueden dividir en (UNEP, *op. cit*):

- 1. Identificar participantes y establecer los canales de comunicación para tener la información necesaria.**
- 2. Evaluar los riesgos y peligros de una comunidad, en que pueda presentarse una emergencia.**

Los requisitos para realizar esta evaluación son (UNEP, *op. cit*):

- 1. Mapas que muestren toda la información geográfica, et nográfica, agrícola, industrial, etc., de la zona**
- 2. Lista de fuentes de peligro que operan en el área.**
- 3. Información del número de trabajadores y habitantes que se encuentren en el área.**
- 4. Conocimiento de los planes de emergencia que existen.**
- 5. Modelos que ayuden a evaluar el área máxima de daño.**

La información necesaria para el análisis se recopila y, consta de los siguientes puntos:

#### **Identificación**

- 1. OBJETO (Qué objeto de riesgo está siendo analizado)**
- 2. OPERACIÓN (Qué actividad se lleva a cabo )**
- 3. PELIGRO (Qué daño involucra esta actividad (cantidad del material inflamable, tóxico...))**

### **Evaluación**

4. **TIPO DE RIESGO** (Qué tipo de riesgo puede causar el material o situación peligrosas. Este sería el punto final del análisis si el riesgo fuera despreciable)
5. **ZONA AMENAZADA** (Cuál es la zona vulnerable)
6. **CONSECUENCIAS** (Cómo sería la afectación, cuáles serían las consecuencias, cuáles serían las zonas de peligro. Este sería el final del análisis si no existe una zona importante en peligro.)

### **Clasificación y gravedad**

7. **VIDA** (Grado de afectación de las personas que viven en el lugar)
8. **AMBIENTE** (Qué impacto tendrá en la atmósfera)
9. **PROPIEDAD** (Cuáles pueden ser los costos en caso de accidente en términos de hospitalización, limpieza del ambiente, pérdida de la propiedad,...)
10. **VELOCIDAD** (Qué tan rápido se desarrollara el accidente)

### **Jerarquización**

11. **PROBABILIDAD** (Cuál es la probabilidad de que este evento ocurra, qué tan seguido ocurre)
12. **PRIORIDAD** (Qué prioridad tiene este evento dependiendo de las consecuencias del mismo)
13. **COMENTARIOS** (Considerar el peor de los casos y la dimensión del daño estimado)

La probabilidad de que ocurra un accidente debe tomar en cuenta todas las fuentes de riesgo para un evento. La información estadística de accidentes e incidentes es la forma de estimarla. Sin embargo la probabilidad de ocurrencia de un evento, se ve afectada por muchos factores que varían para cada caso (la forma de la instalación, el método de operación de los objetos de riesgo).

Por ejemplo, la probabilidad de que ocurra un incendio de consecuencias catastróficas depende de la cantidad y tipo de material combustible, del envase en el que esté almacenado, de las condiciones atmosféricas, de la ventilación, de la capacidad de respuesta, etc.

Las consecuencias se evalúan tomando en cuenta el carácter del riesgo en particular y los objetos que pudieran ser afectadas. Algunas preguntas "típicas" en esta etapa son:

¿Existen sustancias químicas muy tóxicas presentes?

¿Hay grandes cantidades de gases tóxicos que pueden escapar en concentraciones riesgosas en la vecindad?

¿Puede reaccionar alguna sustancia química con otras sustancias presentes en los alrededores o con la atmósfera para crear un producto peligroso para la comunidad?

¿Existe almacenamiento de materiales combustibles que pudieran constituir un riesgo serio por fuego?. ¿Puede generarse una nube dañina?

Es importante recordar que la potencialidad del daño producido dependerá de la toxicidad y cantidad de las sustancias químicas, de la energía almacenada y/o del tipo de accidente causado.

Un trabajo de análisis de riesgo incluye una clasificación general de riesgos individuales de acuerdo con su probabilidad, consecuencias y tiempos de alerta. La probabilidad de que un riesgo cause un accidente puede clasificarse de uno a cinco, estimando la frecuencia con la que se esperan que ocurran (UNEP, *op. cit*), tal como se muestra en la tabla 2.14.

Esta estimación se basa principalmente en la experiencia de los miembros del Grupo de Coordinación junto con estadísticas e información de accidentes e incidentes retrospectivos (UNEP, *op. cit.*).

Clase	Frecuencia
1. Improbable	menos de una vez cada 1000 años
2.	una vez de 100 a 1000 años
3.	una vez de 10 a 100 años
4. ↓	una vez de 1 a 10 años
5. Muy probable	más de una vez al año

Tabla 2.14 Jerarquización según la frecuencia de ocurrencia de un accidente (UNEP, *op. cit.*).

Si un riesgo representa una amenaza seria, un estudio más cuidadoso de la frecuencia de accidentes puede ser requerido. En general la aplicación de métodos complicados va más allá del alcance de un análisis de riesgo en una población. Los métodos simples son suficientes como base de planeación local (UNEP, *op. cit.*). Sin embargo la industria debe analizar y conocer sus propios riesgos y en caso necesario usar métodos de análisis de riesgo mucho más detallados y específicos como los métodos MOND, DOW o HAZOP.

### 2.3.5. OBSERVACIONES

El análisis de cada uno de los métodos descritos en este capítulo, nos indica que para cubrir el objetivo de esta tesis, el método más apropiado es el método APELL porque:

- ✧ El método HAZOP (sección 2.3.1) es más detallado y requiere de los planos de la fábrica y del conocimiento de las condiciones de operación. El cálculo de los índices MOND y DOW (secciones 2.3.2 y 2.3.3) se realiza sobre los equipos de mayor riesgo, para lo cual se necesitan planos del equipo y manuales de uso. El método propuesto por la PNUMA, (descrito en la sección 2.3.4) sólo

requiere conocer las cantidades utilizadas y almacenadas de sustancias peligrosas y sus condiciones físicas. Por supuesto el hecho de que requiera menor información hace menos preciso el cálculo, sin embargo es una buena estimación del posible daño en caso de accidente, lo cual permite planear la respuesta en caso de emergencia.

- ✧ El estudio debe realizarse para una zona industrial y no se cuenta con la información necesaria para implementar un estudio con los métodos como: Índice DOW, MOND y HAZOP.
- ✧ Los datos que se tienen del proceso de cada industria son muy generales, pero suficientes para calcular la zona vulnerable en caso de una catástrofe. Sin embargo, son escasos para evaluar el riesgo de un accidente pequeño.

En el capítulo cinco se presenta información específica del procedimiento usado para evaluar la zona industrial de CIVAC, en la que se emplea el método propuesto por la compañía Dow, para estimar una explosión.

## **CAPÍTULO 3**

### **CARACTERÍSTICAS DE LA CIVAC Y SU ENTORNO.**

Las características físicas de una zona son importantes, porque determinan de manera indirecta y directa la interacción de las actividades del hombre con el medio; la utilización y el estado actual de los recursos naturales. Es necesario saber cuales son las condiciones físicas promedio en la zona de estudio, para realizar la simulación de un accidente futuro.

Se requiere la descripción del medio que puede ser afectado, para determinar y evaluar los efectos ambientales en caso de catástrofe ocasionada por una sustancia peligrosa.

Las características económicas y sociales son importantes porque indican el grado de preparación y la necesidad de la población para responder en casos de catástrofes.

El territorio del estado de Morelos limita al norte con el estado de México y el Distrito Federal, al este y sureste con Puebla, al sur y suroeste con Guerrero y al oeste con el estado de México (Fig. 3.1). Tiene una superficie de 4,958.22 Km<sup>2</sup>, por lo que sólo Tlaxcala y de Distrito Federal son de menor área.

Desde el punto de vista fisiográfico, Morelos se encuentra en la provincia del Sistema Volcánico, particularmente a la vertiente que se vincula a la Depresión del Balsas (Aguilar, 1989).

Se sitúa al sur del trópico de Cáncer dentro de la zona térmica tropical, lo que determina que el clima sea cálido; pero las diferencias de altitud del relieve en la porción norte, son el factor que influye más en las condiciones climáticas, que equivalen a las de la zona térmica templada.

Su capital Cuernavaca, registra índice cálido durante la época de lluvia, ya que en dicha época ocurren los dos pasos del Sol por el cenit en Morelos y por lo tanto la radiación solar incide en forma más directa (Vidal, 1980). En la temporada de estiaje se observa un índice templado por presentarse en parte,



Los recursos forestales de Morelos están constituidos por bosques (coníferas, mixtos de encinos, mesófilo de montaña y de galería); selva caducifolia; y matorral rosetófilo crasifolio. Los recursos no forestales son los pastizales de montaña y pastizales inducidos.

### **3.1. EL MUNICIPIO DE JIUTEPEC**

Jiutepec, es uno de los 33 municipios que integran el estado de Morelos, y forma parte de la zona conurbada de Cuernavaca, Jiutepec, Temixco y Emiliano Zapata (Fig. 3.1). Este municipio se localiza al noreste del estado, a los 18°53' de latitud norte y a los 99°10' de longitud oeste. Está enclavado en las tierras bajas y parte central de la entidad. Colinda al norte, con el municipio de Tepoztlán, al sur, con Emiliano Zapata, al oriente con Yautepec y al poniente con el de Cuernavaca. Su extensión territorial es de 70 Km<sup>2</sup>.

El municipio cuenta con 58 colonias, 12 fraccionamientos y 9 unidades habitacionales. Las localidades más importantes son: Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca (CIVAC), Tejalpa, Col. Moctezuma, Col. Bugambilias, Atlacomulco, Tlahuapan, Calera Chica y Jiutepec, siendo esta última la cabecera municipal.

#### **3.1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y POLÍTICOS.**

La historia de este lugar se remonta a la época arcaica (CEPES-IEPES, 1980). Fue habitado por grupos de influencia Olmeca, luego por Toltecas y hacia el siglo XIII, por los Tlahuicas, siendo ya para entonces un señorío. Jiutepec fue el señor de este reinado hacia 1389, luego Coazintecutl, que fue vencido por

Culhuacán, el cual convirtió a Jiutepec en Tributario de prendas de algodón, para quedar nuevamente entre los pueblos sometidos por Moctezuma (el viejo).

En la época colonial, Jiutepec quedó dentro del marquesado del Valle de Oaxaca (de Cortés), del cual Morelos era la mejor parte, pues el conquistador, cautivado por la belleza de esta región, decidió que sería para su disfrute personal, por lo cual mandó hacer la primera plantación de caña de azúcar en las cercanías de Cuernavaca, y fue así, según De la Peña, "como se definió la suerte que habría de correr Morelos con los siglos siguientes... ". Huellas de esos tiempos son el convento de Jiutepec, la iglesia de Santiago Jiutepec, construidos por los franciscanos en 1525-1529, las capillas de San Pedro y Miguel Tejalpa y las haciendas de San Gaspar y la de Atlacomulco.

En 1869 Morelos se convirtió en entidad federal y tuvo que enfrentar problemas heredados de los tiempos coloniales como pleitos por la tierra, resistencia de los terratenientes a pagar salarios suficientes a sus trabajadores, rivalidades entre los españoles, criollos y mestizos por el control de los puestos políticos locales. Al ser expulsados los españoles, la municipalidad quedó en manos de un consejo de ciudadanos en su mayoría mestizos y criollos.

En la entrada del presente siglo Jiutepec estuvo situado en el centro de la turbulencia social, pues era el paso de los revolucionarios.

En las décadas de los años 40's y 50's se llevó a cabo una notable apropiación del suelo para fincas de fin de semana por gente prominente en medios políticos y financieros de la Ciudad de México, que desplazaron a la población local poseedora de suelo con atractivos turísticos y residenciales.

Puede decirse que el rápido crecimiento urbano sobre las áreas forestales se debió principalmente a la proliferación de fraccionamientos residenciales, propiciados por las presiones demográficas de la zona metropolitana de la Ciudad de México. Esta forma de crecimiento urbano no significó una estructura consolidada que favoreciera la creación de fuentes de empleo para el desarrollo integral de la entidad.

Fue a partir de 1969 en que comienza la promoción industrial como al sector agropecuario, con la creación de la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca, dentro del municipio de Jiutepec, y el programa de fomento

agropecuario que modificó al estado en el crecimiento urbano, el tipo de generación de empleos y una nueva forma de actividad industrial.

Desde el comienzo del proyecto de CIVAC, ocasionó un rápido aumento de la población por la creación de fuentes de trabajo, lo que propició también el establecimiento de fraccionamientos alrededor de la zona industrial<sup>1</sup>.

## 3.2. RASGOS FÍSICOS.

### 3.2.1. CLIMATOLOGÍA

#### 3.2.1.1. TIPO DE CLIMA

Se consideró la Estación Meteorológica de Cuernavaca, por ser la más cercana al sitio (a 8 Km de CIVAC) se ubica en las coordenadas geográficas siguientes: 18° 55' de latitud norte y 99° 15' de latitud oeste. A una altitud de 1500 m sobre el nivel del mar.

#### 3.2.1.2. TEMPERATURA PROMEDIO

Con información proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), del periodo de 1942 a 1988, se obtuvo el promedio anualizado que se muestra en la tabla 3.2.

Promedio anual					
	Máxima	Media	Mínima	Máx extrema	Min extrema
Tem. °C	28.9	21.6	13.6	44.2	3.0

Tabla 3.2 Temperaturas promedio de la Estación Meteorológica de Cuernavaca.

<sup>1</sup>Según el Consejo Estatal de Población (CODEPO), en Cuernavaca se asienta el mayor número de habitantes (300,000). Sin embargo en Jiutepec se concentra el más grande hacinamiento del Estado, pues por cada Km<sup>2</sup> se concentran 280 personas. (El Nacional del Sur. Cuernavaca, Mor. 26 de abril de 1988).

### **2.1.3. PRECIPITACIÓN**

En todo Morelos las lluvias ocurren entre mayo y septiembre (empiezan en mayo pero se establecen ya definitivamente en junio). En verano, la cantidad de lluvia excede la capacidad de infiltración del suelo presentándose el escurrimiento superficial en las cuencas de la entidad. Los meses de junio, julio, agosto y septiembre son los más lluviosos, cubren el 81.46% de la precipitación anual. La precipitación anual es de 1,244.2 mm.

### **3.2.1.4. VIENTOS**

De acuerdo con los datos del SNM, en la Estación de Cuernavaca, los vientos del suroeste y sureste (con el 47.90 y 43.70 %) son los de mayor incidencia. La velocidad de los vientos dominantes es 1.21 m/s SE y 1.25 m/s SW.

Durante el día, el viento del valle se desplaza hacia la montaña entre las 10:00 y las 12:00 hrs. Después de las 18:00, los vientos se manifiestan inversamente y son los katabáticos, los que fluyen hacia el valle son frescos, provienen del norte y duran generalmente toda la noche y parte de la mañana.

### **3.2.1.5. ALTURA DE LA CAPA DE MEZCLADO DEL AIRE.**

El Servicio Meteorológico Nacional no lleva a cabo radio sondeos en la ciudad de Cuernavaca. Pero se han realizado algunos, experimentos aislados con lo que estiman valores para la capa de mezcla entre los 2000 m durante la noche y 3000 m durante el día.

### 3.2.2. GEOMORFOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

CIVAC está ubicada en una planicie con ligeros desniveles hacia el sur semejando un abanico aluvial, a los 1500 msnm.

El cerro La Corona, es el más cercano a CIVAC, localizándose a 6.5 Km al noroeste. El municipio tiene como elevaciones importantes a las montañas de Las Tetillas que cruzan el suroeste del municipio que limita con Yautepec y el Cerro de Jiutepec, en el centro Sur.

El relieve predominante es de planicies formadas por sedimentos de arrastre y deposición, de edad muy reciente. En algunas áreas se identifican sitios donde aflora roca ígnea extrusiva (Aguilar, 1989).

Las rocas más antiguas identificadas de la región datan del periodo Cretácico Inferior; principalmente calizas de origen marino.

El Cretácico Superior, está representado por areniscas y lutitas interestratificadas, que han sido cubiertas por roca sedimentaria clástica y rocas volcánicas del Cenozoico.

Durante el periodo Cuaternario, fueron arrojadas grandes cantidades de rocas ígneas extrusivas, representadas principalmente por basaltos, tobas, brechas volcánicas y riolitas.

En casi toda la superficie del municipio, predominan las rocas ígneas (basaltos). Al noroeste existe un importante afloramiento de este tipo de rocas en un lugar conocido como el Texcal, que corresponde a una corriente de lava de origen reciente, de la formación geológica del grupo Chichinautzin. Al sur de la cabecera municipal se elevan los cerros de Jiutepec y la Calera o El Rascadero, formados por rocas calizas, el igual que las faldas de la sierra de las Tetillas (Aguilar, *op. cit.*).

### **3.2.2.1. SUSCEPTIBILIDAD DE LA ZONA A SISMICIDAD Y DESLIZAMIENTOS.**

#### **A) SISMICIDAD:**

El estado de Morelos se encuentra dentro de una zona sísmica con probabilidad de sufrir un temblor hasta de una intensidad de VII en escala de Mercalli. Sin embargo en el Valle de Cuernavaca los movimientos hasta la fecha han sido de baja intensidad y no han generado daños significativos (Secretaría de Gobernación, 1994).

#### **B) DESLIZAMIENTOS:**

Pueden ocurrir deslizamientos en el terreno cuando los anticlinales y sinclinales de edad Cretácica lleguen a desplazar sus ejes bajo las rocas clásticas e ígneas del Cenozoico (Aguilar, *op. cit.*).

En 20 Km alrededor de CIVAC no existen fallas o fracturas que originen deslizamientos o desniveles superficiales (Secretaría de Gobernación, *op. cit.*).

### **3.2.3. HIDROGEOLOGÍA**

La parte norte y el centro del municipio están formados por rocas ígneas, cuyas características hidrogeológicas permiten un alto coeficiente de infiltración del agua y, por consiguiente, la recarga anual de los acuíferos. Otra área importante de recarga de los acuíferos dentro del municipio además del Texcal, es la sierra de Tetillas, donde la infiltración se ve favorecida por las formaciones rocosas compuesta por calizas y areniscas, y por la vegetación existente (selva baja caducifolia). El municipio de Jiutepec cuenta con un gran potencial de agua para uso doméstico, pero la poca infraestructura da lugar a que existan localidades que carecen del servicio (Aguilar, *op. cit.*).



Las lagunas de río Yautepec se utilizan para regar zonas agrícolas. El río Apatlaco recibe la afluencia de las barrancas: Puente Blanco, la Gachupina y del Rastro Municipal; éstas transportan algunas descargas líquidas de la zona industrial de CIVAC, ya que fueron detectadas altas concentraciones de arsénico y cromo hexavalente en la Barranca Puente Blanco (Flores, *op. cit.*).

#### **3.2.3.1. AGUA SUBTERRÁNEA**

El flujo subterráneo sigue el rumbo de noroeste a suroeste. Hacia el este de CIVAC, se identificaron 6 pozos que oscilan sus niveles entre 33 y 173 m (dinámico) y de 6 a 170 m en su nivel estático; con una extracción desde 5 hasta 35 lps (Flores, *op. cit.*).

Las fuentes de abastecimiento de agua para uso industrial están representadas por pozos mantenidos por las industrias, pero existen pequeñas plantas conectadas a la red de distribución de agua potable. Por ejemplo, en el municipio de Cuernavaca, las empresas utilizan el 3% del suministro de agua potable destinada originalmente al consumo de la población (Sánchez y Espinoza, 1988).

La demanda total de agua para la industria en el estado asciende a 137 Mm<sup>3</sup>, equivalente a una gasto promedio de 4.3 m<sup>3</sup>/s y a un 15.3 % de la demanda total de agua para todos los usos (Sánchez y Espinoza, *op. cit.*).

### 3.3. RASGOS SOCIOECONÓMICOS.

El estado de Morelos ocupa la posición décimo cuarta en la contribución del Producto Interno Bruto. Las actividades más importantes son: la Industria manufacturera, Construcción y los Servicios sociales y personales.

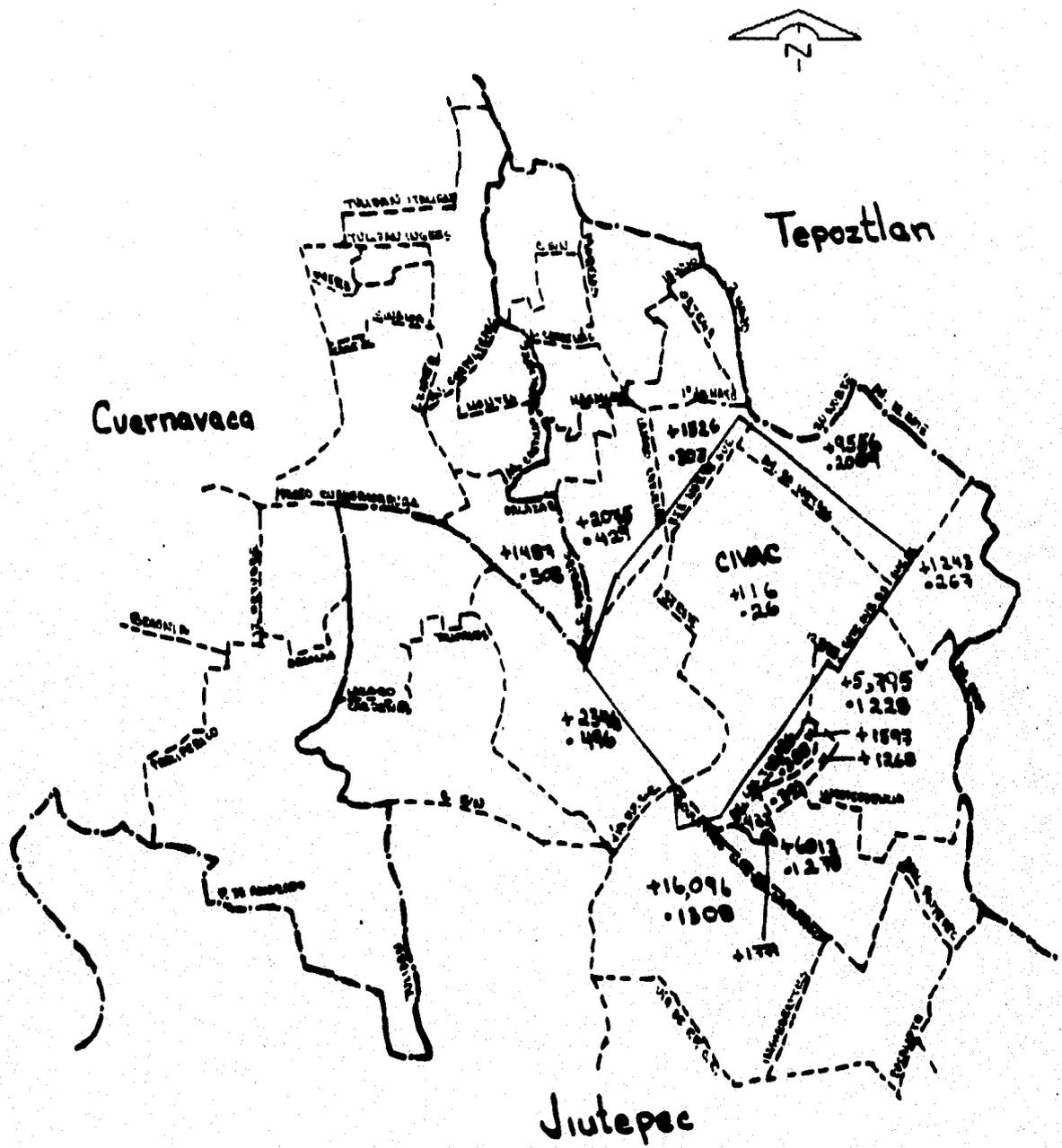
En 1980, la población del estado de Morelos alcanzó 947,087 habitantes lo que significó el 1.4% del total nacional; En el censo de 1990 la población fue de 1,195,059 habitantes, comparativamente en 1970 tuvo una tasa de crecimiento de 4.9%, para 1980 disminuyó a 4.2% y para 1990 ésta se redujo a 2.32%.

En 1990 las ciudades de Cuernavaca, Cuautla, Jiutepec, Temixco, Yautepec y Ayala representan el 57.2% de la población del estado. En la tabla 3.4 se encuentra el estimado para el año 2000 de la población para los principales asentamientos, y observamos que CIVAC será la zona con mayor densidad poblacional.

Población	2000
Jiutepec	204 694
Tejalpa	148 438
CIVAC	436 149
Progreso	63 997
Independencia	156 541
Atacomulco	143 719
Total	1 174 612

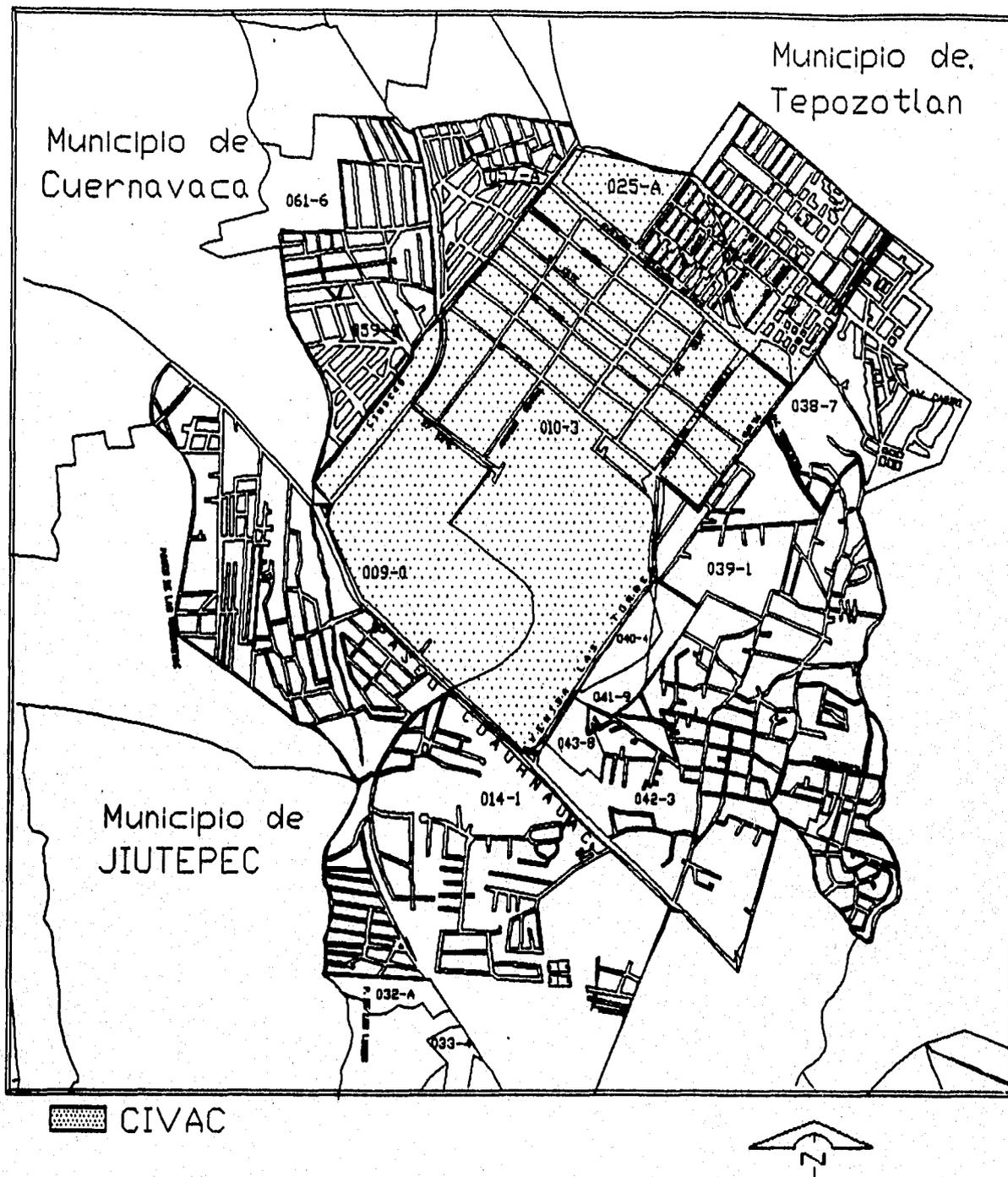
Tabla 3.4, Población esperada para el año 2000 (Plan Municipal de Desarrollo de Jiutepec, 1988).

