



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA AMBIENTAL – SUSTANCIAS Y RESIDUOS PELIGROSOS

ANÁLISIS DE RIESGOS TRAS UN SISMO SOBRE LAS INSTALACIONES DE LA
REFINERÍA DE TULA Y LA ZONA INDUSTRIAL ALEDAÑA

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
ARNOLDO MANUEL MARTÍNEZ SANDOVAL

TUTOR PRINCIPAL
GEORGINA FERNANDEZ VILLAGÓMEZ, FACULTAD DE INGENIERÍA

COMITÉ TUTOR
MODESTO JAVIER CRUZ GÓMEZ, FACULTAD DE QUÍMICA
EDUARDO REINOSO ANGULO, INSTITUTO DE INGENIERÍA

MÉXICO, D. F. AGOSTO 2014

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Reynoso Angulo Eduardo
Secretario: Dr. Cruz Gómez Modesto Javier
Vocal: Dr. Aguilar Márquez Armando
1^{er.} Suplente: M. en I. Sepúlveda Hirose Rodrigo Takashi
2^{d o.} Suplente: Dra. Fernández Villagómez Georgina

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Posgrado de Ingeniería. UNAM Ciudad Universitaria, México D. F.

TUTOR DE TESIS:

Dra. Fernández Villagómez Georgina

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

A mis Padres que siempre me han apoyado y que han sido un gran ejemplo para mí.

A mi hermano al cual admiro y quiero mucho, ya que de él siempre he aprendido a nunca rendirse y levantarse cuando lo que está de por medio es tu felicidad.

A la Dra. Georgina Villagómez, ya que siempre estuvo al pendiente de mi formación como maestro, y que sin ella esta etapa no hubiese existido. Gracias por todos sus consejos y confianza que me brindó tanto académica como personalmente.

Al Dr. Javier Cruz, ya que siempre me sus oportunas colaboraciones ayudaron a que este trabajo culminara.

A mis amigos los cuales hicieron ameno esta etapa profesional.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico brindado para la realización de mis estudios de maestría (número de apoyo 343474)

Optimismo es el camino de aquellos que caminan con fe y esfuerzo.

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación	2
1.2. Hipótesis	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos particulares	4
2. FUNDAMENTOS	5
2.1. Sismos	5
2.1.1. Marco tectónico de la República mexicana.....	5
2.1.2. Escalas de intensidad y magnitud.....	6
2.1.3. Ondas sísmicas	10
2.1.4. Tipos de sismos.....	13
2.1.4.1. Sismos naturales.....	13
2.1.4.2. Sismos artificiales	14
2.1.5. Sismicidad en el Mundo.....	14
2.1.6. Sismicidad en México	15
2.1.7. Regionalización sísmica	16
2.1.8. Instrumentos de registro	18
2.2. Análisis de Riesgos.....	20
2.2.1. Análisis de probabilidad de riesgos.....	20
2.2.2. Modelos de análisis de riesgos	26
2.2.2.1. Listas de verificación (Check list)	29
2.2.2.2. Estudio de Riesgo y Operabilidad (HAZOP).....	31
2.2.2.3. Índice Dow (Dow Chemical Company's Fire and Explosion Index)	32

2.2.2.4.	Índice Mond	34
2.2.2.5.	Árbol de fallas	35
2.2.2.6.	Análisis "Qué pasa si...? ("What - If")	37
2.2.3.	Manejo del riesgo	38
2.2.4.	Descripción de Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias (SCRI) Modelos	38
2.2.4.1.	Emisiones Puntuales y de Áreas	39
2.2.4.2.	Emisiones Continuas de Tóxicos	40
2.2.4.3.	Emisiones Instantáneas de Tóxicos (PUFF).....	41
2.2.4.4.	Nubes Explosivas.....	41
3.	CASO DE ESTUDIO	43
3.1.	Revisión del Parque Industrial Atitalaquia	43
4.	METODOLOGÍA	49
5.	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EN EL CASO DE ESTUDIO	53
5.1	Recolección de Información.....	53
5.2.	Identificación de las zonas de riesgo	53
5.2.1.	Refinería	53
5.2.2.	Zona Industrial	58
5.2.2.1.	Cerillera	58
5.2.2.2.	Embutidos.....	58
5.2.2.3.	Productora y comercializadora de alimentos.....	58
5.2.2.4.	Productora de Agroquímicos	59
6.	RESULTADOS Y SU EVALUACIÓN.....	61
6.1.	Refinería	61
6.1.1.	Compresor 1.....	61

6.1.2. Compresor 2.....	62
6.1.3. Compresor 3.....	63
6.1.4. Compresor 4.....	65
6.1.5. Compresor 5.....	66
6.1.6. Compresor 6.....	67
6.1.7. Compresor 7.....	68
6.1.8. Compresor 8.....	68
6.1.9. Compresor 9, 10 y 11	69
6.1.10. Compresor 12.....	70
6.1.11. Compresor 13.....	71
6.2. Industrias aledañas	73
6.2.1. Cerillera	73
6.2.2. Empresa de embutidos.....	74
6.2.3. Productora y comercializadora de alimentos	75
6.2.4. Productora de Agroquímicos	75
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
7.1. Conclusiones	77
7.2. Recomendaciones	78
ANEXOS.....	79
Anexo A. Efectos provocados por explosiones en refinerías y componentes vulnerables de plantas.....	79
Anexo B. Intensidades de radiación tolerable para diferentes materiales	86
Anexo C Información sobre las simulaciones	87
REFERENCIAS.	125



1. INTRODUCCIÓN

El municipio de Tula en el estado de Hidalgo es clasificado por la regionalización sísmica como de mediana peligrosidad (CFE, 2008). El programa PRODISIS incluido en el mismo manual indica que, para un periodo de recurrencia de 3000 años aproximadamente, se esperan aceleraciones de 100 cm/s^2 .

El mismo mapa de peligro sísmico que usa protección civil del municipio de Tula, aparece en blanco y la sensación de los habitantes de la región es que el peligro sísmico es muy bajo. Considerando la distancia de alrededor de 300 km de la costa del Pacífico, donde ocurren los sismos más energéticos en México, parece apropiada esta apreciación. Sin embargo existen otras fuentes más cercanas cuyo peligro debe ser evaluado con más detalle.

Existen varias evidencias de actividad sísmica en sitios más cercanos a la región.

Suter et al. (2001) muestra fallas normales activas en la parte central del cinturón volcánico trans-mexicano cuyo efecto podría ser relevante en la evaluación del peligro sísmico en Tula.

Singh et al. (2011) realizaron una simulación de movimientos fuertes en la ciudad de México debidos al sismo de Acambay Edo. de México $M \sim 7.0$ ocurrido en 1912. Concluyen que no representa un peligro significativo para la ciudad de México. Consideran que el epicentro sísmico se encuentra a más de 100 km de distancia y en el método de simulación no es considerado el efecto de directividad, pero por la posición de la falla parece no ser relevante. En contraste, Tula se encuentra a menor distancia de Acambay (aproximadamente a 45 km) y la directividad puede afectar de manera importante el movimiento generado por esta fuente. Otro punto que debería ser analizado y considerado es la peculiar atenuación que encontraron Ortega et al. (2003) para esta zona.



Suter et al. (1996) reportan Intensidades Mercalli Modificada (IMM) de entre V y VI para la ciudad de Tula durante el sismo de Ixmiquilpan ocurrido el 10 de marzo de 1950 de magnitud 5.0.

En el reporte del Servicio Sismológico Nacional (2010) da cuenta de una secuencia de sismos someros en la región, ocurridos en el mes de mayo de 2010, con una magnitud máxima de 4 aproximadamente a 45 km al noroeste de Tula. En ese mismo reporte se resalta que en la región han existido sismos de magnitud hasta 5.3 y que han provocado intensidades IMM de hasta VIII.

1.1. Justificación

El presente proyecto surge motivado por la evaluación de los efectos de un evento sísmico sobre las instalaciones de la refinería de Tula e instalaciones Industriales circundantes. Los riesgos químicos se definen como fugas, derrames, explosiones e incendios. Estos últimos pueden ser urbanos, forestales e industriales. Como consecuencia de estos riesgos químicos, se tienen la contaminación ambiental, las intoxicaciones y en algunos casos la muerte de la población civil.

El riesgo de un evento químico en cadena a consecuencia de un desastre natural como puede ser un sismo, es altamente probable en México, por ello la importancia de estudiar e identificar algunas de las zonas industriales y riesgos naturales potenciales.

Por tal motivo se ha elegido la zona industrial de Tula de Allende en el Estado de Hidalgo ya que existe un polo industrial de alto impacto en la economía nacional.

La Refinería Miguel Hidalgo se encuentra localizada en el Estado de Hidalgo, en el municipio de Tula de Allende, a 82 km. al norte de la Ciudad de México (Figura 1.1).



Figura 1.1 Vista aérea de la refinería Miguel Hidalgo, Tula

Cerca de esta zona se encuentra la ciudad de Tula de Allende que tuvo su impulso tras la creación de la refinería y de una zona industrial. Esta ciudad ha crecido cada día acercándose a una distancia no segura de la instalación, debido a que los terrenos son invadidos y la falta de regulación por parte de las autoridades municipales.

1.2. Hipótesis

Un sismo de 8.1 de magnitud pondrá en riesgo a la refinería Miguel Hidalgo, instalaciones circundantes, a los trabajadores, población civil y al ambiente.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Llevar a cabo el análisis de riesgo tras un sismo sobre las instalaciones de la refinería de Tula y la zona industrial aledaña, utilizando modelaciones a través de programas de cómputo.



1.3.2. Objetivos particulares

- Identificar las posibles zonas de riesgo químico debido a la presencia de instalaciones aledañas, mediante modelaciones por fugas, derrames, explosiones e incendios.
- Evaluar las condiciones de operación de las instalaciones industriales, así como de lugares de especial interés después de un sismo para la atención de contingencias.



2. FUNDAMENTOS

2.1. Sismos

Un sismo es un fenómeno que se produce por un rompimiento repentino en la cubierta rígida del planeta llamada corteza terrestre. Como consecuencia se producen vibraciones que se propagan en todas direcciones y que se perciben como una sacudida o un balance con duración e intensidad variables (CENAPRED, 2007).

2.1.1. Marco tectónico de la República mexicana

Por su ubicación geográfica, México se encuentra sujeto a diversos fenómenos naturales que pueden derivar en casos de desastre; entre las calamidades a las que mayormente está expuesto el territorio nacional resaltan los sismos, que en el transcurso de la historia han sido de significación especial, tanto por su frecuencia como por los daños que han ocasionado, particularmente los ocurridos en la ciudad de México en septiembre de 1985 (CENAPRED, 2008).

El país se localiza en una de las zonas sísmicas más activas del mundo, el Cinturón de Fuego del Pacífico, cuyo nombre se debe al alto grado de sismicidad que resulta de la movilidad de cuatro placas tectónicas: Norteamericana, Cocos, Rivera y del Pacífico (figura 2.1).

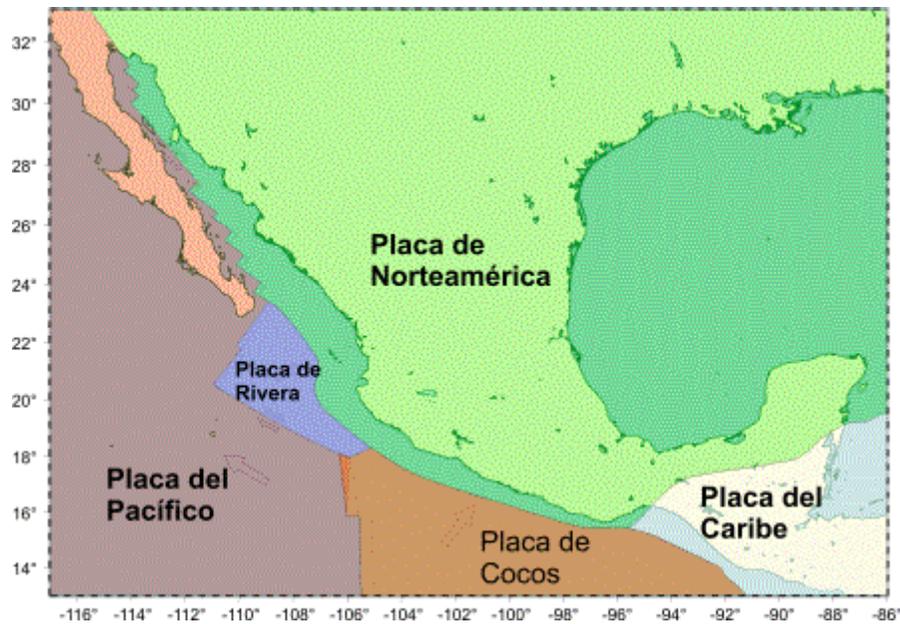


Figura 2.1 Mapa de ubicación de placas tectónicas en México.
(CENAPRED, 2009)

La generación de los temblores más importantes en México por su magnitud y frecuencia se debe, básicamente, a dos tipos de movimientos entre placas: de subducción y desplazamiento lateral. El primero se da a lo largo de la porción costera entre Jalisco y Chiapas donde las placas de Rivera y Cocos penetran por debajo de la Norteamericana.

Por otra parte, entre la placa del Pacífico y la Norteamericana se observa un desplazamiento lateral; a diferencia de la subducción, es visible en la superficie del terreno, esto se verifica en la parte norte de la península de Baja California y a lo largo del Estado de California, en los Estados Unidos de América (CENAPRED, 2008).

2.1.2. Escalas de intensidad y magnitud

Generalmente, al describir un gran sismo, además de su epicentro se mencionan valores de magnitud e intensidad; estos dos últimos términos aluden a fenómenos distintos y son frecuentemente confundidos (CENAPRED, 2007).

La intensidad de un sismo se refiere a un lugar determinado; se asigna en función de los efectos causados en el hombre, en sus construcciones y, en



general, en el terreno del sitio. Esta medición resulta un tanto subjetiva, debido a que la manera de cuantificación depende de la sensibilidad de cada persona y de la apreciación que se haga de los efectos.

En 1883, S. de Rossi y F. Forell propusieron la primera escala de intensidad, con grados de 1 al 10. En 1902, Giuseppe Mercalli propuso otra escala, de doce grados, modificada en 1931 por H. Hood y F. Newmann, para construcciones más modernas. A ésta se le conoce como Escala de Mercalli Modificada, que ahora se utiliza profusamente (ver Tabla 2.1).

Actualmente, puede tenerse una medición directa de la intensidad, de una manera instrumental, a través de valores de aceleración del terreno producto de los acelerógrafos (CENAPRED, 2008).

Con el objetivo de comprender el tamaño de los terremotos en todo el mundo, se necesita una medida que no dependa, como la intensidad, de la densidad de población ni del tipo de construcción. La manera de evaluar el tamaño real de un sismo, está relacionada con la cantidad de energía liberada, que es independiente de la ubicación de los instrumentos que los registran.

Tabla 2.1. Escala de intensidad de Mercalli modificada

Escala	Descripción
I	No es sentido, excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.
II	Sentido sólo por muy pocas personas en posición de descanso, especialmente en los pisos altos de los edificios. Objetos delicadamente suspendidos pueden oscilar.
III	Sentido claramente en interiores, especialmente en pisos altos de los edificios, aunque mucha gente no lo reconoce como un terremoto. Automóviles parados pueden balancearse ligeramente. Vibraciones como al paso de un camión. Duración apreciable.
IV	Durante el día sentido en interiores por muchos; al aire libre por algunos. Por la noche algunos despiertan. Platos, puertas y ventanas agitadas; las paredes crujen. Sensación como si un camión pesado chocara contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente.
V	Sentido por casi todos, muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas, y similares rotos; grietas en el revestimiento en algunos sitios. Objetos inestables volcados. Algunas veces se aprecia balanceo de árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden pararse.
VI	Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algún mueble pesado se mueve; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve.
VII	Todo el mundo corre al exterior. Daños insignificantes en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras comunes bien construidas; considerables en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por algunas personas que conducen automóviles.
VIII	Daño leve en estructuras diseñadas especialmente para resistir sismos; considerable, en edificios comunes bien construidos, llegando hasta colapso parcial; grande en estructuras de construcción pobre. Los muros de relleno se separan de la estructura. Caída de chimeneas, objetos apilados, postes, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Eyección de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Cierta dificultad para conducir automóviles.
IX	Daño considerable en estructuras de diseño especial; estructuras bien diseñadas pierden la vertical; daño mayor en edificios comunes bien construidos, colapso parcial. Edificios desplazados de los cimientos. Grietas visibles en el terreno. Tuberías subterráneas rotas.
X	Algunas estructuras bien construidas en madera, destruidas; la mayoría de estructuras de mampostería y marcos, destruidas incluyendo sus cimientos; suelo muy agrietado. Rieles torcidos. Deslizamientos de tierra considerables en las orillas de los ríos y en laderas escarpadas. Movimientos de arena y barro. Agua salpicada y derramada sobre las orillas.
XI	Pocas o ninguna obra de mampostería quedan en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el suelo. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terrenos blandos. Rieles muy retorcido.
XII	Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas. Objetos lanzados al aire.

Fuente: (CENAPRED, 2009)



En 1932, Charles Richter desarrolló una escala estrictamente cuantitativa, aplicable a sismos ocurridos en regiones tanto habitadas como no pobladas, utilizando las amplitudes de las ondas registradas por un sismógrafo. Precisó la escala de magnitud (M), basada en evaluación de numerosos sismos en la costa de California. Hoy el uso de la magnitud ha trascendido estos modestos comienzos. La conveniencia de designar los efectos de un terremoto mediante números (magnitud), ha requerido que el método se amplíe a otros tipos de sismógrafos por todo el mundo. Consecuentemente, hay varias escalas de magnitud. Éstas no tienen límite superior ni inferior; aunque en el extremo superior, el terremoto está limitado por la resistencia de las rocas de la litósfera.

En el siglo pasado, los terremotos de mayor magnitud ocurrieron en Chile, en 1960 (M = 9.5), y Alaska, en 1964 (M = 9.2).

En ocasiones, para referirse a un temblor cuya magnitud supera los 7 grados se habla de un macrosismo.

Una diferencia de un grado de magnitud entre dos sismos cualesquiera implica, en términos de energía liberada, una diferencia de 32 veces. Así, un sismo de magnitud 8 equivale, de manera aproximada, en términos de energía liberada, a:

32 sismos de magnitud 7

1000 sismos de magnitud 6

32,000 sismos de magnitud 5

ó 1'000,000 de magnitud 4.

Por tanto, es fácil notar que un sismo de magnitud 4, como los que llegan a ocurrir varias veces por semana a lo largo de la costa occidental de México, no es la mitad de uno de magnitud 8, cuyo periodo de repetición en una determinada región puede ser de varias décadas.

2.1.3. Ondas sísmicas

Al ocurrir un sismo, tres tipos básicos de ondas producen la sacudida que se siente y causa daños; sólo dos se propagan en todas direcciones en el interior de la Tierra; por ello se les denomina ondas internas. La más rápida de estas es la onda primaria u onda P (figura 2.2), cuya velocidad varía dependiendo del tipo de roca, entre 1,100 y 8,000 m/s (CENAPRED, 2008).

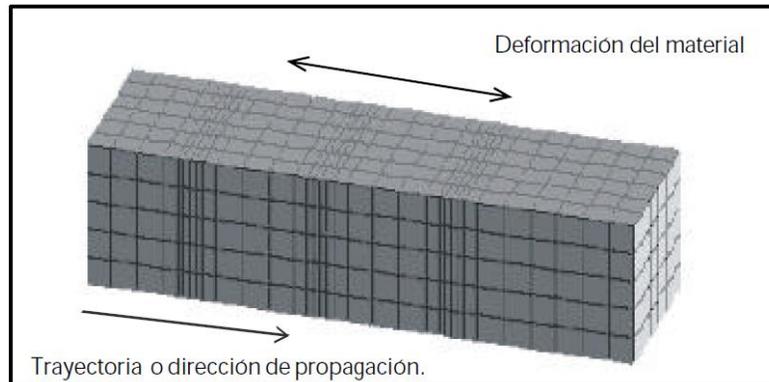


Figura 2.2 Deformación elástica producida por el paso de la onda P. Implica cambios de volumen transitorios. (CENAPRED, 2009)

La característica principal de esta onda es que alternadamente comprime y expande la roca, en la misma dirección de su trayectoria. Es capaz de propagarse a través de rocas (sólidos) y de líquidos; por ejemplo, el magma y los océanos. Además, se puede transmitir a través de la atmósfera; en ocasiones, personas y animales la perciben como un sonido grave y profundo.

La segunda onda, llamada secundaria u onda S, viaja a menor velocidad que la P (normalmente entre 500 y 4,400 m/s). Mientras se propaga, deforma el material lateralmente respecto de su trayectoria. Por esta razón no se transmite en fluidos (líquidos y gases) (figura 2.3).

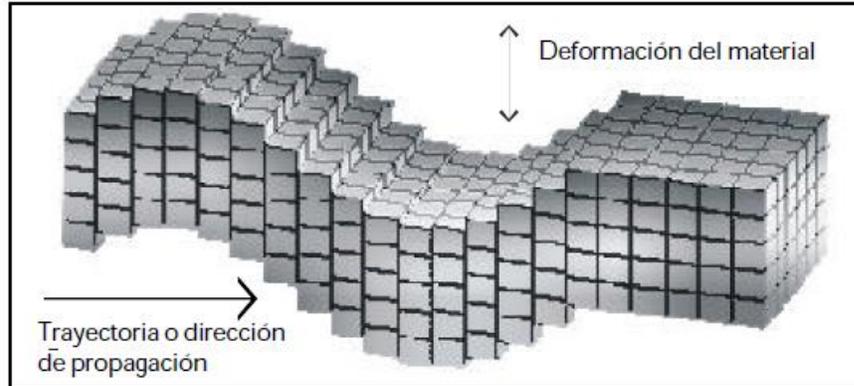


Figura 2.3. Deformación elástica producida por el paso de la onda S. En este caso no se producen cambios de volumen en el material en que se propaga. (CENAPRED, 2009)

El tercer tipo de ondas sísmicas es el de las llamadas ondas superficiales, cuya característica es propagarse por la parte más superficial de la corteza terrestre; a medida que la profundidad aumenta disminuye la amplitud de su movimiento. Las ondas superficiales generadas por el terremoto se pueden clasificar en dos grupos:

Ondas Love (figura 2.4), llamadas así en honor de su descubridor, el físico A.E.H. Love, deforman las rocas similarmente a las ondas S, aunque únicamente en dirección horizontal.

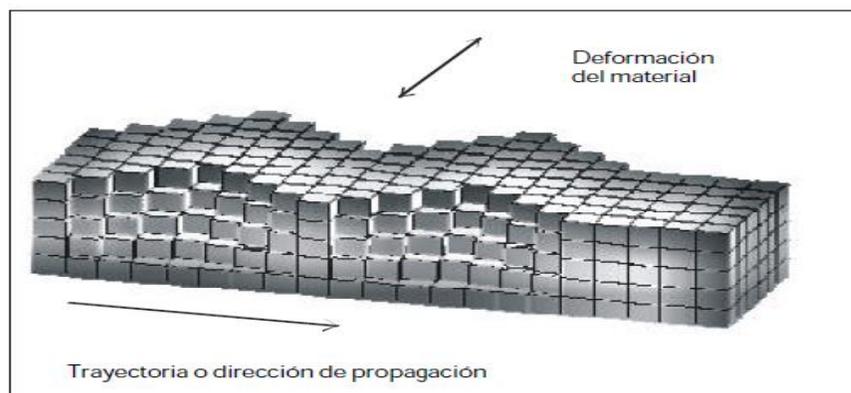


Figura 2.4 Características de la propagación de las ondas Love. Su amplitud disminuye con la profundidad. (CENAPRED, 2009)

Ondas Rayleigh (figura 2.5), en honor de Lord Rayleigh, producen movimiento vertical, similar al de las olas marinas.

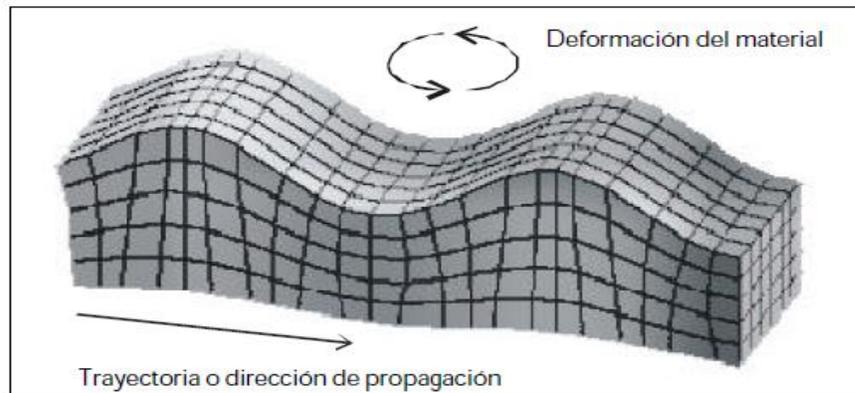


Figura 2.5. Características de la propagación de las ondas Rayleigh. El desplazamiento de un punto en la superficie tiene componentes vertical y horizontal.

Las ondas superficiales viajan más despacio que las internas.

De las ondas superficiales, las Love son un poco más rápidas. Debido al componente vertical del movimiento de las Rayleigh, los cuerpos de agua, por ejemplo lagos, pueden ser afectados. A causa del movimiento lateral del sustrato rocoso de lagos y bahías, las ondas Love (que no se propagan en el agua) pueden afectar la superficie de estos cuerpos de agua.

Dependiendo del tamaño del temblor y de la cercanía al punto de origen, las amplitudes de las ondas varían.

Pueden ser muy pequeñas imperceptibles por el ser humano, detectables sólo con instrumentos altamente sensibles, o bien tan grandes que pueden alterar de manera permanente el terreno, deformando tuberías, vías férreas, etc.

Durante la ocurrencia de un gran temblor se podría observar como se deforma la superficie del terreno ante el paso de las ondas sísmicas.



Las ondas sísmicas de temblores moderados o grandes alcanzan a ser detectadas con claridad en observatorios de todo el mundo ya que se propagan a través del interior de la tierra y en la superficie de ésta, hasta por varias horas.

2.1.4. Tipos de sismos

Por su origen, los sismos se pueden clasificar como naturales y artificiales. En general, los de origen natural liberan mayor cantidad de energía; por tanto, sus efectos en la superficie son mayores (CENAPRED, 2008).

Cabe aclarar que los términos sismo, terremoto y temblor son sinónimos.

2.1.4.1. Sismos naturales

Sismos tectónicos

Se generan por interacción de placas tectónicas. De estos sismos se han definido dos clases: los interplaca, ocasionados por fricción en las zonas de contacto entre las placas, ya descrita, y los intraplaca, que se generan en la parte interna de las placas, aún en zonas donde se ha llegado a suponer un nivel nulo de sismicidad. Estos terremotos, consecuencia de deformaciones continentales, menos frecuentes que los interplaca, pueden tener profundidades similares a éstos (15-30 km) o mayores, por ejemplo, 60 ó 70 km (CENAPRED, 2008).

Un tipo particular de sismos intraplaca son los llamados locales, que son producto de deformaciones del material terrestre, debido a concentración de fuerzas en una región limitada.

Sismos volcánicos

Éstos son simultáneos a erupciones volcánicas; principalmente los ocasiona el fracturamiento de rocas debido a movimiento del magma. Aunque puede haber decenas de ellos en un día, no llegan a ser tan grandes como los anteriores (CENAPRED, 2008).



Sismos de colapso

Se generan por derrumbamiento del techo de cavernas y minas. Generalmente ocurren cerca de la superficie y se sienten en un área reducida (CENAPRED, 2008).

2.1.4.2. Sismos artificiales

Son los producidos por el hombre por medio de explosiones comunes y nucleares, con fines de exploración, investigación, y explotación de bancos de material para la industria (por ejemplo, extracción de minerales). Ocasionalmente las explosiones nucleares son suficientemente grandes de modo que las detectan instrumentos en diversas partes del planeta, pero se sienten sólo en sitios cercanos al lugar de pruebas. La ocurrencia de sismos de gran magnitud y la actividad volcánica no están ligadas con las explosiones nucleares (CENAPRED, 2008).