En la figura 3.5-A se muestran las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) que rodean a CIVAC, con la información de número de pobladores y número de hogares para cada área, de acuerdo con las AGEB, alrededor de la zona industrial se encuentran 44,667 habitantes y 7,268 viviendas particulares según el censo de población y vivienda de 1990. En la fig. 3.5-B se observa que el sector industrial, actualmente se esta cercada por zonas habitacionales. (INEGI, 1992).



- · - Límite municipal
- - - Límite geoestadístico urbano y/o rural
- + Población total en el área
- Total de viviendas particulares habitadas

Fig. 3.5-A Área Geoestadística Básica urbana del censo de población y vivienda 1990 que se encuentran rodeando a CIVAC (INEGI, 1992)



Las claves corresponden a la clave ABEG que le corresponde a la zona.

Fig. 3.5-B Calles del municipio de Jiutepec alrededor de CIVAC (INEGI, *op. cit.*).

### 3.3.1. POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA

En Jiutepec de 36,573 personas, 14,075 cuentan con empleo, 559 están desocupados y 18,588 son económicamente inactivas de acuerdo con el censo de 1990.

La población ocupada por sector de actividades se muestra en la tabla 3.6; de ésta podemos ver que en el municipio de Jiutepec la industria emplea a 33.22 % de la población, por tanto es la actividad de mayor importancia para la comunidad morelense.

Sector	# de personas	% con respecto al municipio	% con respecto al estado
Agricultura, ganadería, caza, pesca	1 356	43.8	1.91
Minería	57	0.18	5.76
Extracción de petróleo y gas	43	0.13	13.65
Industria	10 283	33.22	18.23
Electricidad y agua	205	0.16	8.46
Construcción	3 725	12.03	10.0
Comercio	4 217	13.62	9.12
Total	30 953		

Tabla 3.6 Distribución de la población del municipio de Jiutepec en cada sector económico (INEGI, *op. cit.*).

### 3.3.2. SERVICIOS

#### 3.3.2.1. VÍAS DE COMUNICACIÓN Y MEDIOS DE TRANSPORTE

El estado cuenta con la autopista DF-Cuernavaca de cuota y la libre, Cuernavaca-Acapulco, las carreteras México-Cuautla, Cuautla-Cuernavaca y Cuernavaca-Yautepec, las cuales representan a las vías de comunicación más



### 3.3.2.2. CENTROS EDUCATIVOS

En 1994, el Estado contaba con 2,047 escuelas que se distribuían de la siguiente forma: preescolar 617, primaria 841, secundaria 283, profesional medio 20, bachillerato 104, escuela normal 7 y 11 escuelas con nivel licenciatura (INEGI, 1995). De las cuales Jiutepec contaba con 58 primarias, 12 secundarias y 4 de nivel bachillerato (INEGI, 1994).

### 3.3.2.3. CENTROS DE SALUD.

El panorama de unidades médicas hasta diciembre de 1993 se presenta en la Tabla 3.8. En esa fecha Jiutepec contaba con una clínica del IMSS, tipo B, ubicada en la cabecera municipal, la cual atendía a diciembre de 1987 a 17,904 derecho-habientes; por otra parte, el hospital de la zona se encuentra en la ciudad de Cuernavaca, siendo éste de los pocos municipios que cuentan con hospitales generales.

Nivel	Total	IMSS	ISSSTE	SSBS
Estado	220	22	28	170
De consulta externa.	211	19	26	166
De hospitalización general	9	3	2	4
Cuernavaca	27	2	4	21
De consulta externa.	25	1	3	21
De hospitalización general	2	1	1	-
Jiutepec	9	1	1	7
De consulta externa.	9	1	1	7
De hospitalización general	0	0	0	0

Tabla 3.8 Unidades Médicas en servicio del sector salud (Jiménez, 1991).

Existe una Clínica de la Secretaría de Salud y Bienestar Social (SSBS) que proporciona primer nivel de atención; en abril de 1988 declararon haber atendido de 40 a 50 personas por día. En la ciudad de Cuernavaca está también el Hospital Civil, de servicio particular.

### 3.3.3. ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

#### 3.3.3.1. AGRICULTURA Y GANADERÍA.

El estado de Morelos obtuvo en 1993 ingresos por \$ 756,685,806.00 por concepto agrícola. Las cosechas obtenidas fueron sembradas en 165,331.68 hectáreas, de las cuales 1,206 hectáreas correspondieron a Jiutepec, lo que significa el 0.72% de la superficie sembrada.

El valor de la población ganadera en el estado fue de 817,403 miles de pesos y de la producción de productos pecuarios fue de \$ 75,804,500 pero el municipio de Jiutepec aportó el 1.93% de la población ganadera y el 5.05% de los productos pecuarios durante el año de 1993.

Los datos anteriores demuestran que Jiutepec no tiene una gran participación económica por estas actividades en el estado.

#### 3.3.3.2. INDUSTRIA

En Jiutepec se encuentran aproximadamente 181 empresas de las 1,879 con que cuenta el estado, es decir 9.63 % (INEGI, *op. cit*). Sin embargo, como puede apreciarse en la tabla 3.9 estas representan para el estado el 80% de la producción bruta.

	Estado	Jiutepec	% Jiu/ Edo
Establecimientos censados en 1988	1 879	181	9.63
Personal ocupado	29 380	13 387	45.56
Remuneraciones totales (miles de N\$)	297 647.4	174 230.3	58.53
Producción bruta total (miles de N\$)	3 546 725.1	2 830 131.1	79.79
Insumos totales (miles de N\$)	1 362 597.5	972 726.6	71.38

Tabla 3.9 Situación industrial en Morelos (INEGI, *op. cit*)

El estado de Morelos se encuentran cuatro de las 500 empresas más importantes del país (Expansión, 1990). La CIVAC, con aproximadamente 150 industrias tiene, entre las más importantes, por tener \$0.80 millones o más de capital social o bien en 1991 contaron con mínimo \$42.00 millones de ventas fueron (Industriadata, 1991):

Beecham de México, S. A. de C. V.

Christianson, S. A. de C. V.

Derivados de Gasa, S. A. de C. V.

Equipos IEM, S. A. de C. V.

Esquim, S. A. de C. V.

Givaudan - Roure, S. A. de C. V.

Laboratorios Lepetit, S. A. de C. V.

Nissan Mexicana, S. A. de C. V.

Pond's de México, S. A. de C. V.

Mexama, S. A. de C. V.

Syntex, S. A. de C. V.

De acuerdo al capital invertido, la actividad económica más importante del estado es la industrial y CIVAC es la concentración más grande de empresas de Morelos. Por ello es necesario promover condiciones que favorezcan el desarrollo de esas industrias. Una de esas condiciones es la seguridad, misma que se consigue identificando y evaluando las posibles situaciones de riesgo para minimizarlas y realizando planes de respuesta a emergencias.

## **CAPÍTULO 4**

### **SITUACIÓN AMBIENTAL EN LA ZONA DE ESTUDIO**

Las condiciones de contaminación del ambiente y la cantidad de accidentes industriales que han ocurrido son parte de la descripción de las características físicas de CIVAC.

El grado de afectación del medio, por la instalación de un parque industrial en la zona, se conoce al cuantificar los efectos por posibles eventos accidentales de las actividades y procesos industriales, sistema de transporte y de tratamiento o disposición de desechos.

La evaluación de la ocurrencia de un accidente tiene como objetivo reducir el riesgo, la emisión de materia, energía peligrosa o contaminante a límites aceptables para la población y el medio.

El uso que las empresas integrantes de CIVAC hacen de las sustancias peligrosas, se refleja en el reporte de accidentes químicos.

#### **4.1. CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

En 1972, la entonces Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, inició los programas de estudio sobre las condiciones de las Ciudades Industriales. CIVAC constituyó un estudio piloto, determinándose que el drenaje municipal contenía desechos domésticos y urbanos principalmente de la ciudad de Cuernavaca y otros poblados cercanos y de desechos industriales procedentes de CIVAC, siendo el río Apatlaco su principal receptor. La caracterización de la descarga doméstica indicó que ésta comprendía residuos orgánicos humanos, detergentes, plaguicidas, desechos domésticos y de industrias establecidas dentro de la ciudad, grandes cantidades de gomas, solventes, compuestos

orgánicos de productoras de pegamentos, óxidos de plomo y caolín de las fábricas de cerámica y compuestos clorados (Vizcaíno, *op. cit*)

La Población del estado de Morelos consume anualmente 143 millones de metros cúbicos de agua, de los cuales el 89% proviene de las aguas subterráneas que se extraen de 606 pozos profundos; el resto se obtiene de 39 manantiales y de algunos cauces de ríos (García, *op. cit*).

Se determinaron 3 grupos de aguas contaminadas que vierten las industrias de CIVAC al río Apatlaco (García, *op. cit*):

- a) las aguas de enfriamiento, que representan el volumen mayor, pero con un efecto contaminante menos severo,
- b) las aguas de enjuague, que arrojan en grandes cantidades las industrias metalúrgicas, de acabado de metales y de textiles y que, a menudo, contienen metales tóxicos y
- c) las aguas de proceso, que representan un volumen menor pero con concentraciones mayores de contaminantes.

Vizcaíno clasifica las aguas residuales industriales (aproximadamente  $278\text{m}^3/\text{h}$ ) en:

180  $\text{m}^3$  de tipo inerte  
72  $\text{m}^3$  intoxicante  
8  $\text{m}^3$  abrasivos  
18  $\text{m}^3$  irritantes

En 1975 no recibían tratamiento alguno 198  $\text{m}^3$  y el resto era tratado con precipitadores y neutralizadores, el 62.5% de los efluentes con tratamiento se vertían a corrientes y embalses y el resto, 37.5% se arrojaba al suelo (Vizcaíno, *op. cit*).

A partir de 1980 la zona industrial de CIVAC cuenta con condiciones particulares de descarga.

#### 4.1.1.

#### DESECHOS INDUSTRIALES

En Morelos , existen dos fuentes potenciales de contaminación industrial: la zona de Jiutepec-Emiliano Zapata-Zacatepec, la cual recibe las descargas de agua tratada<sup>1</sup> proveniente de la planta de tratamiento de ECCACIV (Empresa para el Control de la Contaminación de las Aguas de la Ciudad Industrial del Valle), a la altura del municipio de Emiliano Zapata a través de la barraca Puente Blanco, afluente directo del río Apatlaco en el municipio de Xochitepec. En el municipio de Zacatepec, el mismo río Apatlaco recibe las descargas industriales del ingenio Emiliano Zapata. Los compuestos tóxicos presentes en la primera zona se deben principalmente a (García, *op. cit.*):

- a) La industria automovilística de Cuernavaca (IACSA, S. A.), cuyos desechos presentan plomo, cobre, zinc, cromo hexavalente,
- b) NISSAN MEXICANA, S. A. (ensamble de vehículos),
- c) SYNTEX, S. A. (productos farmacéuticos).

La segunda zona expuesta a sustancias tóxicas industriales está en la ciudad de Cuautla a la altura de San Pedro Apatlaco, donde el río Cuautla recibe las descargas de la tenería Morelos.

La evaluación preliminar de riesgo obtenida durante 1988 indica que estas descargas afectan al río Apatlaco en un área aproximada de 142,750 Km<sup>2</sup> (García, *op. cit.*).

Debido a la gran demanda del agua en Cuernavaca, se ha agravado la situación ya que se utiliza el mismo acuífero que abastece de agua a la población y a la industria, aunado a la contaminación de los acuíferos y las aguas superficiales del área, representadas por la barranca Puente Blanco y río Dulce, a pesar de existir en esta área 9 plantas de tratamiento. Con excepción de ECCACIV, las demás sólo sirven a las empresas que las construyeron, por lo que los volúmenes tratados son muy pequeños.

---

<sup>1</sup>Solamente cuenta con tratamiento biológico.

ECCACIV ofrece tratamiento colectivo a 57 industrias, de las cuales 28 se encuentran en CIVAC. Esta planta está diseñada para funcionar con un caudal uniforme de 200 lps, al que se le aplica un tratamiento secundario por tanques de oxidación, aereación y lodos activados. El nivel de remoción de DBO es de 70%, sin embargo la calidad del efluente no cumple con los estándares fijados por las Normas Mexicanas, debido principalmente a que el influente sobrepasa las características del diseño (SARH, 1985).

El río Apatlaco se encuentra expuesto continuamente a descargas de origen municipal y parcialmente a descargas de aguas tratadas de ECCACIV, arrastrando tóxicos en su cauce principalmente entre las estaciones Xochitepec-Tlatenchi (García, *op. cit.*).

El agua subterránea y los manantiales son las principales fuentes de agua potable de Morelos, sin embargo, en la zona de CIVAC, el manantial San Gaspar se encuentra contaminado con plomo, cromo, zinc, hierro y manganeso (García, *op. cit.*).

## **4.2. CONTAMINACIÓN DEL AIRE.**

La calidad del aire del Estado de Morelos se ha deteriorando por la emisión de contaminantes generados por fuentes fijas y móviles, constituidas en su mayoría por 350 industrias y un parque vehicular de 178,800 unidades motrices (Plan Estatal, 1994).

En las últimas décadas ha aumentado el número de vehículos que circulan por el estado. La dependencia de Tránsito en el municipio de Jiutepec declaró en 1989 que 100 transportes pesados (materialistas) circulan por hora de sur a norte y viceversa, del municipio de Emiliano Zapata (caleras) hasta fuera de los límites de Jiutepec, además 80 unidades de transporte y 100 vehículos ligeros, que suman un promedio de 280 vehículos por hora, o sea que desde las

6:00 h a las 20:00 h, circulan en el municipio de Jiutepec 5000 unidades aproximadamente.

Jauregui y Márquez (1989), reportan información de los años 1982, 1985, 1986 y 1988, para el análisis de concentración de partículas suspendidas totales en el Valle de Cuernavaca. Para tal efecto, se instalaron 4 estaciones, una de las cuales está en Jiutepec, y los valores más altos son:

Junio de 82	275 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Abril de 88	271.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

No existen datos de concentraciones de bióxido de azufre, hidrocarburos, ozono, monóxido de carbono, bióxido de nitrógeno y plomo, necesarios para evaluar la calidad del aire.

### **4.3. DESECHOS SÓLIDOS**

La producción de basura en el estado de Morelos va en aumento, ante el incremento de la población y la transferencia de población rural a urbana. Se estima una producción diaria de 1,625 toneladas, y sólo Cuernavaca genera 680 toneladas (Plan Estatal, 1995), esta cantidad duplica el volumen de los últimos 5 años. Se recolecta aproximadamente el 65.5 % por falta de equipo. Ningún municipio cuenta con la infraestructura suficiente de servicio de recolección y disposición final de la basura. La porción no recogida azolva terrenos baldíos, parques, drenajes y barrancas, al tiempo que contamina los mantos acuíferos.

En el período de lluvias ocurren inundaciones en una vasta zona debido a que la cabecera municipal carece de drenaje pluvial y sanitario y las barracas se azolvan. Como una medida para evitar los efectos de las lluvias torrenciales anuales, se comenzó a dragar la barranca Puente Blanco que atraviesa el

municipio, que en el mes de agosto de 1988 no pudo contener la descarga de las aguas. En los mismos días de agosto de 1989 se repitió el fenómeno, afectando a los residentes de las partes bajas de CIVAC y de Cuernavaca.

#### 4.4. POSIBLES EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN SOBRE LA POBLACIÓN

No existen estudios específicos de salud pública sobre padecimientos derivados de la contaminación ambiental en la población de Jiutepec; sin embargo, la información recabada al respecto indica la alteración del equilibrio natural y la falta de medidas sanitarias e higiene.

Las principales causas de morbilidad en el municipio se presentan en la tabla 4.1, según información emitida por el Sector Salud y Bienestar Social del estado de Morelos en el año de 1988.

Enfermedades	# de casos	Tasa por 1000 habitantes
Respiratorias agudas	1498	16.1
Disentería amibiana	491	5.3
Parasitosis	229	2.5
Diarrea	219	2.4
Tiña	16	0.2

Tabla 4.1 Morbilidad en Jiutepec (Jiménez, *op. cit.*).

En cuanto a las causas de mortalidad en Jiutepec (Censo de Población y Vivienda de 1990) las tasas de natalidad y mortalidad, en general e infantil, están englobadas en las cifras estatales, ya que no se manejan datos por municipio. Sin embargo, las estadísticas del INEGI no son útiles para relacionar el aumento de la morbilidad y mortalidad a efectos del deterioro ambiental, ya que estos padecimientos tienen múltiples causas y son muchas las posibles fuentes de contagio.

#### **4.5. ACCIDENTES INDUSTRIALES.**

El CENAPRED presentó un documento que se refiere a los accidentes químicos ocurridos en la República Mexicana en el período 1990-1993. En él se identifican 387 incidentes de los cuales, el 70% tuvo lugar en el interior de las instalaciones en que se manejan o almacenan sustancias químicas peligrosas (González y Fernández, 1994 ).

Aunque el estado de Morelos respecto a otros estados no es de los que presenta mayor número de incidentes, se identificaron 10 eventos en este informe de los cuales, tres ocurrieron en CIVAC. Las empresas afectadas fueron, Nissan y Alucaps por un incendio en septiembre de 1993, Syntex donde ocurrió un derrame y en Rasolquim una explosión (Tabla 4.2).

Información adicional fue proporcionada por la PROFEPA de Morelos, pero sólo cuenta con registros posteriores a junio de 1994 (Tabla 4.2). Se reportan siete accidentes en nueve meses de los cuales, 5 pertenecen a industrias ubicadas en CIVAC. Dos de estos incidentes ocurrieron durante el transporte y cinco en planta.

La información obtenida señala que en el estado de Morelos continuamente se producen accidentes debido al manejo de sustancias peligrosas y es por esto, que es necesario identificar a las industrias de mayor riesgo y elaborar planes de respuesta a emergencia.

Fecha Municipio	Empresa responsable	Accidente	Daño	Atendió la emergencia	Medidas de la PROFEPA
21/VI/94 Jiutepec, CIVAC	Productos Químicos Mardupol	Derrame de carro tanque de NaClO al 13% (5730 Kg)	El derrame cayó a un canal de aguas negras	Policía Federal de Caminos, Cruz Roja	Ninguna.
12/VII/94 Jiutepec CIVAC	Rasolquim	Explosión en planta de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> y glicerina (400 Kg)	Trece tabuladores con quemaduras de segundo grado	CCE <sup>2</sup> , PAM <sup>3</sup> , Cruz Roja y Protección Civil.	Inspección y clausura total temporal.
8/X/94 Jiutepec CIVAC	Syntex	Derrame en planta de HCl al 32% (7500 Kg)	Se afectó sólo el dique de contención	La empresa y PAM	Visita de verificación.
15/I/95 Yautepec	Industria Química Agrícola de Morelos	Fuego en la planta de residuos herbicidas, plaguicidas y azufre.	3 personas intoxicadas y emisiones a la atmósfera	CCE	Clausura parcial temporal.
6/II/95	Fumigación Nacional	Volcadura de trailer con contenedor cargado de fosforo de aluminio	No existió derrame del producto	Policía Federal de Caminos, Bomberos	Ninguna
10/III/95 Jiutepec, CIVAC	Coloide Mexicana	Explosión en planta	Rotura de Válvula	CCE	Visita de verificación.
19/III/95 Jiutepec CIVAC	QUIMEC	Fuga de hidroxietil hidrazina	Reactor de hidroxietil	CCE	Visita de verificación.

Tabla 4.2 Reporte de emergencias de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA, 1995).

<sup>2</sup>Centro de Control de Emergencias

<sup>3</sup>Programa de Ayuda Mutua

## **CAPÍTULO 5**

### **ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD**

El análisis de vulnerabilidad proporciona información de gran utilidad para la planeación de respuestas en caso de accidente. Esta información permite conocer:

- ❖ La zona vulnerable para cada sustancia extremadamente peligrosa (SEP), así como las condiciones y consideraciones que se tomaron para la determinación de cada zona de vulnerabilidad.
- ❖ La población, en términos de número y tipo (ej., residentes de barrios; alta densidad de población transeúnte tales como trabajadores y espectadores en auditorios o estadios; población sensible en hospitales, escuelas y guarderías).
- ❖ Las facilidades en los servicios esenciales tales como hospitales, policía y bomberos, centros de respuesta a emergencias y comunicaciones.

Esta tesis está enfocada principalmente, hacia el impacto de SEP en caso de accidentes industriales, la zona vulnerable la comprenden las poblaciones humanas, las propiedades públicas y privadas (ej., casas, escuelas, hospitales, negocios, oficinas) que puedan resultar afectadas por una catástrofe. Puede ampliarse para considerar como parte del análisis de vulnerabilidad, a los sistemas de soporte (ej., agua, alimento, medicina), así como los ambientes sensibles (hábitats animales, tierras de cultivo, cuerpos de agua, etc.).

## **5.1. DESCRIPCIÓN DE LA ESTIMACIÓN DE LAS ZONAS MÁS VULNERABLES.**

La zona vulnerable representa una estimación del área geográfica potencialmente afectada por la liberación de una SEP en niveles que pueden causar daños agudos a la salud o muerte de las poblaciones humanas dentro del área siguiente a una liberación accidental. Dependiendo de las características de cada sustancia, se evalúan los efectos de la fuga de una sustancia tóxica, explosiva e inflamable.

Las zonas vulnerables están basadas en la estimación de la cantidad de una SEP liberada en el aire, la velocidad de liberación, la dispersión y la concentración de la sustancia, son algunos de los factores que pueden determinar el daño irreversible a la salud o al medio.

La dirección del viento en el tiempo real de la liberación accidental no puede ser predicho, por lo que se deben considerar todas las posibles direcciones del viento y subsecuentemente la trayectoria de la pluma, (una pluma es la formación de la nube de sustancias químicas que resulta de la liberación). Consecuentemente, al estimar las zonas vulnerables éstas se representan por círculos con el sitio de la liberación potencial localizada al centro.

El tamaño de la zona vulnerable depende de la distancia que recorrerá la sustancia en el aire antes de dispersarse y diluirse a una concentración menor al "nivel de afectación" para producir efectos agudos a la salud o muerte. La dimensión de la zona afectada depende de varios factores, los cuales se presentan en la siguiente sección.

### **5.1.1. PARÁMETROS EN LA ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS ZONAS VULNERABLES.**

Muchas de las variables que intervienen en el radio de afectación de una SEP son muy complejas. La mayoría no tiene un impacto significativo en la estimación del tamaño de la zona vulnerable dada la naturaleza imprecisa de estas consideraciones. Los factores de mayor afectación en el dimensión de la zona vulnerable para planificación de emergencias son los siguientes (EPA, 1987):

#### **a. Cantidad y velocidad de la liberación de una sustancia.**

Depende de la cantidad total liberada o derramada, del estado físico (sólido, líquido, gas) y de las condiciones (ej., presión, temperatura) bajo las cuales se manejan las sustancias. La velocidad a la cual viajan por el aire depende de la presión de vapor, peso molecular, temperatura de manejo, área de derrame y velocidad del viento.

#### **b. Condiciones Meteorológicas.**

Entre los muchos factores meteorológicos, la velocidad del viento y la estabilidad atmosférica tienen los mayores efectos en la estimación del tamaño de la zona vulnerable. El incremento en la velocidad del viento y el consecuente decremento en la estabilidad atmosférica, tendrá como resultado una dispersión por aire (y disolución) de un químico, y un decremento en el tamaño de la zona vulnerable estimada.

#### **c. Topografía de los Alrededores.**

La topografía del área en la vecindad de una liberación potencial es la situación que afectará el tamaño de la zona vulnerable estimada. Si no existen obstáculos se obtendrá el radio máximo de afectación.

#### **d. Niveles de Afectación.**

Un nivel de afectación (Level Of Concern, LOC), se define como la concentración de una SEP en el aire por encima de la cual pueden ocurrir serios

e irreversibles efectos en la salud o incluso la muerte como resultado de una exposición en un período relativamente corto de tiempo.

Aún no se precisa la medida de un LOC para todas las SEP, por lo que se han establecido varios parámetros, por ejemplo: un LOC se ha estimado como "la décima parte del nivel de peligro inmediato a la vida y a la salud" (IDLH), publicado por el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (EPA, *op. cit.*).

### 5.1.2. RELACIÓN DE LA ZONA VULNERABLE ESTIMADA Y LIBERACIONES REALES.

La tabla 5.1 muestra diversas situaciones que ocasionan que la dimensión de la zona vulnerable estimada pueda ser diferente a una liberación real.

Si	Causaría	Resultando en
La cantidad involucrada en el accidente se reduce	Reducción en la cantidad por aire y en la cantidad liberada por minuto	Una menor zona estimada
El periodo de tiempo de una liberación de una cantidad dada se incrementa	Una reducción en la cantidad liberada al aire por minuto	Una menor zona estimada
El punto de la fuente de liberación está por encima del nivel de la tierra	Un incremento en la dispersión (mezcla y dilución de un compuesto químico)	Posiblemente se estime una zona menor
El terreno se considera rugoso	Un incremento en la dispersión	Una menor zona estimada
El área es urbana, con altos edificios y otras estructuras hechas por el hombre	Un incremento en la dispersión	Una menor zona estimada
Se eleva el valor de LOC	Una reducción en el área geográfica con concentraciones en aire por encima del LOC	Una menor zona estimada
Disminuye el valor de LOC	Un incremento en el área geográfica con concentraciones de aire por encima del LOC	Una zona mayor estimada

Tabla 5.1 Factores que afectan la estimación de la zona vulnerable (EPA, *op. cit.*)

En el tiempo de una liberación accidental, sólo una porción de la zona vulnerable estimada será realmente afectada. El área específica cubierta por la

pluma será determinada principalmente por la dirección del viento y el grado de dispersión de la pluma.

La concentración real de las sustancias en el aire tiende a decrecer conforme éstos se mueven en dirección viento abajo del sitio de la liberación debido a la mezcla y dilución (dispersión) continua de la sustancia en el aire.

## **5.2. ESTIMACIÓN DE LAS ZONAS VULNERABLES.**

Existen muchos modelos matemáticos disponibles para determinar la zona de peligro, algunos son para investigación, otros para planeación y respuesta. Estos varían en cuanto a complejidad y costo. Los modelos permiten visualizar: la forma en la que un gas se puede mover en la atmósfera bajo diferentes condiciones, las ondas de sobre presión de una explosión y la radiación térmica de un incendio. En las secciones 5.2.2, 5.2.3 y 5.2.4 se presentan los modelos para evaluar la magnitud de una zona vulnerable.

### **5.2.1. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR UNA ZONA VULNERABLE**

Este consta de los siguientes cinco pasos:

- 1. Para cada SEP, utilice la cantidad máxima de material en el contenedor o grupo de contenedores interconectado.**
- 2. Determine el flujo (Kg/s) de liberación de SEP. Note que el cálculo del flujo con el cual la sustancia se dispersa en el aire depende de su estado físico y temperatura en el tiempo de la liberación.**
- 3. Localice las propiedades físicas de cada sustancia y en caso de ser tóxica seleccione la concentración a partir de la cual ya no existen daño a la salud.**

4. Estime la zona vulnerable de acuerdo a los modelos de nube tóxica, explosión y/o incendio.
5. Dibuje un círculo a escala alrededor del sitio de la liberación potencial en un mapa local. Para esto utilice el centro del sitio y la distancia estimada de la zona vulnerable como el radio. Esta área representa la zona vulnerable para la proyección del reporte de peligrosidad.