2.1.5. Sismicidad en el Mundo

A finales del siglo XIX y a principios del XX, en varios países, incluido México, se establecieron estaciones sismológicas.

Mediante sismógrafos de diversos tipos se inició el registro instrumental de las ondas sísmicas generadas por terremotos, tanto de origen local como lejano. De manera relativamente precisa, esto permitió determinar la ubicación y la profundidad de los focos sísmicos (CENAPRED, 2009).

Con el transcurso del tiempo se conformó un mapa bien definido de la distribución geográfica de los sismos. Desde el advenimiento de la sismología moderna a los investigadores les sorprendió que, en un mapa, al representar los focos de los terremotos registrados durante un periodo de tiempo dado, siempre éstos se concentraron a lo largo de franjas relativamente angostas, indicando zonas de alta sismicidad.

A su vez, estas franjas limitan o separan grandes regiones oceánicas y continentales de actividad sísmica escasa o nula.

Como se observa en el mapa de sismicidad mundial (figura 2.6), la distribución de los focos sugiere la división de la superficie terrestre en una serie de placas. Esto apoya la teoría de tectónica de placas, ya explicada.

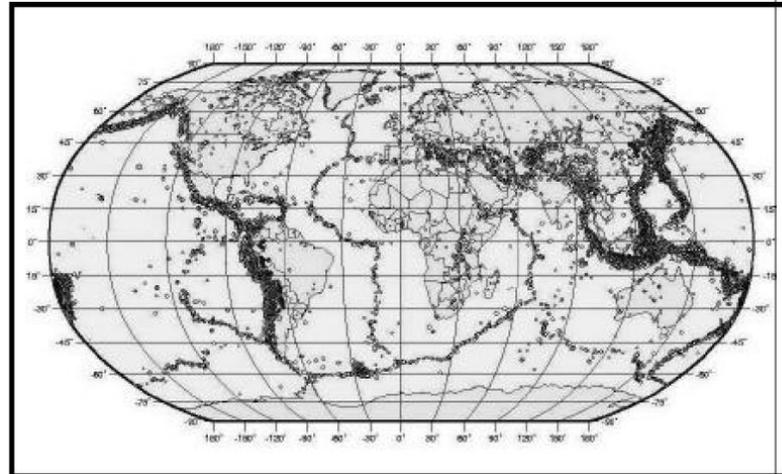


Figura 2.6 Mapa de sismicidad mundial. (CENAPRED, 2009)

Se observa que la franja de sismicidad más importante se encuentra en la periferia del Océano Pacífico. Comprende Patagonia y Chile en América del Sur, Centroamérica, parte occidental de México, Estados Unidos, Canadá y Alaska, atraviesa las Islas Aleutianas, continúa por la Península de Kamtchatka, Japón, Islas Filipinas y termina en Nueva Zelanda, en el sur. Además, esta zona sísmica se caracteriza por una actividad volcánica intensa. Por esto se le conoce como Cinturón de Fuego del Pacífico, o simplemente Cinturón Circunpacífico.

Es claro que, a escala mundial, la sismicidad se concentra en zonas bien delimitadas. En contraste, grandes regiones de la Tierra están libres de actividad sísmica de gran magnitud o en ellas casi nunca ocurren terremotos. Tal es el caso de Brasil, norte y centro de Canadá, Noruega, Suecia, oeste de África y gran parte de Australia.

2.1.6. Sismicidad en México

Nuestro país está integrado a una gran zona generadora de sismos, y que seguramente éstos han ocurrido durante millones de años (figura 2.7).

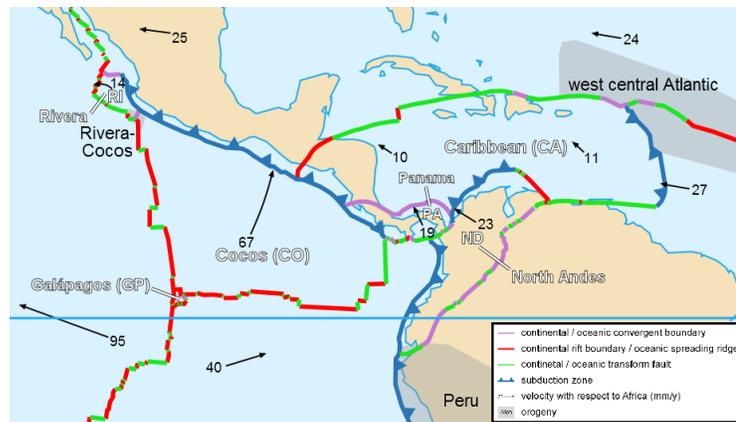


Figura 2.7 Las flechas indican el movimiento relativo de las principales placas tectónicas asociadas al continente americano. (CENAPRED, 2009)

Los epicentros de la mayor parte de los terremotos de gran magnitud (mayores de 7, por ejemplo), que ocasionan grandes daños, se ubican en la costa del Pacífico, a lo largo de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Sin embargo, también han ocurrido grandes sismos en el centro y el sur de Veracruz y Puebla, norte y centro de Oaxaca y Chiapas, Estado de México y la península de Baja California, especialmente en la zona fronteriza con los Estados Unidos.

En los estados de Zacatecas, Durango, Sinaloa y Sonora, la sismicidad es escasa; a fines del siglo XIX, en este último estado ocurrió un sismo de magnitud 7.3. En los estados restantes no se han originado movimientos sísmicos de importancia, aunque algunos (por ejemplo Nayarit, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Tlaxcala y Tabasco) llegan a ser afectados por los grandes sismos que se originan en otras regiones.

2.1.7. Regionalización sísmica

El territorio mexicano está clasificado según el peligro sísmico al que están sujetas las construcciones. Se han delimitado cuatro zonas: A, B, C y D, cuyo peligro es de menor a mayor (figura 2.8). Básicamente se determinaron en función de la sismicidad propia de cada región (CENAPRED, 2008).

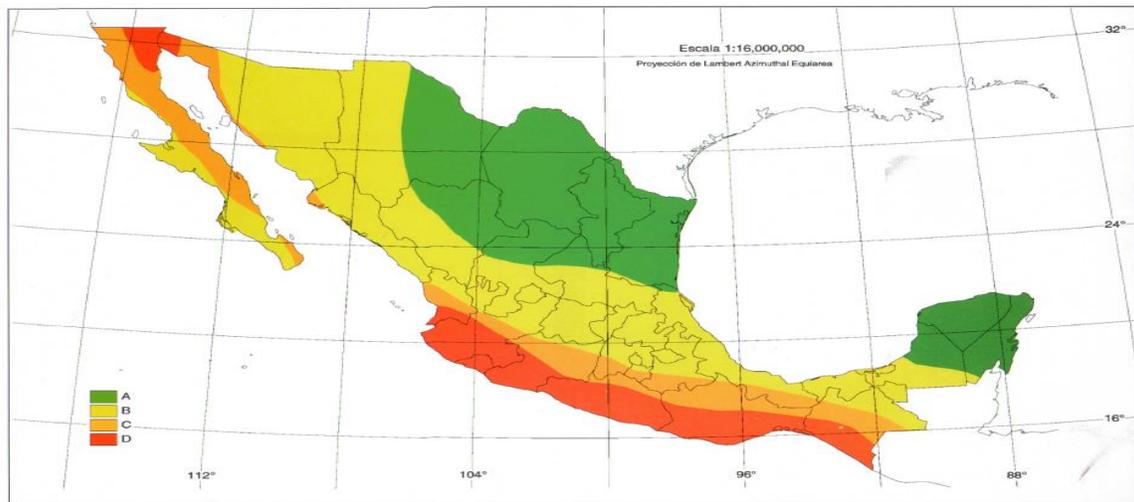


Figura 2.8. Empleando los registros históricos de grandes sismos en México, los catálogos de sismicidad y datos de aceleración del terreno como consecuencia de sismos de gran magnitud, se ha definido la Regionalización Sísmica de México.

La zona A es aquella donde no se tienen registros históricos, no se han reportado sismos grandes en los últimos 80 años y donde las aceleraciones del terreno se esperan menores al 10% del valor de la gravedad (g).

Las zonas B y C, presentan sismicidad con menor frecuencia o bien, están sujetas a aceleraciones del terreno que no rebasan el 70% de g .

En la zona D han ocurrido con frecuencia grandes temblores y las aceleraciones del terreno que se esperan pueden ser superiores al 70% de g .

Fuente: (CENAPRED, 2009)

A esta clasificación se le conoce como regionalización sísmica y tiene como objetivo principal, junto con manuales de obras civiles, proporcionar a los diseñadores y constructores la información necesaria para el cálculo de valores para diseño de obras, de tal manera que resulten suficientemente seguras y su costo no sea excesivo. Se advierte que esta regionalización es aplicable a estructuras construidas en terreno firme; no se toma en cuenta el fenómeno de amplificación del movimiento sísmico por efecto de suelos blandos. Esto puede ser decisivo para el peligro sísmico de algunos lugares, como la ciudad de México.

Utilizando los datos del censo poblacional del año 2000 y la regionalización sísmica, puede tenerse una estimación del volumen de población más expuesto al fenómeno sísmico.

En las zonas C y D (de mayor peligro), que juntas incluyen 1001 municipios de los 2443 que tiene la República Mexicana, se concentraron para entonces poco más de 24 millones de habitantes.

Si a éstos se agregan los 8.6 millones correspondientes al Distrito Federal, área donde la amplificación del movimiento sísmico en terreno blando implica un nivel de peligro alto, se tiene que cerca de 32.6 millones de un total al 97.4 millones de habitantes (aproximadamente el 33%) están expuestos a un nivel de peligro por sismo alto o severo.

2.1.8. Instrumentos de registro

Para conocer las características de los temblores es necesario registrarlos, de manera que posteriormente se les pueda estudiar, con el fin de precisar su magnitud, localización, la duración del movimiento, sus direcciones principales, etc. Para ello se emplean principalmente sismógrafos y acelerógrafos, que registran el movimiento del terreno al paso de las ondas sísmicas. El principio de operación de ambos equipos es el mismo y consiste de una masa suspendida por un resorte y un amortiguador; este permite a la masa permanecer en reposo con respecto al movimiento del terreno. Si se sujeta a la masa suspendida un lápiz que pueda dibujar en un papel pegado sobre un cilindro que gira a velocidad constante, se obtiene así un registro del movimiento del suelo llamado sismograma o acelerograma (figura 2.9). (CENAPRED, 2008)

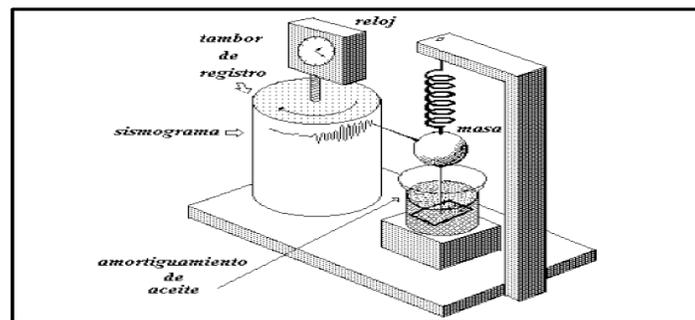


Figura 2.9. Elementos básicos de su sismógrafo (CENAPRED, 2008)

El movimiento del terreno se mide usualmente en tres direcciones: vertical, norte-sur y este-oeste.

Los sismógrafos modernos utilizan este mismo principio de operación, sólo que para su implementación utilizan componentes mecánicos y electrónicos para



obtener una señal eléctrica proporcional al movimiento el suelo (velocidad), la cual puede almacenarse en forma local, convertida a un formato digital y/o ser transmitida por algún medio de comunicación (teléfono, radio, satélite, Internet) hasta un centro de registro y evaluación.

El sismógrafo se caracteriza por su alta sensibilidad; es decir, tiene capacidad de ampliar decenas o centenas de miles de veces la velocidad de movimiento del terreno, ya sea a causa de un sismo cercano muy pequeño o de uno grande lejano.

Sin embargo, cuando a corta distancia ocurre un sismo muy fuerte, el sismógrafo no es capaz de registrarlo íntegramente, pues por su gran sensibilidad produce un sismograma saturado. Para registrar estos movimientos fuertes de gran intensidad, se utiliza otro tipo de instrumentos llamados acelerógrafos.

A diferencia de los sismógrafos, independientemente de la magnitud del sismo, una característica de los acelerógrafos es la de registrar la aceleración del terreno, expresada como fracción de la gravedad terrestre. Este instrumento se utiliza fundamentalmente para registrar la intensidad del movimiento producido por un temblor en un sitio determinado. Así, por ejemplo, son utilizados por los ingenieros para medir el comportamiento de edificios, puentes y otras estructuras excitadas por un sismo.

Existen diversas modalidades de registro: tiras de papel, cintas magnéticas analógicas y digitales, y película. Actualmente la mayoría de registradores sísmicos son de tipo digital, que facilitan el procesamiento de la información en computadoras.



2.2. Análisis de Riesgos

2.2.1. Análisis de probabilidad de riesgos

El análisis de la probabilidad de riesgos es un proceso de estimación basado en la ocurrencia de eventos que pueden causar daños al personal, a las instalaciones y a las comunidades. Matemáticamente el riesgo es función de la frecuencia probabilística, magnitud y costo, en términos de consecuencias económicas, a la salud, e incluso a los ecosistemas (Piccinini, 1998).

El riesgo se define como la probabilidad de que un evento adverso ocurra, y es función al menos de las variables probabilidad y consecuencia, tal y como se muestra en la ecuación 2.1 (Piccinini, 1998):

$$R = f (P, M) \quad (2.1)$$

donde:

- P Probabilidad que se verifique un evento
M Gravedad de las consecuencias.

La evaluación del riesgo consiste en una evaluación técnica y científica de la naturaleza y magnitud del riesgo aplicando criterios objetivos para definir los efectos en la salud debido a la exposición de los individuos o poblaciones a contaminantes y situaciones peligrosas.

Para determinar una evaluación del riesgo usando la ecuación 2.1, es indispensable desarrollar tres actividades distintas de indagación:

- La primera de ellas es de tipo cualitativo (por ejemplo utilizando métodos de lista de verificación (check list o “Hazard and Operability Studies” HAZOP / Análisis de riesgo y operabilidad.) en donde se identifican todos los peligros o amenazas.
- La segunda actividad es usar los mal funcionamientos detectados o las consecuencias indeseables, para estimar mediante arboles lógicos (árbol de eventos o árbol de fallas, por ejemplo) la probabilidad de ocurrencia.
- La última actividad, evalúa para la misma serie de consecuencias su probabilidad (P).



Por lo anterior, se deben aplicar métodos que permitan describir el desarrollo de fenómenos físicos, tanto simples como complejos. De los análisis realizados se obtienen pares de datos [Probabilidad, Consecuencia] que representan la mejor estimación del riesgo asociado a un evento determinado. La relación 2.2 determina, de este modo, la consecuencia esperada del evento (o esperanza matemática):

$$(\text{Probabilidad de ocurrencia}) * (\text{Consecuencia del evento}) = \text{Riesgo del Evento} \quad (2.2)$$

Para una acción que pueda generar diversos resultados, el valor esperado se determina de la suma algebraica de los productos de cada resultado posible por su probabilidad. En un conjunto de n eventos, $\sum_{i=1}^n P_i * C_i$ es el valor medio de la consecuencia o valor medio de la distribución de densidad de la probabilidad de la intensidad del evento.

Dado que para la mayor parte de los casos la probabilidad de que ocurra un evento debe ser estimada dentro de un intervalo de tiempo prefijado, la ecuación 2.3 puede representarse como:

$$R = f(F, M) \quad (2.3)$$

donde:

F Probabilidad que se verifique un evento dentro de un intervalo de tiempo determinado

M Magnitud del evento

Desde el punto de vista dimensional, la variable F se expresa como el inverso del tiempo por lo que los analistas la utilizan como frecuencia (Piccinini, 1998).

En el caso del riesgo tecnológico, los estudios de riesgo de seguridad de una planta deben considerar para cada evento importante no deseado, la cuantificación de la magnitud del evento (magnitud, M) y la estimación de su



probabilidad de ocurrencia (P). De esta manera, el valor calculado de R con la expresión 2.2 es el valor esperado de la pérdida.

Si se tiene en cuenta que la probabilidad de que ocurra un evento está referido a un intervalo de tiempo, la expresión forma de la ecuación 2.4:

$$R = F * M \quad (2.4)$$

donde:

R riesgo tecnológico

F frecuencia

M magnitud

De acuerdo al intervalo de tiempo en el que puede ocurrir el evento, se puede realizar una clasificación como la mostrada en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Probabilidad de ocurrencia de eventos

Clase	Características
1. Improbable	Menos de uno en cada 1,000 años
2.	Uno entre 100 y 1,000 años
3. Poco probable	Uno entre 10 y 100 años
4.	Uno entre 1 y 10 años
5. Muy probable	Más de uno por año

Fuente: (UNEP, 1990)

La magnitud de las consecuencias, es decir las consecuencias de explosiones, difusión de nubes tóxicas o inflamables, e incendios, se expresan en términos del número de muertos, lesionados o evacuados, daños a las instalaciones y al medio ambiente, así como en algunos casos, pronósticos que se hacen a largo plazo sobre efectos predecibles, como daños por radiación, quemaduras o efectos crónicos por intoxicación.

La gravedad de las consecuencias ocasionadas por un accidente se estima en una escala, de 1 a 5, y de acuerdo a los efectos sobre el ser humano (en función del número de decesos y lesionados), al medio ambiente, a la propiedad y a la velocidad con que se propagan estos efectos (Zagal, 1996) (Tablas 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6).

Tabla 2.3 Gravedad o consecuencias para la vida y la salud

Clase	Características
1. Poco importante	Incomodidad temporal
2. Limitado	Pocos lesionados, incomodidades por mucho tiempo
3. Grave	Lesionados e incomodidades graves
4. Muy grave	5-20 decesos, 20-100 heridos graves y hasta 500 personas evacuadas
5. Catastrófico	Más de 20 decesos, cientos de heridos graves y más de 500 personas evacuadas

Fuente: (Zagal, 1996)

Tabla 2.4 Gravedad o consecuencias para el medio ambiente

Clase	Características
1. Poco importante	Efectos localizados, sin contaminación
2. Limitado	Efectos localizados, con contaminación simple
3. Grave	Los efectos se propagan con contaminación simple
4. Muy grave	Efectos localizados con contaminación intensa
5. Catastrófico	Los efectos se propagan con contaminación muy intensa

Fuente: (Zagal, 1996)

Tabla 2.5 Gravedad o consecuencias para la propiedad

Clase	Características
1. Poco importante	Menos de 0.5
2. Limitado	Mayor a 0.5 y menor o igual a 1.0
3. Grave	Mayor a 1.0 y menor o igual a 5.0
4. Muy grave	Mayor a 5.0 y menor o igual a 20
5. Catastrófico	Más de 20

Fuente: (Zagal, 1996)



Tabla 2.6 Velocidad de propagación

Clase	Características
1. Se manifiesta clara y rápidamente (daños visibles en forma inmediata)	Efectos localizados y sin daños
2.	
3. Medianamente	Con alguna propagación y pequeños daños
4.	
5. No hay señales	Efectos con propagación rápida y efectos inmediatos (explosión)

Fuente: (Zagal, 1996)

Para casos de riesgo a la salud, se puede usar la siguiente expresión (Li Muller y Marsh, 1994):

$$\text{Riesgo} = \text{Severidad del evento (peligro)} * \text{Exposición}$$

La evaluación del riesgo a la salud humana implica conocer la probabilidad de las consecuencias adversas a la población humana debido a las perturbaciones en el ambiente. Generalmente se utilizan herramientas científicas, estadísticas y la modelación para analizar información relativa al riesgo. Los métodos utilizados en su evaluación tienen que ser biológicamente significativos (Li Muller y Marsh, 1994).

Los cuatro elementos principales que deben considerarse en la evaluación del riesgo a la salud son (Li Muller y Marsh, 1994):

- Identificación del peligro,
- Evaluación de la toxicidad,
- Evaluación de la exposición, y
- Caracterización del riesgo.

Dependiendo de la sustancia química involucrada, la evaluación del riesgo específico de un sitio o evento consiste en determinar la probabilidad de consecuencias adversas a la salud causadas por la presencia de ésta. Toma en consideración que varios contaminantes podrían estar presentes simultáneamente



en el aire, suelo y/o en productos de consumo como alimentos, que alcanzan a los receptores a través de múltiples rutas de exposición (Li Muller y Marsh, 1994).

El primer paso en la caracterización del riesgo es determinar qué poblaciones receptoras están presentes en o cerca del sitio así como medir el riesgo asociado con la presencia de sustancias químicas en los receptores identificados. El riesgo se estima mediante la

- Evaluación de la toxicidad,
- Evaluación de la exposición, y
- Caracterización del riesgo.

La evaluación del riesgo por el manejo de materiales químicos considera la concentración y las características fisicoquímicas del contaminante en cada medio, las características ambientales y la presencia de receptores o blancos que puedan ser afectados.

Cada planta, por simple que sea, presenta diversos eventos potencialmente peligrosos, cada uno de ellos caracterizado por una magnitud (m_i) y una frecuencia estimada (f_i). Por lo tanto, el riesgo de la planta será la suma de los riesgos de todos los ev

$$R = \sum_{i=1}^n r_i = \sum_{i=1}^n m_i * f_i = \left[\frac{\sum_{i=1}^n m_i * f_i}{\sum_{i=1}^n f_i} \right] = M * F \quad 2.5$$

donde:

R riesgo total de la planta

r_i riesgo del evento i -ésimo

m_i magnitud del evento i -ésimo

f_i frecuencia del evento i -ésimo

F frecuencia total

M magnitud total



En el caso de contar con muchos eventos dentro del mismo campo de magnitud y frecuencia, se puede determinar una función matemática del tipo $F = F(M)$ y con esta, calcular la frecuencia acumulada de los eventos con una magnitud menor, igual o mayor que M . La ecuación 2.5 relativa a los eventos con magnitudes m_i , es la que se usa comúnmente.

2.2.2. Modelos de análisis de riesgos

El análisis de riesgo en las instalaciones industriales requiere tomar en consideración todas las variables que condicionan la operación de los procesos que en ellas se realizan, por lo que debe plantearse la probabilidad de las posibles variaciones o fallas que pueden ocurrir, y determinar las consecuencias de los eventos generados, lo que permite el desarrollo de un plan de emergencia que contemple la capacidad de respuesta de la instalación. Por esta razón, los objetivos y metodología para preparar un análisis de riesgos deben ser vistos en el contexto de un plan global.

La elaboración de planes de emergencia no es una tarea fácil ya que las causas y las consecuencias que se pueden ocasionar son muy variadas, por lo que es necesario evaluar una a una las diversas etapas de las cuales consta el proceso.

Al presentar los resultados es muy importante recordar que la finalidad de un análisis de riesgos es entregar la información lo más objetiva para tomar decisiones documentadas y justificables (Piccinini, 1998).

Las causas de los accidentes en plantas de proceso muestran que estas pueden clasificarse excluyendo causas naturales (tormentas, heladas, sismos, etc.) y eventos externos (proximidad a instalaciones peligrosas, incendios externos, etc.) en tres grupos (Piccinini, 1998):

1. Falla de componentes.

- a) Diseño inapropiado a presión interna, fuerzas externas, corrosión del medio y temperatura.
- b) Falla de equipos, como bombas, compresores, ventiladores, agitadores, etc.



- c) Falla de los sistemas y/o equipos de control (sensores de presión, temperatura y nivel, reguladores de flujo, controladores de nivel, etc.)
 - d) Falla de los sistemas específicos de seguridad (válvulas, discos de ruptura, sistemas de alivio de presión, sistemas de enfriamiento o calentamiento, etc.).
 - e) Falla de juntas, bridas y conexiones.
2. Desviación de las condiciones normales de operación.
- a) Alteraciones de las condiciones de operación (presión, temperatura, flujo, concentración, etc.), tanto de tipo automático como manual.
 - b) Errores en la adición manual de materiales químicos.
 - c) Errores en los servicios auxiliares, tales como agua de enfriamiento, vapor de calentamiento, aire de presión para instrumentos, falta de agentes inertizantes, entre otros.
 - d) Fallas en los procedimientos de arranque o paro de procesos.
 - e) Formación de productos, subproductos o residuos, que puedan originar reacciones colaterales indeseables.
3. Errores humanos y de organización.
- a) Errores de operación.
 - b) Desconexión manual de sistemas de seguridad debido a la activación automática por falsas alarmas.
 - c) Confusión en la identificación y manejo de sustancias peligrosas.
 - d) Errores en los sistemas de comunicación interna de la planta.
 - e) Incorrecta reparación o mantenimiento de equipos y/o instalaciones.
 - f) Realización de trabajos no autorizados (soldadura de equipos, entrada en espacios confinados, sustitución de válvulas, sensores o sistemas de detección, etc.).

Respecto a los errores humanos y de organización, éstos suelen suceder debido a la falta de conocimiento de los riesgos que implican los procesos, a insuficiente capacitación y adiestramiento del trabajo que se realiza o cansancio mental y/o psíquico del personal.

Para decidir si un riesgo es o no aceptable, se requiere estimar de alguna forma su magnitud, lo que implica un estudio previo. El análisis de riesgos significa desarrollar una estimación cualitativa o cuantitativa del nivel del riesgo potencial



de una actividad, referido tanto a personas, al ambiente y a propiedades, en términos de la magnitud del daño y la probabilidad de que tenga lugar.

Los resultados obtenidos se usan para la toma de decisiones (administración de riesgos), ya sea mediante la jerarquización de las estrategias de reducción de la probabilidad de que ocurra un evento, mediante la comparación con los niveles de riesgos fijados como objetivo en una determinada actividad.

Se ha determinado una serie de factores que influyen en la selección de una técnica apropiada de análisis de riesgos, como son (Montague, 1990),:

1. Objetivo de estudio (se escoge el peor caso)
2. La complejidad del proceso químico
3. La edad de la planta o proceso
4. Los datos requeridos en el estudio
5. Las fuentes disponibles para el estudio
6. El nivel de experiencia (o pericia) requerido en el uso de técnica
7. Consecuencias potenciales de accidentes

Para reducir los riesgos industriales, se hace un diagnóstico de seguridad de la planta o proceso industrial, utilizando una serie de preguntas mediante las que se determina cuáles son esos riesgos, su magnitud, la aceptabilidad de los mismo y la forma en que pueden minimizarse, o incluso eliminarse. La respuesta a cada una de estas preguntas se puede satisfacer a través de la aplicación de un análisis de riesgos.

A nivel internacional se han desarrollado diversas metodologías y modelos para la evaluación y estimación de riesgos. En el área química, los elementos más comúnmente usados son (Cassidy, 1999):

- A) La identificación del uso de sustancias y su vía de entrada (y la importancia de la búsqueda de un peligro o riesgos en un sistema equivalente)



- B) Entre los métodos *clásicos* de evaluación de consecuencias, puede encontrarse a los siguientes:
- a) Métodos comparativos:
 - Listas de verificación de procesos / sistemas
 - Revisión / Auditoria de seguridad
 - Valor de riesgo relativo (por ejemplo, los índices Mond y Dow)
 - Análisis preliminar de peligros
 - b) Métodos fundamentales:
 - Estudios de peligro y operabilidad
 - Análisis:
 - ¿Qué pasa sí...? (What if...?)
 - Falla de modo y efecto
 - Falla de modo, efecto y condiciones críticas
 - Fallas orientado a metas
 - c) Métodos de diagramas lógicos:
 - Análisis
 - Árbol de fallas
 - Árbol de eventos
 - Causa - Consecuencia
 - Confiabilidad humana
- C) En el control: la aplicación y reforzamiento de los estándares técnicos, operativos y legales.
- a) Paquetes de información y descripción
 - b) Sistema de justificaciones descriptivas y analíticas
- D) En la mitigación: la planeación en el sitio de emergencia
- a) Planeación de la atención de la emergencia
 - b) Información para aquellos que pueden ser afectados por los riesgos
 - c) Control sobre usos incompatibles de suelo
 - d) Control en sitio de las fuentes de riesgo

2.2.2.1. Listas de verificación (Check list)

Una de las herramientas más comunes en la identificación de riesgos son las listas de verificación. Éstas se utilizan para comprobar el cumplimiento de las revisiones para detectar los puntos críticos en donde se pueden presentar fallas o peligros, dentro de empresas pequeñas que emplean tecnología muy conocida. En



empresas de mediano tamaño se puede utilizar para revisar el manejo de sistemas, en general, y de todas las etapas por las cuales pasa un proyecto. Obviamente para cada etapa del proyecto deben utilizarse listas de verificación particulares en donde se evalúen las propiedades básicas de los materiales, diseño detallado del proceso, operación y auditoría, entre otros elementos (PUMA, 1995).