#### **5.2.2. MODELO DE DISPERSIÓN DE UNA NUBE TÓXICA**

El modelo matemático de la dispersión atmosférica trata de simular el comportamiento de una sustancia emitida al ambiente. En general, este modelo de nube tóxica es una solución particular de la ecuación general de transporte de concentración del contaminante (Lees, 1980).

Los modelos de dispersión consideran las variaciones debidas al tipo de fuente y las condiciones atmosféricas. A continuación se presentan las clasificaciones de estas variaciones.

##### **a) FUENTE**

- i. **Fuente instantánea:** el contaminante se libera en la atmósfera en su totalidad en un lapso de tiempo muy pequeño; por ej., un contenedor ( tal como un cilindro de cloro) se deja caer y se derrama; todo el material se escapa inmediatamente como gas.
- ii. **Fuente continúa:** el material se libera a una velocidad aproximadamente estacionaria por un periodo largo de tiempo. Por ej., un material gaseoso que escape a través de una ranura en una válvula.

Las liberaciones reales son intermedias. No se adaptan apropiadamente dentro de alguna clasificación, pero se pueden aproximar a una u otra.

#### b) CATEGORÍAS DE ESTABILIDAD ATMOSFÉRICA:

La estabilidad atmosférica es un indicador de turbulencia en el aire. Una mayor turbulencia atmosférica conduce a una dispersión de contaminantes más rápida.

El esquema característico de estabilidad atmosférica fue desarrollado por F. Pasquill, y modificado por F.A. Gifford (EPA, *op. cit.*). El tipo de turbulencia se usa en muchos modelos. Una atmósfera inestable da una estabilidad de clase A o B, una estable da una estabilidad de clase E o F, y de clase D o C corresponde a una atmósfera neutral (turbulencia moderada). Es común un ciclo donde se presenta inestabilidad en el día y estabilidad por la noche.

Para el análisis de riesgo se usa la tabla 5.2 de estabilidades, son las fórmulas recomendadas por Gary Briggs (1973), para el coeficiente de dispersión en cada clase de estabilidad. Briggs (1973) utilizó el experimento de difusión de McElroy y Pooler de 1968 para desarrollar fórmulas de las frecuencias  $\sigma_y$  y  $\sigma_z$  como función de la distancia para un rango de:  $10^2 < x < 10^4$  metros. El tamaño del factor describe como afecta la turbulencia a la nube dispersa, la  $\sigma_y$  indica ancho y la  $\sigma_z$  indica altura (EPA, *op. cit.*). A continuación se describen las características para cada estabilidad.

- i. Condiciones de **Inestabilidad**, implica mayor turbulencia y dispersión más rápida. La dispersión de contaminantes se produce por convección y mezcla forzadas (las parcelas de aire se mueven libremente hacia arriba o hacia abajo). Situación típica de los días soleados (especialmente cuando la velocidad del viento y la humedad son bajas) y también cuando masas de aire caliente fluyen sobre superficies frías.
- ii. En condiciones de **Neutralidad**, el lapso de velocidad ambiental es aproximadamente igual al lapso de velocidad seca adiabática, la convección

y la mezcla de las capas de aire se lleva a cabo sin forzar. Se asocia a cielos nublados y velocidades del viento moderadamente fuertes.

- iii. En condiciones de Estabilidad, se presenta menor turbulencia y dispersión más lenta. El lapso de velocidad atmosférica es subadiabática (menor que la adiabática), la dispersión de contaminantes se da por convección y mezcla forzadas. Estos días se caracterizan por presentar altura de mezclado relativamente baja, no hay fuertes de calor y la velocidad del viento es baja.
- iv. En condiciones Muy Estables, se presenta una temperatura de inversión, es decir, la superficie de la tierra y la superficie próxima al aire se enfría rápidamente, la temperatura del aire aumenta con la altura. Se desarrolla comúnmente por la noche con cielos bajos<sup>1</sup> y claros ("radiación inversa").

Estabilidad	$\sigma_y$	$\sigma_z$
A - B	$0.32x (1 + 0.0004x)^{-1/2}$	$0.24x (1 + 0.001x)^{1/2}$
C	$0.22x (1 + 0.0004x)^{-1/2}$	$0.20x$
D	$0.16x (1 + 0.0004x)^{-1/2}$	$0.14x (1 + 0.0003x)^{-1/2}$
E - F	$0.11x (1 + 0.0004x)^{-1/2}$	$0.08x (1 + 0.00015x)^{-1/2}$

Tabla 5.2. Relaciones para obtener los coef. de dispersión,  $\sigma_y$  y  $\sigma_z$   
(x = distancia bajo el viento)

### 5.2.2.1. DISPERSIÓN SEGÚN EL MODELO GAUSSIANO

Estos cálculos están basados en las aplicaciones del modelo de dispersión descrito en el "Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates" (Turner, 1970). Las estimaciones de los parámetros de distribución de la dispersión están dados en el "Handbook of Atmospheric Diffusion, Department of Energy".

La curva normal (Gaussiana) es apropiada para muchos casos de liberaciones accidentales, ésta asume moléculas de gas distribuidas normalmente

<sup>1</sup>Altura de capa de mezcla baja

en cruce con el viento y en direcciones verticales. La curva tiene su origen en el punto de liberación de contaminantes (en relación al nivel de la tierra) y considera una pluma en 3 dimensiones:

El eje X se extiende horizontalmente en dirección del viento.

El eje Y se extiende horizontalmente, perpendicular al eje X.

El eje Z se extiende verticalmente hacia arriba.

La pluma representa la probabilidad de distribución del contaminante para una liberación instantánea (menor o igual a 10 min.).

#### CONSIDERACIONES ACERCA DEL MODELO GAUSSIANO.

- i. Es indefinido cuando la velocidad del viento es cero.
- ii. No considera:
  - Reactividad química
  - Efectos de las condiciones del terreno u obstáculos
- iii. Para la nube de gas denso se puede predecir una altura mayor y un radio menor.
- iv. Misma estabilidad a través de la capa de mezcla.
- v. Asume velocidad media del viento y sin cambio de dirección.

Debido a los cambios frecuentes en las velocidades y la dirección del viento, predecir el flujo, la velocidad del viento y la dirección del aire sobre un área dada es casi imposible. En general, los cambios significativos en la dirección del viento se presentan en una escala de tiempo de cerca de 1 hora, es decir, cuando se modela durante una respuesta, se hacen las predicciones para tiempos menores o iguales a una hora ya que un tiempo mayor ocasiona que sea necesario un ajuste de datos y correr el modelo de nuevo.

El modelo gaussiano asume las siguientes suposiciones de acuerdo a las circunstancias del peor caso de liberación posible (estas suposiciones fueron diseñadas para representar las condiciones adversas para los propósitos del procedimiento) (Turner, *op. cit*):

- i. Terreno sin obstáculos que pudieran interferir con el movimiento de la pluma (los obstáculos incrementarían la capacidad de dispersión de la pluma);
- ii. Liberaciones al nivel del terreno y las de fuentes elevadas; esta última tiende a dispersarse más rápidamente que las que están al nivel del terreno
- iii. La estabilidad F y la velocidad del viento de 1.5 metros por segundo, representan las condiciones estables del aire y la velocidad baja del viento.
- iv. Liberación continúa.

Las siguientes suposiciones conciernen a la sustancia liberada:

- i. No hay cambio de fase y la pluma está a temperatura ambiente (los cambios de temperatura y de fase ocasionarían variaciones en las velocidades de dispersión y evaporación (volatilización).
- ii. Se asume una distribución Gaussiana de la extensión de la pluma, en ambos planos vertical y horizontal, para la dispersión estimada.
- iii. Reflexión total de contaminantes de la superficie de la tierra, es decir, no se depositan.
- iv. Los gases se liberan por períodos de un minuto.
- v. Los líquidos se derraman instantáneamente del contenedor hacia la superficie, formando al nivel de la superficie una alberca de 1 cm de profundidad que permite la evaporación a condiciones ambiente o hirviendo;
- vi. Los sólidos en forma de polvo (tamaño de partícula <100 micras) se comportan como gases y también se liberan en un minuto.

- vii. Se asume que los sólidos en *solución* se comportan como aerosol finamente dispersado y se liberan en un minuto.
- viii. Se asume que los sólidos *fundidos* se comportan como líquidos y que la cantidad fundida abandona el contenedor instantáneamente, formando una alberca en la superficie de profundidad de 1 cm y volatilizándose a la temperatura de su punto de fusión.

#### 5.2.2.2. DETERMINACIÓN DEL FLUJO DE LIBERACIÓN

##### a) En Gases.

La mayoría de las liberaciones de un gas en un recipiente de proceso son inicialmente sónicas; es decir, el gas escapa a la velocidad del sonido (máxima velocidad posible). El flujo va haciéndose subsónico conforme baja la presión del tanque; o sea, la velocidad de la masa de flujo es inicialmente muy alta y disminuye rápidamente. Esta liberación se considera como "instantánea".

El flujo de liberación al aire de un gas (QR) se obtienen dividiendo la cantidad máxima de SEP que se podría liberar del contenedor o grupo de contenedores interconectados (QS) por un minuto.

##### b) En Líquidos.

El flujo de liberación de un líquido depende de la cantidad de sustancia liberada, la naturaleza del escenario de la liberación (por ej., alberca de líquido, válvulas de alivio de presión, etc.), y las propiedades del compuesto liberado.

El método de cálculo de Macklay y Matsugu (1973) para la evaporación de un charco es ampliamente empleada. La ecuación considera al radio de viscosidad cinemática del aire ( $Sc$ ) y a la difusividad molecular de la sustancia.

La velocidad de liberación de una sustancia derramada generalmente se toma como la velocidad de evaporación (velocidad de volatilización). Usando las suposiciones presentadas en la sección 2.1.1., se utilizará la siguiente ecuación para el cálculo de la flujo de liberación al aire para líquidos (Kg/s) (Clement, 1981):

$$QR = \frac{MW * K * A * Pv * 10000 \text{ cm}^2 / \text{m}^2}{R * (T1 + 273) * (760 \text{ mmHg} / \text{atm}) * 1000 \text{ g} / \text{Kg}} \quad (1)$$

donde:

$QR$  = velocidad de liberación al aire (Kg/s)

$MW$  = peso molecular (g/g mol)

$K$  = coeficiente de transferencia de masa fase gas (cm/s)

$A$  = área superficial del material derramado ( $\text{m}^2$ )

$T1$  = temperatura a la cual está almacenado la sustancia ( $^{\circ}\text{C}$ )

$Pv$  = presión de vapor del material a la temperatura  $T1$  (mm Hg)

$R = 82.05 \text{ atm cm}^3 / \text{g mol K}$

La ecuación para la velocidad de evaporación (velocidad de volatilización) se puede reescribir de la siguiente manera:

$$QR = MW * K * A * \frac{Pv}{76 * R * (T1 + 273)} \quad (2)$$

El coeficiente de transferencia de masa se puede estimar en base al conocimiento de un valor para un compuesto de referencia de la siguiente manera (Clement, *op. cit*):

$$K = K_{REF} * (MW_{REF} / MW)^{1/3} \quad (3)$$

Utilizando al agua como compuesto de referencia (Mackay y Matsugo 1973):

$$K_{REF} = K_{agua} = 0.25 * (u)^{0.78} \quad (4)$$

donde:  $u$  = velocidad del viento (m/s)

Combinando las ecuaciones 3 y 4:

$$K = 0.25(u)^{0.78} * (18 / MW)^{1/3} \quad (5)$$

Combinando las ecuaciones para QR y K obtenemos las siguientes ecuaciones:

$$QR = \frac{(u)^{0.78} * MW^{2/3} * A * Pv}{116 * R * (T1 + 273)} \quad (6)$$

Se usarán las siguientes suposiciones para hacer el cálculo del área superficial del derrame (A):

Densidad = 1000 Kg/m<sup>3</sup> se supondrá que todos los líquidos tienen la misma densidad que el agua

Altura del charco de 1 cm

$$A = \frac{QS(Kg)}{1000Kg / m^3 * 0.01m} = 0.1 * QS \quad (7)$$

donde:

QS = cantidad derramada (Kg)

A = área superficial (m<sup>2</sup>)

Sustituyendo A en la ecuación 6, la cantidad liberada al aire por minuto (QR) se puede estimar de la siguiente manera:

$$QR = \frac{(u)^{0.78} * MW^{2/3} * 0.1 * QS * Pv}{116 * 82.05 * (T1 + 273)} \quad (8)$$

La ecuación (8) se puede simplificar separando todos los parámetros químicos específicos, tales como la presión de vapor y el peso molecular, y la temperatura dentro de un "factor". Por lo tanto, el "factor" incluye todos los términos de la ecuación (8), excepto la cantidad derramada (QS) y el término de la velocidad del viento. Para la temperatura ambiente, Pv es la presión de vapor medida a T1 (temperatura ambiente). El factor líquido a condiciones ambiente (LFA) se calcula de la siguiente manera:

$$LFA = \frac{MW^{2/3} * 0.1 * Pv}{116 * 82.05 * (T1 + 273)} \quad (9)$$

Para un líquido a temperatura de ebullición, Pv se supone como 760 mm Hg a T1, el punto de ebullición normal de un líquido. El factor líquido al punto de ebullición (LFB) se calcula así:

$$LFB = \frac{MW^{2/3} * 0.1 * 760}{116 * 82.05 * (Tb + 273)} \quad (10)$$

donde: Tb es la temperatura de ebullición

Para un sólido en su punto de fusión, Pv es la presión medida a T1 (punto de fusión). El factor líquido al punto de fusión (LFM) se calcula así:

$$LFM = \frac{MW^{2/3} * 0.1 * Pv_{fusión}}{116 * 82.05 * (Tf + 273)} \quad (11)$$

donde: Tf es la temperatura de fusión

El factor líquido multiplicado por la cantidad derramada y el término de la velocidad del viento ( $u^{0.78}$ ) da la velocidad de la cantidad liberada al aire:

$$QR = QS * (u)^{0.78} * (\text{Factor\_Líquido}) \quad (12)$$

Si el líquido se maneja únicamente a condiciones ambiente, utilice el factor líquido ambiente (LFA), pero si los líquidos se manejan a temperaturas superiores a la ambiente, utilice el factor líquido de ebullición (LFB).

c) **Sólidos.**

Los sólidos que no están en polvo, fundidos, o en forma disuelta es menos probable que lleguen a viajar por el aire.

Si el sólido es un polvo (partículas menores a 100 micras de diámetro) o en solución, se supone que la cantidad máxima de sólido que se puede liberar (QS) es la cantidad de polvo fino o en solución. La QR de un polvo o solución de un sólido es QS dividida entre 1 minuto:

Para sólidos fundidos, encuentre el factor líquido fundido (LFM), y determine el QR para un material fundido en un área de acuerdo a la ecuación 12.

### 5.2.2.3. ESTIMACIÓN DEL RADIO DE VULNERABILIDAD PARA UNA NUBE TÓXICA

Turner, propone la ecuación para calcular la dispersión de un contaminante que se usa para estimar el radio de la zona vulnerable. La concentración de una liberación a favor del viento, de acuerdo a las consideraciones descritas en la sección 5.2.2.1, está dada por (Turner *op. cit*):

$$C = \frac{QR}{\pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot u} \cdot \text{Exp}\left(\frac{-H^2}{2 \cdot \sigma_z}\right) \quad (13)$$

donde:

C = concentración en el aire, mg/m<sup>3</sup>

QR = velocidad de liberación al aire, mg/s

$\pi = 3.1416$

$\sigma_y \sigma_z$  = desviación de la dispersión, horizontal (y), y vertical (z)

u = velocidad del viento, m/s

H = altura de la emisión, m

Esta ecuación representa la concentración en el estado estacionario a alguna distancia a favor del viento y es aplicable para liberaciones en un intervalo de un minuto a 1 hora.

Se deben determinar con ayuda de la tabla 5.2, los valores numéricos de los coeficientes de dispersión  $\sigma_y$  y  $\sigma_z$ .

En la tabla 5.3 se resume el procedimiento de la evaluación del radio vulnerable a causa de una sustancia tóxica.

ESTIMACIÓN DEL RADIO VULNERABLE PARA UNA SUSTANCIA TÓXICA		
Planta:		
Nombre de la sustancia		
Peso molecular	M=	g/gmol
Temperatura ambiente	Ta=	°C
Temp. de la sustancia	T1=	°C
Temp. de ebullición	Tb=	°C
Temp. de fusión	Tf=	°C
Presión de vapor del líquido.	Pv=	mm Hg
Densidad	D=	Kg/m <sup>3</sup>
Gasto de la emisión	G=	m <sup>3</sup>
Concentración tóxica	IDLH=	ppm
Velocidad del viento	u=	m/s
Altura de la emisión	H=	m
Estabilidad atmosférica		
Caso		Flujo (QS=G*D)
Gases (760 mm Hg < Pv)		QR = QS / 600
Sólidos con partículas < 100 micras de diámetro		
Líquidos (T1 ≤ Ta y Tb > Ta)		QR = QS * (u) <sup>0.78</sup> * LFA
Líquidos (T1 > Ta y Tb ≤ Ta)		QR = QS * (u) <sup>0.78</sup> * LFB
Sólido fundido (Tf ≤ Ta)		QR = QS * (u) <sup>0.78</sup> * LFM
Concentración para una emisión:		$C = \frac{QR}{\pi * \sigma_y * \sigma_z * u} * \text{Exp}\left(\frac{-H^2}{2 * \sigma_z}\right)$
El radio en peligro será de _____ m		

Tabla 5.3 Hoja de cálculo para la estimación de daño a causa de una sustancia tóxica.

### 5.2.3. MODELO DE UNA EXPLOSIÓN.

Una explosión se debe a un rápido equilibrio de alta presión de un gas con el ambiente. La energía contenida en el gas se disipa como una onda de choque, causada por fenómenos puramente físicos; por ej., la ruptura de un contenedor presurizado o por reacción química; por ej., la combustión.

Para la evaluación de nubes explosivas se deben hacer las siguientes suposiciones (Dow, *op. cit.*):

1. La fuga es instantánea. No considera el caso de escape paulatino, excepto en fugas de tuberías de gran capacidad o material transportado desde instalaciones lejanas.
2. El material emitido se vaporiza instantáneamente y la nube se forma de inmediato. Las condiciones de inflamabilidad de la nube se estimarán por medio de las propiedades fisicoquímicas y las condiciones termodinámicas del vapor o líquido inmediatamente anteriores a la fuga.
3. La nube tiene forma cilíndrica y su altura máxima corresponde a su eje vertical. Para evitar complicaciones de cálculo, el modelo no admite distorsiones ocasionadas por el viento y/o estructuras localizadas en las cercanías del lugar de escape.
4. La composición de la nube se considera uniforme y la concentración del material inflamable, con respecto al aire, corresponderá al punto medio de los límites inferior y superior de explosividad (LIE y LSE) de las sustancias involucradas.
5. El calor de combustión del material de referencia, en este caso TNT, se tomará como 2000 BTU/lb. Con este valor se podrá calcular la cantidad de vapor inflamable equivalente al peso de TNT.
6. La temperatura ambiente se considera constante y de 21° C.

7. Para fines de cálculo, la cantidad de material inflamable en la nube explosiva quedará entre los límites de 10 a 45 ton. Se deberá tener en cuenta que los materiales reactivos que presentan una mayor velocidad de combustión pueden producir una transición más rápida hacia una explosión debida a nubes de vapor no confinadas (UVCE, Unconfined vapor Cloud Explosion) para una cantidad determinada.
8. En la práctica se ha encontrado que se requiere cierto confinamiento (aún cuando la definición de explosión de nubes de vapor no confinada no lo requiera) para ayudar a la transición de un fenómeno de combustión simple, ejemplo: flama y flamazo hacia una deflagración. Este tipo de fenómeno está ligado con las flamas de difusión.
9. De acuerdo con los resultados del estudio de explosiones se debe considerar que siempre los vapores de compuestos orgánicos deflagran y nunca (o casi nunca) detonan.

Los materiales que pueden formar nubes explosivas no confinadas, se presentan bajo las condiciones siguientes (Dow, *op. cit*):

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 y mayores.
4. Líquidos inflamables o combustibles sujetos a una temperatura mayor a la de su punto de ebullición y mantenidos en estado líquido por efecto de la presión.

En la tabla 5.4 se presenta la forma y los datos empleados para encontrar el radio de afectación en el caso de una explosión.

ESTIMACIÓN DEL RADIO VULNERABLE A CAUSA DE UNA EXPLOSIÓN											
Planta:											
Material											
Peso molecular	M		g/gmol								
Temperatura del proceso	T1		°C								
Punto de ebullición	T2		°C								
Densidad	ρ		Kg/m <sup>3</sup>								
Volumen en condiciones NTP (gas)	VG		m <sup>3</sup>								
Volumen en proceso (líquido)	VL		m <sup>3</sup>								
Calor de vaporización T2 (líquido)	ΔHv		KJ/Kg								
Capacidad calorífica	Cp		KJ/Kg°C								
Limite inferior de explosividad	LIE		%								
Limite superior de explosividad	LSE		%								
Altura de la nube	h		(10) m								
Calor de combustión	ΔHc		KJ/Kg								
<b>Cálculo del peso de material en el sistema</b>											
a) Gases	WG = 0.001263 M VG		WG		Kg						
b) Líquidos	WL = 3.78756 ρ VL		WL		Kg						
Si T2 < 21° C	WG = WL										
Si T2 > 21° C	WL $\frac{\bar{C}_p(T_1 - T_2)}{\Delta H_v}$		W		Kg						
<b>Cálculo de la magnitud de la nube</b>											
Fracción del material en la nube			$v = \frac{\%LIE + \%LSE}{2 * 100\%}$			v					
Diámetro de la nube			$D_c = 6.763 \sqrt{\frac{W}{hMv}}$			Dc			m		
<b>Cálculo del daño</b>											
<b>Daño máximo probable (DM)</b>						<b>Daño catastrófico probable (DC)</b>					
Energía desprendida			Ton TNT			Energía desprendida			Ton TNT		
$We_1 = \frac{W\Delta H_c 0.01}{2 * 10^8}$						$We_2 = \frac{W\Delta H_c 0.02}{4.4 * 10^6}$					
<b>Ondas expansivas, extensión del daño</b>						<b>Ondas expansivas, extensión del daño</b>					
10psi	5 psi	3 psi	2 psi	1 psi	0.5	10psi	5 psi	3 psi	2 psi	1 psi	0.5
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m

Tabla 5.4 Hoja de cálculo para la estimación de daño a causa de una sustancia explosiva.

En el cálculo de la magnitud de la nube, la experiencia ha demostrado que una nube explosiva alcanza hasta una altura de 10 pies (Dow, *op. cit*), por lo que es conveniente considerar ésta como la altura general de una nube. Debe tenerse cuidado de considerar una altura mayor para gases ligeros, ya que podría resultar en un error en el diámetro de la nube con lo cual se obtendría una subestimación de su potencial destructivo.

La determinación de los diámetros de las ondas expansivas se puede llevar a cabo mediante la ecuación (14). Se determinan los diámetros para los valores de  $We$  obtenidos tanto para el daño máximo (DM) como daño catastrófico (DC), con ayuda de la tabla 5.5.

$$\phi = N \cdot We^{1/3} \quad (14)$$

donde:

$\phi$  es el diámetro de la onda expansiva (ft)

$We$  es la energía desprendida, (Ton de TNT)

$N$  distancia escalada para la sobrepresión considerada, (ft/Ton<sup>1/3</sup>)

Sobrepresión	N
0.5 psi	1291
1 psi	800
2 psi	485
3 psi	400
5 psi	292
7 psi	240
10 psi	200
20 psi	161
30 psi	120

Tabla 5.5 Constantes para la ecuación. 14 (Dow, 1981)

La extensión del daño producido por una nube explosiva se muestra en la tabla 5.6, está se basa en los efectos de las diversas presiones de las ondas expansivas, sin embargo se deben adicionar los efectos de 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. En el caso de que las tuberías transportaran alguna sustancia inflamable se añadiría daño total dentro de la circunferencia.

Sobrepresión (psi)	Efectos
0.02	Sonido molesto (137 dB) si es de baja frecuencia (10 a 15 Hz)
0.03	Fractura de vidrios previamente bajo esfuerzo
0.04	Ruido fuerte y fractura de vidrio
0.1	Fractura de ventanas y pequeños vidrios bajo esfuerzo
0.15	Presión típica de fractura de vidrios
0.3	Distancia segura (i.e probabilidad de 0.95 de no recibir daño grave) Daño de techos de tejas Límite de alcance de proyectiles producto de la explosión Torre de enfriamiento: falla de las mamparas.
0.4	Daño estructural menor y limitado
0.15-1.0	Ventanas grandes y pequeñas completamente estrelladas Daño a los marcos de las ventanas
0.7	Daño menor a la estructura de casas
1.0	Destrucción parcial de casas, quedan inhabitables
1 - 2	Asbesto corrugado completamente estrellado, paneles de aluminio o acero corrugado deformados Paneles de madera elevados
1.3	Marco estructural de acero de edificios ligeramente deformados
2	Colapso parcial de paredes y techos de las casas Calentador: fracturas de ladrillos. Reactor químico: rotura de ventanas y medidores. Filtros: falla de paredes de concreto.
2 - 3	Fractura de paredes de ladrillo
2.3	Daño estructural serio
2.5	Destrucción del 50% de paredes de ladrillo
3	Pocos daños en maquinaria pesada en edificios industriales Tanque de almacenamiento (techo cónico): el equipo se levanta (50% llenado).
3 - 4	Demolición de edificios de estructura de acero Ruptura de tanques de almacenamiento de combustible
4	Reactor químico: partes internas dañadas.
5	Postes de madera segados Ligero daño en maquinaria industrial pesada Calentador: unidad destruida. Regenerador: marcos colapsados. Ventilador: carnaza y cajas dañadas.
5 - 7	Destrucción casi completa de casa
6	Cubículo de instrumentos: unidad destruida. Recipiente horizontal a presión: marcos deformados, el equipo se mueve y las tuberías se rompen. Regulador de gas: el equipo se mueve y la tubería se rompe.
6.5	Tanques de almacenamiento (techo cónico): equipo levantado (90% llenado). Columna de extracción: el equipo se mueve y la tubería se rompe.
7	Volcamiento de vagones de tren cargados Reactor catalítico: partes internas dañadas. Columna fraccionadora: unidad destruida.

Tabla 5.6 Efectos de una explosión a diferentes sobrepresiones (Lees, *op. cit.*)

Sobrepresión (psi)	Efectos
7.5	Regenerador: unidad destruida. Transformador eléctrico: líneas de fuerza dañadas. Turbina de vapor: el equipo se mueve y la tubería se rompe. Cambiador de calor: el equipo se mueve y la tubería se rompe.
7 - 8	Paredes de ladrillo completamente destruidas
8	Tanque de almacenamiento (esférico): el equipo se mueve y la tubería se rompe.
9	Destrucción total de vagones de ferrocarril cargados Reactor químico: unidad destruida. Motor eléctrico: líneas de fuerza dañadas. Recipiente horizontal a presión: unidad destruida. Cambiador de calor unidad destruida.
9.5	Filtro: la unidad se mueve de sus cimientos.
10	Destrucción total de edificios Daño severo a maquinaria pesada Cuarto de control (techo de concreto): unidad destruida. Transformador eléctrico: unidad destruida. Ventilador: unidad destruida. Regulador de gas: controles dañados, carcasa y caja dañadas. Columna de extracción: la unidad se mueve de sus cimientos.
12	Filtro: unidad destruida. Reactor catalítico: unidad destruida. Columna de extracción: unidad destruida. Turbina de vapor: controles dañados. Recipiente vertical a presión: el equipo se mueve y la tubería se rompe. Bomba; líneas de fuerza dañadas.
14	Turbina de vapor: tubería rota. Tanque de almacenamiento (esféricos): falla de abrazaderas y soportes. Recipiente vertical a presión: unidad destruida.
16	Tanque de almacenamiento (esférico): unidad destruida. Bomba: unidad se mueve de sus cimientos.
20	Tanque de almacenamiento (techo flotante): colapso del techo.
> 20	Motor eléctrico: la unidad se mueve de sus cimientos. Turbina de vapor: la unidad se mueve de sus cimientos.
300	Límite del cráter

Tabla 5.6 Efectos de una explosión a diferentes sobrepresiones (continuación).