Una lista de verificación debe ser utilizada para un fin particular y una etapa específica del proceso. La preparación de la lista debe llevarla a cabo un ingeniero experto y familiarizado con el funcionamiento de la planta del proceso y conocedor de los procedimientos con la finalidad de que se evalúen los puntos de seguridad de importancia crítica (PUMA, 1995).

Entre los elementos a evaluar por una lista de verificación, aplicable a una planta de gas LP, se encuentran los siguientes (ITSEMAP, 1995):

Inflamabilidad

- ❖ Temperatura de autoignición
- ❖ Temperatura de inflamación
- ❖ Agentes extintores
- ❖ Relación de concentración mezcla /combustible

Explosividad

- ❖ Límite inferior de explosividad (LIE)
- ❖ Límite superior de explosividad (LSE)

Toxicidad

- ❖ Valor Umbral Límite (TLV) (Threshold limit value).
- ❖ Concentración máxima permisible (MAC) (Maximum allowable concentration)
- ❖ Límite de Exposición a corto plazo (STEL) (Short term exposure limit).
- ❖ Equipo de protección personal



Corrosión / Compatibilidad

- ❖ Sustancias fuertemente ácidas / básicas
- ❖ Compatibilidad de materiales de contención
- ❖ Equipos de protección personal necesarios

Residuos

- ❖ Posibilidad de descarga de gases
- ❖ Descarga de líquidos
- ❖ Disponibilidad de suministro de gas inerte
- ❖ Detección de fugas

Almacenamiento

- ❖ Contención de vertidos
- ❖ Compatibilidad de materiales
- ❖ Estabilidad del almacenamiento

Electricidad estática

- ❖ Tierra física adecuada
- ❖ Conductividad de materiales

Reactividad

- ❖ Temperaturas críticas
- ❖ Efectos de impurezas

Su desventaja principal es que cualquier aspecto no incluido en la lista quedará sin analizar. Lo más conveniente es que las preguntas no sean contestadas sólo con un sí o un no, sino que requieran pensar cuidadosamente en la respuesta.

2.2.2.2. Estudio de Riesgo y Operabilidad (HAZOP)

Un estudio complementario a la técnica de identificación de riesgos es la familia de técnicas conocida como “Estudios de Riesgos y Operabilidad” (Hazard and Operability studies, HAZOP). Este método desarrollado por la compañía ICI,



en la década de los años sesenta, para su aplicación en el diseño de plantas de plaguicidas, con la finalidad de detectar situaciones de inseguridad (Lees, 1991).

Los estudios deben ser llevados a cabo por un equipo multidisciplinario que revise cuidadosamente el proceso para detectar los riesgos potenciales y los problemas operacionales, logrando la identificación de eventos indeseables de alto riesgo a través del análisis de los mecanismos operativos de cada empresa, estimando la extensión, magnitud y probabilidad de los efectos. El nivel de detalle y la composición del equipo de trabajo deben realizarse de acuerdo a las características particulares del proceso y la instalación analizada.

Como información inicial para este estudio se pueden utilizar listas de verificación. Sin embargo, hacer uso de métodos cuantitativos sofisticados presenta la desventaja de que los resultados involucran una incertidumbre considerable.

El concepto básico del estudio HAZOP es realizar una descripción completa del proceso y analizar cada parte de éste para determinar las posibles desviaciones del proceso, las causas que los originan y las distintas consecuencias que pueden presentarse. Esto se realiza de forma sistemática aplicando una guía de palabras clave. Algunas de las más importantes son:

- 1) Intención
- 2) Desviaciones
- 3) Causas
- 4) Consecuencias
 - a) Riesgos
 - b) Dificultades de operación

2.2.2.3. Índice Dow (Dow Chemical Company's Fire and Explosion Index)

Este indicador intenta cuantificar anticipadamente daños potenciales ocasionados por incendios y explosiones, identificando las causas y a los



generadores, asignando a los riesgos potenciales una valoración económica que permite jerarquizar decisiones.

Fue creado por la compañía Dow Chemical, y su propósito original fue servir como guía para la selección de métodos de protección de incendio.

La cuarta edición publicada sobre el índice Dow contiene una evaluación del daño máximo probable a las propiedades (Maximum Probable Property Damage, (MPPD)), el cual es determinado de los índices de incendio y explosión (I y E). Esta también introduce un índice de toxicidad (IT), que se calcula en forma independiente.

El I y E es un número que indica el manejo de fuego y/o explosión de una unidad particular. Los factores que se utilizan en el cálculo de este índice son (Aguilar, 1999):

- 1) Factor del material.
Representa una medida de la energía potencial de los materiales más peligrosos o la mezcla de los materiales presentes en la unidad en la cantidad suficiente para ser considerados como riesgosos; es decir, es una medida de la intensidad de energía liberada por la sustancia o compuesto. Al factor del material (FM) se le asigna un valor entre 1 a 40 que se determina usando solamente dos propiedades: inflamabilidad y reactividad, ambas caracterizadas por la inestabilidad y la reactividad al agua de la sustancia química; se puede obtener de tablas o mediante cálculo numérico. Este factor se debe determinar para todas las sustancias peligrosas que existan en la planta o proceso industrial sujeto a análisis.
- 2) Riesgos generales de proceso
- 3) Riesgos especiales del proceso

Este sistema separa cada proceso industrial en sectores específicos identificando materiales, actividades y propiedades termodinámicas relevantes, requiriendo un diseño preciso de la unidad industrial analizada, diagramas de flujo,



información económica de costos y beneficios, y formatos sistematizados de reporte, entre otros elementos.

En este método, al igual que en el del índice Mond, se asignan penalizaciones y bonificaciones dependiendo de las características de la planta. Las penalizaciones consideran condiciones de la unidad / planta que pueden contribuir a la aparición de un accidente, como son:

- características de la reacción,
- severidad de los parámetros de operación (presión, temperatura),
- cantidad de producto involucrado, y
- efecto dominó, entre otras.

Las bonificaciones se asignan dependiendo de las características de la unidad que pueden mitigar los posibles accidentes, como son:

- condiciones de seguridad de la unidad,
- sistemas de emergencias, control de emergencias,
- contención de derrames y/o fugas, y
- protección contra incendios, entre otras.

2.2.2.4. Índice Mond

Este método se basa en el cálculo de la peligrosidad de los productos involucrados y en el carácter crítico de los procesos en función de sus antecedentes de operación en instalaciones similares. Permite obtener índices numéricos de riesgo para cada sección de las instalaciones industriales, en función de las características de las sustancias manejadas, de su cantidad, del tipo de proceso, y de las condiciones específicas de operación (Beltrán, 1996).

El material sujeto a análisis se selecciona de acuerdo al de mayor riesgo de la unidad, dependiendo del grado de inflamabilidad o energía potencial explosiva y de la cantidad requerida para ser considerada como peligrosa. Si hay más de un material, se deben hacer cálculos separados basados en cada uno de ellos y considerar el que ocasione consecuencias más severas (Aguilar, 1999).



Los factores a determinar para este estudio son los siguientes (Aguilar, 1999, Lees, 1991):

- ❖ Factor del material (B).
Es una medida del fuego, explosión o energía potencial liberada por el material, a una temperatura de 25°C a presión atmosférica, en estado sólido, líquido o gaseoso.
- ❖ Riesgos especiales de la sustancia (M).
Su propósito es tomar en consideración las propiedades específicas del material o cuando se mezcle con otros materiales como son catalizadores. Los factores de riesgo se asignan en función de las circunstancias del uso del material y no se definen por las propiedades del material aislado.
- ❖ Riesgo general del proceso (P).
Indica los cambios químicos que ocurren en el material así como el sitio en donde éstos suceden.
- ❖ Riesgo especial del proceso (S).
Sirve para determinar las condiciones físicas a las cuáles se encuentra sujeto el material. En este apartado se debe indicar la temperatura a la cual se desarrolla el proceso (en grados Kelvin).
- ❖ Riesgo de inventario (Q).
Indica el riesgo originado por la cantidad de material presente, incluyendo aquel que se encuentra en tuberías, tanques y recipientes de proceso.
- ❖ Riesgos por tipo de construcción y disposición (L) de los equipos e instalaciones.
En este rubro se incluye la altura (H) a la cual se encuentran los equipos, y la superficie de trabajo (N) ocupada por estos.
- ❖ Riesgo de toxicidad (T).

2.2.2.5. *Árbol de fallas*

Es una técnica deductiva enfocada hacia un evento o accidente en particular. Su desarrollo se lleva a cabo mediante un modelo gráfico que considera las distintas combinaciones de fallas en los equipos o procedimientos que pueden ocasionar el accidente (Piccinini, 1998). Permite descomponer a un accidente en las posibles fallas que puedan ocasionarse, además de considerar los errores humanos básicos. Algunos autores (Aguilar, 1999) lo definen como un proceso interactivo, documentado, con un carácter sistemático que se lleva a cabo para



identificar las fallas o errores básicos que ocurren, así como las causas y efectos de ellas determinando las medidas preventivas para reducir así la probabilidad de que un evento suceda.

Entre sus limitaciones más importantes se encuentra que la determinación de las fallas depende de la experiencia del evaluador y del conocimiento de éste sobre el proceso que está sujeto a análisis.

Los objetivos de este método de análisis involucran (Aguilar, 1999, Piccinini, 1998):

- ❖ Identificar las distintas posibles combinaciones de eventos que provocan un solo evento indeseable.
- ❖ Representar las combinaciones identificadas de manera gráfica.
- ❖ Identificar el evento final de interés no deseado, también llamado TOP EVENT.
- ❖ Identificar la confiabilidad, áreas críticas de seguridad y puntos de falla simple para llevar a cabo la revisión, mejoramiento y/o cambios de diseño, así como de la configuración de los sistemas de control.
- ❖ Evaluar la magnitud del potencial de fallas, particularmente las que afectan la seguridad,
- ❖ Identificar y establecer prioridades, de todos los posibles modos de falla y condiciones peligrosas, de forma que puedan formularse e instituirse medidas correctivas eficientes.
- ❖ Determinar la necesidad de duplicidad en el equipo de seguridad, diseño con falla segura, simplificación del diseño, partes y materiales más confiables.

El análisis se lleva a cabo hasta identificar el evento básico o primario. Generalmente, los eventos sujetos a análisis son en muchos casos independientes entre sí, pero al conectarse pueden ocasionar consecuencias de diferentes magnitudes. De los eventos más comunes se conoce su probabilidad, la cuál es necesaria para determinar el riesgo asociado al evento total.

En este tipo de análisis sólo se estudian casos particulares de ocurrencia, por lo que es necesario determinar cuál o cuáles son los eventos de mayor importancia.



2.2.2.6. Análisis “Qué pasa si...? (“What - If”)

La aplicación de ésta técnica no requiere de métodos cuantitativos especiales ni una planeación extensiva; utiliza información específica de un proceso para generar una serie de preguntas que son pertinentes durante el tiempo de vida de una instalación, así como cuando se introducen cambios al proceso o a los procedimientos de operación. Es un método de tipo cualitativo que consiste en definir tendencias, formular preguntas, desarrollar respuestas y evaluarlas, incluyendo la más amplia gama de consecuencias posibles, con el objetivo básico de identificar posibles accidentes; es decir, riesgos, consecuencias y posibles métodos y/o formas de minimizarlos. Para su aplicación se requiere contar con documentación detallada de la planta, los procesos, procedimientos de operación y en ocasiones, de entrevistas directas con el personal (PUMA, 1995, Piccinini, 1998).

Como resultado de éste análisis se obtiene una lista de escenarios de accidentes potenciales, así como las formas de reducir las consecuencias de los mismos, sin establecer una escala cuantitativa de ellos.

El método empezó a utilizarse frecuentemente por grupos de revisión, los cuáles con base en su experiencia, aplicaban la pregunta ¿Qué pasa si...? (What - if...?), en cada etapa del proceso, determinando el efecto de las fallas de los equipos o errores de operación. Puede aplicarse para examinar posibles desviaciones en el diseño, construcción, operación o modificaciones de la planta o de algún proceso (PUMA, 1995).

Se enfatiza la revisión de factores no detectables a través de verificaciones visuales, con el fin de identificar los riesgos potenciales con base en sus conocimientos y experiencias, así como para establecer las medidas de control que se consideren más adecuadas. Éste es un método apropiado, únicamente, si el equipo humano asignado es especializado ya que es una metodología basada en la experiencia donde no se tienen garantías de poder detectar todas las posibles fallas y suele darse el caso de que las medidas de corrección se tomen después de que ha ocurrido un evento indeseable (Montague, 1990).



2.2.3. Manejo del riesgo

El manejo del riesgo es un proceso mediante el cual se desarrollan y establecen las estrategias para controlar, mitigar o manejar el riesgo. En este proceso se comparan los méritos de una alternativa con las de otras y se selecciona la más apropiada para su aplicación. El manejo del riesgo integra los resultados obtenidos a partir de la evaluación del riesgo con información sobre aspectos técnicos, socioeconómicos y políticos, y las acciones de control para tomar una decisión (Li-Muller y Marsh, 1994).

El manejo del riesgo debe considerar la fuente y naturaleza del efecto adverso, las medidas de control usadas para eliminar o reducir el efecto adverso a niveles aceptables, las partes responsables de monitoreo y mantenimiento de las medidas adoptadas y el programa de dichas actividades, los fondos disponibles para llevar a cabo las medidas correctivas y las medidas de contingencia (MOEE, 1995).

2.2.4. Descripción de Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias (SCRI) Modelos

El SCRI-Modelos es un conjunto de herramientas, para simular en computadora; emisiones de contaminantes, fugas y derrames de productos tóxicos y daños por nubes explosivas, para estimar escenarios de afectación de emisiones continuas o instantáneas, bajo diversas condiciones meteorológicas, para estudios de riesgo e impacto ambiental, diseño de plantas e instalaciones industriales y apoyar en la capacitación y entrenamiento de personal, en el manejo de situaciones de emergencia.



Puede efectuar la simulación en computadora de los siguientes modelos atmosféricos:

- Emisiones Continuas Puntuales (Chimeneas) y de Áreas.
- Derrames con evaporación a nivel del suelo (Continuos y finitos)
- Chorro horizontal elevado (Continuos y finitos)
- Chorro vertical elevado o chimenea (Continuos y finitos)
- Emisión instantánea de una fuente de área.(Instantáneos)
- Derrame de líquidos (Continuos, finitos e instantáneos)
- Nubes Explosivas

Con estos modelos se pueden simular escenarios de afectación bajo diferentes condiciones de fugas, derrames o emisiones continuas, en diversos escenarios meteorológicos para efectuar estudios de impacto ambiental, diseño de plantas e instalaciones industriales y apoyar en la capacitación y entrenamiento de personal en el manejo de situaciones de emergencia.

El sistema SCRI-Modelos ofrece mejoras en los algoritmos de cálculo, tales como los utilizados por lo modelos regulatorios (ISC3) de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) incluye modelos para evaluar las consecuencias de emisiones accidentales de emisiones más densas que el aire, con algoritmos del modelo SLAB desarrollados por Lawrence Livermore National Laboratory.

El SCRI se utiliza actualmente por la PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección Ambiental) y por más de 400 empresas y Universidades en México y en el extranjero.

2.2.4.1. Emisiones Puntuales y de Áreas

El modelo de emisiones permite simular hasta 100 fuentes puntuales y/o de áreas simultáneamente (figura 2.10), como por ejemplo chimeneas (gases o partículas), y en emisiones de áreas para estimar concentraciones de productos tóxicos o contaminantes de derrames, emisiones de polvos de escorias, fuentes fugitivas múltiples, tratamientos de terrenos, desperdicios sólidos, aplicaciones de herbicidas o pesticidas, etc.

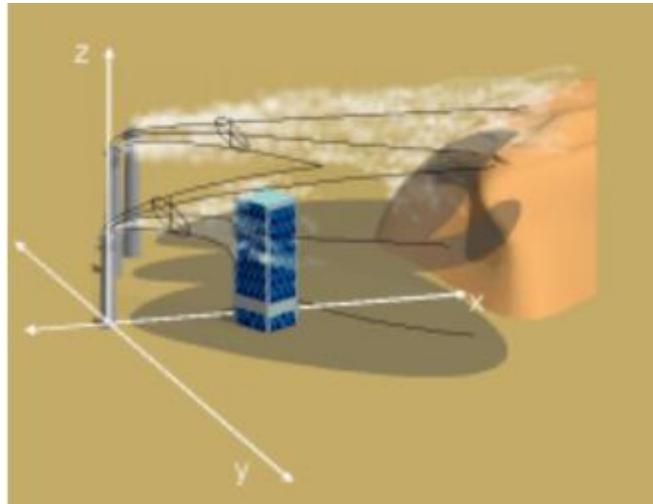


Figura 2.10 Imagen de simulación de emisiones puntuales y de áreas (Dinamica H. 2012)

2.2.4.2. Emisiones Continuas de Tóxicos

El modelo de dispersión de gases o vapores tóxicos (figura 2.11), calcula las áreas de afectación o exclusión para emisiones continuas de gases o vapores de líquidos derramados, en donde las concentraciones pudieran ser peligrosas o letales para el hombre, sobre la base de diferentes escenarios de fugas, condiciones meteorológicas y características del lugar.

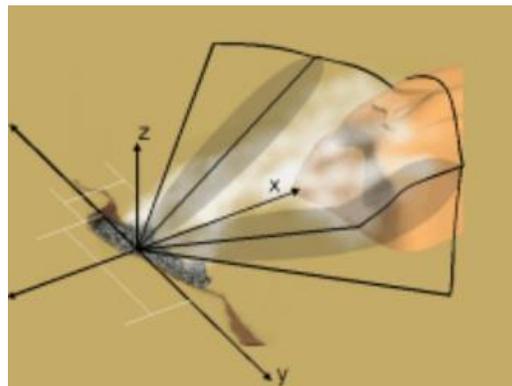


Figura 2.11 Imagen de simulación de emisiones continuas de tóxicos. (Dinamica H. 2012)

2.2.4.3. *Emisiones Instantáneas de Tóxicos (PUFF)*

El modelo de PUFF (figura 2.12) o fugas masivas e instantáneas calcula en función del tiempo, la dimensión de una nube en el plano (x, y), de acuerdo a una concentración máxima definida por el usuario, considerando la masa del producto fugado y las condiciones meteorológicas del lugar del siniestro, para estimar áreas de afectación o exclusión en donde las concentraciones pudieran ser peligrosas o letales.

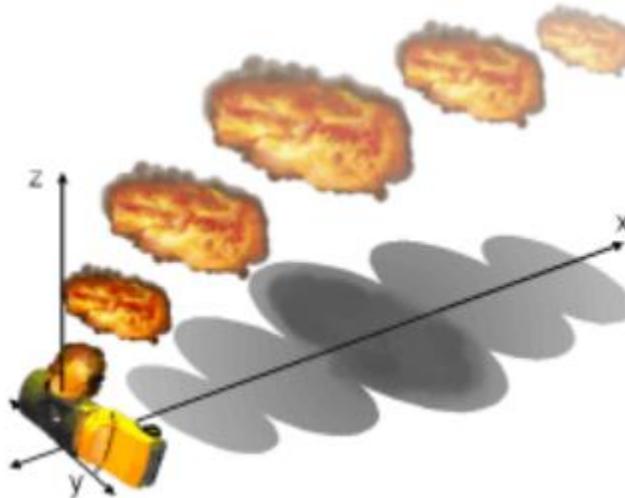


Figura 2.12 Imagen de simulación de emisiones instantáneas de tóxicos. (Dinamica H. 2012)

2.2.4.4. *Nubes Explosivas*

El modelo de nubes explosivas calcula (figura 2.13) los radios de sobrepresión causados por explosivos, o de sustancias gaseosas o líquidas que al vaporizarse forman una nube explosiva. El procedimiento consiste en calcular la masa y el diámetro de la nube explosiva, el peso equivalente de la sustancia en el proceso en Kg de TNT, la energía desprendida y las distancias de las ondas de sobrepresión y los daños esperados en las personas e instalaciones adyacentes.

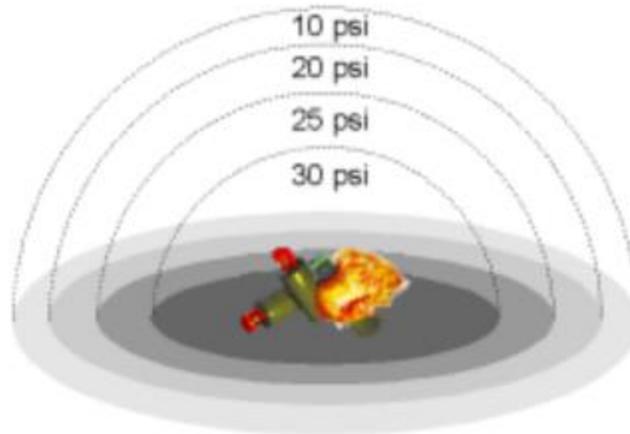


Figura 2.13 Imagen de simulación de nubes explosivas. (Dinamica H. 2012)



3. CASO DE ESTUDIO

El riesgo de un evento químico en cadena a consecuencia de un desastre natural como puede ser un sismo, es altamente probable en México, por ello la importancia de estudiar e identificar algunas de las zonas industriales y riesgos naturales potenciales.

Por tal motivo se ha elegido la zona industrial de Tula de Allende en el Estado de Hidalgo ya que existe un polo industrial de alto impacto en la economía nacional.

La Refinería Miguel Hidalgo se encuentra localizada en el Estado de Hidalgo, en el municipio de Tula de Allende, a 82 km. al norte de la Ciudad de México.

Cerca de esta zona se encuentra la ciudad de Tula de Allende que tuvo su impulso tras la creación de la refinería y de una zona industrial. Esta ciudad ha crecido cada día acercándose a una distancia no segura de la instalación. Debido a que los terrenos son invadidos y la falta de regulación por parte de las autoridades municipales.

En la actualidad el crecimiento por las obras como son la planta de tratamiento de aguas residuales Atotonilco y la nueva refinería bicentenario, traerá un impulso económico y desarrollo social. Esto implicará que la población sea puesta en riesgo debido a la adjudicación de predios en zonas donde las nubes tóxicas, y contaminantes afecten a los pobladores.

3.1. Revisión del Parque Industrial Atitalaquia

El Parque Industrial Atitalaquia está conformado por industrias de diversos giros, por lo cual se hizo una visita a dicho parque para visualizar las empresas que la conforman. En la Figura 3.1 se muestra la Refinería y el parque industrial, ésta figura da una vista satelital de la zona. Por cuestiones de confidencialidad industrial, no se puede hacer un acercamiento detallado a las industrias.



Figura 3.1 Refinería y parque industrial (Google Earth, 2013)

La primera empresa es una constructora (Figura 3.2), se dedica a la construcción de casas. Debido al giro de la misma no cuenta con materiales o residuos que se vean afectados por el sismo de gran magnitud, por lo cual se descarta de este estudio.



Figura 3.2 Constructora de Casas

La compañía Cerillera, se dedica a la fabricación de fósforos o cerilla (Figura 3.3). Las instalaciones de esta industria son bajo techo, por lo cual no tienen contacto directamente con el ambiente. Para la realización de los cerillos, en especial las cabezas se usa clorato de potasio (KClO_3), el cual según el código NFPA es peligroso para la salud, no se inflama, puede explotar en caso de choque o calentamiento y es oxidante (Figura 3.4), éste es el material más peligroso que maneja la industria. Debido al tipo de proceso tienen mucho cuidado con el manejo de este material, si hubiera un sismo de gran magnitud, no se vería afectado, a menos que la industria no tenga cuidado con el manejo de este material. Algo que es básico es que tienen una gran cantidad de Gas Licuado de Petróleo, lo cual hace que sea importante realizar un análisis de riesgo con este tipo de sustancia, ya que los recipientes a presión son susceptibles a golpes o fugas, y como es un material muy inflamable, es posible que forme BLEVE.



Figura 3.3 Cerillera

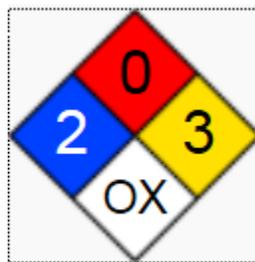


Figura 3.4 Rombo NFPA de KClO_3

La Industria de Inyección Plástica (Figura 3.5), se dedica a la fabricación de artículos para el hogar. No utilizan tecnología, equipos y materiales peligrosos, ya

que sólo se dedican al termoformado de artículos, lo que conlleva a que no produce emisiones o haya la posibilidad de fugas, derrames o explosiones dentro de esta empresa.



Figura 3.5 Industria de Inyección Plástica

Cargill es una empresa enfocada a la agricultura, desde cultivo, fabricación de aceites, grasas comestibles, azúcar, etc. (Figura 3.6). No se considerará esta empresa debido a que sus procesos no podrían poner en riesgo al ambiente y a la población



Figura 3.6 Cargill

SemMaterial México, provee productos asfálticos (Figura 3.7). Como el asfalto es un derivado del petróleo, es poco probable que debido a un sismo éste se vea afectado, por lo cual no será considerado en el estudio



Figura 3.7 SemMaterials México

En esta zona se encuentra una empresa que se dedica a la producción y comercialización de alimentos, esta emplea amoníaco para mantener en refrigeración sus productos. El amoníaco es una sustancia muy peligrosa, por lo cual esta empresa sí se considera en el estudio.

Barcel que es filial de Grupo Bimbo (Figura 3.8), produce frituras, lo cual conlleva a que maneje cantidades de aceite grande, pero en medidas controladas, ya que se busca usar menos materiales para obtener más beneficios económicos. No se considera en el trabajo, ya que se habló con Protección Civil del Estado de Hidalgo, y ellos descartan a este giro como peligroso.



Figura 3.8 Barcel.

La empresa productora de embutidos. También utilizan grandes cantidades de amoníaco para refrigeración. Por lo cual ellos sí son considerados para el análisis.



Empresa productora de agroquímicos. Esta empresa que a su vez no está en la zona industrial de Atitalaquía, es considerada en el estudio ya que para el personal de Protección Civil es de suma importancia que se analice la misma. Esta empresa se encuentra ubicada en Atotonilco de Tula, que está ubicada a 0.67 km al sur de la refinería.

Todas las refinerías están acompañadas de instalaciones de la Comisión Federal de Electricidad. Al consultar con Protección Civil del estado de Hidalgo, aconsejaron que no es posible que sea afectado por un evento sísmico, ya que no utilizan grandes cantidades de combustible y de sustancias peligrosas.

La refinería “Miguel Hidalgo” constituye el mayor punto de atención en este estudio, debido al manejo de sustancias peligrosas, a las instalaciones y la magnitud de ésta. Es de suma importancia ver las interacciones que pudieran tener las industrias antes mencionadas con la refinería. Puede ser el caso de que un accidente de la refinería aunado con las industrias potencialice los efectos sobre la zona, por lo cual se deben tomar las medidas necesarias para mitigar el riesgo.



4. METODOLOGÍA

Una vez identificado el caso de estudio, se procede al **acercamiento con todas aquellas industrias que pueden llegar a poner en peligro a la población, al ambiente y a las propias instalaciones.**

Se debe considerar que aunque las industrias están por analizar en el estudio, puede suceder que por la hermeticidad de las mismas, no proporcionen información para el desarrollo de este trabajo, y se tendría que acudir a fuentes oficiales como es el CENAPRED y Protección Civil del Estado de Hidalgo.

Recabar la información proporcionada por las industrias. El tipo de información brindado por ellas debe estar enfocado a los riesgos que ellos mismos han detectado con otros estudios internos, como es el caso de los estudios “Hazop”, “what if”, “FMEA”, etc. estos ayudan a visualizar los puntos vulnerables en cuanto proceso se refiere, ya que no predicen fallas en cuanto operaciones externas al proceso.

Recopilar datos climatológicos de la zona, esto es por medio del sistema meteorológico, ya que ellos cuentan con datos históricos.

Se debe **tomar cursos sobre el manejo del software**, para ver los requerimientos que solicita el programa, con el fin de alimentar la información idónea al mismo.

Se procede a **utilizar las herramientas de “Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias” (SCRI), en específico los paquetes SCRI Modelos y SCRI Fuego**

El sistema **SCRI-Modelos** es un programa para efectuar la simulación en computadora de los siguientes modelos atmosféricos:

- Emisiones Continuas Puntuales (Chimeneas) y de Áreas
- Derrames con evaporación a nivel del suelo (Continuos y finitos)
- Chorro horizontal elevado (Continuos y finitos)



- Chorro vertical elevado o chimenea (Continuos y finitos)
- Emisión instantánea de una fuente de área.(Instantáneos)
- Derrame de líquidos (Continuos, finitos e instantáneos)
- Nubes Explosivas

Con estos modelos se pueden simular escenarios de afectación bajo diferentes condiciones de fugas, derrames o emisiones continuas, en diversos escenarios meteorológicos para efectuar estudios de impacto ambiental, diseño de plantas e instalaciones industriales y apoyar en la capacitación y entrenamiento de personal en el manejo de situaciones de emergencia.

El sistema SCRI-Modelos ofrece mejoras en los algoritmos de cálculo, tales como los utilizados por lo modelos regulatorios (ISC3) de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) incluye modelos para evaluar las consecuencias de emisiones accidentales de emisiones más densas que el aire, con algoritmos del modelo SLAB desarrollados por Lawrence Livermore National Laboratory.

El sistema **SCRI-FUEGO** es un programa para efectuar la simulación en computadora de las consecuencias de los siguientes eventos de fuego y/o explosión:

- Modelo de fuego por llamarada (“Flash Fire”) de:
 - Emisiones por evaporación de un derrame
 - Emisiones de chorro horizontal
 - Emisiones de chorro vertical
 - Emisiones instantáneas o de corta duración
- Modelo de radiación térmica por bola de fuego por explosión de vapor en expansión de líquido en ebullición (“BLEVE”)
- Modelo de radiación térmica por fuego en derrames (“Pool Fire”)
- Modelo de radiación térmica por chorro de fuego (“Jet Fire”)
- Modelo de equivalencia de TNT para simular:



- Cálculos de sobrepresión de explosivos verdaderos (TNT, pólvora, nitrato de amonio, etc.)
- Cálculos de sobrepresión de explosiones de nubes de vapor (Butano, gas LP, gas natural, hidracina, etc.).

Los modelos se basan en metodologías publicadas en EPA y AICHE y se probaron extensivamente en tablas de resultados del manual de EPA de RMP (“Risk Management Program”), y del TCPA (“Toxic Catastrophe Prevention Act” de EPA- New Jersey). El modelo de fuego en llamarada utiliza el modelo SLAB para dispersión de nubes densas del Lawrence Livermore National Laboratory de EUA.

Una vez que se ha utilizado la simulación del programa SCRI se procede a ver los radios de afectación debido a derrame, fugas, incendios y explosiones. Es conveniente usar mapas de la zona para poder plasmar los radios de afectación, esto se debe a que el software permite la inclusión de los mismos y es conveniente para una mejor visualización de la zona.

Se continúa con un **Análisis de Resultados** en donde se verá si el conjunto de industrias o la refinería tienen más o menos afectación a la zona de estudio.

Se **planteará el escenario más catastrófico**, con el fin de dar mejores medidas de prevención en caso de que esto suceda.

Se **evaluarán las condiciones de operación de las instalaciones industriales**, así como de lugares de especial interés después de un sismo para la atención de contingencias.

En la figura 4.1 se muestra el diagrama de flujo de la metodología planteada.

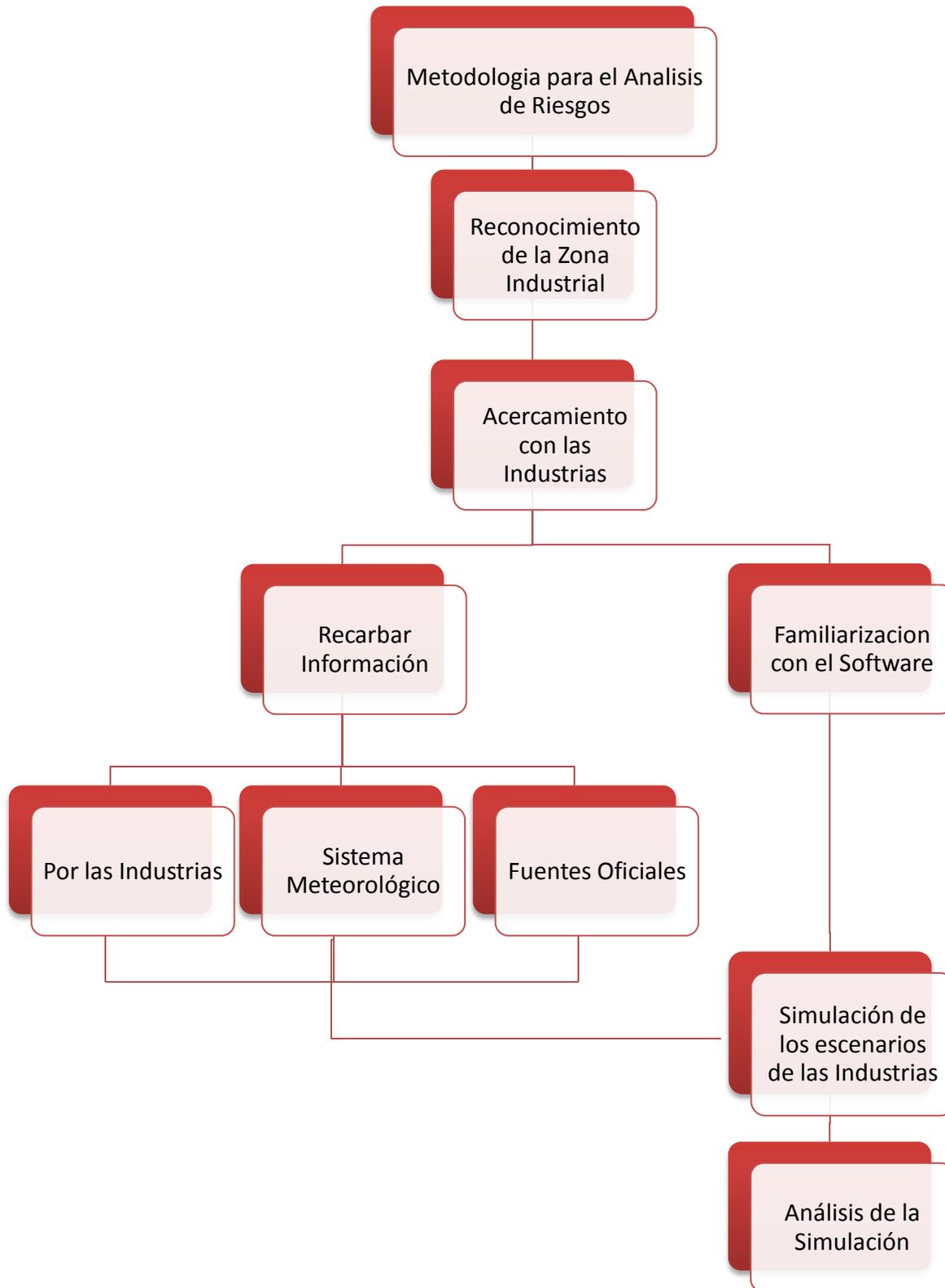


Figura 4.1 Diagrama de Flujo de la Metodología



5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EN EL CASO DE ESTUDIO

5.1 Recolección de Información

En la Tabla 5.1 se muestra los datos climatológicos. En ella se aprecia que sus condiciones no son muy extrema, es decir tiene un clima templado, esto es en comparación con otras zonas como la de Minatitlán Veracruz, que sus condiciones son más extremas, en cuanto a temperatura y humedad.

Tabla 5.1. Datos climatológicos de Tula, Hidalgo

Parámetro	Valor
Temperatura máxima anual (°C)	26.1
Temperatura media anual (°C)	18
Temperatura mínima anual (°C)	9.9
Presión atmosférica (atm)	0.784
Humedad relativa media anual (%)	65.6
Velocidad del viento media anual (m/s)	2.1
Dirección del viento	NNE

Fuente: (SMN, 2005) y (Cabrera, 2008)

5.2. Identificación de las zonas de riesgo

5.2.1. Refinería

La Refinería Miguel Hidalgo está distribuida en 11 sectores (ver figura 5.1). En estos sectores se pueden encontrar procesos como el de Hidrodesulfuración (HDD), Crackeo Catalítico (FCC), Reformadora de Naftas, entre otras.

Una vez que se analizó la información recada de la refinería, se detectaron 13 posibles zonas de accidentes en toda la refinería. Estas posibles zonas se deben a que son los equipos críticos de la refinería. Estos equipos tienen un cuidado especial y son monitoreados continuamente, por eso fueron elegidos, ya que son los más susceptibles a un evento catastrófico

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EN EL CASO DE ESTUDIO

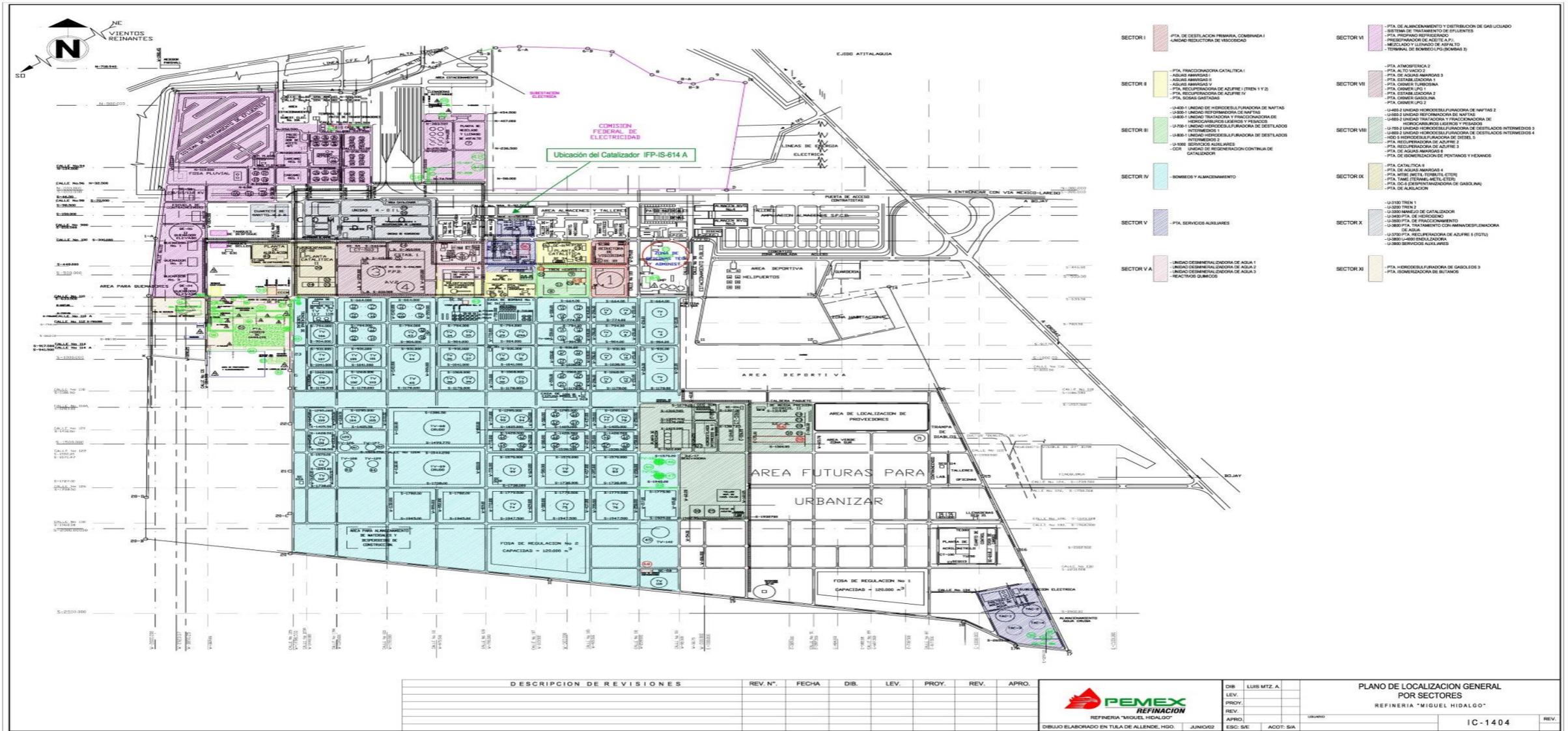


Figura 5.1 Plot Plant General de la Planta.

En la Tabla 5.2 se muestran los equipos críticos, así como en dónde se encuentran ubicados. Por cuestiones de seguridad de información, no se utilizarán los tag's originales en las plantas.

Tabla 5.2. Localización de las zonas vulnerables.

Equipo	Sector	Planta
Compresor 1	1	Planta reductora de Viscosidad
Compresor 2	3	Planta HDD 1
Compresor 3	3	Planta Reformadora de Naftas
Compresor 4	8	Planta HDD 2
Compresor 5	8	Planta Reformadora de Naftas 2
Compresor 6	8	Planta Hidros Destilados Intermedios
Compresor 7	8	Planta Hidros de Diésel
Compresor 8	10	Planta H-OIL
Compresor 9	10	Planta H-OIL
Compresor 10	10	Planta H-OIL
Compresor 11	10	Planta H-OIL
Compresor 12	11	Planta Hidros de gasóleo
Compresor 13	11	Planta Hidros de gasóleo

Como se muestra en la Tabla 5.2 todos los equipos críticos que tiene tipificados la refinería son compresores. El motivo de esto es que trabajan bajo presiones muy altas y estos equipos suelen fallar con mayor facilidad que otros equipos.

En la Tabla 5.3 se muestra las condiciones en la que trabajan los equipos críticos.

Tabla 5.3 Condiciones de operación de los equipos críticos

Equipo	Sustancia que transporta	Temperatura (°C)	Presión (atm)	Flujo de material (kg/s)
Compresor 1	Gasóleo	41	5.32	2.37
Compresor 2	Hidrógeno	51.6	49.80	30.84
Compresor 3	Hidrógeno	121	14.26	0.71
Compresor 4	Hidrógeno	93.6	35.60	7.80
Compresor 5	Hidrógeno	74.5	14.50	36.57
Compresor 6	Hidrógeno	76	59.36	29.90
Compresor 7	Hidrógeno	120	68.50	0.59
Compresor 8	Hidrógeno	71	176.25	75.39
Compresor 9	Hidrógeno	102.7	19.70	29.80
Compresor 10	Hidrógeno	102.7	19.70	29.80
Compresor 11	Hidrógeno	102.7	19.70	29.80
Compresor 12	Hidrógeno	120	152.00	7.10
Compresor 13	Hidrógeno	120	119.00	0.24

Como se aprecia en la tabla anterior, la sustancia que es de gran interés para cuidar su manejo es el hidrógeno, debido a que si esta sustancia llegara a explotar las consecuencias serían graves. Sólo el compresor 1 no transporta hidrogeno.

Se realizarán simulaciones en las cuales los eventos a cuantificar el daño serán explosiones. Los accidentes más comunes con compresores son explosiones (SPUPV, 2013), ya que como se trabaja con sobre presiones, una de las causas de explosión son las mismas. También cabe aclarar que las explosiones con un material como el hidrógeno, son muy peligrosas y pueden poner en riesgo no solo la integridad mecánica del equipo en cuestión, sino también de los equipos que estén a sus alrededores.

Sólo el primer compresor no se hará simulación por explosión. A este equipo se hará una simulación de formación de BLEVE, debido a las propiedades del material.

En la figura 5.2 se muestra la ubicación geográfica de los equipos críticos de la refinería.



Figura 5.2 Zonas de interés (Google Earth, 2013)

5.2.2. Zona Industrial

Con el apoyo de Protección Civil del Estado de Hidalgo, se identificaron cuatro empresas que suponen un riesgo a la población, ya que manejan grandes cantidades de sustancias peligrosas.

5.2.2.1. Cerillera

La empresa que se dedica a la producción de cerillos maneja azufre, dióxido de titanio, fosforo y gas L. P. Debido al almacenamiento, la sustancia que representa mayor peligro es el gas L. P., ya que se tienen registros que este tipo de sustancias son muy susceptibles a accidentes, debido a sus condiciones de almacenamiento.

La empresa almacena 1900 kg de gas L.P., para este estudio se hará simulación de BLEVE, ya que es el incidente más reportado con éste material. Los contenedores donde se almacena están presurizados para el mejor manejo de este material.

5.2.2.2. Embutidos

Otra empresa que supondría un peligro es aquella la que se dedica a la producción de embutidos. Datos dado por el CENAPRED indican que tienen en almacenamiento 7400 kg de amoniaco, esto con el fin de refrigerar sus productos.

El amoniaco es irritantes y corrosivo, de ahí parte su peligrosidad, si se combina con otros compuestos químicos puede generar grandes explosiones. Se tiene reportado que los accidentes más comunes con este material son las fugas de los contenedores, ya que son presurizados. Por lo cual en este trabajo se hará una simulación de fuga de sustancia peligrosa.

5.2.2.3. Productora y comercializadora de alimentos

Al igual que la empresa de embutidos, esta empresa también emplea amoniaco para la refrigeración de sus productos. Manejan 100 kg de dicho material. Se aplicará la misma simulación que la empresa de embutidos.

5.2.2.4. Productora de Agroquímicos

Esta empresa, si bien no está cerca de la refinería, supone un riesgo para la población. Este punto surgió ya que Protección Civil del Estado de Hidalgo esta interesado en ellos. Dicha empresa tiene sustancias como Paraquat, Clorpirifos, etc. Al hacer el acercamiento con la empresa se pudo notar que lo único que realmente está expuesto a un evento sísmico es el xilol, ya que dicha sustancia es su disolvente para poder realizar sus productos.

En la figura 5.3 se muestra el contenedor de xilol el cual nunca está lleno, siempre lo mantienen con 5000 L, que es una quinta parte de su capacidad.



Figura 5.3 Contenedor de xilol

En la figura 5.4 se muestra geográficamente las zonas industriales de interés para este trabajo.

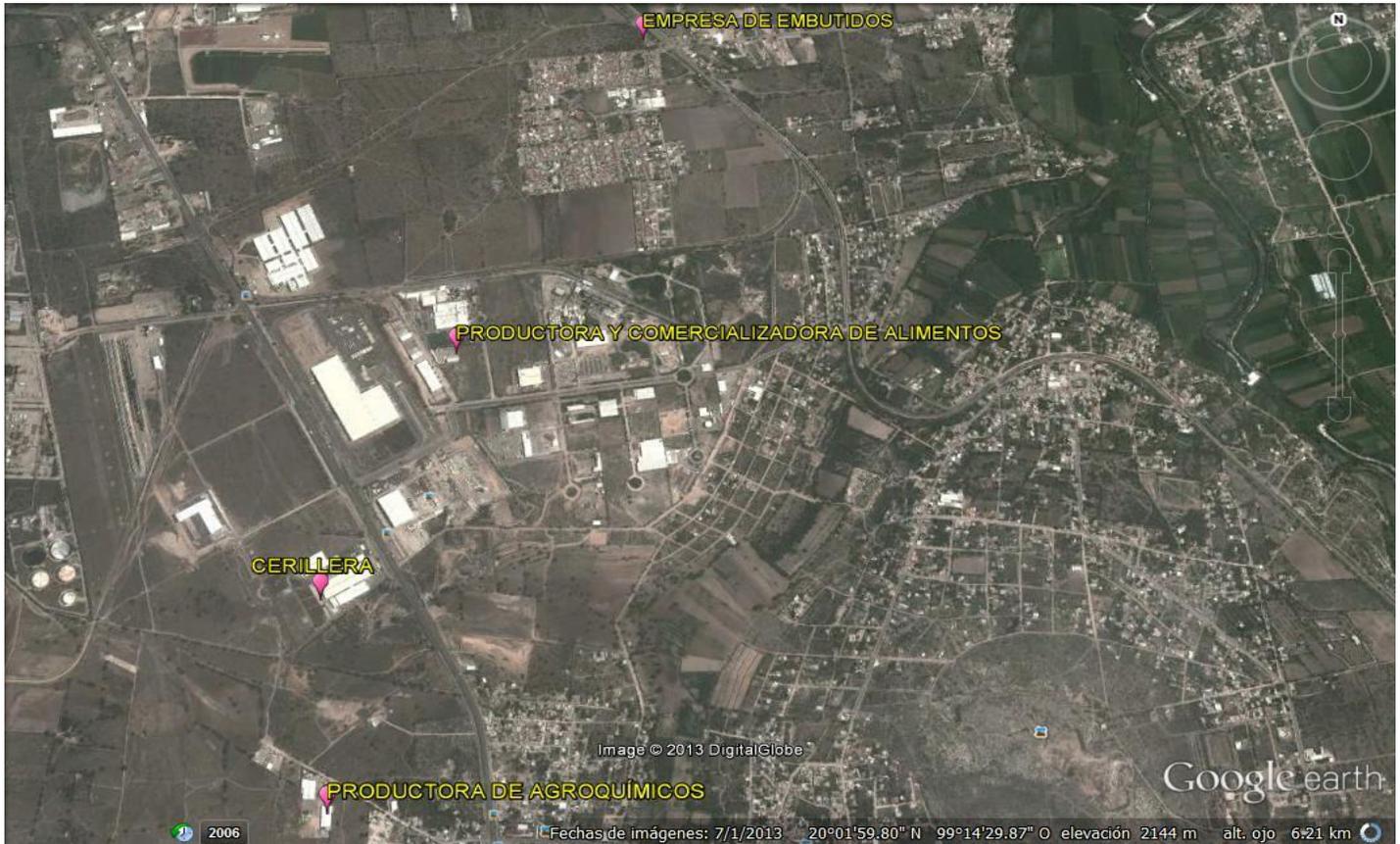


Figura 5.4 Ubicación Geográfica de zonas las industrias de interés.

6. RESULTADOS Y SU EVALUACIÓN

6.1. Refinería

La mayoría de las simulaciones referentes a la refinería, tienen que ver con explosiones, por tal motivo es importante saber cuál es el efecto de una sobre presión provocada por una explosión. En el Anexo A se muestran los efectos que la sobre presiones ocasionan en instalaciones industriales como son las de una refinería. A su vez en el Anexo B se muestra la dosis térmica que pueden tolerar algunos materiales.

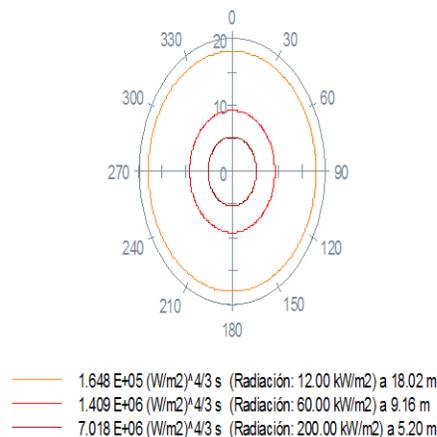
Una vez que se conoce el efectos de la sobre presión que ocasiona una explosión, se procede al análisis de resultados.

En el Anexo C se muestran todos los reportes de las simulaciones.

6.1.1. Compresor 1

En la figura 6.1 se muestra los radios de afectación, debido a una BLEVE.

Compresor perteneciente a Planta Reductora de Viscosidad



Masa de la nube 2.37 kg Diámetro de Bola de Fuego: 7.73 m Tiempo de duración de Bola de Fuego: 0.60 s
Dosis calculadas tomando en cuenta un tiempo de exposición de 0.60 s

Figura 6.1 Radios de afectación del compresor 1

Lo que se puede interpretar de la simulación es que como no es una gran cantidad de material, la BLEVE no tiene mucha afectación. Se aprecia que la bola de fuego es casi instantánea, con una duración de 0.6 s, lo cual no pone el riesgo a al personal, ni a la integridad mecánica de las instalaciones.

En la Figura 6.2 se muestra la afectación sobre la zona geográfica.

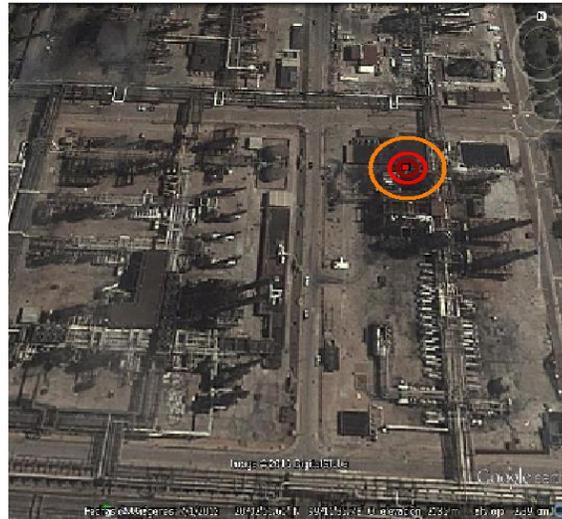


Figura 6.1 Vista geográfica de los radios de afectación del compresor 1

6.1.2. Compresor 2

Se puede apreciar en la figura 6.3 que el efecto de una ruptura de compresor tiene un gran impacto en la explosión.

**Compresor perteneciente a la Planta HDD 1
(F.E.E. = 0.03)**

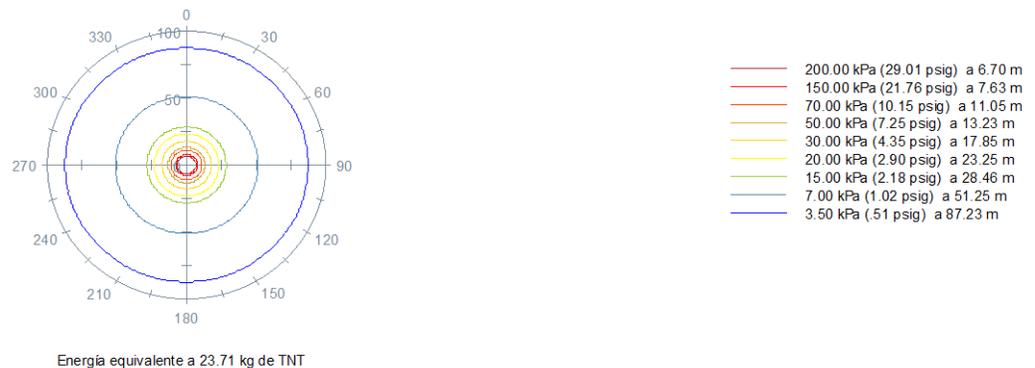


Figura 6.3 Radios de afectación del compresor 2

Consultando con el Plot Plant de la planta y el Anexo B, este accidente ponen altera la integridad mecánica de aquellos equipos que estén a 15 m de su radio de afectación. Este posible incidente si debe ser analizado por parte de la propia refinería para ver qué acciones puede tomar, con el fin de prevenir una posible catástrofe.

En la figura 6.4 se muestran los radios de afectación debido a la ruptura del compresor 2.



Figura 6.4 Vista geográfica de los radios de afectación del compresor 2.

6.1.3. Compresor 3

Debido a que el flujo del compresor 3 no es muy grande como el del compresor 2, los radios de afectación son menores, comparándolo con él. En la figura 6.5 se muestra en dichos radios.

Compresor perteneciente a la planta Reformadora de Naftas (F.E.E. = 0.03)

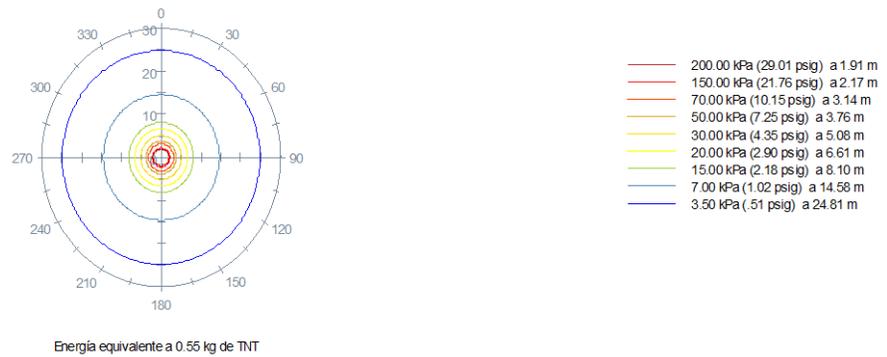


Figura 6.5 Radios de afectación del compresor 3

Este equipo pone en riesgo la integridad mecánica de otros equipos a 4 metros a la redonda. No hay afectación de gran magnitud a los demás equipos, sólo se deben de tomar las medidas necesarias para mitigar los riesgos.