#### 5.2.4. MODELO DE UN INCENDIO.

Para evaluar los niveles de radiación térmica generados por un incendio, se empleo el procedimiento descrito en el manual "Guidelines for chemical process quantitative risk analysis" realizado en el concepto de Pool Fire en 1989 por la American Institut of Chemical Engineers (AIChE, 1989). Este procedimiento se resume en la tabla 5.7.

HOJA DE CÁLCULO PARA LA ESTIMACIÓN DE UN INCENDIO									
Planta:									
Sustancia:									
Volumen del derrame:					m <sup>3</sup>				
Calor de combustión					ΔHc		KJ/Kg		
Tasa de combustión vertical Se asume una combustión cte.					Mb		Kg/m <sup>2</sup> s		
Area de derrame					A		m <sup>2</sup>		
Diámetro equivalente					Deq		m		
Temperatura ambiente					Ta		°C		
Humedad relativa					%Hr		%		
Presión de vapor del agua					Pw		Pa		
Densidad del aire					Da		Kg/m <sup>3</sup>		
Gravedad					G		9.81		m/s <sup>2</sup>
Altura visible de la flama:					Calor total emitido:				
$H = Deq * \frac{42Mb}{[Da(G * Deq)^{0.5}]^{0.61}}$					Q = Mb*ΔHc*A				
					Calor aceptado por el cuerpo receptor: Qr = 0.35 Q				
Cálculo del factor de exposición					Transmisividad atmosférica:				
$Fp = \frac{1}{4\pi X^2}$					X=distancia en metros entre la fuente y el receptor.				
					$T = 2.02(Pw * X)^{-0.09}$				
Cálculo del flujo térmico recibido por un receptor:					Qx = T*Qr*Fp				
X (m)	10	15	25	50	75	100	150	200	500
Fp									
T									
Qx									

Tabla 5.7, Hoja de cálculo para la estimación de daño a causa de una sustancia inflamable.

En el cálculo del factor de explosión se asume que la radiación generada es puntual y que se recibe por un receptor orientado en forma perpendicular a este punto. La transmisividad atmosférica se refiere al efecto de absorción o reflexión de la radiación térmica por el aire (PUMA, *op. cit.*).

Para evaluar los efectos producidos por los niveles de la radiación, debe consultarse la tabla 5.8

Intensidad KW/m <sup>2</sup>	Efecto observado
35.5	Daño al equipo de proceso.
25.0	Energía mínima requerida para prender madera expuesta infinitamente sin fuente de ignición directa.
12.5	Energía mínima requerida para incendiar la madera con fuente directa de ignición.
9.5	Daño mínimo de piel expuesta hasta 8 segundos, quemaduras de segundo grado después de 20 segundos de exposición.
4.0	Este nivel de radiación térmica es suficiente para causar daño al personal si no se protege en 20 segundos, se pueden sufrir quemaduras hasta de segundo grado si no hay protección.
1.58	Radiación máxima a la que se puede someter al ser humano sin daños graves debidos a exposiciones prolongadas.
1.20	Flujo térmico equivalente al sol en verano al medio día.

Tabla 5.8. Daños en caso de incendio de acuerdo a la intensidad (Lees, *op. cit.*)

### **5.3. EVALUACIÓN DE LOS MODELOS DESCRITOS**

- 1. La calibración de un modelo se dificulta por los procesos complejos involucrados especialmente por efectos meteorológicos. La mayoría de los experimentos se realizan en menores escalas que las liberaciones catastróficas, y por tanto, aún no quedan claros los fenómenos producidos.**
- 2. El esquema típico de Pasquill-Gifford y el coeficiente de Briggs son empíricos, y se basan en datos experimentales para liberaciones de 1 min. a 1 hora.; esto es, usando los esquemas de Pasquill, Gifford y Briggs, las liberaciones están calculadas para duraciones menores a 1 hr.**
- 3. La velocidad y dirección del viento reportada del aeropuerto más próximo o de la oficina de servicio meteorológico puede no reflejar las condiciones imperantes del viento en el momento del derrame, debido a efectos locales.**
- 4. El modelo gaussiano es demasiado simplista para muchas liberaciones; sin embargo su evaluación proporcionan una aproximación rápida. En caso de desear mayor precisión, el modelo será más complejo y se requiere mayor cantidad de información.**
- 5. Los modelos asumen terrenos planos y libres de obstáculos, pero la mayoría de los terrenos no lo son.**
- 6. La vaporización de un derrame, está fuertemente influenciada por el área de la alberca, para todos los casos se supone una profundidad constante (1 cm), por lo que se pueden generar errores en el área estimada si la fuente se encuentra en una cuesta o en una zanja.**
- 7. Durante las liberaciones, los observadores deben estimar muchos datos. Por ejemplo, la velocidad del viento y la estabilidad.**
- 8. No existen para muchas sustancias peligrosas información sobre niveles de toxicidad y las que hay, están basadas fundamentalmente en estudios con animales.**

9. Muchas de las sustancias forman nuevos compuestos químicos al reaccionar en el medio. Por ejemplo, el trióxido de azufre reacciona con agua; la arsina se enciende espontáneamente en el aire, sin fuente de ignición; el HF, tetraóxido de nitrógeno y el estireno se polimerizan y/o despolimerizan cuando se liberan al ambiente. En estos casos, lo que se dispersa bajo el viento puede no ser lo que se liberó; el peso molecular puede cambiar substancialmente; los efectos tóxicos pueden ser diferentes; las reacciones pueden cambiar la densidad y temperatura de la nube.

## **CAPÍTULO 6**

### **SER-Q: SISTEMA DE EVALUACIÓN DE RIESGO QUÍMICO.**

El tener organizada, catalogada y almacenada accesiblemente la información es una necesidad en la actualidad. Este es el objeto de una gran cantidad de software.

El término Sistemas de Gestión de Base de Datos (SGBD), se usa para definir una organización sistemática y administración, de información en un sistema de informática (Tsu-Der, 1991). Los SGBD han sido utilizados para organizar y manipular enormes cantidades de datos generados por las empresas, centros de investigación y administración. El instrumento central de un SGBD es la base de datos, es decir, un conjunto de información útil organizada en forma específica.

Para analizar los posibles peligros que se presentan en una localidad, se tiene que conocer a la perfección toda la zona, es decir se debe contar con la mayor cantidad posible de datos sobre:

- ◇ tipo de construcción,
- ◇ actividades que realizan,
- ◇ número de personas que viven, trabajan o estudian,
- ◇ extensión de los predios,
- ◇ posibles fuentes de peligro,
- ◇ cantidades de sustancias peligrosas que se almacenan, etc.

Para realizar el manejo de toda esta información se diseñó el paquete (software) denominado: "SER-Q" (Sistema de Evaluación de Riesgos Químicos).

Es importante recalcar que SER-Q no sólo es un sistema de base de datos que almacena, ordena y organiza, sino que también es una herramienta que evalúa la dimensión del radio de influencia, en casos de emergencias originadas por el escape de una sustancia tóxica, explosiva y/o inflamable, como se describe a continuación.

## **1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA**

La finalidad de SER-Q es evaluar el riesgo potencial a la que esta sujeta una zona de acuerdo al modelo APELL, (descrito en el capítulo dos) el cual da el panorama de un posible peligro y resuelve las siguientes preguntas:

- ◇ ¿Dónde puede ocurrir el accidente?
- ◇ ¿Cuál es la zona de peligro?
- ◇ ¿Cuáles son los tipos de accidentes que pueden ocurrir?
- ◇ ¿Quiénes y qué puede ser afectado?
- ◇ ¿Cuál es la gravedad del daño producido?

El paquete SER-Q se divide las siguientes en tres secciones:

1. Una conjunto de archivos de datos para cada industria, donde se incorpora la información mínima necesaria para realizar el análisis de peligro, como:
  - ◇ Razón social,
  - ◇ Dirección, número de empleados,
  - ◇ Turnos de trabajo,

❖ Dimensiones de la industria,

❖ Si la empresa se encuentra preparada para resolver una emergencia o no.

También cuenta con la información respecto a las principales sustancias peligrosas que se manejan en forma de materias primas, materias auxiliares, subproductos y residuos.

2. Estimación del radio de la zona vulnerable de acuerdo con el método descrito en el capítulo cinco, para sustancias explosivas, inflamables o tóxicas, lo cual permite evaluar y jerarquizar el posible daño en caso de accidente.
3. Despliegue de un resumen de la información recabada y calculada por SERQ de acuerdo a lo propuesto por el programa APELL, para cada SEP. (descrito en el capítulo dos).

En el capítulo cinco se describen las características y condiciones necesarias para estimar la zona vulnerable. En forma gráfica las tablas 5.3, 5.4 y 5.6 muestran el cálculo para la estimación del daño a causa de una sustancia tóxica, una explosión y un incendio.

Para jerarquizar y evaluar el daño producido por una catástrofe después de obtener la dimensión de la zona afectada se usan las tablas A2, A3, A4 y A5, (ver Anexo 2). Así se pueden clasificar las consecuencias en:

- |    |                 |
|----|-----------------|
| 1. | Sin importancia |
| 2. | Limitadas       |
| 3. | Graves          |
| 4. | Muy graves      |
| 5. | Catastróficas   |

## 2. ESTRUCTURA DEL SISTEMA

Este programa fue realizado en el lenguaje dBase III Plus, puede ejecutarse en cualquier computadora de IBM o compatible. El sistema fue compilado en dBase IV (V. 2.0). Los programas compilados consumen la menor cantidad de memoria posible, es decir son concisos, rápidos y libres de errores en la medida de lo posible. El compilador de dBase IV reduce el programa en su forma de código objeto, para correr más rápido, y genera un archivo ejecutable. Para mayor información sobre instalación y manejo de SER-Q consultar el Anexo 2.

Con la finalidad de realizar búsquedas de información y tener un registro de la simulación de accidentes, se tiene una serie de archivos indexados, es decir los registros se guardan organizados de acuerdo a una clave. Esta clave está formada por uno o varios campos de registro. Basta con dar el valor de la clave para localizar el registro correspondiente.

La información de cada industria se almacena en un archivo dado con extensión ".dbf". Por ejemplo para la industria Baxter, S. A. de C. V. se tendrá:

Nombre del archivo de la industria:      BAXTE.dbf

Los informes de las sustancias usadas por cada industria son guardadas en archivos que constan del nombre del archivo de la industria más la clave que corresponde al tipo de uso de la sustancia (Tabla 6.1) y el número de archivo, se almacena en forma secuencial, es decir uno para el primer registro, dos para el segundo y así sucesivamente. Por ejemplo: la sustancia se usa como materia prima (MP) y es la segunda sustancia que se introduce (2), la información se encuentra en el archivo:

BAXTEMP2.dbf

CVE	Significado
MP	Materia prima
MA	Materia auxiliar
SU	Subproducto
RE	Residuo

**Tabla 6.1, Clave de los archivos según el uso del material.**

Las simulaciones de accidentes quedaron registradas en los archivos: TOXICO.dbf, EXPLOSL.dbf e INCEND.dbf mediante la clave del evento. Esa clave, se compone del nombre del archivo más "TO" para una nube tóxica más un número; con objeto de que posteriormente pueda ser diferenciada de otras evaluaciones. Este será el mismo formato que para una explosión, pero la clave llevara "EX" y para incendio "IN". Por ejemplo:

**Industria Baxter, primera simulación de nube tóxica: BAXTETO1**

**Industria Colorantes Xochil, segunda simulación de explosión: COLXOEX2**

## **CAPÍTULO 7**

### **APLICACIÓN DEL MODELO APELL A LA ZONA INDUSTRIAL DE CIVAC**

En general, es difícil contar con la información completa para realizar los estudios de riesgo y, dada la necesidad de contar con datos específicos acerca de las industrias y las sustancias que emplean, se diseñó un cuestionario para lograr ese objetivo.

El presente estudio se realizó con la amable cooperación de la PROFEPA del estado de Morelos, que con ese cuestionario solicitaba la información presentada en la tabla 7.1.

1. Razón social.
2. Domicilio.
3. Giro de la empresa.
4. Actividad.
5. Superficie del predio.
6. Número de empleados.
7. Número de turnos.
8. Días laborados por semana.
9. Descripción general del proceso.
10. Sustancias manejadas, cantidad, CRETIB y forma de almacenamiento:
  - 10.1. Materias primas
  - 10.2. Materias auxiliares
  - 10.3. Subproductos
  - 10.4. Residuos
11. Atención a emergencias:
  - 11.1. Sistema de seguridad
  - 11.2. Equipo de emergencias
  - 11.3. Programa de prevención de accidentes.

Tabla 7.1 Información requerida por la PROFEPA a las industrias.

El cuestionario propuesto fue contestado por 66 empresas, de un total de 136 industrias, registradas en el parque industrial de CIVAC. Sin embargo, dentro de las empresas que respondieron se encuentra el 85% de las fábricas, que por el tipo de actividades que realizan pueden ser catalogadas de alto riesgo, ya que en sus procesos manejan sustancias que pueden tener alguna característica de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad y flamabilidad.

A pesar de que el cuestionario era requerido por la PROFEPA, el 50% de las industrias no contestaron la encuesta, y la calidad de las respuestas varió mucho, pues algunas proporcionan todos los datos y otras, sólo algunos de ellos. También se presentaron ambigüedades (por ej. la empresa Givaudan Roure, S.A. de C.V., reporta que emplea solventes, pero no indica cuales) y algunos datos no son precisos (como la forma de almacenamiento y/o tipo de recipiente para almacenar). En la tabla 7.2 se presentan las empresas que se encuentran registradas en CIVAC y su giro industrial. A cada una se le asigna un número con el cual se puede localizar en los planos IG-01, IG-02, IG-03 y IG-04.

De algunas de las empresas que no respondieron la encuesta se desconoce su giro industrial, pues la PROFEPA no pudo proporcionarlo, en el tiempo que se le solicitó la información.

De acuerdo al procedimiento descrito en el capítulo cinco, para estimar la dimensión de la zona vulnerable correspondiente a cada sustancia e industria, se realizó lo siguiente:

1. Se capturó en el programa SER-Q, la información industrial obtenida de las empresas de CIVAC.
2. De diferentes fuentes de información ( bases de datos, manuales, etc.) se obtuvieron las propiedades físicas y químicas de las sustancias extremadamente peligrosas que cada empresa reportó.
3. Dependiendo de las características de toxicidad, explosividad y/o inflamabilidad de cada sustancia, se estimó la zona vulnerable con ayuda de SER-Q.
4. Para cada industria se delimitó en el mapa de CIVAC (IG-01), la zona de influencia en caso de un accidente catastrófico para cada sustancia.

	Razón Social	Giro Industrial	Archivo
1.	A. Sánchez	***	
2.	ASOCIACION FARMACEUTICA INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.	***	AFILA
3.	AKO	***	
4.	ALUCAPS MEXICANA, S.A. DE C.V.	Metal-Mecánica	ALUCA
5.	ALUPLAST, S.A. DE C.V.	Plásticos	ALUPL
6.	Ambientes Comerciales e industriales, S. A., C. V.	Metal-Mecánica	
7.	AQUI	***	
8.	Artículos elásticos, S. A. de C. V.	Plásticos	
9.	ASESORES INDUSTRIALES EN ECOLOGÍA, S. A. DE C.V.	Química	ASINE
10.	Atapco Azteca, S. A. de C. V.	Manufactura	
11.	Atzalan	***	
12.	Autoservicio CIVAC	Taller automotriz	
13.	AUTO CONVOY MEXICANO, S.A DE C. V.	Transportes	CONVO
14.	Autotraslado mexicano, S. A. de C. V.	Transportes	
15.	AVÍCOLA JARILLO, S. A. DE C. V.	Alimentos	AVIJA
16.	BAST MEXICANA, S. A. DE C. V.	Farmacia	BASFM
17.	BAXTER, S. A. DE C. V.	Farmacia	BAXTE
18.	Bimbo	Alimentos	
19.	Briseño	***	
20.	Canet	***	
21.	Cartsa de Morelos, S. A. de C. V.	Metal-Mecánica	
22.	Centaurus del norte	***	
23.	CHRISTIANSON, S.A DE C.V.	Química	CHIRS
24.	Cerámica de Cuernavaca, S. A. de C. V.	Química	
25.	CIBA CORNING DIAGNOSTICS DE MÉXICO, S. A. DE C.V.	Almacén	CIBAD
26.	CIMPA, S. A. DE C.V.	***	CIMPA
27.	COCINA MEXICANA S. A. DEC. V.	Alimentos	COCIN

Tabla 7.2, Industrias de CIVAC, su giro, número con el que se localiza en los planos y nombre de archivo en SER-Q.

#	Razón Social	Giro Industrial	Archivo
28.	COLOIDE MEXICANA, S. A. DE C. V.	Metal-Mecánica	COLID
29.	COLORANTES ORIÓN, S. A. DE C. V.	Química	COLOR
30.	COLORANTES XOCHIL, S. A. DE C. V.	Química	COLXO
31.	CORPORACIÓN MANUFACTURERA DE ELECTRO EQUIPOS, S. A. DE C. V.	Alimentos	COMAE
32.	Compañía Mexicana Nacional Electric coil, S. A. C. V.	Electrónica	
33.	Con espuma, S. A.	***	
34.	Corporación Arellano	***	
35.	Cuisa rom	Textil	
36.	DERIVADOS DE GASA, S. A. DE C. V.	Textil	DERGA
37.	DERMOMEX, S. A. DE C. V.	Farmacia	DERMO
38.	DESECHABLES QUIRÚRGICOS E INDUSTRIALES, S. A.	Textil	DESQU
39.	Diagnósticos de México, S. A. de C. V.	***	
40.	Dominicis, S. A. de C. V.	Metal-Mecánica	
41.	DOS OSOS, DE R. L.	Química	DOSOS
42.	El Danés	***	
43.	EQUIPO IEM, S. A. DE C. V.	Electrónica	EQIEM
44.	EQUIPOS CUTLER HAMMER, S. A. DE C. V.	Electrónica	EQCUT
45.	Erge, S. A.	Electrónica	
46.	Esquim, S. A. de C. V.	***	
47.	Export. Oro verde	***	
48.	FIBROLUB, S. A. DE C. V.	Química	FIBRO
49.	Flota mex, S. A. de C. V.	Metal-Mecánica	
50.	García Postal	***	
51.	GASOLINERA CIVAC, S. A.	Almacén	GASCI
52.	GIVAUDAN ROURE, S. A. DE C. V.	Química - Alimentos	GINRO
53.	Gotas de agua, S. A. de C. V.	Textil	
54.	GRÁFICA INDUSTRIAL MEXICANA, S. A. DE C. V.	Imprenta y gráfica	GRIME

Tabla 7.2, Industrias de CIVAC, su giro, número con el que se localiza en los planos y nombre de archivo en SER-Q.

#	Razón Social	Giro Industrial	Archivo
55.	GUANTES QUIRÚRGICOS, S. A. DE C. V.	Plásticos	GUANT
56.	Hermínio Marin Lazo	***	
57.	Ibarra	***	
58.	Impel	***	
59.	Imprenta litográfica LERASA, S. A. de C. V.	Imprenta y gráfica	
60.	INAQUIMEX, S. A. DE C. V.	***	INAQU
61.	Inaugura	***	
62.	INDUSTRIAS LAVIN DE MEXICO, S.A. DE C.V.	Farmacia	INDLA
63.	INDUSTRIAS PAL, S.A. DE C.V.	Metal mecánica	INDPA
64.	INDUSTRIAS PARRMAL, S.A. DE C.V.	Farmacia-Perfumería	INDPR
65.	Industrias Tadi, S. A. de C. V.	***	
66.	INFRA, S.A. DE C.V.	Almacén	INFRA
67.	Inmobiliaria Elefante	***	
68.	Inmobiliaria Mer	***	
69.	Inmotec	***	
70.	Inmuebles Mayoli, S. A. de C. V.	***	
71.	INVESTIGACIÓN FARMACÉUTICA, S. A. DE C. V.	Farmacia	INVFA
72.	KS DE MORELOS, S. A. DE C. V.	Química	KSMOR
73.	LABORATORIOS DERMATOLÓGICOS DARIER, S. A. DE C. V.	Farmacia	LABDE
74.	LABORATORIOS IMPERIALES, S. A. DE C. V.	Farmacia	LABIM
75.	LABORATORIOS JULIAN, S. A. DE C. V. (S. B. -planta 37-)	Farmacia	LABJU
76.	LABORATORIOS LEPEIT DE MÉXICO, S. A. DE C. V.	Farmacia	LABLE
77.	Laboratorios Miles de México, S. A. de C. V.	Farmacia	
78.	Luis Botello	***	
79.	M. González	***	
80.	MA. CLEOPATRA MAQUIT RIVEROLL	Manufactura	CLOEP
81.	Maki	***	
82.	Maya	***	

Tabla 7.2, Industrias de CIVAC, su giro, número con el que se localiza en los planos y nombre de archivo en SER-Q.

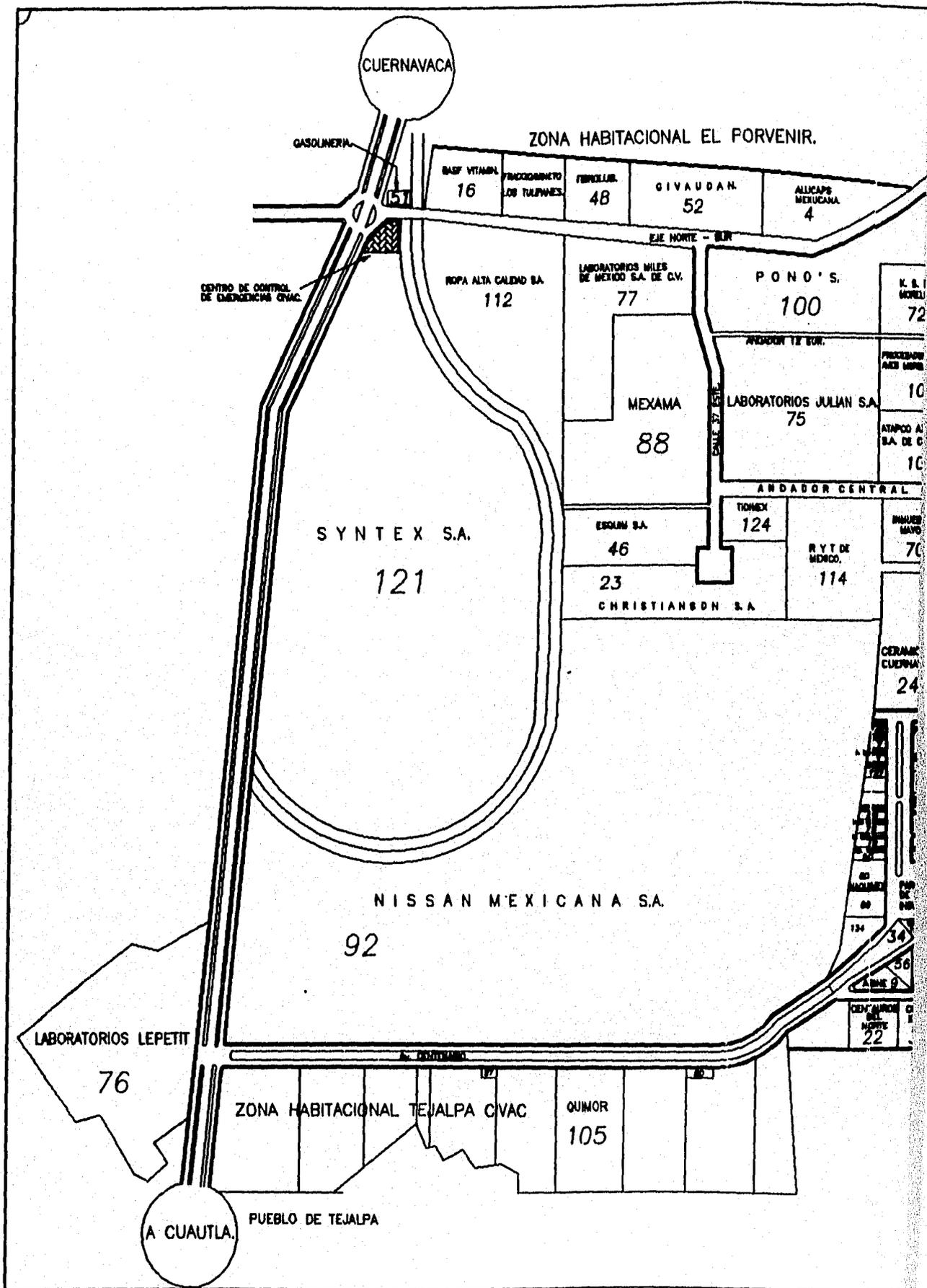
#	Razón Social	Giro Industrial	Archivo
83.	MAYEKAWA DE MÉXICO, S.A DE C.V.	Compresores	MAYE
84.	MECHANICS AND TOOLS DE MÉXICO, S. A. DE C. V.	Metal-Mecánica	MECTO
85.	Merck-México, S. A. de C. V.	Química	METTR
86.	METAL TRANSFORMA, S. A. DE C. V.	Metal-Mecánica	
87.	Metaldom, S. A. de C. V.	Metal-Mecánica	MEXAM
88.	MEXAMA, S. A. DE C. V.	Química	
89.	Mol-tec de Cuernavaca, S. A. de C. V.	Plásticos	
90.	Montan, S. A. de C. V.	Química	
91.	NEC DE MÉXICO, S. A. DE C. V.	Electrónica	NECME
92.	NISSAN DE MÉXICO, S. A. DE C. V.	Metal-Mecánica	NISSA
93.	ORSABE, S. A. DE C. V.	Química	ORSAB
94.	Parker mexicana, S. A. de C. V.	Metal-Mecánica	
95.	PENNWALT, S. A. DE C. V.	Almacén	PENWA
96.	PHARMA-TAP, S.A DE C. V.	Plásticos	PHARM
97.	PLASTOVIN, S. A. DE C. V.	Plásticos	POLIS
98.	POLIETILENOS DEL SUR, S. A. DE C. V.	Plásticos	POLME
99.	POLYGAL MEXICANA, S. A.	Textil	PONDS
100.	POND'S DE MÉXICO, S. A. DE C. V.	Química - Farmacia	
101.	PROCESADORA DE AVES DE MORELOS, S. A. DE C. V.	Alimentos	PRAVE
102.	PRODUCTOS QUÍMICOS MARDUPOL, S. A. DE C. V.	***	MARDU
103.	PRODUCTOS Y PINTURAS MOJICA, S. A. DE C. V.	Química	PROPI
104.	PROMOTORA TÉCNICA INDUSTRIAL, S. A. DE C. V.	***	PROTE
105.	QUÍMICA MORELOS, S. A. DE C. V.	Química	QUIMO
106.	QUÍMICOS Y SOLVENTES DE MORELOS, S. A. DE C. V.	Química	QUISO
107.	Raffia, S. A.	Plásticos	
108.	Ramos	***	
109.	Rasolquim, S. A. de C. V.	Química	
110.	REFRIGERACIÓN DE MORELOS, S. A. DE C. V.	Metal mecánica	REFIM

Tabla 7.2, Industrias de CIVAC, su giro, número con el que se localiza en los planos y nombre de archivo en SER-Q.

#	Razón Social	Giro Industrial	Archivo
111.	Richard's	***	
112.	Ropa de alta calidad, S. A. de C. V.	Textil	
113.	Roto envases, S. A. de C. V.	***	
114.	RYT de México, S. A. de C. V.	***	
115.	Salinas	***	
116.	Schrack electrónica, S. A. de C. V.	Electrónica	
117.	Selemex, S. A. de C. V.	Imprenta y gráfica	
118.	Servicio CIVAC	Taller automotriz	
119.	Sistemas y componentes, S. A. de C. V.	Electrónica	
120.	Smithkline Beecham, S. A. de C. V. (consumo)	Farmacia-Perfumería	
121.	SYNTEX, S. A. DE C. V.	Farmacia	SYNTE
122.	TEMACANI, S. A.	Textil	TAMAC
123.	Termohidráulica, S. A. de C. V.	Metal-Mecánica	
124.	Tidimex, S. A. de C. V.	***	
125.	TOKAI DE MÉXICO, S. A. DE C. V.	Metal-Mecánica	TOKAI
126.	Torres	***	
127.	Transportadora de automóviles, S. A. de C. V.	Transportes	
128.	Transportes Estrella Blanca, S. A. de C. V.	Transportes	
129.	Trausa	***	
130.	TREFILADOS Y LAMINADOS DE MORELOS, S. A. DE C. V.	Metal-Mecánica	TRELA
131.	Uriel Guerrero Reyes	***	
132.	Válvulas Jet, S. A. de C. V.	Metal-Mecánica	
133.	VECO, S. A. DE C. V.	Metal-Mecánica	VESOS
134.	Venegas	***	
135.	W. Probst	***	
136.	Westfalia separator mexicana, S. A. de C. V.	Ventas y servicio	

\*\*\* No se conoce el su giro industrial.

Tabla 7.2, Industrias de CIVAC, su giro, número con el que se localiza en los planos y nombre de archivo en SER-Q.





## **CAPÍTULO 8**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Como se había mencionado con anterioridad (Capítulo 7) solamente 66 empresas contestaron el cuestionario de información. Para cada una de esas empresas SER-Q le asignó un archivo de datos. En la última columna de la tabla 7.2 se puede consultar el nombre del archivo que corresponde a cada empresa.

#### **1. MAPA DE VULNERABILIDAD EN CASO DE UNA NUBE TÓXICA**

Los resultados de la simulación de una nube tóxica obtenidos por SER-Q para aquellas industria que emplean sustancias tóxicas, se presentan en la tabla 8.1. Se observa que la sustancia que potencialmente ocasionaría el peor desastre en el conjunto industrial es el ácido clorhídrico por su toxicidad y características físicas, aunado al hecho de que es una sustancia ampliamente utilizada por lo que incrementa la posibilidad de que ocurra un accidente catastrófico. Las industrias que manejan grandes cantidades del ácido son por lo tanto las más peligrosas, además de que emplean otras SEP. A continuación éstas se enlistan de acuerdo al efecto que ocasionarían, de mayor a menor en caso de una fuga del ácido:

1. Corporación Manufacturera de Electro Equipos, S. A. de C. V.
2. Gráfica Industrial Mexicana, S. A. de C. V.
3. Mexama, S. A. de C. V.
4. Química Morelos, S. A. de C. V.
5. Syntex, S. A. de C. V.
6. Colorantes Xochil, S. A. de C. V.

7. Química y Solventes de Morelos, S. A. de C. V.
8. Rasolquim, S. A. de C. V.
9. Colorantes Orión, S. A. de C. V.
10. Nissan, S. A. de C. V.
11. Guantes Quirúrgicos, S. A. de C. V.

Dentro de CIVAC existen otras industrias altamente peligrosas que no usan ácido clorhídrico, pero que utilizan sustancias que en situación de fuga podrían ocasionar un desastre. Las más importantes por los efectos que producirían de mayor a menor grado, se presentan a continuación:

12. Laboratorios Imperiales, S. A. de C. V.
13. Gasolinería de CIVAC, S. A. de C. V.
14. Desechables Quirúrgicos e Industriales, S. A. de C. V.
15. Coloide Mexicana, S. A. de C. V.
16. Baxter, S. A. de C. V.
17. Toxai de México, S. A. de C. V.
18. Laboratorios Lepetit, S. A. de C. V.
19. Christianson, S. A. de C. V.
20. Dos Osos, S. A. de C. V.
21. Polygal Mexicana, S. A. de C. V.
22. Plastovin, S. A. de C. V.

Los resultados obtenidos se presentan en el plano IG-02 pero cabe destacar que debido a la escala del mismo, el radio de afectación mayor a 1000 m no puede ser marcado ya que sobrepasa los límites del CIVAC.

Archivo	Uso	CVE	Sustancia	Cantidad litros	Gasto Kg/s	Radio m
ALUCA	MP1	TO1	Esmalte ⊗	23,068.05	0.26375	62.3
	MP2	TO2	Barniz	11,534.04	0.13187	43.944
	RE1	TO3	Thinner	6,000	0.0686	31.642
ASINE	MP1	TO1	Acido sulfúrico	545.25	0.00108	19.831
	MP2	TO2	Hidróxido de sodio	166.333	0.0001	4.131
AVIJA	MA1	TO1	Propano	70	0.70657	23.913
BAXTE	MP1	TO1	Acido sulfúrico	3,000	0.00513	43.328
	MP2	TO2	Hidróxido de sodio	3,000	0.00177	17.703
	MA1	TO3	Gas LP ⊗	50,000	519.425	624.513
	RE2	TO4	Acetato de sodio	300	0.00155	4.287
BEECH	MP1	TO1	Etanol	2,000	0.2528	13.973
CHRIS	MP1	TO1	Oxido de etileno	200,000		
	MP2	TO2	Oxido de propileno ⊗	60,000	10.9217	267.444
	MP3	TO3	Etanol	500	0.00632	6.98
	RE1	TO4	Solución fenólica	5,000	0.00054	4.031
CIMPA	MA1	TO1	2-propanol	500	0.00553	2.332
	RE1	TO2	2-propanol	500	0.00553	2.332
COLID	MP2	TO1	Acido sulfúrico ⊗	573,000	1.13785	699.292
COLOR	MP1	TO1	Acido clorhídrico ⊗	5,000	67.833	5705.626
	MP2	TO2	Fenol	188.857	0.00002	0.781
	MP2	TO3	Anilina	250	0.00005	2.035
COLXO	MP1	TO1	Acido clorhídrico ⊗	4,000	54.2667	4886.42
	MA1	TO2	Acido clorhídrico ⊗	8,000	108.533	8014.052
	MA3	TO3	Anilina	600	0.00013	3.159
COMAE	MP2	TO1	Acido clorhídrico ⊗	23,000	312.033	> 10000
	MP3	TO2	Hidróxido de sodio	17,000	0.00997	42.282
DERGA	MA1	TO1	Acido acético	500	0.00259	5.535
DERMO	MP1	TO1	2-propanol	3,000	0.03316	5.715
	MP2	TO2	Etanol	10,000	0.12639	31.319
DESQU	MP1	TO1	Hidróxido d amonio ⊗	470	5.005	704.336
DOSOS	MA1	TO1	Gas LP ⊗	3,000	31.1655	144.244
EQUUH	MP2	TO1	Thinner	110	0.00126	2.2
	RE2	TO2	Thinner sucio	200	0.00229	2.967
GASCI	MP1	TO1	Gasolina ⊗	30,000	7.591	944.941
GINRO	MA1	TO1	Solventes	1,000	0.01264	9.875
	RE1	TO2	Solución aromática	4,000	0.04573	13.289
GRIME	MP1	TO1	Acido clorhídrico ⊗	20,000	271.333	> 10000
	MP3	TO2	Hidróxido de sodio ⊗	30,000	0.0176	56.270
GUANT	MP1	TO1	Hidróxido d amonio ⊗	210	2.23650	457.573
	MP3	TO2	Acido clorhídrico ⊗	300	4.07	1002.334
INAQU	MA1	TO1	Acetona	200	0.01503	3.03
	MA2	TO2	Etanol	400	0.00506	6.242
	MA3	TO3	2-propanol	400	0.00442	2.086
INDLA	MP1	TO1	Etanol	400	0.00506	6.242
INDPR	MP2	TO1	Dietanolamina	7,000	0.06467	20.943

Tabla 8.1. Radio de vulnerabilidad obtenido para cada SEP por toxicidad.

Archivo	Uso	CVE	Sustancia	Cantidad litros	Gasto Kg/s	Radio m
INFRA	MP1	TO1	Hidróxido de sodio	5,000	0.00293	22.807
	MP2		Acido cloro acético	6,000		
KSMOR	MA1	TO1	Thinner	240	0.00274	3.251
LABDE	MP1	TO1	Etanol ⊗	400	0.00506	6.242
LABIM	MP1	TO1	Acido nítrico ⊗	4,660.4	0.23255	165.365
	MP2	TO2	Hidróxido de amonio	6259.78	66.669	3191.312
LABJU	MP1	TO1	2-propanol	40,000	0.44218	20.910
	MP2	TO2	Propanol	40,000	0.1894	23.71
	MP3	TO3	Acetona	35,000	2.63063	40.291
	RE1	TO4	Tolueno en agua	6,000	0.068	16.282
LABLE	MP1	TO1	Acetona	224.79	0.01684	3.207
	MP2	TO2	Etanol	1115.17	0.0172	9.921
	MA3	TO3	Gas LP ⊗	10,000	103.885	267.569
	RE2	TO4	Solventes	50	0.00063	2.206
MARDU	MP1		Pentaoxido de fósforo	500		
	MP2	TO1	Hidróxido de sodio	1000	0.00059	10.21
MAYEK	RE1	TO1	Percloro	200	0.00352	2.753
METTR	MA1		1-hexeno	400		
	MA2	TO1	Acetona	200	0.01503	3.03
	MA3	TO2	Metanol	400	0.00923	2.859
MEXAM	MP1	TO1	Acido sulfúrico ⊗	926,935.65	1.58259	837.341
	MP2	TO2	Acido clorhídrico	146,430.7	4000.0	> 10000
	MP3	TO3	Hidróxido de sodio ⊗	65,359.477	0.03833	83.366
NECME	MA1	TO1	2-propanol	1,000	0.01105	3.289
NISSA	MP1	TO1	Thinner	22	0.00025	0.984
	MP2	TO2	Acido clorhídrico ⊗	1,270	17.2297	2324.942
	MA1	TO3	Gasolina ⊗	100,000	25.3036	1886.936
ORSAB	MP1	TO1	Acetona	40,000	3.00644	43.089
	MP2	TO2	Metil isobutil cetona	40,000	0.29188	26.337
	RE1	TO3	Tolueno en agua	4,000	0.04573	13.289
PENWA	MP2	TO1	Etanol	20	0.00025	1.395
	MA3	TO2	Fenol	1,500	0.00016	2.207
	RE1	TO3	Etilenglicol metil éter	40	0.0002	0.954
PHARM	MA2	TO1	Gas LP	30	0.30116	14.175
	MA3	TO2	Gasolina ⊗	50	0.1265	34.608
PLAST	MA1	TO1	Gas LP	244	2.53497	40.572
	MA3	TO2	Gasolina	800	0.20243	140.405
POLME	MA1	TO1	Gas LP	3,000	31.1665	144.244
PONDS	MP2	TO1	Etanol	1,000	0.01264	9.875
PROTE	MP1	TO1	Acetona	2,339.18	0.1758	10.373
	MP2	TO2	Metanol	1,896.33	0.04375	6.228
QUIMO	MP1	TO1	Acido sulfúrico	50,000	0.08537	179.924
	MP2	TO2	Acido clorhídrico ⊗	50,000	678.333	> 10000
	MP3	TO3	Hidróxido de sodio	20,000	0.01173	45.884

Tabla 8.1. Radio de vulnerabilidad obtenido para cada SEP por toxicidad. (continuación)

Archivo	Uso	CVE	Sustancia	Cantidad litros	Gasto Kg/s	Radio m
QUISO	MP1	TO1	Acido clorhídrico ⊗	6,101.28	82.77	6574.473
	MP2	TO2	Acido sulfúrico ⊗	3,271.53	0.00558	45.205
	MP4	TO3	Hidróxido de sodio ⊗	3,267.97	0.00129	18.476
	MP5	TO4	Thinner	2,000	0.02287	9.392
	MP1	TO1	Acido sulfúrico ⊗	8,178.84	0.01396	71.733
RASOL	MP2	TO2	Acido clorhídrico ⊗	6,101.28	82.7702	6573.473
	MP1	TO1	Acetona	76,237.07	5.73	59.619
SYNTE	MP2	TO2	Acido clorhídrico ⊗	966,495.05	13112.1	> 10000
	MA1	TO3	Acetona	175,325.14	13.1776	90.791
	MA2	TO4	Metanol	74,320.22	1.715	39.17
	MA3	TO5	Cloruro de metileno	11,886.50	5.06569	148.322
	MP1	TO1	Acido sulfúrico	60	0.0001	6.09
TAMAC	MP2	TO2	Peróxido de hidrogeno	120	0.0004	10.603
TOKAI	MP1	TO1	Isobutano	2,800	25.9933	551.116
TRELA	MP1	TO1	Acido sulfúrico	50	0.00009	5.559

Tabla 8.1. Radio de vulnerabilidad obtenido para cada SEP por toxicidad. (continuación)

Existen industrias que emplean sustancias muy tóxicas y que aún la fuga de cantidades pequeñas podrían afectar una gran superficie. El área que ocupan las industrias varía mucho, por lo que, para poder saber si el accidente estaría dentro o fuera de la empresa, es necesario ver el plano IG-02. Todas las sustancias marcadas con ⊗ ocasionarían una nube tóxica que saldría de las instalaciones y por tanto afectaría industrias y zonas habitacionales aledañas.

Los siguientes compuestos usados por la empresas de CIVAC, no sobrepasan la cantidad reportada en el primer listado de actividades altamente riesgosas (sección 1.2.1):

Anilina  
Etanol  
Fenol  
Óxido de propileno  
Pentaóxido de fósforo  
Peróxido de hidrógeno  
Tolueno  
Acetileno

Todas las industrias que manifestaron usar ácido clorhídrico exceden la cantidad de mínima de sustancia peligrosa de acuerdo al listado; las empresas

Mexama, Química Morelos, y Coloide Mexicana por el empleo de ácido sulfurico y Christianson por el óxido de etileno también se encuentran consideradas riesgosas por la LGEEPA (artículo 146).

La figura 8.2 muestra que el 35% de las posibles fugas de sustancias tóxicas empleadas en la zona industrial tendrían un radio menor de 100 m y 14% podrían superar los 1000 m. Cabe señalar, que el 5% de los accidentes, en días muy estables llegarían afectar una zona mayor de 10,000 m en la dirección del viento.

Es importante señalar que CIVAC se encuentra, actualmente completamente rodeada de zonas habitacionales que contienen una gran densidad de población (Fig. 3.5), el accidente de alguna sustancias que salga de la zona industrial además de intoxicar a las personas que laboran, podrían causar daño a parte de los 44,667 habitantes en la vecindad. Sin embargo el número de personas afectadas dependiera de la dirección del viento, ya que en un evento real la nube tóxica se mueve en una sola dirección.

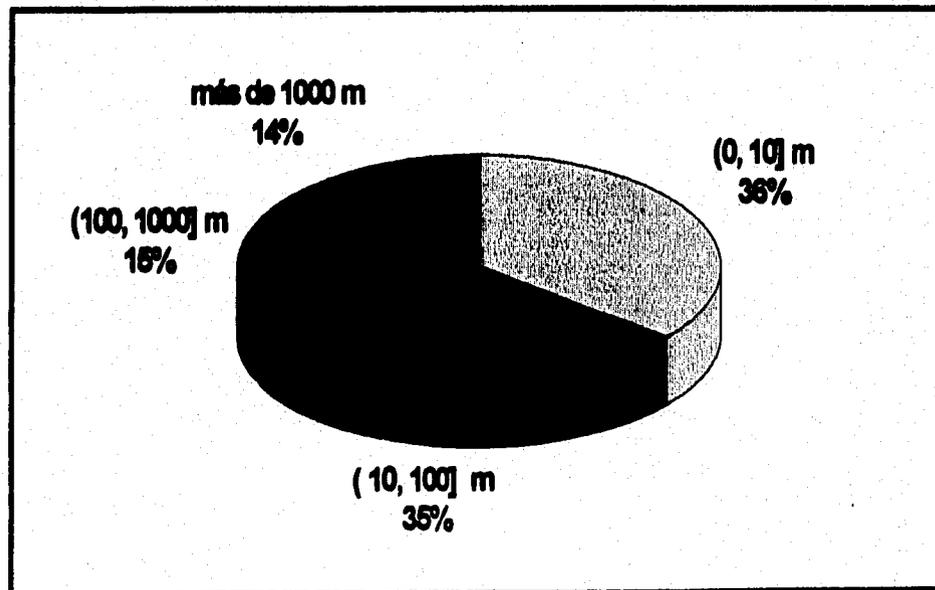
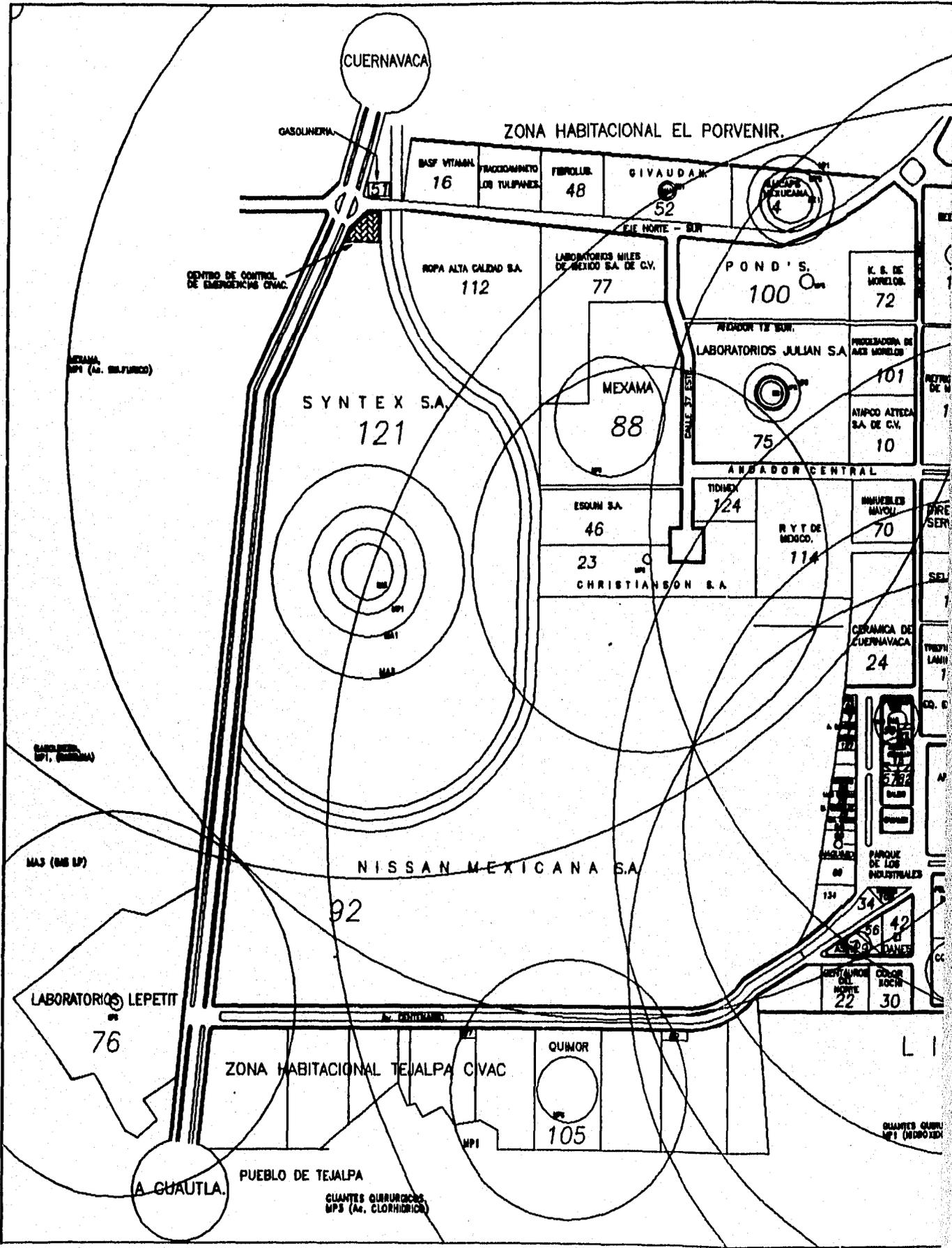


Fig. 8.2 Distribución de las distancias que afectaría un accidente en CIVAC.





## **2. MAPA DE VULNERABILIDAD EN CASO DE UNA EXPLOSIÓN**

En la tabla 8.3 y en el plano IG-03 se muestran los radios de afectación obtenidos de la simulación en SER-Q. Las 10 primeras empresas, que en caso de explosión causarían mayor daño, son:

1. Christianson, S. A. de C. V.
2. Baxter, S. A. de C. V.
3. Laboratrios Lepetit, S. A. de C. V.
4. Dos Osos, S. A. de C. V.
5. Polygal de Mexicana, S. A. de C. V.
6. Tokai de México, S. A. de C. V.
7. Laboratorios Imperiales, S. A. de C. V.
8. Plastovin, S. A. de C. V.
9. Syntex, S. A. de C. V.
10. Orsabe, S. A. de C. V.

Las sustancias que pueden causar alguna de estas explosiones son diversas. En general, dependen de la cantidad almacenada y del grado inherente de cada sustancia a producir una explosión. Sin embargo, se podría decir que la sustancia que presenta un mayor riesgo potencial es el gas LP.

Se considera como actividad altamente riesgosas el manejo de las sustancias explosivas o inflamables en cantidades superiores al reporte del segundo listado (sección 1.2.1), por lo que las empresas peligrosas según la LGEEPA son:

Baxter por el empleo de gas LP,

Syntex por metanol

Coloide Mexicana por el formaldehído.

Archivo	Uso	CVE	Sustancia	Cantidad litros	Volumen a TPN m <sup>3</sup>	Radio metros
ALUCA	PM1	EX1	Esmalte ⊗	23,068.05	23.068	175.741
	MP2	EX2	Barniz ⊗	11,534.04	11.534	139.486
	RE1	EX3	Thinner ⊗	6,000	6.0	112.18
AVIJA	MA1	EX1	Gas LP ⊗	70	21	155.23
BAXTE	MA1	EX1	Gas LP ⊗	50,000	15000	1387.66
BEECH	MP1	EX1	Etanol ⊗	2,000	2.0	59.6
CHRIS	MP1	EX1	Oxido de etileno ⊗	200,000	200	1969.95
	MP2	EX2	Oxido de propileno ⊗	60,000	60	115.7
	MP3	EX3	Etanol	500	0.5	37.5
CIMPA	MA1	EX1	2-propanol	500	0.5	42.2
	RE1	EX1	2-propanol	500	0.5	42.2
DERMO	MP1	EX1	2-propanol ⊗	3,000	3.0	76.9
	MP2	EX2	Etanol ⊗	10,000	10.0	101.91
DESQU	MP1	EX1	Hidróxido de amonio ⊗	470	202.33	203.104
DOSOS	MA1	EX1	Gas LP ⊗	3,000	900	543.5
EQCUH	MP2	EX1	Thinner ⊗	110	0.11	29.5
	RE2	EX2	Thinner sucio ⊗	200	0.2	36.103
GASCI	MP1	EX1	Gasolina	30,000	30	136.59
GINRO	MA1	EX1	Solventes	1,000	1.0	47.3
	RE1	EX2	Sol aromatica	4,000	4.0	98.0
GUANT	MP1	EX1	Hidróxido de amonio ⊗	210	90.4	155.3
INAQU	MA1	EX1	Acetona	200	0.2	26.56
	MA2	EX2	Etanol	400	0.4	34.85
	MA3	EX3	2-propanol	400	0.4	39.27
INDLA	MP1	EX1	Etanol ⊗	400	0.4	34.85
KSMOR	MA1	EX1	Thinner	240	0.24	38.36
LABDE	MP1	EX1	Etanol	400	0.4	34.85
LABIM	MP2	EX1	Hidróxido de amonio ⊗	4,660.4	2006.10	436.3
LABJU	MP1	EX1	2-propanol ⊗	40,000	40	182.17
	MP2	EX2	Propanol ⊗	40,000	40	182.7
	MP3	EX3	Acetona ⊗	35,000	35	148.5
	RE1	EX4	Tolueno en agua ⊗	6,000	6.0	112.18
LABLE	MP1	EX1	Acetona	224.79	0.224	28.2
	MP2	EX2	Etanol	1115.17	1.115	49.5
	MA3	EX3	Gas LP ⊗	10,000	3000	811.5
	RE2	EX4	Solventes	50	0.05	17.4
METTR	MA2	EX2	Acetona ⊗	200	0.2	26.56
	MA3	EX3	Metanol ⊗	400	0.4	31.6
NECME	MA1	EX1	2-propanol	1,000	1.0	53.27
NISSA	MP1	EX1	Thinner	22	0.022	17.3
	MA1	EX2	Gasolina	100,000	100	204.027

Tabla 8.3 Resultados de la simulación en SER-Q para sustancias explosivas

Archivo	Uso	CVE	Sustancia	Cantidad litros	Volumen a TPN m <sup>3</sup>	Radio metros
ORSAB	MP1	EX1	Acetona ⊗	40,000	40	155.34
	MP2	EX2	Metil isobutil cetona	⊗ 40,000	40	216.1
	RE1	EX3	Tolueno en agua ⊗	4,000	4.0	98
PENWA	MP2	EX1	Etanol	20i	0.02	12.84
	RE1	EX2	Etilenglicol metil eter	40	0.04	81.1
PHARM	MA1	EX1	Acetileno	20		
	MA2	EX2	Gas LP ⊗	30	9	117.3
	MA3	EX3	Gasolina ⊗	50	0.05	16.19
PLAST	MP2	EX1	Etilenglicol	242369.83	242.369	385.35
	MA1	EX2	Gas LP	244	75	237.8
	MA3	EX3	Gasolina	800	0.8	40.8
POLME	MA1	EX1	Gas LP	3,000	900	543.2
PONDS	MP2	EX1	Etanol	1,000	1.0	47.3
PROTE	MP1	EX1	Acetona	2,339.18	2,339	60.3
	MP2	EX2	Metanol	1,896.33	1,896	53.1
SYNTE	MP1	EX1	Acetona	76,237.07	76.24	192.6
	MA1	EX2	Acetona	175,325.15	175.32	254.22
	MA2	EX3	Metanol	74,320.22	74.32	180.417
TOKAI	MP1	EX1	Isobutano ⊗	2,800	880	506.8

Tabla 8.3 Resultados de la simulación en SER-Q para sustancias explosivas (continuación)

El radio de vulnerabilidad en el caso de una explosión para la industria Christianson, S. A. de C. V. no se encuentra marcado en el plano IG-03 a causa de la escala del mapa. Las sustancias de la tabla 8.3 marcadas con ⊗, causarían también daños fuera de la empresa en caso de producirse una explosión.