En la figura 6.6 se muestran los radios de afectación, plasmados en la geografía del lugar.



Figura 6.6 Vista geográfica de los radios de afectación del compresor 3

6.1.4. Compresor 4

El compresor 4 muestra un comportamiento similar a los demás (ver figura 6.7). Este compresor tiene un radio de afectación de 7 m, a esta distancia pone en peligro la integridad mecánica de otros equipos. En la figura 6.8 se muestran los radios de afectación, ubicados geográficamente.

Compresor en planta Hidrodesulfuradora de Naftas 2
(F.E.E. = 0.03)

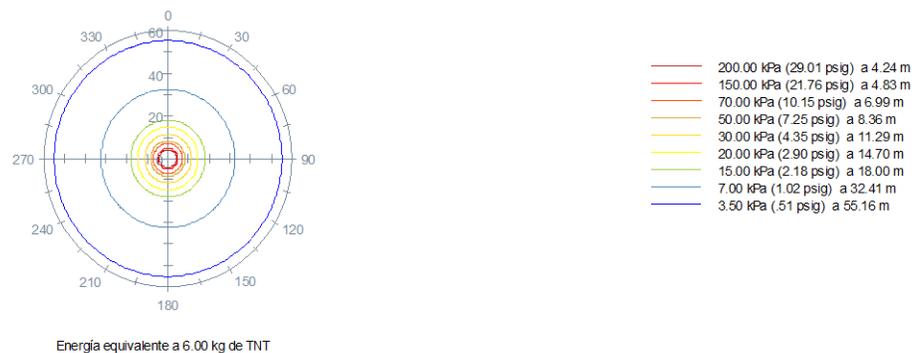


Figura 6.7 Radios de afectación del compresor 4



Figura 6.8 Vista geográfica de los radios de afectación del compresor 4

6.1.5. Compresor 5

Similar a los otros compresores, el compresor 5 tiene un radio afectación de 11.59 m a la redonda, por lo cual los equipos, tuberías y demás instrumentaciones, se ven afectadas por este incidente. Esto se aprecia de mejor manera con la figura 6.9 y 6.10

Compresor perteneciente a Unidad Reformadora de Naftas 2
(F.E.E. = 0.03)



Figura 6.9 Radios de afectación del compresor 5



Figura 6.10 Vista geográfica de los radios de afectación del compresor 5

6.1.6. Compresor 6

En las figuras 6.11 y 6.12, se muestran los radios de afectación debido a la ruptura del compresor 6. Como se puede apreciar tiene el mismo comportamiento que los anteriores compresores. Puede llegar a influir de manera negativa con la integridad mecánica de los equipos que estén a 11 m a la redonda del compresor.

Compresor perteneciente a la planta Hidros destilados intermedios
(F.E.E. = 0.03)



Figura 6.11 Radios de afectación del compresor 6



Figura 6.12 Vista geográfica de los radios de afectación del compresor 6

6.1.7. Compresor 7

Debido al poco flujo de hidrógeno que contiene el compresor 7, los radios de afectación no son muy grandes. Como se muestra en las figuras 6.13 y 6.14, este equipo solo pondría en peligro a todos aquellos que estén a 3 m a su alrededor.

Compresor perteneciente a planta Hidrosulfuradora de Diesell
(F.E.E. = 0.03)



Figura 6.13 Radios de afectación del compresor 7



Figura 6.14 Vista geográfica de los radios de afectación del compresor 7

6.1.8. Compresor 8

Este compresor el No. 8 es uno de los que mayor repercusiones tienen, ya que pueden influir en aquellos equipos que se encuentren a 15 metros a la redonda, esto es de gran consideración, ya que muchos equipos se encuentran en menos de esa distancia. Este es un punto rojo a los equipos analizados, ya que puede hacer que otros equipos tengan fugas, derrames o se incendien. En las figuras 6.15 y 6.16 se muestran los radios de afectación de este compresor.

Compresor de recirculación perteneciente a la H-OIL
(F.E.E. = 0.03)



Figura 6.15 Radios de afectación del compresor 8



Figura 6.16 Vista geográfica de los radios de afectación del compresor 8

6.1.9. Compresor 9, 10 y 11

Estos tres compresores tienen la finalidad de alimentar a la planta H-OIL de hidrógeno. Tienen las mismas condiciones y por lo tanto con que un solo compresor haga explosión, los otros dos lo harán, pero al momento de hacer los radios de afectación, estos no son acumulativos, por lo tanto con que un solo compresor sea modelado describirá los radios de afectación de los demás.

Para fines académicos, se modelaron los tres. En las figuras 6.17 y 6.18 se muestran los radios de cada equipo. Estos equipos pueden influir de manera negativa en todos aquellos que se encuentren a 11 m a la redonda de este equipo.

**Compresor de alimentación A, perteneciente a la plata H-OIL
(F.E.E. = 0.03)**

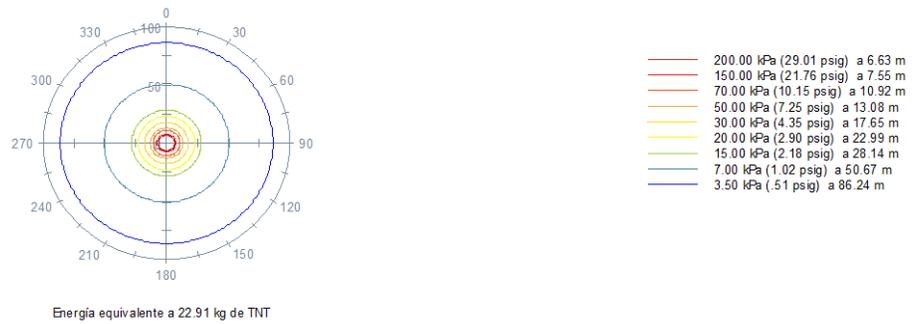


Figura 6.17 Radios de afectación del compresor 9, 10 y 11



Figura 6.18 Vista geográfica de los radios de afectación del compresor 9, 10 y 11

6.1.10. Compresor 12

El compresor 12, debido a su poco flujo de hidrógeno, no produce muchas afectaciones hacia los otros equipos. Afecta a todo aquel equipo que se encuentre a 7 m de él. En la figura 6.19 y 6.20 se muestran sus radios de afectación.

**Compresor en platan HDD de gasoleos
(F.E.E. = 0.03)**



Figura 6.19 Radios de afectación del compresor 12

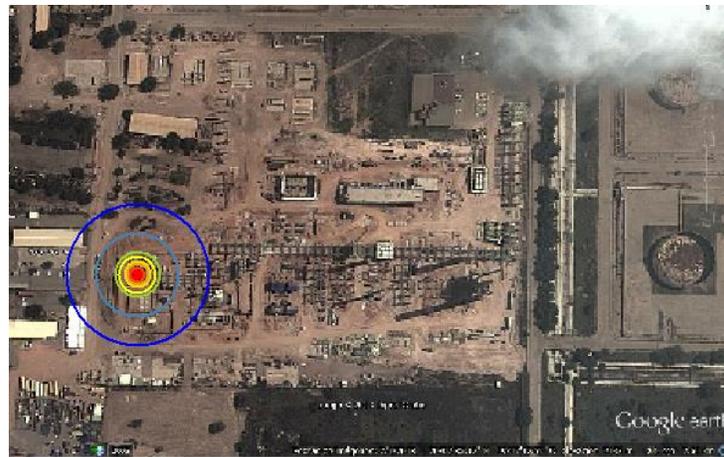


Figura 6.20 Vista geográfica de los radios de afectación del compresor 12

6.1.11. Compresor 13

Por su escaso flujo de hidrógeno, este compresor es el que menos problemas representaría durante un evento catastrófico. Influye en los equipos que estén a 2 m de él. En la figura 6.21 y 6.22 se aprecian los radios de afectación debido a la ruptura de este compresor.

Cabe mencionar que en las instalaciones de PEMEX se hace hasta lo imposible para evitar accidentes, por eso ellos tienen monitoreado estos 13 compresores, que por sus condiciones de operación ponen en peligro la integridad de toda una planta.

Compresor en platan HDD de gasoleos
(F.E.E. = 0.03)



Figura 6.21 Radios de afectación del compresor 13

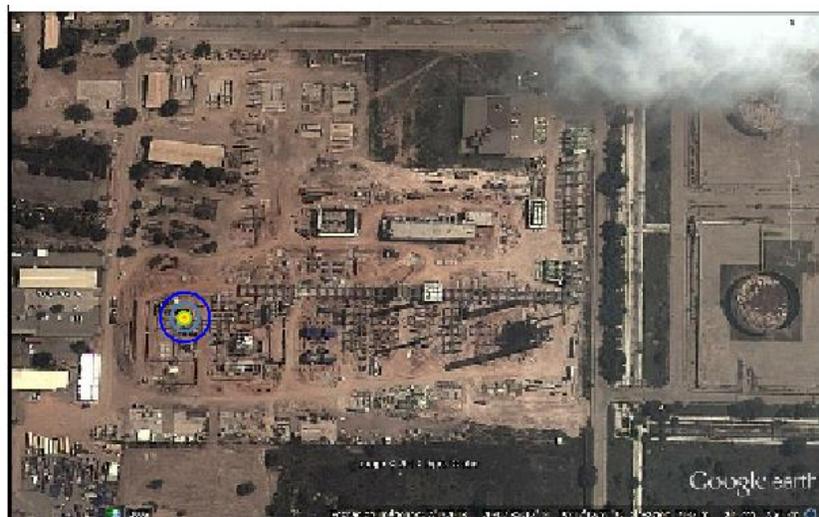


Figura 6.22 Vista geográfica de los radios de afectación del compresor 13

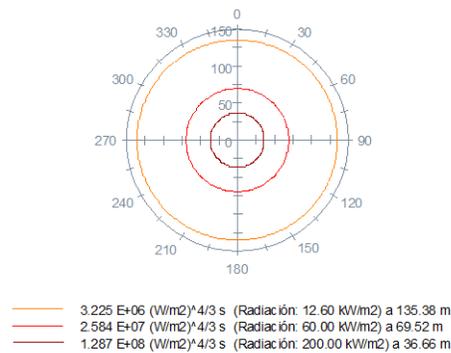
El hecho de que explote un compresor no es el único problema, sino es el detonante para que otros equipos, como torres de destilación, reactores y demás equipos sean generadores de incidentes dentro de la empresa.

Si llegara a haber un sismo de gran magnitud, es posible que alguna salvaguarda no funcione, y por eso es de gran interés estas 13 zonas, ya que son las que ponen en peligro a toda la refinería.

6.2. Industrias aledañas

6.2.1. Cerillera

La sustancia de mayor interés en el Gas L. P. el cual está almacenado en tanque. Los eventos más catastróficos relacionados con esto son las BLEVE, por lo cual se hizo la simulación y se obtuvo lo siguiente. En la figura 6.23 se muestra el radio de afectación producido por la BLEVE.



Masa de la nube 1900.00 kg Diámetro de Bola de Fuego: 71.84 m Tiempo de duración de Bola de Fuego: 5.57 s
 Dosis calculadas tomando en cuenta un tiempo de exposición de 11.00 s

Figura 6.23 Radios de afectación de almacenamiento de gas.

Una persona sufre de quemaduras de 2do grado cuando está expuesto a una dosis de radiación térmica de 12.6 kW/m² en un tiempo de 11 segundos. Lo que muestra la simulación es que si algún trabajador que esté dentro de 135.38 m del radio de afectación y además esté más de 11 segundos, este sufrirá quemaduras de 2do grado. Los otros dos radios de afectación tienen que ver con el material, ya que si el cemento está expuesto a una dosis de 60 kW/m² puede sufrir deformaciones. A 200 kW/m² el acero también sufre alteraciones con esta cantidad de masa que tienen almacenada la bola de fuego duraría 5.57 segundos.

En la figura 6.24 se muestra la dimensión geográfica debido a este incidente.



Figura 6.24 Vista geográfica de los radios de afectación del almacenamiento de Gas L P

6.2.2. Empresa de embutidos

Esta empresa almacena grandes cantidades de amoniaco, el amoniaco es nocivo para la salud. En la figura 6.25 se muestra la dimensión de la afectación debido a la presencia de una fuga de este material



Figura 6.24 Vista geográfica de área afectada por fuga de amoniaco

Si llegara a haber un incidente con esta sustancia, la población se vería afectada por dicho incidente. Aquí es conveniente coordinarse con el personal de

protección civil para hacer un plan de contingencias, ya que la población sí se ve severamente afectada por este hecho.

6.2.3. Productora y comercializadora de alimentos

Al igual que la empresa de embutidos, ellos también emplean amoniaco, pero no en las mismas cantidades. En la figura 6.26 se muestra el área de afectación debido a la fuga de este material. Se aprecia que la zona que se vería afectada sería la propia zona industrial, ya que los vientos dominantes son NNE.



Figura 6.26 Vista geográfica de área afectada por fuga de amoniaco en empresa productora y comercializadora de alimentos

La empresa debería coordinarse con protección civil para hacer posibles rutas de evacuación con su personal.

6.2.4. Productora de Agroquímicos

La sustancia peligrosa que siempre está en continuo uso es el xilol, por lo cual se hizo la simulación partiendo de qué pasaría si hubiera una fuga. En la figura 6.27 se muestra el área de afectación.

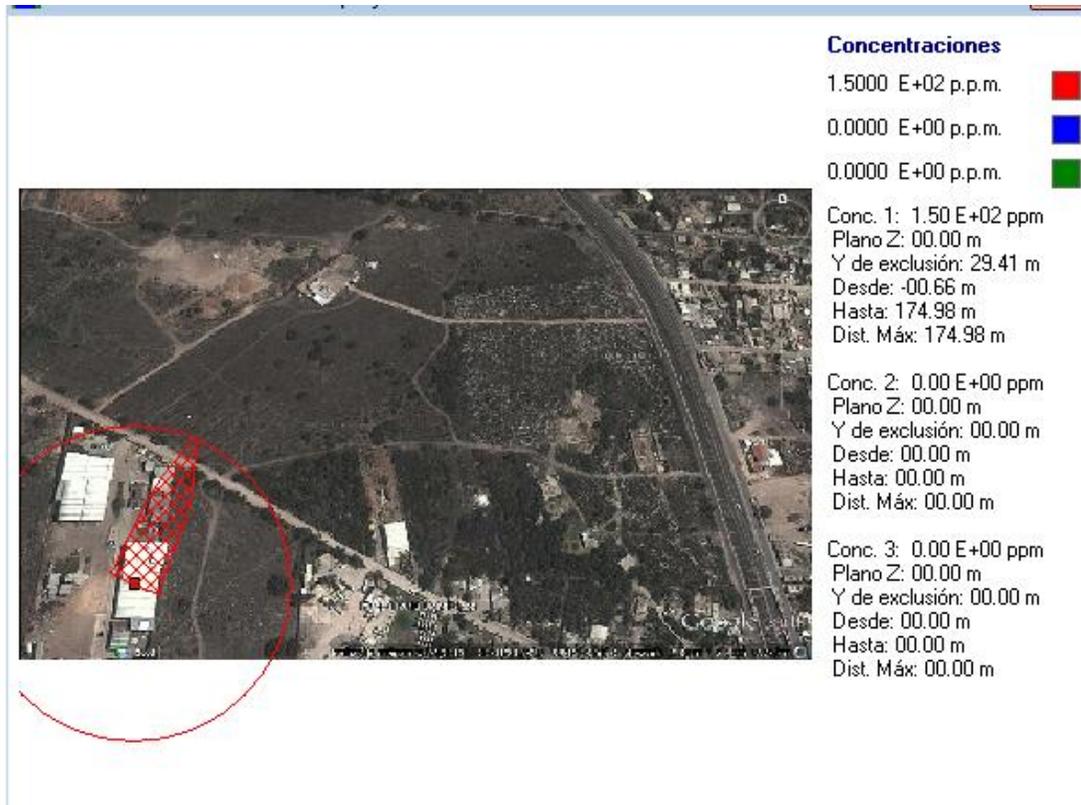


Figura 6.26 Vista geográfica de área afectada por fuga de xilol.

Como se muestra en la figura, la cantidad que puede llegar a fugarse no es muy peligrosa para la población. Los únicos que se ven expuestos son los trabajadores de esa empresa.



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

Cumpliendo con el objetivo general, se llevó a cabo el análisis de riesgo tras un sismo sobre las instalaciones de la refinería de Tula y la zona industrial aledaña (Atitalaquía), utilizando modelaciones a través de los programas de cómputo SCRI FUEGO (versión 1.4) y SCRI MODELOS (versión 4.4), encontrándose radios de afectación debido a explosiones, fugas y derrames, que podrían poner en riesgo a la población, al ambiente y a las instalaciones.

Así mismo se identificaron las posibles zonas de riesgo químico debido a la presencia de instalaciones aledañas, mediante modelaciones por fugas, derrames, explosiones e incendios., hallándose diecisiete zonas de riesgos, de las cuales 13 pertenecen a la refinería de Tula y las otras cuatro a las empresas que están en Atitalaquía

Finalmente se evaluaron las condiciones de operación de las instalaciones industriales, así como de lugares de especial interés después de un sismo para la atención de contingencias, observándose que es muy difícil que una empresa deje de utilizar sus materias primas, pero lo que si pueden hacer es aumentar su seguridad. Esto se puede hacer con una buena capacitación a los empleados, e incrementar las medidas de seguridad de las instalaciones.



7.2. Recomendaciones

Se recomienda que las empresas se coordinen con el personal de protección civil, ya que ellos están facultados para salvaguardar el bienestar de la población y de los trabajadores.

Por otra parte las instituciones como PROFEPA deben de vigilar a esas pequeñas empresas, que a su vez parecen inofensivas, pero que si constituyen un riesgo y pueden ocasionar accidentes muy grandes.

ANEXOS

Anexo A. Efectos provocados por explosiones en refinерías y componentes vulnerables de plantas.

Sobrepresión (psig)	Efectos en Refinerías	Efectos en Plantas (Psi)
0.3	Edificio de mantenimiento: caída de techos de asbesto	Torre de enfriamiento: falla de mamparas
	Torre de enfriamiento de agua: caída de lumbrreras de asbesto corrugado	
0.5	Cuarto de control(construcción de concreto y estructura de fierro):rotura de ventanas	Cuarto de control (techo metálico: rotura de ventanas y medidores
		Cuarto de control (techo de concreto): rotura de ventanas y medidores
		Torre de enfriamiento: falla de mamparas
1.0	Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de fierro):deformación de la estructura	Cuarto de control (techo metálico): conectores dañados por colapso del techo
		Cuarto de control (Techo de concreto):conectores dañados por colapso del techo
		Tanques de almacenamiento (techo cónico): colapso del techo

Sobrepresión (psig)	Efectos en Refinerías	Efectos en Plantas (Psi)
1.5	Cuarto de control(construcción de concreto y estructura de fierro):derrumbe del techo	Cuarto de control (techo metálico): colapso del techo
	Horno de tubos fijos: ligero desplazamiento de su posición original	Cuarto de control (techo de concreto): colapso del techo
	Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques vacíos	Torre de enfriamiento: partes internas dañadas
		Cubículo de instrumentos: Rotura de ventanas y medidores
2.0		Calentador: fractura de ladrillos
		Reactor químico: rotura de ventanas y medidores
		Filtros: falla de paredes de concreto
2.5		Calentador: el equipo se mueve y la tubería se rompe.
3.0	Edificio de mantenimiento: deformación de la estructura	Tanque de almacenamiento (techo cónico): el equipo se levanta (50% de llamado)
		Cubículo de instrumentos: líneas de fuerza dañadas, controles dañados
		Regenerador: el equipo se mueve y las tuberías se rompen
		Tanque de almacenamiento (techo flotante): el equipo se levanta (50% de llenado)

Fuente: (DOT, 1989)

Sobrepresión (psig)	Efectos en Refinerías	Efectos en Plantas (Psi)
3.5	Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de fierro):derrumbe de muros de concreto	Cuarto de control (techo metálico): falla de paredes de concreto
	Torre de enfriamiento de agua: derrumbe de la torre	Cuarto de control (techo de concreto): falla de paredes de concreto
	Tuberías (soportadas por estructuras de acero): deformación de la estructura	Torre de enfriamiento: falla de paredes de concreto
	Tuberías (soportadas por estructuras de concreto): deformación de la estructura	Reactor catalítico: el equipo se mueve y la tubería se rompe
	Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad	Soporte de tuberías: marcos deformados
4.0	Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad	Reactor químico: partes internas dañadas
4.5	Torre fraccionadora (montada sobre pedestal de concreto): aflojamiento de tuercas de anclaje	Filtro: partes internas dañadas
	Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad	Medidor de gas: carcaza y caja deformadas
		Transformador eléctrico: daño por proyección de partículas

Fuente: (DOT, 1989)

Sobrepresión (psig)	Efectos en Refinerías	Efectos en Plantas (Psi)
5.0	Torre de regeneración: deformación de la columna	Calentador: unidad destruida
	Edificio de mantenimiento: derrumbe de muros de tabique, deformación de la estructura	Regenerador: marcos colapsados
	Tuberías: derrumbe de la estructura y rompimiento de líneas	Motor eléctrico: daño por proyección de partículas
	Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad	Ventilador: carcaza y caja dañas
5.5	Torre rectangular (estructura de concreto): fractura de la estructura de concreto	Soportes de la tubería: marcos colapsados tubería rota
	Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad	Columna fraccionadora: marcos rotos
6.0	Unidad de recuperación de vapor (con estructura rectangular de acero): derrumbe de la estructura	Cubículos de Instrumentos: unidad destruida
	Horno de tubos fijos: caída de la chimenea	Recipiente horizontal a presión: marcos deformados, el equipo se mueve y la tubería se rompe
	Edificio de mantenimiento: derrumbe de la estructura	Regulador de gas: el equipo se mueve y la tubería se rompe
	Tubería (soportadas por estructuras de acero): derrumbe de la estructura y rompimiento de la tubería	
	Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad	

Fuente: (DOT, 1989)

Sobrepresión (psig)	Efectos en Refinerías	Efectos en Plantas (Psi)
6.5	Horno de tubos fijos: derrumbe del horno	Tanques de almacenamiento (techo cónico): equipo levantado (90% llenado)
	Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad	Reactor químico: marcos colapsados
		Tanque de almacenamiento (tanque flotante): equipo levantado (90% llenado)
		Columna de extracción: el equipo se mueve y la tubería se rompe
7.0	Torre rectangular (estructura de concreto): derrumbe de la estructura y la torre	Reactor catalítico: partes internas dañadas
	Torre de vacío octagonal (estructura de concreto): fractura de la estructura	Columna fraccionadora: unidad destruida
	Torre fraccionadora (montada sobre pedestal y concreto): caída de la torre	
	Torre de regeneración (estructura de acero): caída de la torre	
	Tanque de almacenamiento esférico: deformación de la estructura en tanques llenos	

Fuente: (DOT, 1989)

Sobrepresión (psig)	Efectos en Refinerías	Efectos en Plantas (Psi)
7.5	Torre de vacío octagonal (estructura de concreto): ruptura de anclaje de la torre y caída de la misma	Regenerador: Unidad destruida
	Tanque de almacenamiento esférico: deformación de la estructura en tanques vacíos	Transformador eléctrico: líneas de fuerza dañadas
		Turbina de vapor: el equipo se mueve y la tubería se rompe
		Cambiador de calor: el quipo se mueve y la tubería se rompe
8.0	Reactor rectangular de cracking catalítico (estructura de concreto): fractura de la estructura	Tanque de almacenamiento (esférico): el equipo se mueve y la tubería se rompe
8.5	Torre de regeneración (estructura de concreto) fractura de la estructura	
9.0	Tanque de almacenamiento esférico: derrumbe de tanques llenos	Reactor químico: unidad destruida
		Motor eléctrico: líneas de fuerza dañadas
		Recipiente horizontal a presión: unidad destruida
		Cambiador de calor: unidad destruida
9.5	Debutanizador (montado sobre pedestal y zapatas): caída de reactor	Filtro: la unidad se mueve de sus cimientos
	Tanque de almacenamiento esférico: derrumbe de tanques vacíos	

Fuente: (DOT, 1989)

Sobrepresión (psig)	Efectos en Refinerías	Efectos en Plantas (Psi)
10.0	Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de fierro) derrumbe de estructura de fierro	Cuarto de control (techo de concreto): unidad destruida
		Transformador eléctrico: unidad destruida
		Ventilador: unidad destruida
		Regulador de gas: controles dañados, carcasa y cajas dañadas
		Columna de extracción: la unidad se mueve de sus cimientos.
12.0	Reactor rectangular de cracking catalítico (estructura de concreto): derrumbe de la estructura y la torre	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
14.0		Turbina de vapor: tubería rota
		Tanque de almacenamiento (esférico): falla de abrazaderas y soportes
		Recipiente vertical a presión: unidad destruida.

Fuente: (DOT, 1989)



Sobrepresión (psig)	Efectos en Refinerías	Efectos en Plantas (Psi)
16.0	Torre de regeneración (estructura de concreto) derrumbe de la estructura y la torre	Tanque de almacenamiento (esférico): unidad destruida
		Bomba: la unidad de mueve de sus cimiento
20.0		Tanque de almacenamiento (techo flotante): colapso del techo
>20.0		Motor eléctrico: la unidad se mueve de sus cimientos
		Turbina de vapor: la unidad se mueve de sus cimientos

Fuente: (DOT, 1989)

Anexo B. Intensidades de radiación tolerable para diferentes materiales

Material	Máxima radiación tolerable, kW/m ²
Cemento	60
Cemento comprimido	40
Acero	200
Ladrillo	400

Fuente: (U. Murcia, 2003)

Anexo C Información sobre las simulaciones

Compresor 1.



SCRI-FUEGO

Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

Modelo de radiación térmica por una explosión de vapor en expansión por líquido en ebullición (BLEVE)

TÍTULO DE LA MODELACIÓN					
Compresor perteneciente a Planta Reductora de Viscosidad					
DESCRIPCIÓN					
BLEVE formada por ruptura de compresor					
T=41°C					
P=5.32atm					
Flujo=2.37kg/s					
DATOS DE LA SUSTANCIA					
Nombre	COMBUSTIBLE DIESEL MARINO (FUEL OIL NO.2)				Sinónimos
No. CAS	68476-30-2				
Nombre CAS					
Nombre IUPAC					
Familia	()				
Subfamilia	()				
Fórmula					
Estructura					
PARÁMETROS DE ENTRADA					
Calor de combustión	39700.00 kJ/kg				
Masa del combustible	2.37 kg				
Fración radiante	0,3				
Tiempo de exposición (t)	0,6 s				
Humedad relativa	66 %				
Temperatura	41.0 °C (314.2 K)				
CARACTERÍSTICAS DE LA BOLA DE FUEGO					
Diámetro de la bola de fuego [Dmax=5.8M^(1/3)]	7.73 m				
Altura al centro de la bola de fuego [H=0.75Dmax]	5.80 m				
Duración de la bola de fuego	0.60 s				
RADIACIÓN CALCULADA A DISTANCIAS ESPECÍFICAS (DISTANCIA DE RADIACIÓN D=(H^2+X^2)^(1/2)-Dmax/2)					
Distancia a nivel de piso del centro de la bola de fuego al receptor (m)	Distancia de la superficie de la bola de fuego al receptor (m)	Transmisividad	Radiación (kW/m2)	Dosis ((W/m2)^4/3 s) t=0.60s	Dosis ((W/m2)^4/3 s) t=0.60s
5.00	3.79	0.83	214.56	7.707 E+06	7.707 E+06
10.00	7.69	0.78	48.88	1.072 E+06	1.072 E+06
15.00	12.22	0.75	18.60	2.957 E+05	2.956 E+05
20.00	16.96	0.72	9.37	1.185 E+05	1.185 E+05
30.00	26.69	0.70	3.63	3.349 E+04	3.349 E+04
40.00	36.55	0.68	1.88	1.394 E+04	1.394 E+04
70.00	66.37	0.64	0.54	2.645 E+03	2.645 E+03
100.00	96.30	0.62	0.25	9.374 E+02	9.374 E+02
150.00	146.25	0.60	0.10	2.926 E+02	2.926 E+02
200.00	196.22	0.58	0.06	1.290 E+02	1.290 E+02
DISTANCIA CALCULADA A NIVELES DE RADIACIÓN ESPECÍFICOS					
Radiación (kW/m2)	Distancia a nivel de piso (m)	Dosis ((W/m2)^4/3 s) t=0.60s	Dosis ((W/m2)^4/3 s) t=0.60s		
12.00	18.02	1.648 E+05	1.648 E+05		
60.00	9.16	1.409 E+06	1.409 E+06		
200.00	5.20	7.018 E+06	7.017 E+06		
DISTANCIA A DOSIS ESPECÍFICAS DE RADIACIÓN CALCULADAS DURANTE EL TIEMPO DE LA BOLA DE FUEGO (t = 0.60 s)					
Dosis (W/m2)^4/3 s	Distancia de la superficie de la bola de fuego al receptor (m)	Distancia a nivel de piso del centro de la bola de fuego al receptor (m)	Radiación (kW/m2)		
1.648 E+05	15.06	18.02	12.00		
1.409 E+06	6.97	9.16	60.00		
7.018 E+06	3.92	5.20	200.01		

Compresor 2.



SCRI-FUEGO

Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

Modelo de sobrepresión provocada por nubes explosivas

TÍTULO DE LA MODELACIÓN					
Compresor perteneciente a la Planta HDD 1					
DESCRIPCIÓN					
Explosión creada a partir de ruptura de compresor F=30.84kg/s T=51.6°C P=49.8atm					
DATOS DE LA SUSTANCIA					
Nombre	HIDRÓGENO (HYDROGEN)			Sinónimos	
No. CAS	1333-74-0			REFRIGERANT 702	
Nombre CAS	HYDROGEN				
Nombre IUPAC	HYDROGEN				
Familia	ELEMENTOS (ELEMENTS)				
Subfamilia	()				
Fórmula	H2				
Estructura	H2				
PARAMETROS DE ENTRADA					
Peso del material en la nube				30.84 kg	
Factor de Eficiencia Explosiva				0.03	
Límite Inferior de Explosividad				4.0 %	
Límite Superior de Explosividad				75.0 %	
Calor de Combustión				119950.00 kJ/kg	
Calor de Combustión del TNT (RMP)				4680.00 kJ/kg	
Masa Equivalente en TNT				23.71 kg	
Distancia mínima de cálculo				0.19	
Distancia máxima de cálculo				114.92	
Distancia total del cálculo				114.72	
PRESION CALCULADA A DISTANCIAS DE INTERÉS					
Distancia (m)	Presión (kPa)	Presión (psi)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
5.00	390.89	56.69	1.31	153.67	2.05
10.00	85.20	12.36	4.58	81.42	3.16
20.00	25.09	3.64	13.38	43.79	4.26
30.00	13.96	2.02	22.85	29.74	4.86
50.00	7.22	1.05	42.41	18.15	5.70
70.00	4.72	0.68	62.54	13.08	6.26
100.00	2.88	0.42	92.74	9.13	6.87
150.00					
200.00					
DISTANCIAS CALCULADAS SEGÚN LAS PRESIONES DE INTERÉS					
Presión (kPa)	Presión (psi)	Distancia (m)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
200.00	29.01	6.70	2.26	116.33	2.17
150.00	21.76	7.63	2.86	103.32	2.48
70.00	10.15	11.05	5.42	74.65	3.35
50.00	7.25	13.23	7.25	63.76	3.66
30.00	4.35	17.85	11.39	48.66	4.10
20.00	2.90	23.25	16.43	37.99	4.47
15.00	2.18	28.46	21.38	31.29	4.77
7.00	1.02	51.25	43.66	17.72	5.74
3.50	0.51	87.23	79.95	10.50	6.63

Compresor 3.



SCRI-FUEGO

Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

Modelo de sobrepresión provocada por nubes explosivas

TITULO DE LA MODELACIÓN					
Compresor perteneciente a la planta Reformadora de Naftas					
DESCRIPCIÓN					
Ruptura de compresor F=0.71kg/s T=121°C P=14.26atm					
DATOS DE LA SUSTANCIA					
Nombre	HIDRÓGENO (HYDROGEN)			Sinónimos	
No. CAS	1333-74-0			REFRIGERANT 702	
Nombre CAS	HYDROGEN				
Nombre IUPAC	HYDROGEN				
Familia	ELEMENTOS (ELEMENTS)				
Subfamilia	{}				
Fórmula	H2				
Estructura	H2				
PARAMETROS DE ENTRADA					
Peso del material en la nube				0.71 kg	
Factor de Eficiencia Explosiva				0.03	
Límite Inferior de Explosividad				4.0 %	
Límite Superior de Explosividad				75.0 %	
Calor de Combustión				119950.00 kJ/kg	
Calor de Combustión del TNT (RMP)				4680.00 kJ/kg	
Masa Equivalente en TNT				0.55 kg	
Distancia mínima de cálculo				0.06	
Distancia máxima de cálculo				32.69	
Distancia total del cálculo				32.64	
PRESION CALCULADA A DISTANCIAS DE INTERÉS					
Distancia (m)	Presión (kPa)	Presión (psi)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
5.00	30.76	4.46	11.14	49.37	4.08
10.00	11.30	1.64	27.82	25.52	5.11
20.00	4.69	0.68	62.85	13.03	6.27
30.00	2.67	0.39	98.18	8.65	6.97
50.00					
70.00					
100.00					
150.00					
200.00					
DISTANCIAS CALCULADAS SEGÚN LAS PRESIONES DE INTERÉS					
Presión (kPa)	Presión (psi)	Distancia (m)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
200.00	29.01	1.91	2.26	116.33	2.17
150.00	21.76	2.17	2.86	103.32	2.48
70.00	10.15	3.14	5.42	74.65	3.35
50.00	7.25	3.76	7.25	63.76	3.66
30.00	4.35	5.08	11.39	48.66	4.10
20.00	2.90	6.61	16.43	37.99	4.47
15.00	2.18	8.10	21.38	31.29	4.77
7.00	1.02	14.58	43.66	17.72	5.74
3.50	0.51	24.81	79.95	10.50	6.63

Compresor 4.



SCRI-FUEGO

Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

Modelo de sobrepresión provocada por nubes explosivas

TÍTULO DE LA MODELACIÓN					
Compresor en planta Hidrodesulfuradora de Naftas 2					
DESCRIPCIÓN					
Ruptura de compresor F=7.80kg/s T=93.6°C P=35.6atm					
DATOS DE LA SUSTANCIA					
Nombre	HIDRÓGENO (HYDROGEN)			Sinónimos	
No. CAS	1333-74-0			REFRIGERANT 702	
Nombre CAS	HYDROGEN				
Nombre IUPAC	HYDROGEN				
Familia	ELEMENTOS (ELEMENTS)				
Subfamilia	()				
Fórmula	H2				
Estructura	H2				
PARAMETROS DE ENTRADA					
Peso del material en la nube				7.80 kg	
Factor de Eficiencia Explosiva				0.03	
Límite Inferior de Explosividad				4.0 %	
Límite Superior de Explosividad				75.0 %	
Calor de Combustión				119950.00 kJ/kg	
Calor de Combustión del TNT (RMP)				4680.00 kJ/kg	
Masa Equivalente en TNT				6.00 kg	
Distancia mínima de cálculo				0.12	
Distancia máxima de cálculo				72.67	
Distancia total del cálculo				72.55	
PRESION CALCULADA A DISTANCIAS DE INTERÉS					
Distancia (m)	Presión (kPa)	Presión (psi)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
5.00	139.04	20.17	3.04	100.13	2.59
10.00	36.63	5.31	9.54	54.36	3.93
20.00	12.99	1.88	24.41	28.26	4.94
30.00	7.71	1.12	39.87	19.10	5.61
50.00	4.01	0.58	71.71	11.59	6.46
70.00	2.49	0.36	103.37	8.23	7.07
100.00					
150.00					
200.00					
DISTANCIAS CALCULADAS SEGÚN LAS PRESIONES DE INTERÉS					
Presión (kPa)	Presión (psi)	Distancia (m)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
200.00	29.01	4.24	2.26	116.33	2.17
150.00	21.76	4.83	2.86	103.32	2.48
70.00	10.15	6.99	5.42	74.65	3.35
50.00	7.25	8.36	7.25	63.76	3.66
30.00	4.35	11.29	11.39	48.66	4.10
20.00	2.90	14.70	16.43	37.99	4.47
15.00	2.18	18.00	21.38	31.29	4.77
7.00	1.02	32.41	43.66	17.72	5.74
3.50	0.51	55.16	79.95	10.50	6.63

Compresor 5.



SCRI-FUEGO

Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

Modelo de sobrepresión provocada por nubes explosivas

TÍTULO DE LA MODELACIÓN					
Compresor perteneciente a Unidad Reformadora de Naftas 2					
DESCRIPCIÓN					
Ruptura de compresor F=36.57kg/s T=74.5°C P=14.5atm					
DATOS DE LA SUSTANCIA					
Nombre	HIDRÓGENO (HYDROGEN)			Sinónimos	
No. CAS	1333-74-0			REFRIGERANT 702	
Nombre CAS	HYDROGEN				
Nombre IUPAC	HYDROGEN				
Familia	ELEMENTOS (ELEMENTS)				
Subfamilia	()				
Fórmula	H2				
Estructura	H2				
PARAMETROS DE ENTRADA					
Peso del material en la nube				36.57 kg	
Factor de Eficiencia Explosiva				0.03	
Límite Inferior de Explosividad				4.0 %	
Límite Superior de Explosividad				75.0 %	
Calor de Combustión				119950.00 kJ/kg	
Calor de Combustión del TNT (RMP)				4680.00 kJ/kg	
Masa Equivalente en TNT				28.12 kg	
Distancia mínima de cálculo				0.20	
Distancia máxima de cálculo				121.64	
Distancia total del cálculo				121.43	
PRESION CALCULADA A DISTANCIAS DE INTERÉS					
Distancia (m)	Presión (kPa)	Presión (psi)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
5.00	445.70	64.64	1.18	162.30	2.09
10.00	95.59	13.86	4.16	85.56	3.04
20.00	27.41	3.98	12.36	46.17	4.18
30.00	15.09	2.19	21.27	31.42	4.77
50.00	7.75	1.12	39.67	19.18	5.60
70.00	5.08	0.74	58.63	13.83	6.17
100.00	3.12	0.45	87.23	9.68	6.77
150.00					
200.00					
DISTANCIAS CALCULADAS SEGÚN LAS PRESIONES DE INTERÉS					
Presión (kPa)	Presión (psi)	Distancia (m)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
200.00	29.01	7.10	2.26	116.33	2.17
150.00	21.76	8.08	2.86	103.32	2.48
70.00	10.15	11.89	5.42	74.65	3.35
50.00	7.25	14.00	7.25	63.76	3.66
30.00	4.35	18.90	11.39	48.66	4.10
20.00	2.90	24.61	16.43	37.99	4.47
15.00	2.18	30.13	21.38	31.29	4.77
7.00	1.02	54.25	43.66	17.72	5.74
3.50	0.51	92.33	79.95	10.50	6.63

Compresor 6.



SCRI-FUEGO

Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

Modelo de sobrepresión provocada por nubes explosivas

TÍTULO DE LA MODELACIÓN					
Compresor perteneciente a la planta Hidros destilados Intermedios					
DESCRIPCIÓN					
Ruptura de compresor F=29.9kg/s P=59.364 T=76°C					
DATOS DE LA SUSTANCIA					
Nombre	HIDRÓGENO (HYDROGEN)			Sinónimos	
No. CAS	1333-74-0			REFRIGERANT 702	
Nombre CAS	HYDROGEN				
Nombre IUPAC	HYDROGEN				
Familia	ELEMENTOS (ELEMENTS)				
Subfamilia	()				
Fórmula	H2				
Estructura	H2				
PARAMETROS DE ENTRADA					
Peso del material en la nube				29.90 kg	
Factor de Eficiencia Explosiva				0.03	
Límite Inferior de Explosividad				4.0 %	
Límite Superior de Explosividad				75.0 %	
Calor de Combustión				119950.00 kJ/kg	
Calor de Combustión del TNT (RMP)				4680.00 kJ/kg	
Masa Equivalente en TNT				22.99 kg	
Distancia mínima de cálculo				0.19	
Distancia máxima de cálculo				113.74	
Distancia total del cálculo				113.55	
PRESION CALCULADA A DISTANCIAS DE INTERÉS					
Distancia (m)	Presión (kPa)	Presión (psi)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
5.00	381.68	55.36	1.33	152.15	2.05
10.00	83.46	12.10	4.66	80.70	3.18
20.00	24.69	3.58	13.57	43.37	4.27
30.00	13.76	2.00	23.15	29.45	4.87
50.00	7.13	1.03	42.93	17.97	5.72
70.00	4.65	0.67	63.27	12.95	6.28
100.00	2.84	0.41	93.78	9.04	6.89
150.00					
200.00					
DISTANCIAS CALCULADAS SEGÚN LAS PRESIONES DE INTERÉS					
Presión (kPa)	Presión (psi)	Distancia (m)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
200.00	29.01	6.63	2.26	116.33	2.17
150.00	21.76	7.56	2.86	103.32	2.48
70.00	10.15	10.94	5.42	74.65	3.35
50.00	7.25	13.09	7.25	63.76	3.66
30.00	4.35	17.67	11.39	48.66	4.10
20.00	2.90	23.01	16.43	37.99	4.47
15.00	2.18	28.17	21.38	31.29	4.77
7.00	1.02	50.73	43.66	17.72	5.74
3.50	0.51	86.33	79.95	10.50	6.63

Compresor 7.



SCRI-FUEGO

Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

Modelo de sobrepresión provocada por nubes explosivas

TÍTULO DE LA MODELACIÓN					
Compresor perteneciente a planta Hidrodesulfuradora de Diesel					
DESCRIPCIÓN					
Ruptura de compresor F=0.59kg/s T=120°C P=68.5atm					
DATOS DE LA SUSTANCIA					
Nombre	HIDRÓGENO (HYDROGEN)			Sinónimos	
No. CAS	1333-74-0			REFRIGERANT 702	
Nombre CAS	HYDROGEN				
Nombre IUPAC	HYDROGEN				
Familia	ELEMENTOS (ELEMENTS)				
Subfamilia	()				
Fórmula	H2				
Estructura	H2				
PARAMETROS DE ENTRADA					
Peso del material en la nube				0.59 kg	
Factor de Eficiencia Explosiva				0.03	
Límite Inferior de Explosividad				4.0 %	
Límite Superior de Explosividad				75.0 %	
Calor de Combustión				119950.00 kJ/kg	
Calor de Combustión del TNT (RMP)				4680.00 kJ/kg	
Masa Equivalente en TNT				0.45 kg	
Distancia mínima de cálculo				0.05	
Distancia máxima de cálculo				30.74	
Distancia total del cálculo				30.68	
PRESION CALCULADA A DISTANCIAS DE INTERÉS					
Distancia (m)	Presión (kPa)	Presión (psi)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
5.00	27.87	4.04	12.17	46.63	4.16
10.00	10.42	1.51	29.99	24.04	5.21
20.00	4.32	0.63	67.38	12.25	6.37
30.00	2.44	0.35	104.83	8.12	7.10
50.00					
70.00					
100.00					
150.00					
200.00					
DISTANCIAS CALCULADAS SEGÚN LAS PRESIONES DE INTERÉS					
Presión (kPa)	Presión (psi)	Distancia (m)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
200.00	29.01	1.79	2.26	116.33	2.17
150.00	21.76	2.04	2.86	103.32	2.48
70.00	10.15	2.95	5.42	74.65	3.35
50.00	7.25	3.54	7.25	63.76	3.66
30.00	4.35	4.77	11.39	48.66	4.10
20.00	2.90	6.22	16.43	37.99	4.47
15.00	2.18	7.61	21.38	31.29	4.77
7.00	1.02	13.71	43.66	17.72	5.74
3.50	0.51	23.33	79.95	10.50	6.63

Compresor 8.



SCRI-FUEGO

Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

Modelo de sobrepresión provocada por nubes explosivas

TÍTULO DE LA MODELACIÓN					
Compresor de recirculación perteneciente a la H-OIL					
DESCRIPCIÓN					
Ruptura de compresor F=75.39kg/s T=71°C P=176.25					
DATOS DE LA SUSTANCIA					
Nombre	HIDRÓGENO (HYDROGEN)			Sinónimos	
No. CAS	1333-74-0			REFRIGERANT 702	
Nombre CAS	HYDROGEN				
Nombre IUPAC	HYDROGEN				
Familia	ELEMENTOS (ELEMENTS)				
Subfamilia	()				
Fórmula	H2				
Estructura	H2				
PARAMETROS DE ENTRADA					
Peso del material en la nube				75.39 kg	
Factor de Eficiencia Explosiva				0.03	
Límite Inferior de Explosividad				4.0 %	
Límite Superior de Explosividad				75.0 %	
Calor de Combustión				119950.00 kJ/kg	
Calor de Combustión del TNT (RMP)				4680.00 kJ/kg	
Masa Equivalente en TNT				57.97 kg	
Distancia mínima de cálculo				0.26	
Distancia máxima de cálculo				154.81	
Distancia total del cálculo				154.55	
PRESION CALCULADA A DISTANCIAS DE INTERÉS					
Distancia (m)	Presión (kPa)	Presión (psi)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
5.00	774.09	112.27	0.75	202.26	2.21
10.00	159.49	23.13	2.72	105.97	2.39
20.00	40.78	5.91	8.67	57.53	3.83
30.00	21.31	3.09	15.51	39.58	4.41
50.00	10.52	1.53	29.73	24.21	5.20
70.00	6.88	1.00	44.37	17.49	5.77
100.00	4.37	0.63	66.82	12.34	6.36
150.00	2.47	0.36	104.02	8.18	7.08
200.00					
DISTANCIAS CALCULADAS SEGÚN LAS PRESIONES DE INTERÉS					
Presión (kPa)	Presión (psi)	Distancia (m)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
200.00	29.01	9.03	2.26	116.33	2.17
150.00	21.76	10.28	2.86	103.32	2.48
70.00	10.15	14.88	5.42	74.65	3.35
50.00	7.25	17.82	7.25	63.76	3.66
30.00	4.35	24.05	11.39	48.66	4.10
20.00	2.90	31.32	16.43	37.99	4.47
15.00	2.18	38.34	21.38	31.29	4.77
7.00	1.02	69.04	43.66	17.72	5.74
3.50	0.51	117.50	79.95	10.50	6.63

Compresor 9.



SCRI-FUEGO

Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

Modelo de sobrepresión provocada por nubes explosivas

TÍTULO DE LA MODELACIÓN					
Compresor de alimentación A, perteneciente a la plata H-OIL					
DESCRIPCIÓN					
Ruptura de compresor F=29.8Kg/s T=102.7°C P=19.7atm					
DATOS DE LA SUSTANCIA					
Nombre	HIDRÓGENO (HYDROGEN)			Sinónimos	
No. CAS	1333-74-0			REFRIGERANT 702	
Nombre CAS	HYDROGEN				
Nombre IUPAC	HYDROGEN				
Familia	ELEMENTOS (ELEMENTS)				
Subfamilia	()				
Fórmula	H2				
Estructura	H2				
PARAMETROS DE ENTRADA					
Peso del material en la nube				29.80 kg	
Factor de Eficiencia Explosiva				0.03	
Límite Inferior de Explosividad				4.0 %	
Límite Superior de Explosividad				75.0 %	
Calor de Combustión				119950.00 kJ/kg	
Calor de Combustión del TNT (RMP)				4680.00 kJ/kg	
Masa Equivalente en TNT				22.91 kg	
Distancia mínima de cálculo				0.19	
Distancia máxima de cálculo				113.61	
Distancia total del cálculo				113.42	
PRESION CALCULADA A DISTANCIAS DE INTERÉS					
Distancia (m)	Presión (kPa)	Presión (psi)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
5.00	380.70	55.22	1.34	151.98	2.05
10.00	83.27	12.08	4.67	80.62	3.18
20.00	24.65	3.57	13.59	43.33	4.27
30.00	13.74	1.99	23.18	29.42	4.87
50.00	7.12	1.03	42.98	17.95	5.72
70.00	4.65	0.67	63.35	12.93	6.28
100.00	2.83	0.41	93.89	9.03	6.89
150.00					
200.00					
DISTANCIAS CALCULADAS SEGÚN LAS PRESIONES DE INTERÉS					
Presión (kPa)	Presión (psi)	Distancia (m)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
200.00	29.01	6.63	2.26	116.33	2.17
150.00	21.76	7.55	2.86	103.32	2.48
70.00	10.15	10.92	5.42	74.65	3.35
50.00	7.25	13.08	7.25	63.76	3.66
30.00	4.35	17.65	11.39	48.66	4.10
20.00	2.90	22.99	16.43	37.99	4.47
15.00	2.18	28.14	21.38	31.29	4.77
7.00	1.02	50.67	43.66	17.72	5.74
3.50	0.51	86.24	79.95	10.50	6.63

Compresor 10.



SCRI-FUEGO

Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

Modelo de sobrepresión provocada por nubes explosivas

TÍTULO DE LA MODELACIÓN					
Compresor de alimentación B, perteneciente a la plata H-OIL					
DESCRIPCIÓN					
Ruptura de compresor F=29.8Kg/s T=102.7°C P=19.7atm					
DATOS DE LA SUSTANCIA					
Nombre	HIDRÓGENO (HYDROGEN)			Sinónimos	
No. CAS	1333-74-0			REFRIGERANT 702	
Nombre CAS	HYDROGEN				
Nombre IUPAC	HYDROGEN				
Familia	ELEMENTOS (ELEMENTS)				
Subfamilia	()				
Fórmula	H2				
Estructura	H2				
PARAMETROS DE ENTRADA					
Peso del material en la nube				29.80 kg	
Factor de Eficiencia Explosiva				0.03	
Límite Inferior de Explosividad				4.0 %	
Límite Superior de Explosividad				75.0 %	
Calor de Combustión				119950.00 kJ/kg	
Calor de Combustión del TNT (RMP)				4680.00 kJ/kg	
Masa Equivalente en TNT				22.91 kg	
Distancia mínima de cálculo				0.19	
Distancia máxima de cálculo				113.61	
Distancia total del cálculo				113.42	
PRESION CALCULADA A DISTANCIAS DE INTERÉS					
Distancia (m)	Presión (kPa)	Presión (psi)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
5.00	380.70	55.22	1.34	151.98	2.05
10.00	83.27	12.08	4.67	80.62	3.18
20.00	24.65	3.57	13.59	43.33	4.27
30.00	13.74	1.99	23.18	29.42	4.87
50.00	7.12	1.03	42.98	17.95	5.72
70.00	4.65	0.67	63.35	12.93	6.28
100.00	2.83	0.41	93.89	9.03	6.89
150.00					
200.00					
DISTANCIAS CALCULADAS SEGÚN LAS PRESIONES DE INTERÉS					
Presión (kPa)	Presión (psi)	Distancia (m)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
200.00	29.01	6.63	2.26	116.33	2.17
150.00	21.76	7.55	2.86	103.32	2.48
70.00	10.15	10.92	5.42	74.65	3.35
50.00	7.25	13.08	7.25	63.76	3.66
30.00	4.35	17.65	11.39	48.66	4.10
20.00	2.90	22.99	16.43	37.99	4.47
15.00	2.18	28.14	21.38	31.29	4.77
7.00	1.02	50.67	43.66	17.72	5.74
3.50	0.51	86.24	79.95	10.50	6.63

Compresor 11.



SCRI-FUEGO

Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

Modelo de sobrepresión provocada por nubes explosivas

TÍTULO DE LA MODELACIÓN					
Compresor de alimentación C, perteneciente a la plata H-OIL					
DESCRIPCIÓN					
Ruptura de compresor F=29.8Kg/s T=102.7°C P=19.7atm					
DATOS DE LA SUSTANCIA					
Nombre	HIDRÓGENO (HYDROGEN)			Sinónimos	
No. CAS	1333-74-0			REFRIGERANT 702	
Nombre CAS	HYDROGEN				
Nombre IUPAC	HYDROGEN				
Familia	ELEMENTOS (ELEMENTS)				
Subfamilia	()				
Fórmula	H2				
Estructura	H2				
PARAMETROS DE ENTRADA					
Peso del material en la nube				29.80 kg	
Factor de Eficiencia Explosiva				0.03	
Límite Inferior de Explosividad				4.0 %	
Límite Superior de Explosividad				75.0 %	
Calor de Combustión				119950.00 kJ/kg	
Calor de Combustión del TNT (RMP)				4680.00 kJ/kg	
Masa Equivalente en TNT				22.91 kg	
Distancia mínima de cálculo				0.19	
Distancia máxima de cálculo				113.61	
Distancia total del cálculo				113.42	
PRESION CALCULADA A DISTANCIAS DE INTERÉS					
Distancia (m)	Presión (kPa)	Presión (psi)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
5.00	380.70	55.22	1.34	151.98	2.05
10.00	83.27	12.08	4.67	80.62	3.18
20.00	24.65	3.57	13.59	43.33	4.27
30.00	13.74	1.99	23.18	29.42	4.87
50.00	7.12	1.03	42.98	17.95	5.72
70.00	4.65	0.67	63.35	12.93	6.28
100.00	2.83	0.41	93.89	9.03	6.89
150.00					
200.00					
DISTANCIAS CALCULADAS SEGÚN LAS PRESIONES DE INTERÉS					
Presión (kPa)	Presión (psi)	Distancia (m)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
200.00	29.01	6.63	2.26	116.33	2.17
150.00	21.76	7.55	2.86	103.32	2.48
70.00	10.15	10.92	5.42	74.65	3.35
50.00	7.25	13.08	7.25	63.76	3.66
30.00	4.35	17.65	11.39	48.66	4.10
20.00	2.90	22.99	16.43	37.99	4.47
15.00	2.18	28.14	21.38	31.29	4.77
7.00	1.02	50.67	43.66	17.72	5.74
3.50	0.51	86.24	79.95	10.50	6.63

Compresor 12.



SCRI-FUEGO

Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

Modelo de sobrepresión provocada por nubes explosivas

TITULO DE LA MODELACIÓN					
Compresor en platan HDD de gasoleos					
DESCRIPCIÓN					
Ruptura de compresor F=7.1kg/s T=120°C P=152atm					
DATOS DE LA SUSTANCIA					
Nombre	HIDRÓGENO (HYDROGEN)			Sinónimos	
No. CAS	1333-74-0			REFRIGERANT 702	
Nombre CAS	HYDROGEN				
Nombre IUPAC	HYDROGEN				
Familia	ELEMENTOS (ELEMENTS)				
Subfamilia	()				
Fórmula	H2				
Estructura	H2				
PARAMETROS DE ENTRADA					
Peso del material en la nube				7.10 kg	
Factor de Eficiencia Explosiva				0.03	
Límite Inferior de Explosividad				4.0 %	
Límite Superior de Explosividad				75.0 %	
Calor de Combustión				119950.00 kJ/kg	
Calor de Combustión del TNT (RMP)				4680.00 kJ/kg	
Masa Equivalente en TNT				5.46 kg	
Distancia mínima de cálculo				0.12	
Distancia máxima de cálculo				70.43	
Distancia total del cálculo				70.31	
PRESION CALCULADA A DISTANCIAS DE INTERÉS					
Distancia (m)	Presión (kPa)	Presión (psi)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
5.00	129.98	18.85	3.22	97.37	2.70
10.00	34.75	5.04	9.99	52.84	3.97
20.00	12.46	1.81	25.38	27.42	4.99
30.00	7.41	1.08	41.36	18.53	5.68
50.00	3.84	0.56	74.25	11.23	6.52
70.00	2.38	0.35	106.86	7.97	7.13
100.00					
150.00					
200.00					
DISTANCIAS CALCULADAS SEGÚN LAS PRESIONES DE INTERÉS					
Presión (kPa)	Presión (psi)	Distancia (m)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
200.00	29.01	4.11	2.26	116.33	2.17
150.00	21.76	4.68	2.86	103.32	2.48
70.00	10.15	6.77	5.42	74.65	3.35
50.00	7.25	8.11	7.25	63.76	3.68
30.00	4.35	10.94	11.39	48.66	4.10
20.00	2.90	14.25	16.43	37.99	4.47
15.00	2.18	17.44	21.38	31.29	4.77
7.00	1.02	31.41	43.66	17.72	5.74
3.50	0.51	53.46	79.95	10.50	6.63

Compresor 13.