Los radios de vulnerabilidad en la figura 8.4 muestran que la mayoría de las posibles explosiones no rebasarían los límites de la zona industrial. Sin embargo existen diversas empresas que afectarían a la comunidad:

INDUSTRIA.	NÚM. APROX. DE HABITANTES	NÚM. APROX. DE VIVIENDAS
Baxter	18,000	1,200
Christianson	49,000	7,200
Laboratorios Lepetit	22,000	2,500
Polygal de Mexicana	1,500	300
Tokai de México	1,500	380

Cabe destacar que el número de habitantes y viviendas fueron obtenidos de acuerdo a las AGEB urbana mostradas en la figura 3.5. Se tomo en cuenta la población y casas que hay en todas las áreas geostadísticas que puedan ser afectadas por el accidente, es decir si el radio de vulnerabilidad pasa por parte de una AGEB, se suman las viviendas y habitantes de éste. El no contar con

información más detallada causa una sobrestimación del daño producido a la periferia, ya que en ningún caso dañaría toda el área geostatística.

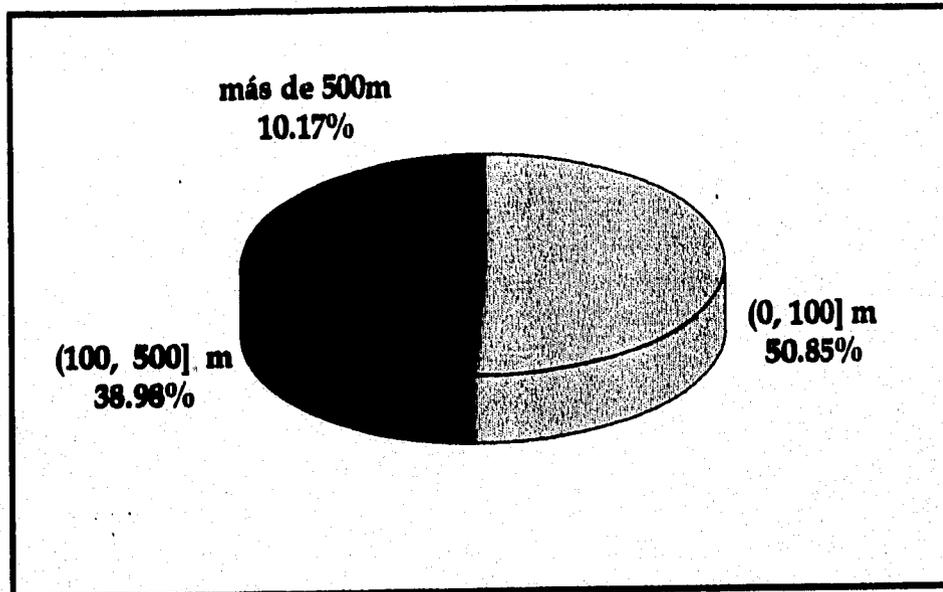
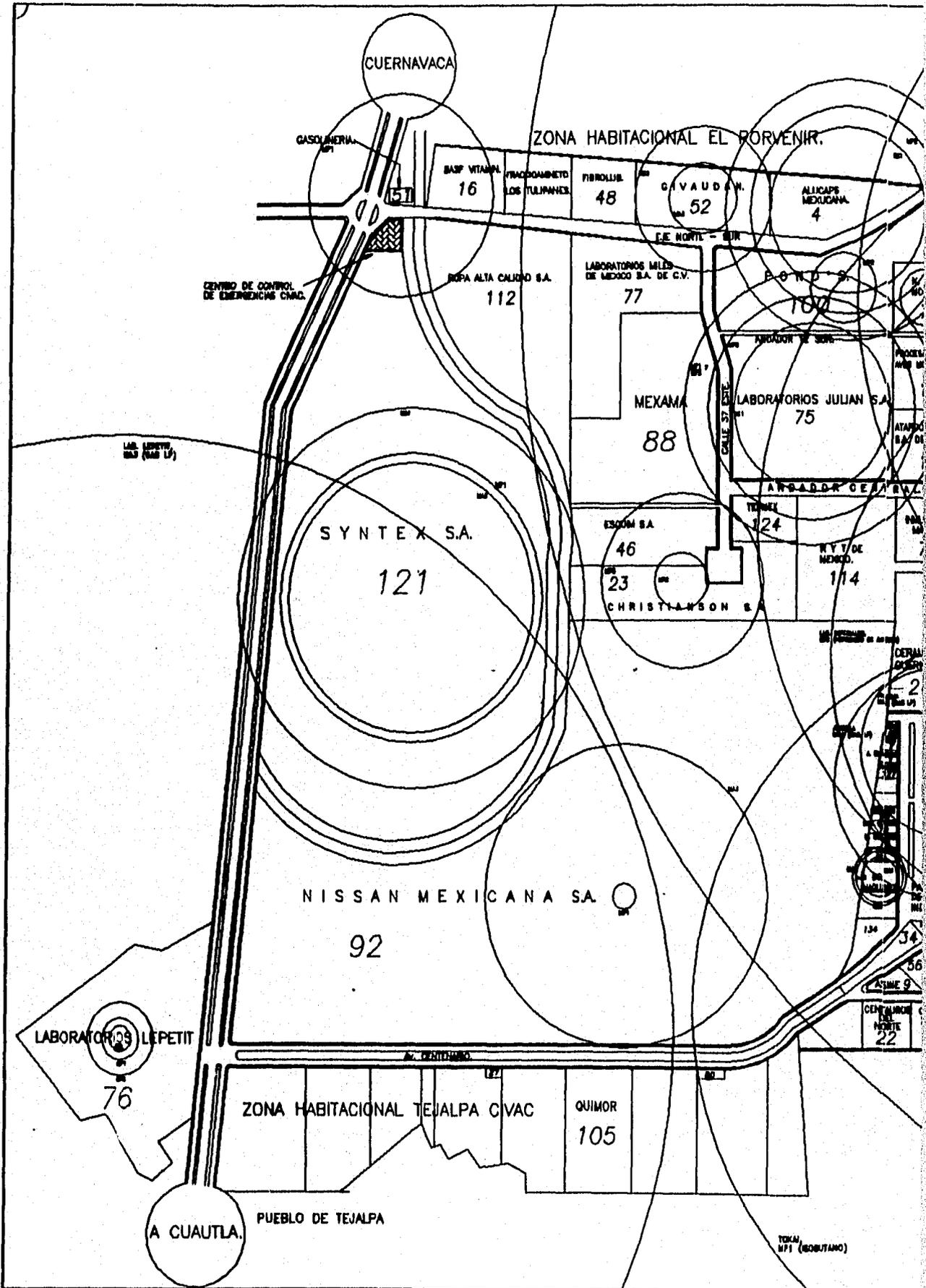
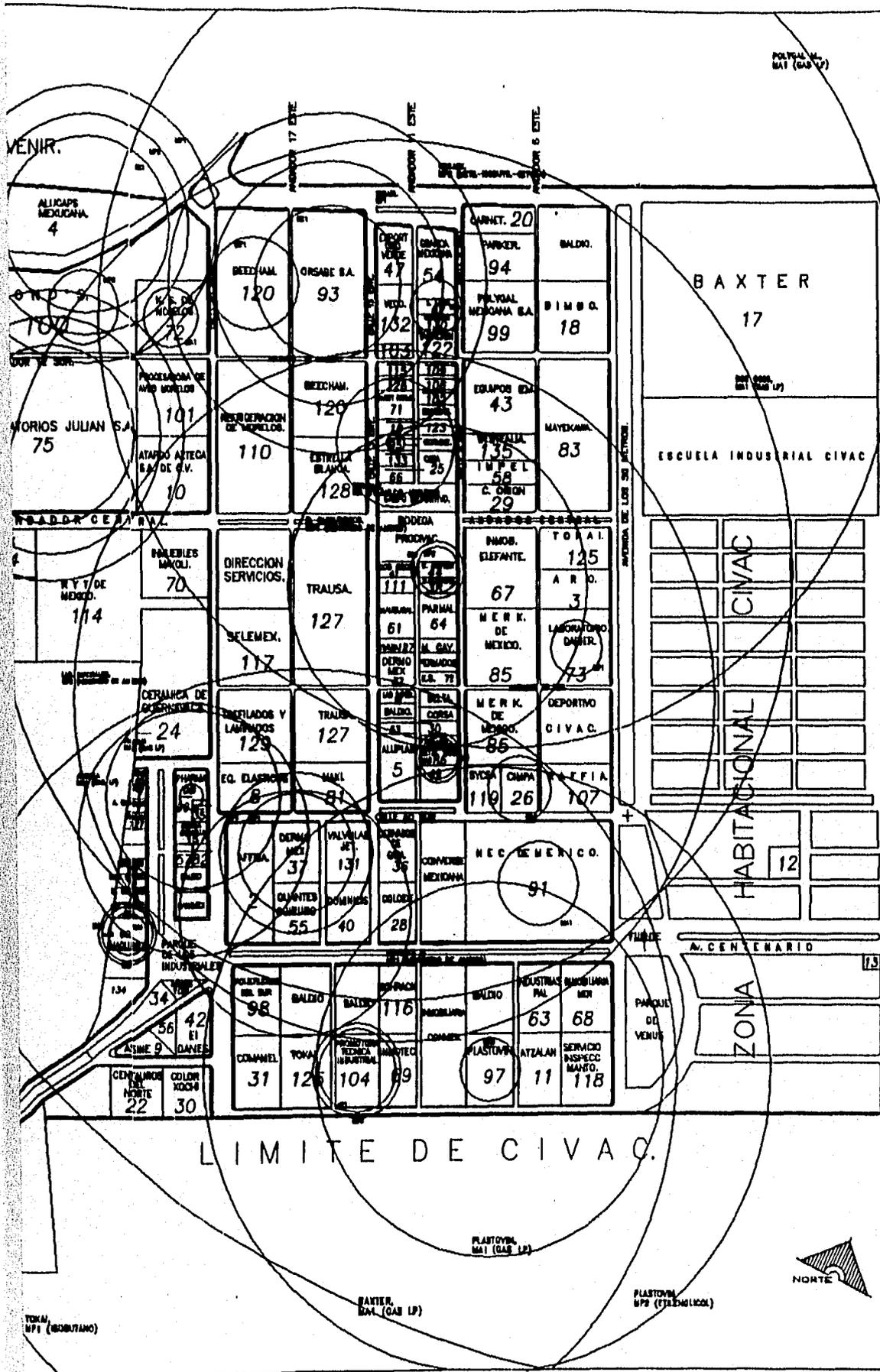
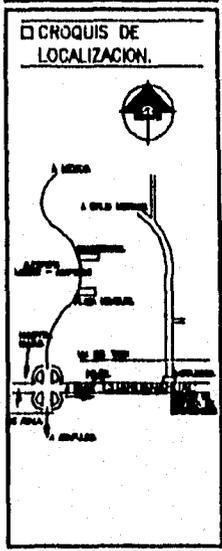


Fig. 8.4 Distribución de las distancias que afectaría un accidente en CIVAC a causa de una explosión.





POSTAL M.  
MAT (GAS LP)



PROYECTO  
**EVALUACION DE LA PELIGROSIDAD EN UN PARQUE INDUSTRIAL**  
(CASO DE ESTUDIO CIUDAD INDUSTRIAL DEL VALLE DE CUERNAVACA, MORELOS).

LOCALIZACION  
JUTEPEC, MORELOS.

**SIMBOLOGIA**

REVISIONES

NO.	FECHA	ELABORADO	REVISADO
1		L. B. M.	T. G. M.

ESCALA 1:1000 FECHA JUNIO - 1998

PLANO  
PLANO GENERAL DE CIVAC  
RADIO DE VULNERABILIDAD DE SUSTANCIAS EXPLOSIVAS  
**CUERNAVACA**

CLAVE  
**IG-03**

### **3. MAPA DE VULNERABILIDAD EN CASO DE INCENDIO**

La aplicación del modelo de incendio permitió identificar los combustibles y solventes que causarían un incendio de mayores consecuencias, como son: etanol, metanol, acetona, 2-propanol, gasolina y gas LP. Las industrias que de acuerdo a lo simulación causarían mayor daño en caso de explosión, en orden descendente de importancia, son:

1. Baxter, S. A. de C. V.
2. Nissan, S. A. de C. V.
3. Syntex, S. A. de C. V.
4. Laboratorio Julian, S. A. de C. V.
5. Gasolinera CIVAC, S. A. de C. V.
6. Alucaps Mexicana, S. A. de C. V.
7. Laboratorio Lepetit, S. A. de C. V.
8. Orsabe, S. A. de C. V.
9. Dermomex, S. A. de C. V.
10. Dos osos, S. A. de C. V.
11. Polygal Mexicana, S. A. de C. V.

Los resultados de SER-Q se presentan en la tabla 8.5 y la zona vulnerable a un incendio en el plano IG-04.

Las sustancias marcadas con ⊕, en caso de un incendio de toda la cantidad de sustancia almacenada, ocasionaría un desastre que afectaría a las empresas vecinas.

Archivo	Uso	CVE	Sustancia	Cantidad litro	Radio metros
ALUCA	RE1	IN3	Thinner ⊗	6,000	150.94
	MP2	IN2	Barniz ⊗	11,534.04	206.36
	PM1	IN1	Esmalte ⊗	23,068.05	282.51
AVIJA	MA1	IN1	Gas LP ⊗	70	77.07
BAXTE	MA1	IN1	Gas LP ⊗	50,000	594.17
BEECH	MP1	IN1	Etanol ⊗	2,000	91.283
CHRIS	MP3	IN3	Etanol	500	47.024
CIMPA	MP1	IN1	2-propanol	500	45.76
	RE1	IN2	2-propanol	500	45.76
DERMO	MP2	IN2	Etanol ⊗	10,000	197.163
	MP1	IN1	2-propanol ⊗	3,000	107.85
DOSOS	MA1	IN1	Gas LP ⊗	3,000	154.63
EQCUH	MP2	IN1	Thinner ⊗	110	22.28
	RE2	IN2	Thinner sucio ⊗	200	29.98
GASCI	MP1	IN1	Gasolina ⊗	30,000	323.86
GINRO	MA1	IN1	Solventes	1,000	57.59
INAQU	MA1	IN1	Acetona	200	20.32
	MA2	IN2	Etanol ⊗	400	42.262
	MA3	IN3	2-propanol ⊗	400	41.13
INDLA	MP1	IN1	Etanol	400	42.262
KSMOR	MA1	IN1	Thinner	240	32.36
LABDE	MP1	IN1	Etanol	400	42.262
LABJU	MP3	IN3	Acetona ⊗	35,000	240.51
	MP1	IN1	2-propanol ⊗	40,000	372.46
	MP2	IN2	Propanol ⊗	40,000	372.47
	RE1	IN4	Tolueno en agua ⊗	6,000	150.94
LABLE	MP1	IN1	Acetona	224.79	21.48
	MP2	IN2	Etanol	1115.17	69.023
	MA3	IN3	Gas LP ⊗	10,000	275.09
	RE2	IN5	Solventes	50	13.74
METTR	MA2	IN2	Acetona ⊗	200	20.32
	MA3	IN3	Metanol ⊗	400	34.15
NECME	MA1	IN1	2-propanol	1,000	63.76
NISSA	MA1	IN2	Gasolina	100,000	576.15
	MP1	IN1	Thinner	22	10.31
ORSAB	MP1	IN1	Acetona ⊗	40,000	256.371
	RE1	IN4	Tolueno en agua ⊗	4,000	124.33
PENWA	MP2	IN1	Etanol	20	10.08
PHARM	MA2	IN2	Gas LP ⊗	30	17.07
	MA3	IN3	Gasolina ⊗	50	15.17
PLAST	MA1	IN1	Gas LP ⊗	244	46.54
	MA3	IN2	Gasolina ⊗	800	57.178
POLME	MA1	IN1	Gas LP ⊗	3,000	154.63
PONDS	MP2	IN1	Etanol	1,000	65.52

Tabla 8.5 Resultados de la simulación en SER-Q para sustancias inflamable.

Archivo	Uso	CVE	Sustancia	Cantidad litro	Radio metros
PROTE	MP1	IN1	Acetona ⊕	2,339.18	65.9
	MP2	IN1	Metanol ⊕	1,896.33	78.22
SYNTE	MA2	IN3	Metanol ⊕	74,320.22	452.52
	MP1	IN1	Acetona	7,6237.07	115.98
	MA1	IN2	Acetona ⊕	175,325.15	519.93
TOKAI	MP1	IN1	Isobutano ⊕	2,800	105.33

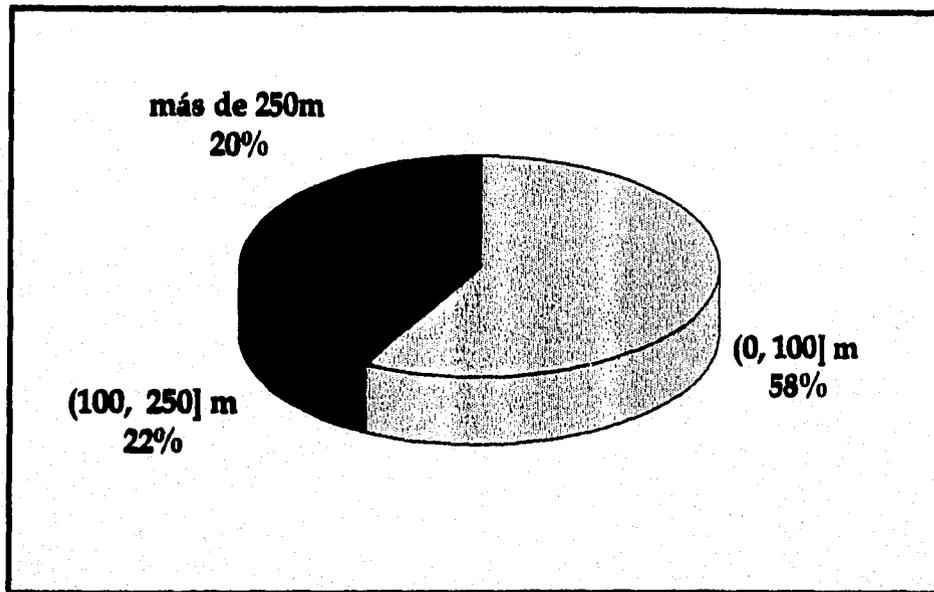
Tabla 8.5 Resultados de la simulación en SER-Q para sustancias inflamables. (cont.)

En caso de un incendio catastrófico las zonas habitacionales contiguas serían dañadas por una contingencia en las siguientes empresas:

INDUSTRIA.	NÚM. APROX. DE HABITANTES	NÚM. APROX. DE VIVIENDAS
Alucaps Mexicana	1,500	300
Baxter	11,100	2,400
Gasolinera CIVAC	2,462	522
Laboratorios Lepetit	16,000	1,300
Nissan	4,500	1,100
Syntex	2,300	490

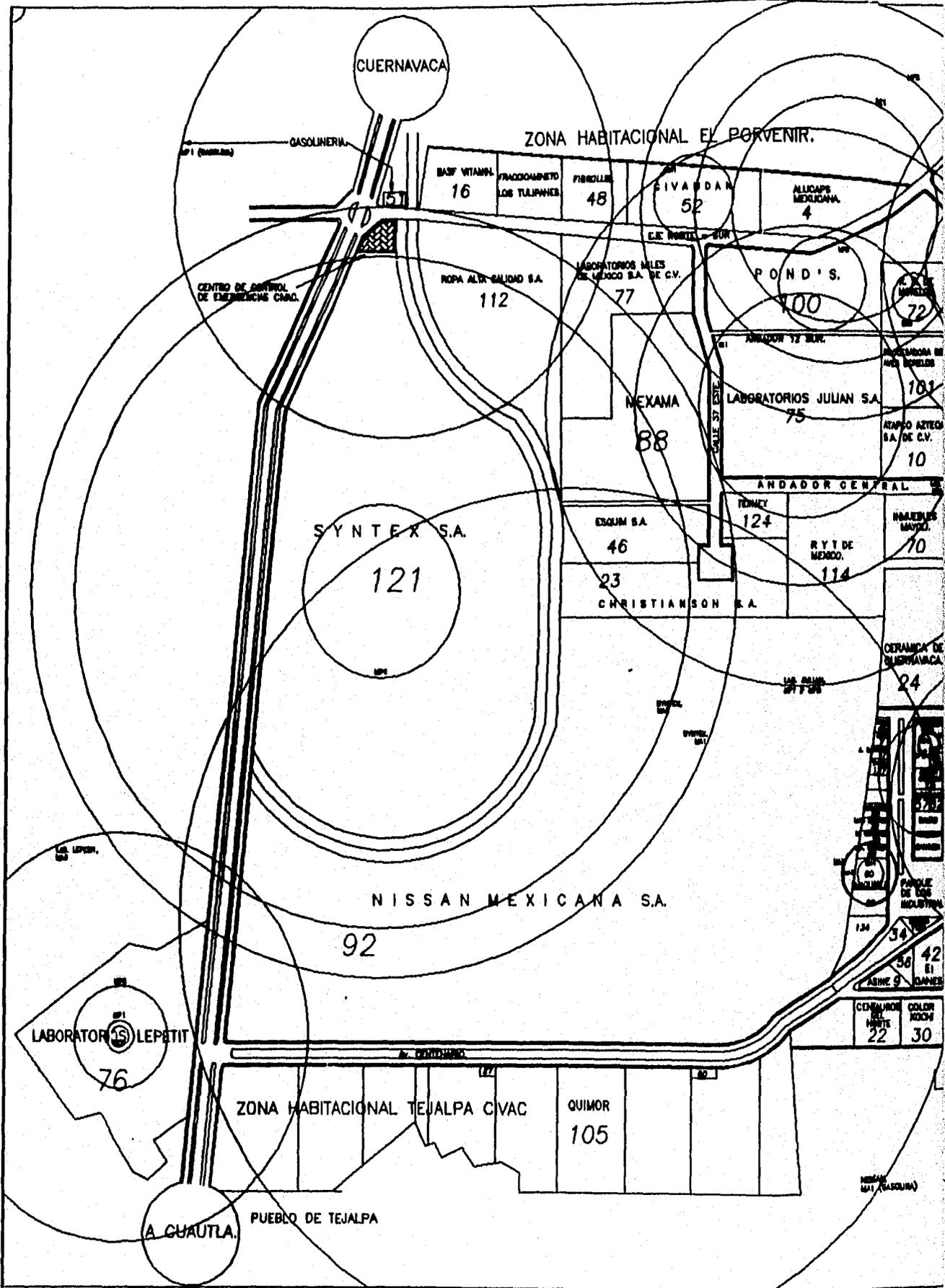
El número de habitantes y viviendas fueron obtenidas de las AGEB urbanos (Fig. 3.5) para estas no se cuenta con el número de personas que laboran dentro de la zona industrial, las cuales serían las primeras afectadas, también tendrán variación dependiendo de la hora a la que ocurra el accidente.

La figura 8.6 muestra que aproximadamente el 60% de los incidentes catastróficos afectarían una zona menor de 100 m y que solamente para el 20% podría llegar a más de 250 m, pero de acuerdo con lo manifestado por las empresas que contestaron el cuestionario la mayoría cuenta con equipo contra incendio y un grupo de bomberos (sección 1.5), que pueden auxiliar a las empresas antes de que el evento salga de la industria.



**Fig. 8.6** Distribución de las distancias que afectaría un accidente en CIVAC a causa de un incendio.

Al comparar las dimensiones de las zonas de afectación (figuras 8.2, 8.4 y 8.6) se observa que las sustancias que ocasionarían el daño más extenso son las tóxicas. Sin embargo, las sustancias explosivas tienen un efecto inmediato que solo puede ser controlado antes de que exploten, es decir durante el período de fuga. Las sustancias inflamables producen los menores radios de afectación y es probable que puedan ser controlados dentro de la planta ya que el accidente no se desarrolla instantáneamente.



CUERNAVACA

ZONA HABITACIONAL EL PORVENIR.

BASF VITAMIN 16	FRACCOAMPETO LOS TULIPANES	FIBROLINE 48	SIVARDAN 52	ALICAPES MEXICANA 4
--------------------	-------------------------------	-----------------	----------------	---------------------------

CENTRO DE SERVICIO  
DE EMERGENCIAS CIUDAD.

ROPA ALTA SALUD S.A. 112	LABORATORIOS MILES DE MEXICO S.A. DE C.V. 77	POND'S 100	72
-----------------------------	--	---------------	----

MEXAMA

88

LABORATORIOS JULIAN S.A.  
75

ATAPO AZTECO  
S.A. DE C.V.  
10

SYNTEX S.A.

121

ESQUIM S.A. 46	ANDADOR GENERAL 124	WARRIERS MEXICO 70
-------------------	------------------------	--------------------------

23	CHRISTIANSON S.A.	RYDE DE MEXICO 114
----	-------------------	--------------------------

CERAMICA DE  
CUERNAVACA  
24

NISSAN MEXICANA S.A.

92

LABORATORIO LE PETIT

76

ZONA HABITACIONAL TEJALPA CIVAC

QUIMOR  
105

CERAMICA DE MEXICO 22	COLOR ROOM 30
-----------------------------	---------------------

A CHAUTLA

PUEBLO DE TEJALPA

MEXICO  
S.A. (CASQUIM)



## **CAPÍTULO 9**

### **CONCLUSIONES.**

1. La información con la que se contó para realizar el estudio presenta una serie de carencias e inconsistencias que se describen a continuación:
  - ❖ Pocas industrias contestaron sobre sus equipos especiales y sólo seis describieron el proceso.
  - ❖ Respecto a datos generales como: superficie del predio, número de empleados, turnos y días laborables se dispone de la información en un 90% de los casos.
  - ❖ Otras industrias sólo proporcionaron el nombre comercial de las sustancia, y en otros casos no indican la cantidad usada y casi ninguna, la concentración utilizada. Sólo dos empresas reportaron subproductos y muy pocas especificaban el destino final de sus residuos.
  - ❖ En el caso de la atención de emergencias, casi todas las empresas cuentan con extinguidores, pero en muchos casos no se encontró evidencia que indicara la existencia de un plan estructurado de atención a emergencias, con excepción de las empresas que pertenecen a PROCIVAC.
  
2. Las simulaciones de un accidente a causa de incendio y explosión ya sea en SER-Q y en cualquier otro sistema de evaluación de vulnerabilidad, se realizan en forma independiente por la complejidad del modelo conjunto. Aunque es más probable que ocurran combinaciones sucesivas y paralelas que involucren efectos por toxicidad, explosión e incendio, debido a los diferentes fenómenos involucrados. Por ejemplo, una explosión puede provocar la rotura de tuberías y el escape de alguna sustancia inflamable cuyos productos de combustión sean tóxicos.

3. Algunas sustancias aunque son consideradas inocuas a una exposición aguda, en caso de incendio se descomponen y producen sustancias extremadamente tóxicas; por ejemplo, el paraformaldehído usado como materia prima por Coloide Mexicana y el cloruro de metileno usado por Syntex, expuestas a altas temperaturas generan fosgeno, un gas incoloro de alta toxicidad.
4. El hecho de que no se pudiera obtener información del giro industrial de algunas de las empresas, indica que el estado de Morelos no se encuentra bien preparado, inclusive a un nivel básico, para responder ante emergencias y accidentes. Por ello, es necesario que las oficinas de PROFEPA a nivel estatal mantengan un registro actualizado de todos los accidentes que se presenten, con objeto de realizar estudios de riesgos, utilizando información en retrospectiva.
5. En general, no se dispone de manera accesible, de todos los datos necesarios para realizar simulaciones aún en los casos más simples. De hecho sería una gran ayuda para las autoridades locales encargadas de la elaboración de estrategias de respuesta ante emergencias disponer de la mayor cantidad posible de datos acerca de las sustancias utilizadas en su jurisdicción.
6. De los resultados obtenidos de la evaluación de radios vulnerables en CIVAC, las cuatro de las cinco industrias potencialmente más peligrosas, pertenecen al giro industrial químico, con excepción de Polygal cuya actividad es la producción de hilos y telas. Estas son:
  - ◇ Syntex, S. A de C. V ★
  - ◇ Baxter, S. A de C. V ★
  - ◇ Laboratorios Lepetit, S. A de C. V ★
  - ◇ Dos Osos, S. A de C. V
  - ◇ Polygal Mexicana, S. A de C. V

Las industrias marcadas con ★ pertenecen del grupo PAM, es decir, que con frecuencia realizan actividades para actualizar planes de emergencia y simulacros.