SCRI-FUEGO

Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

Modelo de sobrepresión provocada por nubes explosivas

TÍTULO DE LA MODELACIÓN					
Compresor en platan HDD de gasoleos					
DESCRIPCIÓN					
Ruptura de compresor F=0.24kg/s T=120°C P=119atm					
DATOS DE LA SUSTANCIA					
Nombre	HIDRÓGENO (HYDROGEN)			Sinónimos	
No. CAS	1333-74-0			REFRIGERANT 702	
Nombre CAS	HYDROGEN				
Nombre IUPAC	HYDROGEN				
Familia	ELEMENTOS (ELEMENTS)				
Subfamilia	()				
Fórmula	H2				
Estructura	H2				
PARAMETROS DE ENTRADA					
Peso del material en la nube				0.24 kg	
Factor de Eficiencia Explosiva				0.03	
Límite Inferior de Explosividad				4.0 %	
Límite Superior de Explosividad				75.0 %	
Calor de Combustión				119950.00 kJ/kg	
Calor de Combustión del TNT (RMP)				4680.00 kJ/kg	
Masa Equivalente en TNT				0.18 kg	
Distancia mínima de cálculo				0.04	
Distancia máxima de cálculo				22.77	
Distancia total del cálculo				22.73	
PRESION CALCULADA A DISTANCIAS DE INTERÉS					
Distancia (m)	Presión (kPa)	Presión (psi)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
5.00	17.77	2.58	18.30	35.14	4.59
10.00	7.14	1.04	42.87	17.99	5.72
20.00	2.84	0.41	93.67	9.05	6.89
30.00					
50.00					
70.00					
100.00					
150.00					
200.00					
DISTANCIAS CALCULADAS SEGÚN LAS PRESIONES DE INTERÉS					
Presión (kPa)	Presión (psi)	Distancia (m)	Tiempo de llegada (ms)	Impulso específico (Pa-s)	Duración del impulso (ms)
200.00	29.01	1.33	2.26	116.33	2.17
150.00	21.76	1.51	2.86	103.32	2.48
70.00	10.15	2.19	5.42	74.65	3.35
50.00	7.25	2.62	7.25	63.76	3.66
30.00	4.35	3.54	11.39	48.66	4.10
20.00	2.90	4.61	16.43	37.99	4.47
15.00	2.18	5.64	21.38	31.29	4.77
7.00	1.02	10.16	43.66	17.72	5.74
3.50	0.51	17.29	79.95	10.50	6.63

Cerillera.



SCRI-FUEGO

Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

Modelo de radiación térmica por una explosión de vapor en expansión por líquido en ebullición (BLEVE)

TÍTULO DE LA MODELACIÓN						
DESCRIPCIÓN						
DATOS DE LA SUSTANCIA						
Nombre	GAS LICUADO DE PETRÓLEO (LPG (Liquefied Petroleum Gas))				Sinónimos	
No. CAS	68476-85-7				GAS LP	
Nombre CAS						
Nombre IUPAC					L.P.G.	
Familia	{ }					
Subfamilia	{ }					
Fórmula						
Estructura						
PARÁMETROS DE ENTRADA						
Calor de combustión	46026.00 kJ/kg					
Masa del combustible	1900.00 kg					
Fracción radiante	0.3					
Tiempo de exposición (t)	11.0 s					
Humedad relativa	66 %					
Temperatura	25.0 °C (298.2 K)					
CARACTERÍSTICAS DE LA BOLA DE FUEGO						
Diámetro de la bola de fuego [Dmax=5.8M^(1/3)]	71.84 m					
Altura al centro de la bola de fuego [H=0.75Dmax]	53.88 m					
Duración de la bola de fuego	5.57 s					
RADIACIÓN CALCULADA A DISTANCIAS ESPECÍFICAS (DISTANCIA DE RADIACIÓN D=(H^2+X^2)^(1/2)-Dmax/2)						
Distancia a nivel de piso del centro de la bola de fuego al receptor (m)	Distancia de la superficie de la bola de fuego al receptor (m)	Transmisividad	Radiación (kW/m2)	Dosis ((W/m2)^4/3 s) t=11.00s	Dosis ((W/m2)^4/3 s) t=5.57s	
5.00	18.19	0.78	898.52	9.537 E+08	4.832 E+08	
10.00	18.88	0.78	831.38	8.599 E+08	4.357 E+08	
15.00	20.01	0.78	736.35	7.314 E+08	3.706 E+08	
20.00	21.55	0.77	630.44	5.946 E+08	3.013 E+08	
30.00	25.75	0.76	434.65	3.622 E+08	1.835 E+08	
40.00	31.18	0.74	291.26	2.124 E+08	1.076 E+08	
70.00	52.42	0.71	98.39	4.996 E+07	2.532 E+07	
100.00	77.67	0.69	43.25	1.670 E+07	8.461 E+06	
150.00	123.46	0.66	16.42	4.590 E+06	2.325 E+06	
200.00	171.21	0.64	8.29	1.845 E+06	9.350 E+05	
DISTANCIA CALCULADA A NIVELES DE RADIACIÓN ESPECÍFICOS						
Radiación (kW/m2)	Distancia a nivel de piso (m)	Dosis ((W/m2)^4/3 s) t=11.00s		Dosis ((W/m2)^4/3 s) t=5.57s		
12.60	167.60	3.225 E+06		1.634 E+06		
60.00	86.99	2.584 E+07		1.309 E+07		
200.00	49.62	1.287 E+08		6.519 E+07		
DISTANCIA A DOSIS ESPECÍFICAS DE RADIACIÓN CALCULADAS DURANTE EL TIEMPO DE LA BOLA DE FUEGO (t = 5.57 s)						
Dosis (W/m2)^4/3 s	Distancia de la superficie de la bola de fuego al receptor (m)	Distancia a nivel de piso del centro de la bola de fuego al receptor (m)	Radiación (kW/m2)			
3.225 E+06	109.79	135.38	20.98			
2.584 E+07	52.03	69.52	99.91			
1.287 E+08	29.25	36.66	333.03			

Empresa de embutidos.



Modelos Atmosféricos para

SIMULACION DE CONTAMINACION Y RIESGOS EN INDUSTRIAS

DATOS DE LA SUSTANCIA					
Nombre	AMONIACO (AMMONIA)			Sinónimos	
No. CAS	7664-41-7			AMMONIA, ANHYDROUS	
Nombre CAS	AMMONIA			AMMONIA, GAS	
Nombre IUPAC	AMMONIA			REFRIGERANT 717	
Familia	BASES INORGÁNICAS (INORGANIC BASES)			SPIRIT OF HARTSHORN	
Subfamilia	()				
Fórmula	H3N				
Estructura	NH3				
PROPIEDADES DEL GAS DE EMISIÓN			CARACTERÍSTICAS DE LA EMISIÓN		
Peso molecular del gas fuente (kg/mol)	wms	0.0170	Sustancia emitida	AMONIACO	
Capacidad calorífica del vapor a presión constante (J/kg- K)	cps	2087.68	Tipo de emisión	Emisión de chorro vertical o de chimenea	
Temperatura del gas fuente (K)	ts	240.2	Tasa de emisión de la masa fuente (kg/s)	qs	15.41
Densidad del gas fuente (kg/m3)	rhos	0.87	Duración de la fuente continua (s)	tsd	480
Temperatura del punto de ebullición (K)	tbp	239.7	Masa de la fuente continua (kg)	qtcs	7396.80
Fracción de masa del líquido	cmado	0.85	Masa de la fuente instantánea (kg)	qtis	0.00
Capacidad calorífica del líquido (J/kg- K)	cpsl	4474.40	Area de la fuente (m2)	as	0.00430
Calor de vaporización (J/kg)	dhe	1369801.81	Velocidad del vapor vertical (m/s)	ws	625.35
Densidad del liquido fuente (kg/m3)	rhosl	681.76	Ancho medio de la fuente (m)	bs	0.03
Constante de presión de saturación	spa	10.31	Altura de la fuente (m)	hs	2.50
Constante de presión de saturación	spb	2132.52	Velocidad del vapor horizontal (m/s)	us	0.00
Constante de presión de saturación	spc	- 32.98			
PARÁMETROS DE CAMPO			PROPIEDADES METEOROLÓGICAS AMBIENTALES		
Tiempo promedio de concentración (s)	tav	3600	Peso molecular del aire ambiental (kg)	wmae	0.03
Altura de capa de mezclado (m)	hmx	8320.00	Capacidad calorífica del aire a presión constante (J/kg- K)	cpaa	1013.14
Distancia máxima viento abajo (m)	xffm	1700.00	Densidad del aire ambiental (kg/m3)	rhoa	1.21
	zp(1)	0.00	Altura de medición ambiental (m)	za	10.00
	zp(2)	0.00	Presión atmosférica ambiental	pa	101325.00
	zp(3)	0.00	Velocidad del viento ambiental (m/s)	ua	2.10
Altura de medida de concentración (m)	zp(4)	0.00	Temperatura ambiental (K)	ta	291.2
			Humedad relativa (%)	rh	66
Parámetros Adicionales			Velocidad de fricción ambiental (m/s)	ustr	0.53
Multiplicador de subpaso	ncalc	1	Valor de estabilidad atmosférica	stab	1
Número de subpasos de cálculo	nssm	3	Longitud inversa de Monin-Obukhov (1/m)	ala	- 0.090
Aceleración de la gravedad (m/s2)	grav	9.81	Altura de rugosidad de superficie (m)	z0	0.80
Constante de los gases (j/mol- K)	rr	8.3143			
Constante de Von Karman	xk	0.4100			

PARAMETROS DE LA NUBE INSTANTANEA PROMEDIADOS ESPACIALMENTE

x - Distancia viento abajo (m)	zc - Altura del centro de perfil (m)	h - Altura de la nube (m)	bb - Ancho medio de la nube (m)	b - Parámetro de ancho medio (m)	bbx - Longitud media de la nube (m)	bx - Parámetro de longitud media (m)	cv - Fracción del volumen de emisión	rho - Densidad (kg/m ³)	t - Temperatura (K)	u - Velocidad de la nube viento abajo (m/s)	ua - Velocidad del viento promediado con la altura (m/s)
1.00E+00	2.50E+00	6.56E-02	3.28E-02	2.95E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+00	-1.00E+00	-1.00E+00	1.00E-03	3.19E+00
1.61E+00	2.47E+01	3.72E+00	3.07E+00	1.42E-01	5.78E-01	5.77E-01	2.32E-01	-1.00E+00	-1.00E+00	1.01E+00	3.19E+00
2.22E+00	3.30E+01	7.38E+00	6.12E+00	2.55E-01	1.16E+00	1.15E+00	7.03E-02	-1.00E+00	-1.00E+00	1.43E+00	3.19E+00
2.82E+00	3.88E+01	1.10E+01	9.16E+00	3.88E-01	1.73E+00	1.73E+00	3.25E-02	-1.00E+00	-1.00E+00	1.75E+00	3.19E+00
3.43E+00	4.32E+01	1.47E+01	1.22E+01	4.81E-01	2.31E+00	2.31E+00	1.86E-02	-1.00E+00	-1.00E+00	2.02E+00	3.19E+00
4.04E+00	4.65E+01	1.83E+01	1.52E+01	5.94E-01	2.89E+00	2.89E+00	1.20E-02	-1.00E+00	-1.00E+00	2.25E+00	3.19E+00
4.65E+00	4.91E+01	2.20E+01	1.83E+01	7.07E-01	3.47E+00	3.46E+00	8.33E-03	-1.00E+00	-1.00E+00	2.47E+00	3.19E+00
5.26E+00	5.10E+01	2.56E+01	2.13E+01	8.20E-01	4.04E+00	4.04E+00	6.14E-03	-1.00E+00	-1.00E+00	2.67E+00	3.19E+00
5.87E+00	5.23E+01	2.93E+01	2.44E+01	9.32E-01	4.62E+00	4.62E+00	4.71E-03	-1.00E+00	-1.00E+00	2.85E+00	3.19E+00
6.47E+00	5.31E+01	3.30E+01	2.74E+01	1.05E+00	5.20E+00	5.20E+00	3.72E-03	-1.00E+00	-1.00E+00	3.03E+00	3.19E+00
7.08E+00	5.33E+01	3.66E+01	3.05E+01	1.16E+00	5.78E+00	5.77E+00	3.02E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.19E+00	3.19E+00
7.20E+00	5.33E+01	3.67E+01	3.05E+01	1.16E+00	5.89E+00	5.89E+00	3.01E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.19E+00	3.19E+00
7.34E+00	5.33E+01	3.68E+01	3.05E+01	1.16E+00	6.02E+00	6.02E+00	3.00E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.19E+00	3.19E+00
7.50E+00	5.33E+01	3.69E+01	3.05E+01	1.16E+00	6.18E+00	6.18E+00	2.99E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.19E+00	3.19E+00
7.69E+00	5.33E+01	3.70E+01	3.06E+01	1.16E+00	6.36E+00	6.36E+00	2.98E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.19E+00	3.19E+00
7.92E+00	5.33E+01	3.71E+01	3.06E+01	1.16E+00	6.57E+00	6.57E+00	2.96E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.19E+00	3.19E+00
8.18E+00	5.33E+01	3.72E+01	3.07E+01	1.16E+00	6.81E+00	6.81E+00	2.95E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.19E+00	3.20E+00
8.48E+00	5.33E+01	3.74E+01	3.07E+01	1.16E+00	7.10E+00	7.10E+00	2.93E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.19E+00	3.20E+00
8.83E+00	5.33E+01	3.76E+01	3.08E+01	1.16E+00	7.44E+00	7.44E+00	2.90E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.19E+00	3.20E+00
9.25E+00	5.33E+01	3.79E+01	3.09E+01	1.16E+00	7.83E+00	7.83E+00	2.88E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.19E+00	3.20E+00
9.73E+00	5.33E+01	3.81E+01	3.09E+01	1.16E+00	8.29E+00	8.29E+00	2.85E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.19E+00	3.20E+00
1.03E+01	5.33E+01	3.85E+01	3.11E+01	1.16E+00	8.83E+00	8.83E+00	2.82E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.19E+00	3.20E+00
1.10E+01	5.33E+01	3.88E+01	3.12E+01	1.16E+00	9.45E+00	9.45E+00	2.78E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.19E+00	3.20E+00
1.17E+01	5.33E+01	3.93E+01	3.13E+01	1.16E+00	1.02E+01	1.02E+01	2.73E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.19E+00	3.20E+00
1.26E+01	5.32E+01	3.98E+01	3.15E+01	1.16E+00	1.10E+01	1.10E+01	2.68E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.19E+00	3.20E+00
1.37E+01	5.32E+01	4.04E+01	3.17E+01	1.16E+00	1.20E+01	1.20E+01	2.63E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.19E+00	3.20E+00
1.49E+01	5.32E+01	4.11E+01	3.19E+01	1.16E+00	1.32E+01	1.32E+01	2.56E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.19E+00	3.20E+00
1.64E+01	5.31E+01	4.19E+01	3.22E+01	1.16E+00	1.46E+01	1.46E+01	2.49E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.19E+00	3.20E+00
1.80E+01	5.30E+01	4.29E+01	3.25E+01	1.16E+00	1.62E+01	1.62E+01	2.41E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.19E+00	3.20E+00
2.00E+01	5.29E+01	4.40E+01	3.29E+01	1.16E+00	1.80E+01	1.80E+01	2.32E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.20E+00	3.20E+00
2.23E+01	5.28E+01	4.53E+01	3.33E+01	1.16E+00	2.02E+01	2.02E+01	2.23E-03	1.21E+00	2.89E+02	3.20E+00	3.20E+00
2.50E+01	5.26E+01	4.69E+01	3.38E+01	1.16E+00	2.28E+01	2.28E+01	2.12E-03	1.21E+00	2.90E+02	3.20E+00	3.21E+00
2.81E+01	5.23E+01	4.88E+01	3.44E+01	1.16E+00	2.57E+01	2.57E+01	2.01E-03	1.21E+00	2.90E+02	3.20E+00	3.21E+00
3.18E+01	5.20E+01	5.07E+01	3.51E+01	1.16E+00	2.92E+01	2.92E+01	1.89E-03	1.21E+00	2.90E+02	3.20E+00	3.21E+00
3.60E+01	5.15E+01	5.31E+01	3.59E+01	1.16E+00	3.33E+01	3.33E+01	1.77E-03	1.21E+00	2.90E+02	3.20E+00	3.21E+00
4.10E+01	5.10E+01	5.58E+01	3.68E+01	1.16E+00	3.80E+01	3.80E+01	1.64E-03	1.21E+00	2.90E+02	3.20E+00	3.21E+00
4.68E+01	5.03E+01	5.90E+01	3.79E+01	1.16E+00	4.35E+01	4.35E+01	1.50E-03	1.21E+00	2.90E+02	3.21E+00	3.22E+00
5.37E+01	4.94E+01	6.27E+01	3.91E+01	1.16E+00	5.00E+01	5.00E+01	1.37E-03	1.21E+00	2.90E+02	3.21E+00	3.22E+00
6.16E+01	4.84E+01	6.69E+01	4.06E+01	1.16E+00	5.76E+01	5.76E+01	1.24E-03	1.21E+00	2.90E+02	3.21E+00	3.22E+00
7.09E+01	4.71E+01	7.16E+01	4.23E+01	1.16E+00	6.64E+01	6.64E+01	1.11E-03	1.21E+00	2.90E+02	3.21E+00	3.22E+00
8.18E+01	4.55E+01	7.69E+01	4.43E+01	1.16E+00	7.67E+01	7.67E+01	9.82E-04	1.21E+00	2.90E+02	3.22E+00	3.23E+00
9.45E+01	4.36E+01	8.28E+01	4.67E+01	1.16E+00	8.88E+01	8.88E+01	8.66E-04	1.21E+00	2.91E+02	3.22E+00	3.23E+00
1.09E+02	4.13E+01	8.56E+01	5.11E+01	1.20E+00	1.03E+02	1.03E+02	7.65E-04	1.21E+00	2.91E+02	3.22E+00	3.23E+00
1.27E+02	3.89E+01	8.68E+01	5.74E+01	1.27E+00	1.19E+02	1.19E+02	6.71E-04	1.21E+00	2.91E+02	3.23E+00	3.24E+00

x - Distancia viento abajo (m)	zc - Altura del centro de perfil (m)	h - Altura de la nube (m)	bb - Ancho medio de la nube (m)	b - Parámetro de ancho medio (m)	bbx - Longitud media de la nube (m)	bx - Parámetro de longitud media (m)	cv - Fracción del volumen de emisión	rho - Densidad (kg/m ³)	t - Temperatura (K)	u - Velocidad de la nube viento abajo (m/s)	ua - Velocidad del viento promediado con la altura (m/s)
1.47E+02	3.66E+01	8.87E+01	6.49E+01	1.35E+00	1.39E+02	1.39E+02	5.81E-04	1.21E+00	2.91E+02	3.23E+00	3.24E+00
1.71E+02	3.44E+01	9.14E+01	7.35E+01	1.44E+00	1.61E+02	1.61E+02	4.97E-04	1.21E+00	2.91E+02	3.24E+00	3.25E+00
1.98E+02	3.23E+01	9.53E+01	8.33E+01	1.53E+00	1.87E+02	1.87E+02	4.19E-04	1.21E+00	2.91E+02	3.25E+00	3.26E+00
2.30E+02	3.04E+01	1.01E+02	9.43E+01	1.63E+00	2.18E+02	2.18E+02	3.49E-04	1.21E+00	2.91E+02	3.26E+00	3.28E+00
2.68E+02	2.87E+01	1.07E+02	1.07E+02	1.73E+00	2.54E+02	2.54E+02	2.87E-04	1.21E+00	2.91E+02	3.28E+00	3.30E+00
3.12E+02	2.72E+01	1.16E+02	1.20E+02	1.82E+00	2.98E+02	2.98E+02	2.34E-04	1.21E+00	2.91E+02	3.31E+00	3.32E+00
3.64E+02	2.59E+01	1.27E+02	1.36E+02	1.92E+00	3.44E+02	3.44E+02	1.89E-04	1.21E+00	2.91E+02	3.34E+00	3.35E+00
4.24E+02	2.47E+01	1.39E+02	1.52E+02	2.01E+00	4.02E+02	4.02E+02	1.51E-04	1.21E+00	2.91E+02	3.37E+00	3.39E+00
4.94E+02	2.37E+01	1.55E+02	1.71E+02	2.09E+00	4.68E+02	4.68E+02	1.20E-04	1.21E+00	2.91E+02	3.41E+00	3.43E+00
5.76E+02	2.28E+01	1.73E+02	1.91E+02	2.18E+00	5.48E+02	5.48E+02	9.48E-05	1.21E+00	2.91E+02	3.46E+00	3.47E+00
6.72E+02	2.20E+01	1.94E+02	2.13E+02	2.25E+00	6.37E+02	6.37E+02	7.48E-05	1.21E+00	2.91E+02	3.51E+00	3.52E+00
7.84E+02	2.13E+01	2.18E+02	2.38E+02	2.32E+00	7.44E+02	7.44E+02	5.85E-05	1.21E+00	2.91E+02	3.56E+00	3.58E+00
9.15E+02	2.07E+01	2.46E+02	2.65E+02	2.39E+00	8.68E+02	8.68E+02	4.58E-05	1.21E+00	2.91E+02	3.62E+00	3.63E+00
1.07E+03	2.01E+01	2.82E+02	2.96E+02	2.46E+00	9.01E+02	8.70E+02	3.45E-05	1.21E+00	2.91E+02	3.69E+00	3.70E+00
1.25E+03	1.98E+01	3.24E+02	3.30E+02	2.51E+00	9.38E+02	8.72E+02	2.58E-05	1.21E+00	2.91E+02	3.76E+00	3.76E+00
1.47E+03	1.92E+01	3.74E+02	3.68E+02	2.56E+00	9.81E+02	8.74E+02	1.92E-05	1.21E+00	2.91E+02	3.83E+00	3.83E+00
1.73E+03	1.88E+01	4.31E+02	4.11E+02	2.61E+00	1.03E+03	8.76E+02	1.42E-05	1.21E+00	2.91E+02	3.90E+00	3.90E+00

x - Distancia viento abajo (m)	cm - Fracción de la masa de emisión	cmv - Fracción de la masa del vapor de emisión	cmda - Fracción de la masa del aire seco	cmw - Fracción de la masa de agua	cmwv - Fracción de la masa del vapor de agua	wc - Velocidad del flujo por gravedad en dirección Z (m/s)	vg - Velocidad del flujo por gravedad en dirección Y (m/s)	ug - Velocidad del flujo por gravedad en dirección X (m/s)	w - Velocidad de entrada Vertical (m/s)	v - Velocidad de entrada horizontal perpendicular a la dirección del viento (m/s)	wx - Velocidad de entrada horizontal en la dirección del viento (m/s)
1.00E+00	1.00E+00	-1.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.00E+00	6.25E+02	0.00E+00	0.00E+00	-1.00E+00	-1.00E+00	0.00E+00
1.61E+00	1.52E-01	-1.00E+00	8.41E-01	7.34E-03	-1.00E+00	4.28E+02	0.00E+00	0.00E+00	-1.00E+00	-1.00E+00	0.00E+00
2.22E+00	4.28E-02	-1.00E+00	9.49E-01	8.29E-03	-1.00E+00	3.46E+02	0.00E+00	0.00E+00	-1.00E+00	-1.00E+00	0.00E+00
2.82E+00	1.95E-02	-1.00E+00	9.72E-01	8.49E-03	-1.00E+00	2.83E+02	0.00E+00	0.00E+00	-1.00E+00	-1.00E+00	0.00E+00
3.43E+00	1.11E-02	-1.00E+00	9.80E-01	8.56E-03	-1.00E+00	2.30E+02	0.00E+00	0.00E+00	-1.00E+00	-1.00E+00	0.00E+00
4.04E+00	7.10E-03	-1.00E+00	9.84E-01	8.59E-03	-1.00E+00	1.83E+02	0.00E+00	0.00E+00	-1.00E+00	-1.00E+00	0.00E+00
4.65E+00	4.94E-03	-1.00E+00	9.88E-01	8.61E-03	-1.00E+00	1.41E+02	0.00E+00	0.00E+00	-1.00E+00	-1.00E+00	0.00E+00
5.26E+00	3.64E-03	-1.00E+00	9.88E-01	8.62E-03	-1.00E+00	1.02E+02	0.00E+00	0.00E+00	-1.00E+00	-1.00E+00	0.00E+00
5.87E+00	2.79E-03	-1.00E+00	9.89E-01	8.63E-03	-1.00E+00	6.80E+01	0.00E+00	0.00E+00	-1.00E+00	-1.00E+00	0.00E+00
6.47E+00	2.20E-03	-1.00E+00	9.89E-01	8.64E-03	-1.00E+00	3.21E+01	0.00E+00	0.00E+00	-1.00E+00	-1.00E+00	0.00E+00
7.08E+00	1.79E-03	1.79E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.38E-01	3.44E-01	0.00E+00
7.20E+00	1.78E-03	1.78E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-2.36E-03	0.00E+00	0.00E+00	1.08E+00	3.44E-01	4.00E-01
7.34E+00	1.78E-03	1.78E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-5.11E-03	0.00E+00	0.00E+00	1.08E+00	3.44E-01	4.00E-01
7.50E+00	1.77E-03	1.77E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-8.29E-03	0.00E+00	0.00E+00	1.08E+00	3.44E-01	4.00E-01
7.69E+00	1.76E-03	1.76E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-1.20E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.08E+00	3.44E-01	4.00E-01
7.92E+00	1.75E-03	1.75E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-1.63E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.08E+00	3.44E-01	4.00E-01
8.18E+00	1.74E-03	1.74E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-2.12E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+00	3.44E-01	4.00E-01
8.48E+00	1.73E-03	1.73E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-2.69E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+00	3.44E-01	4.00E-01
8.83E+00	1.72E-03	1.72E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-3.35E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+00	3.44E-01	4.00E-01
9.25E+00	1.70E-03	1.70E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-4.10E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+00	3.44E-01	4.00E-01
9.73E+00	1.69E-03	1.69E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-4.97E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+00	3.44E-01	4.00E-01