7. Inevitablemente CIVAC, como centro industrial, representa un riesgo y una amenaza seria para el medio y población circundantes. Cuantificar la posibilidad e intensidad de los riesgos involucrados es imperativo, dado que es imposible suspender la actividad industrial, pero deben tomarse las medidas necesarias para disminuir el efecto y frecuencia de los siniestros.
8. Al observar los planos IG-02, IG-03 y IG-04 se encuentra que varios eventos causarían daño que afectaría a zonas habitacionales importantes (como: Fraccionamiento los Tulipanes, Zona Habitacional de CIVAC, El Porvenir y la zona habitacional de Tejalpa, CIVAC).
9. La evaluación de riesgo, mediante herramientas como SER-Q, puede servir para atenuar la frecuencia e intensidad de accidentes, ya que representa un indicador de las características generales del siniestro (toxicidad, incendio y explosión) así como de sus consecuencias. Esto permite jerarquizar el énfasis dedicado a cada eventualidad o posibilidad.

Un ejemplo de ello, es la disminución del daño generado en los alrededores por un siniestro, si una industria consciente del riesgo involucrado en sus actividades puede responder de manera rápida y adecuada a un accidente.

10. Los resultados obtenidos en SER-Q son importantes tanto para las autoridades encargadas de la respuesta a emergencias como para las empresas involucradas, para planear las estrategias que permitan atenuar la gravedad de un accidente. Algunas de estas acciones pueden comprender, reubicación de la industria o parte de ella, instalación de equipos de seguridad, formación de comités de ayuda mutua, etc.

**11. Las ventajas de usar al paquete SER-Q son:**

- ✧ **Es accesible al usuario**
- ✧ **Facilita la búsqueda de información respecto a las empresas**
- ✧ **Evalúa rápidamente la dimensión del daño máximo.**
- ✧ **Clasifica el daño de cada accidente**
- ✧ **Proporciona un reporte de las fuentes de peligro que se localizaron en el área (principalmente empresas).**

**12. El objetivo principal se llevo a cabo mediante el método APELL cuyos propositos son:**

- ✧ **Identificar participantes y establecer los canales de comunicación para tener la información necesaria.**
- ✧ **Evaluar los riesgos y peligros de una comunidad, en que pueda presentarse una emergencia.**

**Para el caso de CIVAC, por ser una zona industrial, se identificaron a las empresas peligrosas y las sustancias responsables de ese riesgo y se estimó la magnitud de un posible accidente. Sin embargo, quedará para la sociedad morelense el establecer los canales de comunicación y preparar los Planes de Respuesta a las posibles emergencias que pudiesen presentarse en un futuro.**

## **ANEXO 1**

### **Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con el tema.**

#### **DE RESIDUOS PELIGROSOS Y ACTIVIDADES RIESGOSAS**

Actualmente la elaboración de la normatividad que regula el equilibrio ecológico y la protección al ambiente en materia de sustancias peligrosas no ha sido concluida, pero se cuenta con las siguientes normas:

**NOM-052-ECOL/1993**, que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

**NOM-053-ECOL/1993**, que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente

**NOM-054-ECOL/1993**, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos para **NOM-055-ECOL/1993**, que establece los requisitos que debe reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radiactivos.

**NOM-056-ECOL/1993**, que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

**NOM-057-ECOL/1993**, que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

**NOM-058-ECOL/1993**, que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.

## RELATIVAS AL TRANSPORTE DE SUSTANCIAS PELIGROSAS

NOM-002-SCT2/1994 Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados (7/03/94)

NOM-003-SCT2/1994 Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos (5/11/93)

NOM-004-SCT2/1994 Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de materiales y residuos peligroso (5/11/93)

NOM-005-SCT2/1994 Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos (5/11/93)

NOM-002-SCT2/1994 Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos. (5/11/93)

NOM-007-SCT2/1994 Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos (5/11/93)

NOM-008-SCT2/1994 Disposiciones para efectuar la inspección de equipo de arrastre ferroviario (5/11/93)

NOM-009-SCT2/1994 Compatibilidad para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos (5/11/93)

NOM-010-SCT2/1994 Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos (24/06/94)

NOM-011-SCT2/1994 Condiciones para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas (24/06/94)

NOM-017-SCT2/1994 Lineamientos generales para el cargado, distribución y sujeción en las unidades de autotransporte de los materiales y residuos peligrosos (23/06/94)

NOM-018-SCT2/1994 Disposiciones para la carga, acondicionamiento y descarga de materiales y residuos peligrosos en unidades de arrastre ferroviario (23/06/94)

NOM-019-SCT2/1994 Disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos.

NOM-020-SCT2/1995 Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos, especificaciones STC 306, STC 307 y STC 312 (aun no publicada)

**NOM-021-SCT2/1994 Disposiciones generales para transportar otro tipo de bienes diferentes a las sustancias, materiales y residuos peligrosos, en unidades destinadas al traslado de materiales y residuos peligrosos (21/06/94)**

**NOM-023-SCT2/1994 Información técnica que debe contener la placa que portaran los autotanques, recipientes metálicos, intermedios para granel (RIG) y envases de capacidad mayor a 450 litros que transportan materiales y residuos peligrosos (21/06/94)**

**NOM-024-SCT2/1994 Especificaciones para la construcción y reconstrucción así como los métodos de prueba de los envases y embalajes de las sustancias, materiales y residuos peligrosos (7/07/94)**

**NOM-025-SCT2/1994 Disposiciones especiales para las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1, explosivos (8/07/94)**

**NOM-027-SCT2/1994 Disposiciones generales para el envase, embalaje y transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la división 5.2, peróxidos orgánicos (13/07/94)**

**NOM-028-SCT2/1994 Disposiciones especiales para los materiales y residuos peligrosos de la clase 3, líquidos inflamables transportados (21/07/94)**

**NOM-029-SCT2/1994 Especificaciones para la construcción y reconstrucción de recipientes intermedios para graneles (RIG) (14/07/94)**

**NOM-030-SCT2/1995 Especificaciones y características para la construcción y reconstrucción de contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de materiales de la clase 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 (aun no publicada)**

**NOM-043-SCT2/1994 Documento de transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos (12/10/94)**

**NOM-045-SCT2/1995 Características generales de las unidades de arrastre ferroviario asignadas al transporte de materiales y residuos peligrosos (aun no publicada)**

**NOM-046-SCT2/1995 Características y especificaciones para la construcción y reconstrucción de los contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de gases licuados a presión no refrigerados (aun no publicada)**

**EN MATERIA DEL MANEJO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS DE LA SECRETARÍA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL**

**NOM-005-STPS-1993** Relativa a las condiciones de seguridad en los centros de trabajo para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles (3/12/93)

**NOM-002-STPS-1994** Relativa a las condiciones de seguridad para la prevención y protección contra incendio en los centros de trabajo (20/07/94)

**NOM-008-STPS-1993** Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para la producción, almacenamiento y manejo de explosivos en los centros de trabajo (3/12/93)

**NOM-009-STPS-1993** Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias corrosivas, irritantes y tóxicas en los centros de trabajo (12/06/94)

**NOM-010-STPS-1993** Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio laboral (8/05/94)

**EN MATERIA DE HIGIENE INDUSTRIAL DE LA SECRETARÍA DE SALUD**

**NOM-001-SS-1986** Determinación de cloruro de vinilo en el aire.

**NOM-003-SS-1986** Determinación de plomo y compuestos inorgánicos de plomo.

**NOM-004-SS-1986** Determinación de niebla de aceite mineral en el aire.

**NOM-005-SS-1986** Determinación de monóxido de carbono en el aire.

**NOM-006-SS-1986** Determinación de formaldehído en aire.

**NOM-007-SS-1986** Determinación de tetracloruro de carbono en el aire.

**NOM-008-SS-1986** Determinación de cloruro de vinilo en aire.

**NOM-010-SS-1986** Determinación de cloroformo en el aire.

**NOM-011-SS-1986** Determinación de dioxano en el aire.

**NOM-012-SS-1986** Determinación de 2-butanona en el aire.

**NOM-016-SS-1986** Determinación de tetra-cloroetileno. en el aire.

**NOM-017-SS-1986** Determinación de xileno en el aire.

**NOM-018-SS-1986** Determinación de fibras de asbesto suspendidas en la atmosfera ocupacional.

**NOM-019-SS-1986** Determinación de estireno en el aire.

## ANEXO 2

### Manual del usuario del Sistema de Evaluación de Riesgo-Químico (SER-Q)

El SISTEMA DE EVALUACIÓN DE RIESGO QUÍMICO (SER-Q) fue creado para poder administrar información industrial y de sustancias extremadamente peligrosas (SEP) que se utilizan en cada una de ellas, así como aplicar modelos de riesgos y calcular el radio vulnerable, en caso de una catástrofe, a causa de un escape de sustancias tóxicas, explosivas o inflamables.

El análisis de riesgo realizado de acuerdo al proyecto APELL, consta de los siguientes puntos que se muestra en la tabla A1.

	Significado
1. Objeto	Elemento de riesgo que esta siendo analizado
2. Operación	Actividad llevada a cabo
3. Peligro	Daño que involucra esta actividad (cantidad del material inflamable, tóxico, etc.)
4. Tipo de riesgo	Qué puede causar el material o situación peligrosa. Este sería el punto final del análisis si el riesgo fuera despreciable.
5. Zona amenazada	Cálculo del radio vulnerable
6. Identificación de consecuencias	¿Cómo sería la afectación?, ¿Cuáles serían las zonas de peligro?. Este sería el final del análisis si no existe una zona importante en peligro.
7. Vida	¿Qué afectación pueden sufrir las personas que viven en la cercanía del lugar? (Tabla A2)
8. Ambiente	¿Qué impacto tendrá en la atmósfera? (Tabla A3)
9. Propiedad	¿Cuáles pueden ser los costos en caso de accidente en términos de hospitalización, limpieza del ambiente, perdida de la propiedad,...?(Tabla A4)
10. Velocidad	¿Qué tan rápido se desarrollará el accidente? (Tabla A5)
11. Prioridad	Qué prioridad tiene este evento dependiendo de las consecuencias del mismo

Tabla A1, Contenido del análisis de riesgo APELL (UNEP, 1992)

El daño resultado por la fuga de una SEP se clasifica de acuerdo a las consecuencias y velocidad de desarrollo del evento. Esta asignación se basa en la experiencia del usuario junto con estadísticas e información de accidentes e incidentes ocurridos anteriormente.

Para clasificar la gravedad del evento se usan las tablas A2, A3, A4 y A5. Esta información se utiliza en la sección de Cálculo de Radio Vulnerable.

Clase	Características
1. Sin importancia	Malestar temporal y ligero
2. Limitadas	Pocas lesiones, malestar duradero
3. Graves	Unas cuantas lesiones graves
4. Muy graves	Más de 5 decesos, cerca de 20 lesionados graves y hasta 500 evacuados
5. Catastróficas	Más de 20 muertes, centenas de lesionados graves v más de 500 evacuados.

Tabla A2. Consecuencias en la vida y salud.

Clase	Características
1. Sin importancia	Sin contaminación, efectos localizados
2. Limitadas	Contaminación baja, efectos localizados
3. Graves	Contaminación baja, efectos extensos.
4. Muy graves	Contaminación elevada, efectos localizados
5. Catastróficas	Contaminación muy elevada y efectos extensos

Tabla A3. Consecuencias en el ambiente.

Clase	Total de costo del daño en millones de dólares
1. Sin importancia	< 0.5
2. Limitadas	0.5 - 1.0
3. Graves	1.0 - 5.0
4. Muy graves	5.0 - 20.0
5. Catastróficas	> 20

Tabla A4 Consecuencias en la propiedad.

Clase	Características
1. Alerta temprana y precisa	Efectos localizados, sin daño
2.	
3. Media	Poco daño, cierta diseminación
4.	
5. Sin alerta posible	Efectos inmediatos, visibles hasta que el desarrollo es completo (explosión.)

Tabla A5. Velocidad de desarrollo del accidente.

## **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SER-Q**

El SER-Q fue diseñado en lenguaje dBase III Plus, y compilado en dBase IV. Los requisitos para correr el paquete son:

- ❖ Un ordenador 100% compatible con IBM y un procesador 286 o posterior.
- ❖ 2 MB de RAM (1 MB de memoria extendida)
- ❖ DOS 3.3, 4.01, 5.0 o 6.0

Los archivos necesarios para ejecutar al SER-Q se enlistan a continuación, si faltase alguno provocaría fallas dentro del paquete.

1. SER-Q.EXE, programa fuente.
2. TODAS.DBF, base de datos con el nombre del archivo y razón social de la industria.
3. TOXICO.DBF, base de datos de las evaluaciones de nubes tóxicas.
4. EXPLOSLDBF, base de datos de las evaluaciones de explosiones.
5. INCEND.DBF, base de datos de las evaluaciones de incendios.
6. MAESTRA.DBF, base auxiliar, que genera el archivo de cada industria.
7. PRIMA.DBF, base auxiliar, que genera el archivo de las materias primas de cada industria.
8. AUXILIA.DBF, base auxiliar, que genera el archivo de las materias auxiliares de cada industria.
9. SUBPRODU. DBF, base auxiliar, que genera el archivo de los subproductos de cada industria.
10. RESID.DBF, base auxiliar, que genera el archivo de los residuos de cada industria.

## **INSTALACIÓN**

El SER-Q se distribuye compactado por lo que se tiene que descomprimir de la siguiente manera:

1. Cree el directorio donde deseé tener el sistema.
2. Inserte el disco en la unidad de disco flexible del ordenador y copie los archivos al directorio del disco duro.
3. Para descomprimir el paquete escriba:

SERQZIP.EXE    ↵

## **FORMA DE INICIO PARA SER-Q**

Para correr el programa se tecllea:

SERQ.EXE    ↵

Inmediatamente aparece la portada de inicio del programa. Apretando cualquier tecla se llega al primer menú (Figura A1).

## **MODO DE OPERACIÓN DE SER-Q**

Está estructurado mediante de una serie de pantallas "menú" que permiten al usuario manejarlo de manera fácil, y rápida. A continuación se presentan los menús principales del SER-Q (Figura A1)

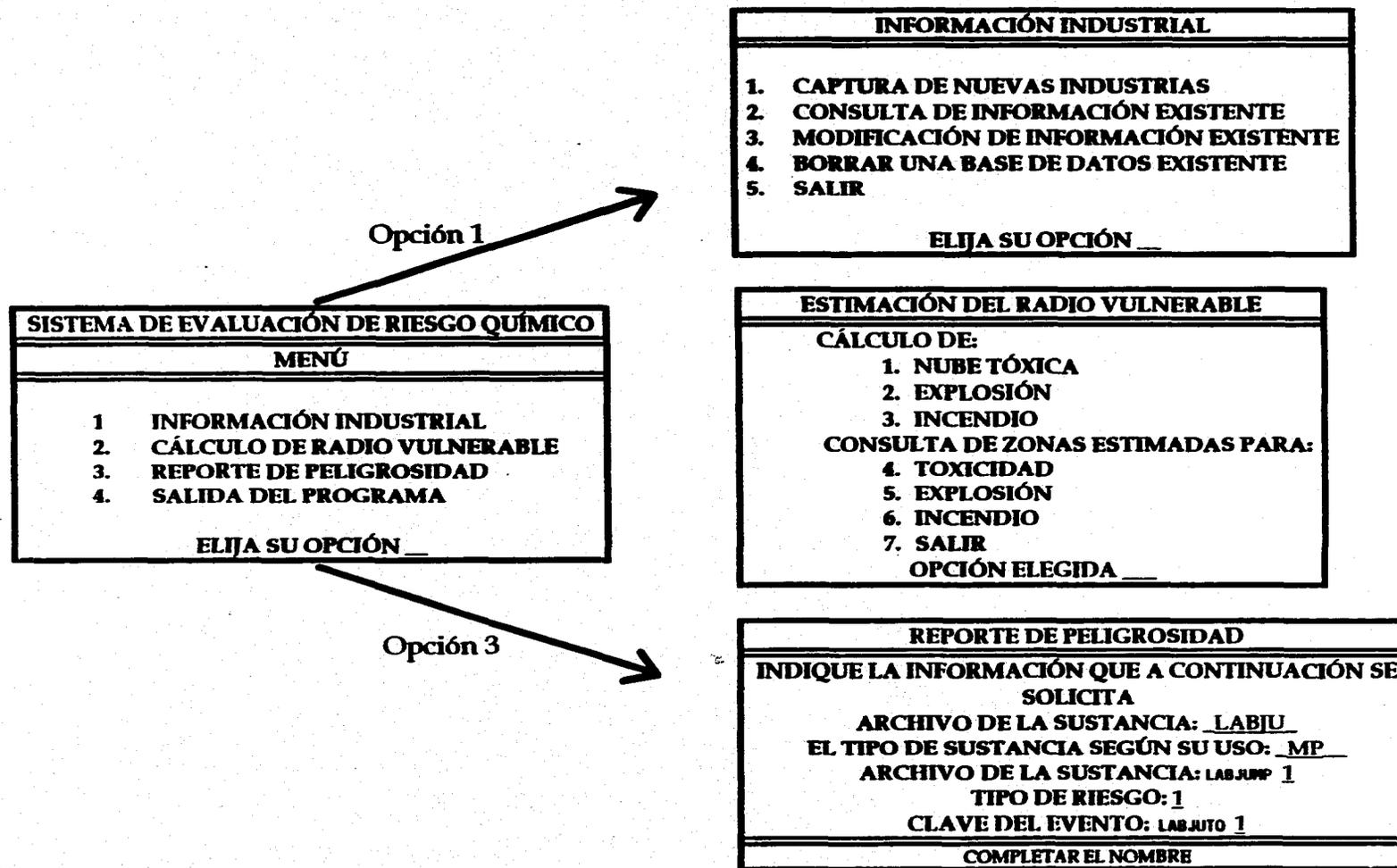


Figura A1.

## INFORMACIÓN INDUSTRIAL

Este menú presenta cinco opciones. Los datos que se necesitan en CAPTURA o pueden verse en CONSULTA son los siguientes (Figura A2):

NOMBRE DEL ARCHIVO: _____	
RAZÓN SOCIAL: _____	
DOMICILIO: _____	CÓDIGO POSTAL: _____
GIRO: _____	ACTIVIDAD: _____
SUPERFICIE DEL PREDIO (m2): _____	TURNOS: _____
NÚM. EMPLEADOS: _____	DÍAS LABORADOS: _____
EDAD TECNOLOGÍA: _____	
INSTALACIONES ESPECIALES: _____	
HAY PLANES DE EMERGENCIA? (S/N): _____	
CUENTAN CON DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD (S/N): _____	
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES (S/N): _____	

Figura A2

En esta parte se solicita el NOMBRE DEL ARCHIVO con el cual se va a identificar a la industria. Esta etiqueta debe tener cinco dígitos.

Cuándo se pide el GIRO, se refiere al tipo de industria, solamente acepta tres caracteres, por lo que se debe usar la tabla A6, donde se muestran las abreviaturas para cada giro industrial.

CVE	GIRO INDUSTRIAL	CVE	GIRO INDUSTRIAL
OUI	Química	TRA	Transportes
MEM	Metal mecánica	AUT	Automotriz
ELE	Eléctrica	TEX	Textil
ALI	Alimentos	CON	Construcción
PLA	Plásticos	GRA	Gráfica
MAN	Manufactura	OTR	Otro

Tabla A6, Abreviaturas para los giros industriales

El espacio para INSTALACIONES ESPECIALES se refiere a: calderas, fuente de energía, etc.

Al terminar esta hoja, continua con la información relacionada con sustancias peligrosas que se emplean en esa industria.

El máximo número de materias primas que el programa puede aceptar es nueve, pero posteriormente se repite la pregunta para materias auxiliares, subproductos y residuos. La información requerida para cada sustancia peligrosa se muestra en la figura A3.

Si no se conoce o emplea algún material peligroso, con escribir cero el programa continuara su operación.

<b>NOMBRE DE MATERIA PRIMA:</b>
<b>ESTADO FÍSICO (SO/LI/GA/OT):</b>
<b>VOLUMEN MENSUAL (lt) (Kg):</b>
<b>C/R/E/T/B:</b>
<b>FORMA DE ALMACENAJE:</b>
XXXXXXXXP1

Figura A3

Es importante observar que en la parte inferior de la pantalla aparece el nombre del archivo donde se almacenará la información descrita. Este corresponde al nombre del archivo asignado a la industria, más la clave que corresponde al tipo de uso de la sustancia (Tabla A7) más un dígito. Los archivos se almacenan en forma secuencial.

Por ejemplo: para la industria Syntex, S. A. de C. V., el tercer registro de la sustancia, usada como materia auxiliar, quedará archivada en:

BAXTEMA3.dbf

Se recomienda que el nombre de la sustancia sea de acuerdo a la nomenclatura de la IUPAC. En este diseño sólo se aceptan 20 dígitos y puede usarse el nombre comercial.

CVE	Significado
MP	Materia prima
MA	Materia auxiliar
SU	Subproducto
RE	Residuo

Tabla A7. Clave de los archivos, según el uso del material

En ESTADO FÍSICO y peligrosidad (CRETIB) se emplean las claves de la tabla A8. En VOLUMEN MENSUAL se debe especificar la cantidad almacenada. Si el material se encuentra como líquido o gas se debe se indica la cantidad en litros, pero si es sólido, en kilogramos.

CVE	Significado
SO	Sólido
LI	Líquido
GA	Gas
OT	Otro (gel, aerosol)
C	Corrosivo
R	Reactivo
E	Explosivo
T	Tóxico
I	Inflamable
B	Biológico infeccioso

Tabla A8. Claves para la alimentación de información de sustancias peligrosas.

La FORMA DE ALMACENAJE cuenta con un campo de 30 dígitos y sirve para indicar el tipo de recipiente y su capacidad.

Cuando se tienen residuos peligrosos además de la información mostrada en la figura A3, se pide la forma de DISPOSICIÓN FINAL.

La consulta de información despliega el nombre del archivo asociado a la razón social de la empresa, tal como se muestra en la figura A4.

CONSULTA DE INFORMACIÓN	
ARCHIVOS EXISTENTES	
ARCHIVO	RAZÓN SOCIAL
AFISA	Asociación Farmacéutica Industrial S.A de C.V.
ALUCA	Alucepa Mexicana S.A de C.V.
ASINE	Asesores Industriales de Ecología S.A. de C.V

Figura A4

Al finalizar esta lista se pide el nombre del archivo que se desea consultar. Para información sobre las sustancias peligrosas indicar la clave del material (Tabla A7).

Si se desea modificar algún archivo seleccionamos el número "3" de menú de INFORMACIÓN INDUSTRIAL. Esta sección permite modificar los datos tantas veces como sea necesario y guarda los cambios.

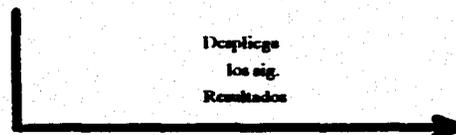
Cuando se desee borrar un archivo, a partir del menú de INFORMACIÓN INDUSTRIAL elegimos "4". Se necesita indicar el nombre del archivo con el que se etiquetó a la industria, después el paquete lo confirma, y manda un mensaje, que avisa que han sido eliminados todos los archivos asociados a ese nombre.

### **CÁLCULO DE RADIO VULNERABLE**

Para estimar el radio vulnerable producto del escape de una sustancia tóxica se elige en este menú "1". Se pide el nombre del archivo de la planta, para formar la clave que identificará a esta simulación. La clave se compone del nombre del archivo, más "TO", más un número (este será el mismo formato que para una explosión, pero la clave será "EX" y para incendio "IN").

Se tienen dos opciones para la estimación del flujo de la sustancia tóxica, la primera es indicando el flujo de la emisión y en la otra opción SER-Q evalúa el flujo. La información requerida se muestra en la figura A5. Cabe recordar que IDLH es la concentración que significa peligro inmediato para la vida y salud.

EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD
ESTIMACIÓN DE LA NUBE TÓXICA
ARCHIVO DE LA PLANTA: <u>LABJU</u>
CVE DEL EVENTO: <u>LAS.0/TO+1</u>
NOMBRE DE LA SUSTANCIA: <u>2-PROPANOL</u>
PESO MOLECULAR (g/mol): <u>60.09</u>
VOLUMEN (m <sup>3</sup> ): <u>40</u>
DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> ): <u>786</u>
PRESIÓN DE VAPOR (Pa): <u>2796.99</u>
TEMPERATURA AMBIENTE (°C): <u>21.6</u>
TEMPERATURA DE LA SUSTANCIA (°C): <u>21.6</u>
TEMPERATURA DE FUSIÓN (°C): <u>-88.45</u>
TEMPERATURA DE EBULLICIÓN (°C): <u>88.25</u>
IDLH DE LA SUSTANCIA (ppm): <u>12000</u>
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s): <u>1.25</u>
ALTURA DE LA EMISIÓN (m): <u>0.0</u>
ESTABILIDAD ATMOSFÉRICA: <u>E</u>



EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD
ESTIMACIÓN DE LA NUBE TÓXICA
EL FLUJO ES <u>0.4422 Kg/s</u>
EL RADIO DE LA ZONA AFECTADA ES: <u>20.91 m</u>
SEGÚN EL RADIO DE AFECTACIÓN, INDIQUE LA GRAVEDAD
A) A LA VIDA (1-5): <u>2</u>
B) AL AMBIENTE (1-5): <u>1</u>
C) A LA PROPIEDAD (1-5): <u>1</u>
D) VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN (1-5): <u>1</u>
PARA EVALUAR LA GRAVEDAD DEL RIESGO VER MANUAL TAB. A2, A3, A4, A5

Figura A5

El programa evalúa el radio de la zona vulnerable y con esa información el usuario debe señalar la gravedad de la situación de acuerdo con la dimensión de la zona afectada y al entorno de la empresa (Tabla A2, A3, A4 y A5). Los resultados de esta simulación se presentan en la figura A5.

Para evaluar el daño producto de una explosión, se requieren los datos mostrados en el ejemplo de la figura A6. En esta sección si la sustancia es líquida, todos los datos son necesarios, para un gas no se requiere el calor de vaporización, la densidad ni la capacidad calorífica.

Una vez introducidos los datos, se despliegan los resultados (Figura A6). También es necesario indicar la clasificación de riesgo, como se hizo en la evaluación de nube tóxica<sup>1</sup>.

Para evaluar el daño que causa el flujo térmico de un incendio, se elige la opción "3" del menú de EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD.

La información necesaria para estimar el radio de vulnerabilidad y el despliegue de resultados se muestran Figura A7. (En la última pantalla de resultados, se marca la gravedad del caso de acuerdo a las Tablas A2-A5).

La información del área de derrame y el diámetro equivalente la puede proporcionar el operador, o SER-Q lo evalúa, considerando una altura de charco de 1.00 cm para el área, y una esfera para el diámetro.

---

<sup>1</sup>La experiencia ha demostrado que una nube explosiva alcanza hasta una altura de 3.048 m (Dow, 1981), por lo que es conveniente considerar ésta como la altura general de una nube.

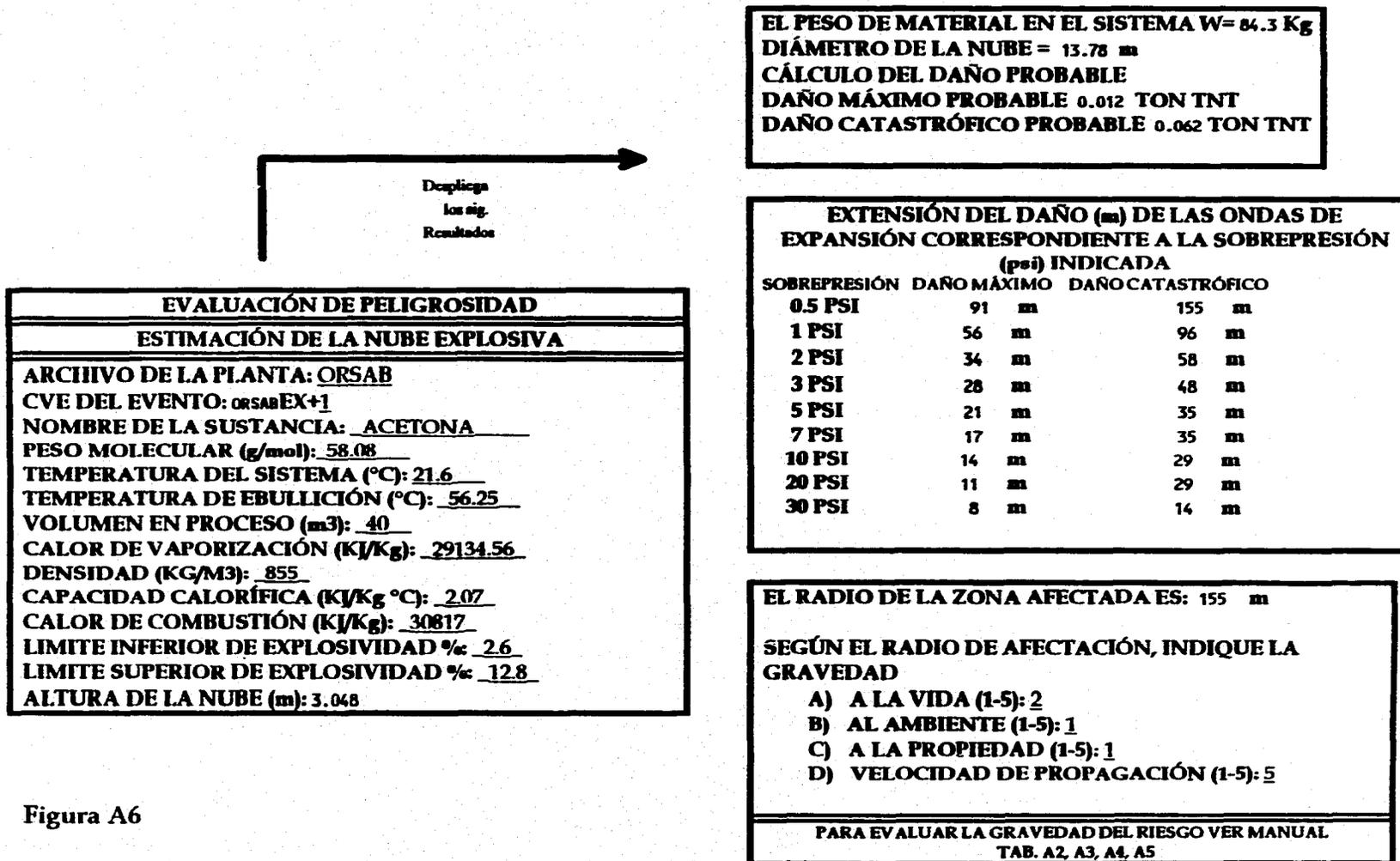


Figura A6

Información requerida:

EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD
ESTIMACIÓN DEL DAÑO POR UN INCENDIO
ARCHIVO DE LA PLANTA: <u>GASCI</u>
CVE DEL EVENTO: <u>GASCI IN+1</u>
NOMBRE DE LA SUSTANCIA: <u>GASOLINA</u>
VOLUMEN DEL DERRAME (m <sup>3</sup> ): <u>30</u>
CALOR DE COMBUSTIÓN (KJ/Kg): <u>47830.7</u>
TEMPERATURA AMBIENTE (°C): <u>21.6</u>
ÁREA DEL DERRAME (m <sup>2</sup> ): <u>3000</u>
DIÁMETRO EQUIVALENTE (m): <u>5.8</u>
PRESIÓN DE VAPOR DEL AGUA (Pa): <u>2566.2</u>
DENSIDAD DEL AIRE (Kg/m <sup>3</sup> ): <u>1.2</u>
TASA DE COMBUSTIÓN (Kg/m <sup>2</sup> s): <u>0.07</u>
NOTA: SE ASUME QUE LA COMBUSTIÓN ES CONSTANTE

Despliegue de resultados:

LA ALTURA DE LA FLAMA	H= 4.44 m
EL CALOR TOTAL EMITIDO ES	1004447 KJ/s
EL CALOR ACEPTADO POR EL CUERPO:	35165556.4 KJ/s
EL FLUJO TÉRMICO RECIBIDO POR EL RECEPTOR	
Q(KW/m <sup>2</sup> ) A LA DISTANCIA X(m) ES:	
X	10 15 25 50 75 100 150 200 500
Q	2266 971. 333. 78.4 33.6 18.4 7.89 4.32 0.63
RADIO DE IMPACTO CON 1.58 KW/m <sup>2</sup> ES :	
DESEA ESTIMAR ALGUNA OTRA DISTANCIA (S/N):	s
A QUE DISTANCIA (m):	<u>300</u>
EL FLUJO TÉRMICO ES	1.854 KW/m <sup>2</sup>
OPRIMA CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR...	

EL RADIO DE LA ZONA AFECTADA ES:	323.858 m
SEGÚN EL RADIO DE AFECTACIÓN, INDIQUE LA GRAVEDAD	
A) A LA VIDA (1-5):	<u>2</u>
B) AL AMBIENTE (1-5):	<u>1</u>
C) A LA PROPIEDAD (1-5):	<u>2</u>
D) VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN (1-5):	<u>3</u>
PARA EVALUAR LA GRAVEDAD DEL RIESGO VER MANUAL	
TAB. A2, A3, A4, A5	

Figura A7

En la sección de consulta de EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD se plasman los resultados de las simulaciones (Figura A8)

EVALUACIÓN DEL RADIO VULNERABLE				
INFORMACIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS				
PLANTA	CVE-EVENTO	SUSTANCIA	CANTIDAD (Kg/s)	RADIO (m)
BAXTE	BAXTET01	AC. SULFÚRICO	0.005	43.33

Figura A8

### REPORTE DE PELIGROSIDAD

Seleccionando la opción 3 del menú principal (Figura A1) se genera un reporte de peligrosidad. Se tiene que dar el nombre de diversas etiquetas. En la tabla A9, se señala el lugar donde se puede verificar el nombre los archivos y claves requeridas. Es importante conocer el nombre exacto para evitar errores.

Fuente	Etiqueta
1. Consulta de información industrial	Archivo de la industria
2. Consulta de información industrial de las SEP (Tabla A8)	Archivo de la sustancia de acuerdo a su uso
3. Consulta de zonas estimadas para: TOxicidad, EXplosividad y INflamabilidad	Clave de la SEP en la simulación de vulnerabilidad

Tabla A9, Requisitos para desplegar el reporte de peligrosidad

El informe final se muestra en la figura A9, este es el resultado del análisis de riesgo de acuerdo al método APELL. Se despliega una pantalla para cada

sustancia peligrosa, es decir, una industria tendrá un informe por cada sustancia a la que se le haya evaluado el radio vulnerable por cualquier tipo de riesgo.

SISTEMA DE EVALUACIÓN DE RIESGO QUÍMICO
REPORTE DE PELIGROSIDAD
INDIQUE LA INFORMACIÓN QUE A CONTINUACIÓN SE SOLICITA
ARCHIVO DE LA SUSTANCIA: <u>LABJU</u>
EL TIPO DE SUSTANCIA SEGÚN SU USO: <u>MP</u>
ARCHIVO DE LA SUSTANCIA: <u>LABJUMP 1</u>
TIPO DE RIESGO: <u>1</u>
CLAVE DEL EVENTO: <u>LABJUTO 1</u>
COMPLETAR EL NOMBRE

↓

SISTEMA DE EVALUACIÓN DE RIESGO QUÍMICO
REPORTE
INFORME DE LA INDUSTRIA: LABORATORIOS JULIAN, S.A DE C.V
OPERACIÓN: FABRICACIÓN DE FÁRMACOS.
MATERIA PRIMA: 2-PROPANOL                      ESTADO FÍSICO: LI
VOLUMEN ALMACENADO EN lt o Kg: 40000
EL CALCULO CON 0.44218 Kg/s DE 2-PROPANOL
TIENE UN RADIO DE AFECTACIÓN DE 20.910 m
GRAVEDAD DE LAS CONSECUENCIAS COACCIONADAS A:
A) A LA VIDA (1-5): 2
B) AL AMBIENTE (1-5): 1
C) A LA PROPIEDAD (1-5): 1
D) VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN (1-5): 1
OPRIMA CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR...

Figura A9

### SALIDA

Al seleccionar la opción 4 del menú principal se sale de programa SER-Q.

## GLOSARIO

**ACCIDENTE:** un evento indeseado e inesperado que ocurre causando daños a la propiedad, a las personas y/o al medio ambiente.

**AGUDO:** Severo pero de corta duración. Efectos agudos a la salud son aquellos que ocurren inmediatamente después de la exposición a las sustancias químicas peligrosas.

**ANÁLISIS DE PELIGROS:** Es el procedimiento para identificar las fuentes potenciales de liberación de materiales peligrosos, determinando la vulnerabilidad de un área a tal liberación, y comparando los peligros a determinados riesgos a la comunidad.

**ANÁLISIS DE RIESGOS:** Evaluación del probable daño que puede ser causado a la comunidad por liberación de sustancias peligrosas.

**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD:** Evaluación en la comunidad de los elementos que están sujetos a daño debido a posibles liberaciones de materiales peligrosos; incluyendo información recolectada en la extensión de la zona vulnerable, condiciones de influencia en la zona, tamaño y tipo de población dentro de la zona, propiedad pública y privada que puede ser dañada, y el ambiente que puede ser afectado.

**CONCENTRACIÓN LETAL BAJA:** La más baja concentración de una sustancia que reporta haber causado muerte en humanos y animales.

**CONCENTRACIÓN TÓXICA BAJA:** La más baja concentración de una sustancia en el aire la cual produce efectos tóxicos en humanos o teratogénesis en animales.

**CONTAMINACIÓN:** La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

**CONTAMINANTE:** Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

**CONTINGENCIA AMBIENTAL:** Situación de riesgo, derivada de actividades humanas o fenómenos naturales, que puede poner en peligro la integridad de uno o varios ecosistemas.

**CONTROL:** Inspección, vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas en este ordenamiento.

**CRÓNICO:** Efectos crónicos en la salud son aquellos que llegan a manifestarse o continúan por algún tiempo después de la exposición a sustancias peligrosas.

**DENSIDAD DE LOS VAPORES:** El 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

**DESASTRE:** Desde el punto de vista local, un evento donde ocurrieron varios decesos, decenas de lesiones graves, daños a la propiedad por varios millones de pesos y/o daños al medio ambiente por mucho tiempo.

**DOSIS LETAL 50:** Concentración de sustancias que causa la muerte al 50 % de los organismos.

**EFFECTO DOMINÓ:** Es la consecuencia inevitable, pero indirecta de otro accidente o circunstancia.

**EL PEOR DE LOS CASOS:** Es el evento o accidente con las peores consecuencias, se divide en:

1. Las consecuencias son tan limitadas que el nivel de riesgo es irrelevante, cualquiera que sea la probabilidad de que ocurra.
2. Las consecuencias son tan serias que la probabilidad con que ocurra deba ser pequeña si se desea un nivel de riesgo tolerable.
3. Las consecuencias posibles son las peores, la probabilidad con que ocurra es tan baja que el riesgo es prácticamente descartado.

**EMERGENCIA EN UN ACCIDENTE QUIMICO:** Situación creada por una liberación accidental o derrame de un compuesto peligroso del cual puede resultar una amenaza para la seguridad de los trabajadores, residentes, ambiente, o propiedad.

**ESTIMACIÓN DE LA EXTENSIÓN DE DAÑOS:** Es el daño que se puede esperar de un peligro latente en el caso de ocurrir un accidente. El peor caso es siempre considerado más improbable que uno de menor gravedad, pero con la mayor posibilidad de ocurrencia, el cual se escoge como la base para la evaluación del peligro y la toma de decisiones y medidas de seguridad.

**IDENTIFICACION DE PELIGROS:** Proporciona información acerca de las instalaciones que tienen SEP, qué compuestos son, y cuanto hay en cada instalación. También da información de como se almacenan y si se utilizan a altas temperaturas.

**LÍMITE INFERIOR DE INFLAMABILIDAD:** Es la concentración de un gas o vapor más baja (mínimo porcentaje de la sustancia en el aire), que produce una flama o un fuego cuando está presente una fuente de ignición (calor, arco o flama). A concentraciones menores, la mezcla es demasiado pobre para quemarse.

**LÍMITE SUPERIOR DE INFLAMABILIDAD:** 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 mayor concentración la mezcla es demasiado rica para arder.

**MATERIAL PELIGROSO:** Cualquier sustancia o material en cantidad o forma la cual puede ser nociva a humanos, animales, cosechas, sistema de aguas, u otros elementos del ambiente en caso de liberación accidental. Los materiales peligrosos incluyen: explosivos, gases (comprimidos, licuados, o disueltos), líquidos inflamables o combustibles, sólidos o sustancias inflamables, sustancias oxidantes, sustancias venenosas e infecciosas, materiales radiactivos, y corrosivos.

**NIVEL DE CONCENTRACIÓN (LOC):** Concentración en el aire de una sustancia extremadamente peligrosa por encima de la cual pueden ocurrir serios e irreversibles efectos en la salud o la muerte como resultado de la sola exposición en un periodo de tiempo relativamente corto.

**NUBE TÓXICA:** Masa de gases, vapores, humos, o aerosoles de materiales tóxicos que viaja por el aire.

**PELIGRO INMEDIATO A LA VIDA Y A LA SALUD (IDLH):** Nivel máximo al cual un trabajador saludable puede ser expuesto por 30 minutos sin sufrir síntomas perjudiciales o efectos irreversibles en la salud.

**PELIGRO:** Cualquier situación con el potencial para causar daño a la vida, propiedad, y/o al ambiente, es la fuente u origen de un riesgo, una amenaza que puede causar un accidente.

**PLAN DE CONTINGENCIA:** Documento para identificar y catalogar los elementos necesarios para la respuesta a emergencias, así como para definir responsabilidades y especificar tareas, y para servir como una guía de respuesta.

**PRESIÓN DE VAPOR DE UN LÍQUIDO:** El vapor ejerce una presión sobre la fase líquida, y varía con la temperatura, a esa presión se le llama Presión de

vapor. A menos cantidades de vapor ejerce menor presión y por tanto tendrá mayor punto de ebullición. Bajo punto de ebullición y alta presión de vapor, el empaque, almacenamiento y transporte involucran precauciones especiales.

**PREVENCIÓN:** El conjunto de disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro del ambiente.

**PROBABILIDAD:** predicción calculada de la ocurrencia de un accidente en un cierto periodo de tiempo.

**PUNTO DE EBULLICIÓN:** Es la temperatura a la cual la presión de vapor de un líquido es igual a la presión externa por lo tanto, el valor de la temperatura de ebullición de un mismo líquido es diferente a diferentes presiones. Los materiales que tienen bajos puntos de ebullición representan generalmente riesgos extremos de incendios.

**PUNTO DE FUSIÓN:** El punto de fusión normal de un sólido es la temperatura a la cual la fase sólida y líquida de un material están en equilibrio, bajo una atmósfera de presión.

**RANGO DE INFLAMABILIDAD:** Un producto químico flamable (OSHA) es aquel cuyos vapores entran en ignición, cuando se exponen a una fuente de energía (chispa o flama) a temperaturas por debajo de 37.8 °C. Una sustancia química combustible se debe calentar arriba de 37.8 °C para entrar en ignición. Todas las concentraciones de una mezcla de un vapor o gas inflamable en aire. Generalmente, expresadas como porcentaje en volumen, del material que puede entrar en ignición.

**RECICLAJE:** Método de tratamiento que consiste en la transformación de los residuos con fines productivos.

**RECOLECCIÓN:** Acción de transferir los residuos al equipo destinado a conducirlos a las instalaciones de almacenamiento, tratamiento o reuso, o a los sitios para su disposición final.

**RESIDUO:** Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

**RESIDUOS PELIGROSOS:** 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.

**RESPUESTA:** Esfuerzo por minimizar los riesgos creados en una emergencia por protección a la gente, ambiente, y propiedad, y los esfuerzos por regresar a las condiciones normales pre-emergencia.

**REUSO:** Proceso de utilización de los residuos peligrosos que ya han sido tratados y que se aplicarán a un nuevo proceso de transformación o de cualquier otro.

**RIESGO:** Medida de la probabilidad de daño a la vida, propiedad, y/o al ambiente que ocurriría si un peligro se manifestara; esta medida incluye la severidad de consecuencias anticipadas a la gente.

**SITIO DEL ACCIDENTE:** La ubicación del lugar donde se produjo un acontecimiento inesperado, en una instalación o a lo largo de una ruta de transportación, resultando en una liberación de algún material peligroso.

**STEL:** (Short Term Exposure Level) Tiempo de exposición límite a una sustancia por día para proteger al humano contra los efectos tóxicos. Límite de exposición a corto plazo.

**TEMPERATURA DE AUTOINGNCIÓN:** La temperatura mínima a la cual el material arde sin necesidad de chispa o de flama

**TEMPERATURA DE INFLAMACIÓN (Flash Point):** La temperatura mínima a la cual una sustancia produce suficientes vapores para formar una mezcla inflamable con aire la cual arde en presencia de una flama o chispa.

**TLV: (Time Weighted Threshold Limit Values),** Valor umbral límite, representado por la concentración a bajo de la cual no hay efectos tóxicos en 7 u 8 horas de exposición por día. Es usado como un índice de riesgo.

**TOXICIDAD:** Capacidad de una sustancia para causar daño a los tejidos vivientes, deterioro del sistema nervioso central, enfermedades severas, o muerte por ingestión, inhalación, o absorción por la piel.

**TRATAMIENTO:** Acción de transformar los residuos, por medio del cual se cambian sus características.

**TWA: (Time Weighted Average)** Es la concentración promedio de una sustancia a que puede exponerse el humano durante 8 horas al día y 40 horas a la semana, sin mostrar efectos tóxicos.

**ZONA VULNERABLE:** Área sobre la cual la concentración por aire de un químico involucrado en una liberación accidental podría llegar al nivel de afectación (LOC).

**NOTA:** Los conceptos fueron tomados de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental, y Control de riesgos de accidentes mayores (OIT, 1990).

## BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR Benítez, S. Geografía física y turismo en el Estado de Morelos. México, UNAM, 1989

BIRD, Frank E. Administración del control de pérdidas. Consejo Interamericano de Seguridad, 1982.

BRIGGS, G. A. Diffusion Estimation for Small Emissions. ATDL Contribution File No. 79, Atmospheric Turbulence and Diffusion Laboratory. 1973.

CENDEJAS S. La seguridad no es un lujo. Uno Más Uno. México a 3 de diciembre de 1984.

CEPES-IEPES. Monografía del municipio de Jiutepec. 1980, Cuernavaca, Mor.

CIZEK, J. G. Diamond Shamrock Loss Prevention Review Program. Canadian Society for Chemical Engineering (CSCHE) Conference, Vancouver 1982

CLEMMENT ASSOCIATES INC. Mathematical Models for Estimating Workplace Concentration Levels: A literature review, EPA Contract 88-01-6065. Prepared for ETD/EPA. 1981.

CONCAMIN. Historia y desarrollo industrial de México. Colegio de Jalisco, México, 1988.

CORTINAS de Nava, C; JUÁREZ Pérez, A; SERRANO Garcia R; ORDAZ Guillén Y. Prevención y preparación de la respuesta en caso de accidentes químicos en México y en el mundo. SEDESOL. México, 1994.

CROSETTI P A., Fault Tree Analysis with Probability Evaluation. Douglas United Nuclear, Inc. Richland, Wash. 1971

DE LA PEÑA, G. Herederos de promesas. Ediciones la Casa Chata. México, 1980.

Dow's Fire and Explosión Index, Hazard Claddification Guide. Quinta edición. Ed. American Institute of Chemical Engineers, 1981.

Dow's Process Safty Guide, cuarta edición. Ed. Dow Chemical Co. Midland, EUA, 1981.

EPA. Technical Guidance for Hazards Analysis. EUA, 1987.

EXPANSIÓN. Localización geográfica de las 500 empresas más importantes de México. México, 15 de agosto de 1990.

FLORES Ayala, L. Análisis de metales peligrosos a la salud en aguas residuales de CIVAC. Memoria del Congreso Nacional de la AMCCAA. Desarrollo y Medio Ambiente, Perspectivas al año 2000. México, 1987

Gaceta Ecológica. Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Morelos. Núm. 32, Vol. VI, Octubre de 1994, México. 55-73 pp.

GARCÍA Cabrera, J. Evaluación de la calidad de agua en los ríos Apatlaco, Yautepec y Cuautla, estado de Morelos, utilizando indicadores biológicos de contaminación. Fac. de Ciencias, UNAM, 1991

GARZA G. Industrialización de las principales ciudades de México. Colegio de México. México, 1980.

GONZÁLEZ Márquez, J. J. Derecho ambiental. Editado por la UAM. México, 1994.

GONZÁLEZ-MORÁN T. y FERNÁNDEZ V. G. ACQUIM, Sistema de base de datos de accidentes ocurridos en la Republica Mexicana. Editado por CENAPRED, México, 1994.

GUEVARA Ramirez, S. Alternativa del mejoramiento urbano en la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca, Jiutepec Morelos. México, UNAM, 1990

HERNÁNDEZ, D. A. Presidente del Grupo PAM en CIVAC. Comunicación personal, 1995

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRÁFICA E INFORMÁTICA. Anuario estadístico del Estado de Morelos. México, 1994.

INEGI. Cuernavaca estado de Morelos. Cuaderno estadístico municipal. Edición de 1994. México, 1995

INEGI. México en síntesis. México, 1990

INEGI. Morelos, Resultados definitivos. Datos por AGEB urbana. XI Censo General de población y vivienda 1990. México 1992

JAUREGUI y MÁRQUEZ. Aspectos de la calidad del aire en Cuernavaca, Mor. Memoria del IV Congreso de Meteorología. OMMAC, Chih.

JIMENEZ Amaro, L. El deterioro ecológico en el estado de Morelos: Municipio de Jiutepec. México, UNAM, 1991

JONES E. Using dBase IV. Osborne Mc Graw Hill. EUA, 1988.

KEITH L. H. y Walters D. B. The National Toxicology Program's Chemical Data. Compendium Vol. 1, Vol. 2, Vol. 3, Vol. 7 y Vol. 8. EUA, 1992.

KLETZ, T. A. Elimination Potential Prodes Hazards. Chemical Engineering, abril de 1985.

KNOWLTON R. E. An Introduction to Creative Checklist Hazard and Operability Studies. Vancouver, CSCHE Conference.

LAMBERT, H. E. Failure Modes and Effects Analysis Urbino, Italia, 1978

LAWLEY, H. G. Loss Prevention: Operability Studies and Hazard Analysis. Chemical Engineering Presee, Vol 70, Núm 4, abril 1974

LEES, F. P. Loss Prevention in the Process Industires. Vol 1. Ed. Butteworth-Heinemann, Gran Bretaña, 1980

LEWIS, D. J. The Mond Fire and Explosion Index Applied to Plant Layout and Spacing. Thirteenth Loss prevention Symposium, Nueva York, AIChE, 1979

Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental. Diario Oficial, 28 de enero de 1988.

LIDE, D. Handbook of Chemistry and Physics. The Chemical Rubber Publishing Company. Edición 73. EUA, 1993.

MACKAY, DOUGLAS y MATSUGO, RONALD S., Evaporation Rates of Liquid Hydrocarbon Spills and Land and water. The Canadian Journal of Chemical Engineering, Vol. 51, August, 1973

MACKAY, D. Illustrated Handbook of Physical-Chemical Properties and Enviromental Fate for Organic Chemicals. Lewis Publishers, Inc. EUA, 1992.

MCELROY, J. L. y POOLER, F. St. Louis Dispersion Study Report AP-53. U. S. Public Health Service, National Air Pollution Control Administration. 1968.

MCFADDEN F. R, JEFFREY A. H. Modern Database Management. Cuarta edición. Cummings Publishing Company, Inc. EUA, 1993.

National Fire Protection Association. Identification of the Fire Hazard of Materials. EUA, 1994

OIT. Control de riesgos de accidentes mayores. Ginebra, 1990.

Periódico Oficial del Estado de Morelos:

- ◇ Bandos de Policía y Buen Gobierno de los Municipios de Jiutepec, Yautepec y Xochitepec, Mor. 6ª Epoca, Núm. 2840, Sección segunda, 18 de enero de 1978, Cuernavaca, Mor. 1-24 pp.
- ◇ Convenio. Enero 2 de 1973, Cuernavaca, Mor. 15-20 pp.
- ◇ Convenio. Febrero 10 de 1993, Cuernavaca, Mor. 12-15 pp.

❖ Convenio. Febrero 3 de 1993, Cuernavaca, Mor. 21-22 pp.

PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO DE JUITEPEC, MOR. 1988

PROFEPA del Estado de Morelos. Comunicación personal con el Biol. Victor Origuela, 1995

PROGRAMA UNIVERSITARIO DE MEDIO AMBIENTE, Apuntes del curso "Administración y análisis de riesgo." UNAM. México, 1995

Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos. Diario Oficial, 25 de noviembre de 1899.

Reglamento Para el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos. Diario Oficial, 1995

REID, R; PRAUSNITZ, J. POLING, B. The Properties of Gases & Liquids. Mc Graw-Hill. Cuarta edición. EUA, 1987.

ROSENSTEIN M. Estructuras de datos, un enfoque práctico. Ediciones Anaya Multimedia. Madrid, España, 1990.

RZEDOWSKI, J. Vegetación de México. Limusa, México 1981

SÁNCHEZ, S. R; ESPINOZA, R. J. M. El uso del agua en Morelos. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Coordinación de Investigación. Subcoordinación de Prospectiva. Cuernavaca, Morelos. México, 1988

SAX, I. Dangerous Properties of Industrial Materials. Editor Van Nostrand Reinhold Company. Cuarta edición, EUA 1975.

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS. Programa estatal del agua en Morelos. Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica. Jefatura del Programa Hidráulico. México, 1985

SECRETARÍA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PÚBLICAS. La gestión ambiental y la planeación democrática en el estado de Morelos. Centro SAHOF, Morelos.

SECRETARÍA DE GOBERNACION. Atlas nacional de riesgos. México, 1994.

SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO. Síntesis geográfica de Morelos y su anexo cartográfico. Escala 1:250,000. México, 1981.

SEDESOL, Regulación y gestión de productos químicos en México, enmarcados en el contexto internacional. Serie monografías. México 1994

TSU-DER CHOU. dBase IV, Guía del programador. Ediciones Anaya Multimedia. Madrid, España, 1991.

TURNER, B. Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. Public Health Service Publication No. 999-AP-26. 1970.

UNEP. Concientización y preparación para emergencias a nivel local (APELL). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Francia, 1990.

UNEP. Hazard Identification and Evaluation in a Local Community. United Nations Environment Programme, programa APELL. Francia, 1992.

VIDAL, R. Algunas relaciones clima-cultivo en el estado de Morelos. México, UNAM, 1980

VIZCAÍNO M. F. La contaminación en México. Ed. Fondo de Cultura Económica. México, D. F., 1975

WARK, K y Warner C. Contaminación del aire. Ed. Limusa, México, 1990.

WINDHOLZ, M. The Merck Index. Merck & Co. Novena edición. EUA, 1976.