x - Distancia viento abajo (m)	cm - Fracción de la masa de emisión	cmv - Fracción de la masa del vapor de emisión	cmda - Fracción de la masa del aire seco	cmw - Fracción de la masa de agua	cmwv - Fracción de la masa del vapor de agua	wc - Velocidad del flujo por gravedad en dirección Z (m/s)	vg - Velocidad del flujo por gravedad en dirección Y (m/s)	ug - Velocidad del flujo por gravedad en dirección X (m/s)	w - Velocidad de entrada Vertical (m/s)	v - Velocidad de entrada horizontal perpendicular a la dirección del viento (m/s)	wx - Velocidad de entrada horizontal en la dirección del viento (m/s)
1.03E+01	1.67E-03	1.67E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-5.96E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+00	3.44E-01	4.00E-01
1.10E+01	1.64E-03	1.64E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-7.08E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+00	3.44E-01	4.00E-01
1.17E+01	1.62E-03	1.62E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-8.36E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+00	3.44E-01	4.00E-01
1.26E+01	1.59E-03	1.59E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-9.79E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+00	3.44E-01	4.00E-01
1.37E+01	1.55E-03	1.55E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-1.14E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+00	3.44E-01	4.00E-01
1.49E+01	1.52E-03	1.52E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-1.32E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+00	3.44E-01	4.00E-01
1.64E+01	1.47E-03	1.47E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-1.52E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+00	3.44E-01	4.00E-01
1.80E+01	1.43E-03	1.43E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-1.74E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+00	3.44E-01	4.00E-01
2.00E+01	1.37E-03	1.37E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-1.97E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+00	3.44E-01	4.00E-01
2.23E+01	1.32E-03	1.32E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-2.23E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.06E+00	3.44E-01	4.00E-01
2.50E+01	1.26E-03	1.26E-03	9.90E-01	8.65E-03	8.65E-03	-2.49E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.06E+00	3.44E-01	4.00E-01
2.81E+01	1.19E-03	1.19E-03	9.90E-01	8.65E-03	8.65E-03	-2.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.06E+00	3.44E-01	4.00E-01
3.18E+01	1.12E-03	1.12E-03	9.90E-01	8.65E-03	8.65E-03	-3.08E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E+00	3.44E-01	4.00E-01
3.60E+01	1.04E-03	1.04E-03	9.90E-01	8.65E-03	8.65E-03	-3.35E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.04E+00	3.44E-01	4.00E-01
4.10E+01	9.67E-04	9.67E-04	9.90E-01	8.65E-03	8.65E-03	-3.64E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.03E+00	3.44E-01	4.01E-01
4.68E+01	8.89E-04	8.89E-04	9.90E-01	8.65E-03	8.65E-03	-3.92E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.02E+00	3.44E-01	4.01E-01
5.37E+01	8.09E-04	8.09E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	-4.17E-01	0.00E+00	0.00E+00	9.98E-01	3.44E-01	4.01E-01
6.18E+01	7.31E-04	7.31E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	-4.41E-01	0.00E+00	0.00E+00	9.75E-01	3.43E-01	4.01E-01
7.09E+01	6.54E-04	6.54E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	-4.62E-01	0.00E+00	0.00E+00	9.44E-01	3.43E-01	4.01E-01
8.18E+01	5.81E-04	5.81E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	-4.79E-01	0.00E+00	0.00E+00	9.03E-01	3.43E-01	4.02E-01
9.45E+01	5.12E-04	5.12E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	-4.94E-01	0.00E+00	0.00E+00	8.42E-01	3.42E-01	4.02E-01
1.09E+02	4.53E-04	4.53E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	-4.70E-01	5.81E-01	0.00E+00	6.77E-01	3.41E-01	4.02E-01
1.27E+02	3.97E-04	3.97E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	-4.06E-01	5.99E-01	0.00E+00	6.79E-01	3.39E-01	4.03E-01
1.47E+02	3.44E-04	3.44E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	-3.38E-01	5.99E-01	0.00E+00	6.80E-01	3.37E-01	4.03E-01
1.71E+02	2.94E-04	2.94E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	-2.74E-01	5.85E-01	0.00E+00	6.79E-01	3.35E-01	4.04E-01
1.98E+02	2.48E-04	2.48E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	-2.16E-01	5.58E-01	0.00E+00	6.77E-01	3.33E-01	4.04E-01
2.30E+02	2.08E-04	2.08E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	-1.68E-01	5.22E-01	0.00E+00	6.74E-01	3.32E-01	4.04E-01
2.68E+02	1.70E-04	1.70E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	-1.29E-01	4.80E-01	0.00E+00	6.70E-01	3.30E-01	4.05E-01
3.12E+02	1.38E-04	1.38E-04	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-9.85E-02	4.36E-01	0.00E+00	6.64E-01	3.28E-01	4.05E-01
3.64E+02	1.11E-04	1.11E-04	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-7.48E-02	3.92E-01	0.00E+00	6.58E-01	3.27E-01	4.05E-01
4.24E+02	8.92E-05	8.92E-05	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-5.68E-02	3.49E-01	0.00E+00	6.50E-01	3.25E-01	4.05E-01
4.94E+02	7.09E-05	7.09E-05	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-4.29E-02	3.09E-01	0.00E+00	6.41E-01	3.24E-01	4.05E-01
5.78E+02	5.60E-05	5.60E-05	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-3.26E-02	2.73E-01	0.00E+00	6.32E-01	3.22E-01	4.05E-01
6.72E+02	4.41E-05	4.41E-05	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-2.48E-02	2.40E-01	0.00E+00	6.23E-01	3.20E-01	4.05E-01
7.84E+02	3.48E-05	3.48E-05	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-1.89E-02	2.11E-01	0.00E+00	6.13E-01	3.18E-01	4.05E-01
9.15E+02	2.71E-05	2.71E-05	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-1.45E-02	1.86E-01	5.68E-02	6.02E-01	3.16E-01	4.05E-01
1.07E+03	2.04E-05	2.04E-05	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-1.19E-02	1.58E-01	4.86E-02	5.90E-01	3.14E-01	4.13E-01
1.25E+03	1.53E-05	1.53E-05	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-8.88E-03	1.34E-01	4.18E-02	5.78E-01	3.11E-01	4.11E-01
1.47E+03	1.14E-05	1.14E-05	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-6.67E-03	1.14E-01	3.63E-02	5.65E-01	3.08E-01	4.09E-01
1.73E+03	8.41E-06	8.41E-06	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-5.01E-03	9.69E-02	3.16E-02	5.53E-01	3.04E-01	4.08E-01



ANEXOS



PARAMETROS DEL CONTORNO DE CONCENTRACION CONCENTRACION EN VOLUMEN PROMEDIADO EN EL TIEMPO (TIEMPO =3600 SEG)

$$c(x,y,z,t) = cc(x) * (erf(xa)-erf(xb)) * (erf(ya)-erf(yb)) * (exp(-za^2)+exp(-zb^2))$$

c(x,y,z,t) = concentración (fracción de volumen) en (x,y,z,t)

x = distancia viento abajo (m)

y = distancia horizontal perpendicular al viento (m)

z = altura (m)

t = tiempo (s)

erf = función de error

xa = (x-xc+bx)/(sr2*betax)

xb = (x-xc-bx)/(sr2*betax)

ya = (y+b)/(sr2*betay)

yb = (y-b)/(sr2*betay)

exp = función exponencial

za = (z-zc)/(sr2*sig)

zb = (z+zc)/(sr2*sig)

sr2 = raíz cuadrada de 2.0

x	cc(x)	b(x)	betac(x)	zc(x)	sig(x)	t	xc(t)	bx(t)	betax(t)
1.00E+00	0.00E+00	2.95E-02	8.25E-03	2.50E+00	1.89E-02	0.00E+00	1.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1.61E+00	1.74E+00	1.42E-01	1.78E+00	2.47E+01	1.07E+00	3.82E-01	1.81E+00	5.77E-01	4.72E-03
2.22E+00	5.84E-01	2.55E-01	3.54E+00	3.30E+01	2.13E+00	7.63E-01	2.22E+00	1.15E+00	9.43E-03
2.82E+00	2.80E-01	3.68E-01	5.30E+00	3.88E+01	3.18E+00	1.14E+00	2.82E+00	1.73E+00	1.41E-02
3.43E+00	1.63E-01	4.81E-01	7.06E+00	4.32E+01	4.24E+00	1.53E+00	3.43E+00	2.31E+00	1.89E-02
4.04E+00	1.06E-01	5.94E-01	8.82E+00	4.65E+01	5.29E+00	1.91E+00	4.04E+00	2.89E+00	2.36E-02
4.65E+00	7.47E-02	7.07E-01	1.06E+01	4.91E+01	6.35E+00	2.29E+00	4.65E+00	3.46E+00	2.83E-02
5.26E+00	5.53E-02	8.20E-01	1.23E+01	5.10E+01	7.40E+00	2.67E+00	5.26E+00	4.04E+00	3.30E-02
5.87E+00	4.26E-02	9.32E-01	1.41E+01	5.23E+01	8.46E+00	3.05E+00	5.87E+00	4.62E+00	3.77E-02
6.47E+00	3.38E-02	1.05E+00	1.59E+01	5.31E+01	9.51E+00	3.43E+00	6.47E+00	5.20E+00	4.24E-02
7.08E+00	2.75E-02	1.18E+00	1.78E+01	5.33E+01	1.06E+01	3.82E+00	7.08E+00	5.77E+00	4.72E-02
7.20E+00	2.74E-02	1.18E+00	1.78E+01	5.33E+01	1.06E+01	3.89E+00	7.20E+00	5.89E+00	4.81E-02
7.34E+00	2.74E-02	1.18E+00	1.78E+01	5.33E+01	1.06E+01	3.98E+00	7.34E+00	6.02E+00	4.92E-02
7.50E+00	2.73E-02	1.18E+00	1.77E+01	5.33E+01	1.06E+01	4.08E+00	7.50E+00	6.18E+00	5.04E-02
7.69E+00	2.72E-02	1.18E+00	1.77E+01	5.33E+01	1.07E+01	4.20E+00	7.69E+00	6.36E+00	5.19E-02
7.92E+00	2.71E-02	1.18E+00	1.77E+01	5.33E+01	1.07E+01	4.34E+00	7.92E+00	6.57E+00	5.36E-02
8.18E+00	2.70E-02	1.18E+00	1.78E+01	5.33E+01	1.08E+01	4.50E+00	8.18E+00	6.81E+00	5.56E-02
8.48E+00	2.69E-02	1.18E+00	1.78E+01	5.33E+01	1.08E+01	4.69E+00	8.48E+00	7.10E+00	5.80E-02
8.83E+00	2.68E-02	1.18E+00	1.78E+01	5.33E+01	1.09E+01	4.91E+00	8.83E+00	7.44E+00	6.07E-02
9.25E+00	2.66E-02	1.18E+00	1.79E+01	5.33E+01	1.09E+01	5.17E+00	9.25E+00	7.83E+00	6.39E-02
9.73E+00	2.65E-02	1.18E+00	1.80E+01	5.33E+01	1.10E+01	5.48E+00	9.73E+00	8.29E+00	6.77E-02
1.03E+01	2.62E-02	1.18E+00	1.80E+01	5.33E+01	1.11E+01	5.83E+00	1.03E+01	8.83E+00	7.21E-02
1.10E+01	2.60E-02	1.18E+00	1.81E+01	5.33E+01	1.12E+01	6.24E+00	1.10E+01	9.45E+00	7.72E-02
1.17E+01	2.57E-02	1.18E+00	1.82E+01	5.33E+01	1.13E+01	6.73E+00	1.17E+01	1.02E+01	8.32E-02
1.26E+01	2.54E-02	1.18E+00	1.83E+01	5.32E+01	1.15E+01	7.29E+00	1.26E+01	1.10E+01	9.02E-02
1.37E+01	2.51E-02	1.18E+00	1.85E+01	5.32E+01	1.17E+01	7.95E+00	1.37E+01	1.20E+01	9.83E-02
1.49E+01	2.47E-02	1.18E+00	1.87E+01	5.32E+01	1.19E+01	8.72E+00	1.49E+01	1.32E+01	1.08E-01
1.64E+01	2.43E-02	1.18E+00	1.89E+01	5.31E+01	1.21E+01	9.62E+00	1.64E+01	1.46E+01	1.19E-01
1.80E+01	2.38E-02	1.18E+00	1.91E+01	5.30E+01	1.24E+01	1.07E+01	1.80E+01	1.62E+01	1.32E-01
2.00E+01	2.33E-02	1.18E+00	1.94E+01	5.29E+01	1.27E+01	1.19E+01	2.00E+01	1.80E+01	1.47E-01



ANEXOS



x	cc(x)	b(x)	betac(x)	zc(x)	sig(x)	t	xc(t)	bx(t)	betax(t)
2.23E+01	2.27E-02	1.18E+00	1.97E+01	5.28E+01	1.31E+01	1.33E+01	2.23E+01	2.02E+01	1.85E-01
2.50E+01	2.21E-02	1.18E+00	2.02E+01	5.28E+01	1.35E+01	1.50E+01	2.50E+01	2.28E+01	1.88E-01
2.81E+01	2.15E-02	1.18E+00	2.07E+01	5.23E+01	1.40E+01	1.70E+01	2.81E+01	2.57E+01	2.10E-01
3.18E+01	2.08E-02	1.18E+00	2.13E+01	5.20E+01	1.46E+01	1.93E+01	3.18E+01	2.92E+01	2.38E-01
3.60E+01	2.01E-02	1.18E+00	2.20E+01	5.15E+01	1.53E+01	2.19E+01	3.60E+01	3.33E+01	2.72E-01
4.10E+01	1.93E-02	1.18E+00	2.29E+01	5.10E+01	1.61E+01	2.50E+01	4.10E+01	3.80E+01	3.10E-01
4.68E+01	1.86E-02	1.18E+00	2.39E+01	5.03E+01	1.70E+01	2.87E+01	4.68E+01	4.35E+01	3.55E-01
5.37E+01	1.78E-02	1.18E+00	2.52E+01	4.94E+01	1.81E+01	3.29E+01	5.37E+01	5.00E+01	4.08E-01
6.16E+01	1.71E-02	1.18E+00	2.67E+01	4.84E+01	1.93E+01	3.79E+01	6.16E+01	5.76E+01	4.70E-01
7.09E+01	1.63E-02	1.18E+00	2.86E+01	4.71E+01	2.07E+01	4.37E+01	7.09E+01	6.64E+01	5.42E-01
8.18E+01	1.56E-02	1.18E+00	3.08E+01	4.55E+01	2.22E+01	5.04E+01	8.18E+01	7.67E+01	6.26E-01
9.45E+01	1.49E-02	1.18E+00	3.34E+01	4.36E+01	2.39E+01	5.83E+01	9.45E+01	8.88E+01	7.25E-01
1.09E+02	1.38E-02	1.20E+00	3.73E+01	4.13E+01	2.56E+01	6.76E+01	1.09E+02	1.03E+02	8.40E-01
1.27E+02	1.22E-02	1.27E+00	4.25E+01	3.89E+01	2.76E+01	7.83E+01	1.27E+02	1.19E+02	9.74E-01
1.47E+02	1.06E-02	1.35E+00	4.84E+01	3.66E+01	3.00E+01	9.08E+01	1.47E+02	1.39E+02	1.13E+00
1.71E+02	9.15E-03	1.44E+00	5.54E+01	3.44E+01	3.29E+01	1.05E+02	1.71E+02	1.61E+02	1.31E+00
1.98E+02	7.84E-03	1.53E+00	6.34E+01	3.23E+01	3.64E+01	1.23E+02	1.98E+02	1.87E+02	1.53E+00
2.30E+02	6.66E-03	1.63E+00	7.26E+01	3.04E+01	4.05E+01	1.42E+02	2.30E+02	2.18E+02	1.78E+00
2.68E+02	5.64E-03	1.73E+00	8.30E+01	2.87E+01	4.54E+01	1.65E+02	2.68E+02	2.54E+02	2.07E+00
3.12E+02	4.76E-03	1.82E+00	9.49E+01	2.72E+01	5.12E+01	1.92E+02	3.12E+02	2.96E+02	2.41E+00
3.64E+02	4.01E-03	1.92E+00	1.08E+02	2.59E+01	5.81E+01	2.23E+02	3.64E+02	3.44E+02	2.81E+00
4.24E+02	3.38E-03	2.01E+00	1.24E+02	2.47E+01	6.62E+01	2.59E+02	4.24E+02	4.02E+02	3.28E+00
4.94E+02	2.85E-03	2.09E+00	1.41E+02	2.37E+01	7.56E+01	3.00E+02	4.94E+02	4.68E+02	3.82E+00
5.76E+02	2.41E-03	2.18E+00	1.61E+02	2.28E+01	8.65E+01	3.48E+02	5.76E+02	5.46E+02	4.46E+00
6.72E+02	2.04E-03	2.25E+00	1.83E+02	2.20E+01	9.90E+01	4.03E+02	6.72E+02	6.37E+02	5.20E+00
7.84E+02	1.74E-03	2.32E+00	2.08E+02	2.13E+01	1.14E+02	4.67E+02	7.84E+02	7.44E+02	6.07E+00
9.15E+02	1.48E-03	2.39E+00	2.37E+02	2.07E+01	1.30E+02	5.40E+02	9.15E+02	8.68E+02	7.09E+00
1.07E+03	1.27E-03	2.46E+00	2.70E+02	2.01E+01	1.51E+02	6.22E+02	1.07E+03	9.70E+02	8.27E+00
1.25E+03	1.09E-03	2.51E+00	3.09E+02	1.96E+01	1.76E+02	7.17E+02	1.25E+03	1.07E+03	9.57E+00
1.47E+03	9.39E-04	2.56E+00	3.54E+02	1.92E+01	2.05E+02	8.29E+02	1.47E+03	1.25E+03	1.07E+01
1.73E+03	8.14E-04	2.61E+00	4.06E+02	1.88E+01	2.38E+02	9.67E+02	1.73E+03	1.44E+03	1.18E+01

CONCENTRACION EN VOLUMEN PROMEDIADO EN EL TIEMPO (TIEMPO =3600.0 seg en el plano z = 0.00)

Distancia viento abajo	Tiempo de Max. Conc.	Duración de nube	Ancho efectivo medio	Concentraciones promediadas (Fracción de volumen) en (X,Y,Z)						
				X(m)	(s)	(s)	BBC(m)	Y/BBC = 0.0	Y/BBC = 0.5	Y/BBC = 1.0
1.00E+00	2.40E+02	4.80E+02	3.28E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1.81E+00	2.40E+02	4.80E+02	3.08E+00	3.91E-116	2.69E-116	8.73E-117	1.34E-117	9.70E-119	3.32E-120	
2.22E+00	2.40E+02	4.80E+02	6.13E+00	2.38E-54	1.63E-54	5.30E-55	8.13E-56	5.89E-57	2.02E-58	
2.82E+00	2.40E+02	4.80E+02	9.18E+00	9.24E-35	6.35E-35	2.06E-35	3.16E-36	2.29E-37	7.84E-39	
3.43E+00	2.41E+02	4.80E+02	1.22E+01	2.85E-25	1.96E-25	6.36E-26	9.75E-27	7.06E-28	2.42E-29	
4.04E+00	2.41E+02	4.80E+02	1.53E+01	1.03E-19	7.08E-20	2.30E-20	3.52E-21	2.55E-22	8.73E-24	
4.65E+00	2.41E+02	4.80E+02	1.83E+01	4.41E-16	3.03E-16	9.84E-17	1.51E-17	1.09E-18	3.74E-20	
5.26E+00	2.41E+02	4.80E+02	2.14E+01	1.56E-13	1.07E-13	3.48E-14	5.34E-15	3.87E-16	1.32E-17	
5.87E+00	2.41E+02	4.80E+02	2.44E+01	1.19E-11	8.17E-12	2.65E-12	4.07E-13	2.95E-14	1.01E-15	
6.47E+00	2.41E+02	4.80E+02	2.75E+01	3.29E-10	2.26E-10	7.34E-11	1.13E-11	8.16E-13	2.79E-14	
7.08E+00	2.42E+02	4.80E+02	3.05E+01	4.52E-09	3.11E-09	1.01E-09	1.55E-10	1.12E-11	3.84E-13	
7.20E+00	2.42E+02	4.80E+02	3.06E+01	4.72E-09	3.25E-09	1.05E-09	1.62E-10	1.17E-11	4.01E-13	
7.34E+00	2.42E+02	4.80E+02	3.06E+01	4.98E-09	3.42E-09	1.11E-09	1.70E-10	1.23E-11	4.22E-13	
7.50E+00	2.42E+02	4.80E+02	3.06E+01	5.29E-09	3.64E-09	1.18E-09	1.81E-10	1.31E-11	4.49E-13	
7.69E+00	2.42E+02	4.80E+02	3.07E+01	5.68E-09	3.90E-09	1.27E-09	1.94E-10	1.41E-11	4.81E-13	
7.92E+00	2.42E+02	4.80E+02	3.07E+01	6.16E-09	4.23E-09	1.37E-09	2.11E-10	1.53E-11	5.22E-13	
8.18E+00	2.42E+02	4.80E+02	3.08E+01	6.77E-09	4.65E-09	1.51E-09	2.32E-10	1.68E-11	5.74E-13	
8.48E+00	2.42E+02	4.80E+02	3.08E+01	7.55E-09	5.19E-09	1.68E-09	2.58E-10	1.87E-11	6.40E-13	
8.83E+00	2.42E+02	4.80E+02	3.09E+01	8.56E-09	5.88E-09	1.91E-09	2.93E-10	2.12E-11	7.26E-13	
9.25E+00	2.42E+02	4.80E+02	3.10E+01	9.89E-09	6.80E-09	2.21E-09	3.38E-10	2.45E-11	8.39E-13	
9.73E+00	2.42E+02	4.80E+02	3.11E+01	1.17E-08	8.02E-09	2.60E-09	3.99E-10	2.89E-11	9.90E-13	
1.03E+01	2.42E+02	4.80E+02	3.12E+01	1.41E-08	9.70E-09	3.15E-09	4.83E-10	3.50E-11	1.20E-12	
1.10E+01	2.43E+02	4.80E+02	3.14E+01	1.75E-08	1.20E-08	3.91E-09	5.99E-10	4.34E-11	1.48E-12	
1.17E+01	2.43E+02	4.80E+02	3.16E+01	2.24E-08	1.54E-08	4.99E-09	7.65E-10	5.54E-11	1.90E-12	
1.26E+01	2.43E+02	4.80E+02	3.18E+01	2.95E-08	2.03E-08	6.58E-09	1.01E-09	7.31E-11	2.50E-12	
1.37E+01	2.43E+02	4.80E+02	3.20E+01	4.02E-08	2.76E-08	8.97E-09	1.36E-09	9.96E-11	3.41E-12	
1.49E+01	2.44E+02	4.80E+02	3.23E+01	5.68E-08	3.90E-08	1.27E-08	1.94E-09	1.41E-10	4.82E-12	
1.64E+01	2.44E+02	4.80E+02	3.27E+01	8.33E-08	5.73E-08	1.86E-08	2.85E-09	2.07E-10	7.07E-12	
1.80E+01	2.44E+02	4.80E+02	3.31E+01	1.27E-07	8.72E-08	2.83E-08	4.34E-09	3.15E-10	1.08E-11	
2.00E+01	2.45E+02	4.80E+02	3.36E+01	2.00E-07	1.38E-07	4.47E-08	6.86E-09	4.97E-10	1.70E-11	
2.23E+01	2.46E+02	4.80E+02	3.42E+01	3.28E-07	2.25E-07	7.31E-08	1.12E-08	8.12E-10	2.78E-11	
2.50E+01	2.46E+02	4.80E+02	3.49E+01	5.52E-07	3.80E-07	1.23E-07	1.89E-08	1.37E-09	4.68E-11	
2.81E+01	2.47E+02	4.80E+02	3.58E+01	9.54E-07	6.56E-07	2.13E-07	3.26E-08	2.36E-09	8.09E-11	
3.18E+01	2.48E+02	4.80E+02	3.69E+01	1.67E-06	1.15E-06	3.73E-07	5.73E-08	4.15E-09	1.42E-10	
3.60E+01	2.49E+02	4.80E+02	3.81E+01	2.95E-06	2.03E-06	6.59E-07	1.01E-07	7.32E-09	2.51E-10	
4.10E+01	2.51E+02	4.80E+02	3.96E+01	5.19E-06	3.56E-06	1.16E-06	1.77E-07	1.29E-08	4.40E-10	
4.68E+01	2.52E+02	4.80E+02	4.15E+01	8.04E-06	6.14E-06	1.99E-06	3.06E-07	2.22E-08	7.58E-10	
5.37E+01	2.54E+02	4.80E+02	4.37E+01	1.49E-05	1.03E-05	3.33E-06	5.11E-07	3.70E-08	1.27E-09	
6.16E+01	2.56E+02	4.80E+02	4.63E+01	2.38E-05	1.64E-05	5.32E-06	8.16E-07	5.91E-08	2.02E-09	
7.09E+01	2.58E+02	4.80E+02	4.95E+01	3.60E-05	2.48E-05	8.04E-06	1.23E-06	8.93E-08	3.06E-09	
8.18E+01	2.61E+02	4.80E+02	5.34E+01	5.11E-05	3.51E-05	1.14E-05	1.75E-06	1.27E-07	4.33E-09	
9.45E+01	2.65E+02	4.80E+02	5.79E+01	6.77E-05	4.65E-05	1.51E-05	2.32E-06	1.68E-07	5.74E-09	
1.09E+02	2.68E+02	4.80E+02	6.47E+01	8.09E-05	5.56E-05	1.81E-05	2.77E-06	2.01E-07	6.88E-09	
1.27E+02	2.73E+02	4.80E+02	7.35E+01	8.96E-05	6.16E-05	2.00E-05	3.07E-06	2.22E-07	7.60E-09	
1.47E+02	2.78E+02	4.80E+02	8.39E+01	9.27E-05	6.37E-05	2.07E-05	3.17E-06	2.30E-07	7.86E-09	
1.71E+02	2.85E+02	4.80E+02	9.60E+01	8.99E-05	6.18E-05	2.01E-05	3.08E-06	2.23E-07	7.63E-09	
1.98E+02	2.92E+02	4.80E+02	1.10E+02	8.25E-05	5.67E-05	1.84E-05	2.82E-06	2.04E-07	6.99E-09	

X(m)	(s)	(s)	BBC(m)	Y/BBC = 0.0	Y/BBC = 0.5	Y/BBC = 1.0	Y/BBC = 1.5	Y/BBC = 2.0	Y/BBC = 2.5
2.30E+02	3.00E+02	4.80E+02	1.26E+02	7.21E-05	4.95E-05	1.61E-05	2.47E-06	1.79E-07	6.11E-09
2.68E+02	3.10E+02	4.80E+02	1.44E+02	6.06E-05	4.17E-05	1.35E-05	2.07E-06	1.50E-07	5.14E-09
3.12E+02	3.22E+02	4.80E+02	1.64E+02	4.95E-05	3.40E-05	1.10E-05	1.69E-06	1.23E-07	4.20E-09
3.64E+02	3.35E+02	4.80E+02	1.88E+02	3.95E-05	2.71E-05	8.81E-06	1.35E-06	9.79E-08	3.35E-09
4.24E+02	3.51E+02	4.80E+02	2.14E+02	3.10E-05	2.13E-05	6.91E-06	1.08E-06	7.88E-08	2.63E-09
4.94E+02	3.69E+02	4.80E+02	2.44E+02	2.40E-05	1.65E-05	5.36E-06	8.22E-07	5.95E-08	2.04E-09
5.78E+02	3.91E+02	4.80E+02	2.78E+02	1.85E-05	1.27E-05	4.12E-06	6.31E-07	4.57E-08	1.57E-09
6.72E+02	4.16E+02	4.80E+02	3.17E+02	1.41E-05	9.69E-06	3.14E-06	4.82E-07	3.49E-08	1.20E-09
7.84E+02	4.46E+02	4.80E+02	3.60E+02	1.07E-05	7.37E-06	2.39E-06	3.67E-07	2.66E-08	9.10E-10
9.15E+02	4.80E+02	4.80E+02	4.10E+02	8.14E-06	5.59E-06	1.82E-06	2.78E-07	2.02E-08	6.90E-10
1.07E+03	5.22E+02	4.80E+02	4.68E+02	6.04E-06	4.15E-06	1.35E-06	2.07E-07	1.50E-08	5.12E-10
1.25E+03	5.72E+02	5.00E+02	5.35E+02	4.47E-06	3.07E-06	9.97E-07	1.53E-07	1.11E-08	3.79E-10
1.47E+03	6.29E+02	5.13E+02	6.13E+02	3.29E-06	2.26E-06	7.35E-07	1.13E-07	8.17E-09	2.79E-10
1.73E+03	6.97E+02	5.29E+02	7.04E+02	2.43E-06	1.67E-06	5.41E-07	8.30E-08	6.01E-09	2.06E-10

**CONCENTRACION EN VOLUMEN PROMEDIADO EN EL TIEMPO (TIEMPO = 3600. seg):
MÁXIMA CONCENTRACION (FRACCION DE VOLUMEN) EN LA LINEA CENTRAL**

Distancia viento abajo X(m)	Altura Z(m)	Máxima concentración C(X,0,Z)	Tiempo de máx. conc. (s)	Duración de la nube (s)
1.00E+00	2.50E+00	2.05E-01	2.40E+02	4.80E+02
1.61E+00	2.47E+01	5.90E-02	2.40E+02	4.80E+02
2.22E+00	3.30E+01	1.79E-02	2.40E+02	4.80E+02
2.82E+00	3.88E+01	8.26E-03	2.40E+02	4.80E+02
3.43E+00	4.32E+01	4.71E-03	2.41E+02	4.80E+02
4.04E+00	4.65E+01	3.04E-03	2.41E+02	4.80E+02
4.65E+00	4.91E+01	2.12E-03	2.41E+02	4.80E+02
5.26E+00	5.10E+01	1.56E-03	2.41E+02	4.80E+02
5.87E+00	5.23E+01	1.20E-03	2.41E+02	4.80E+02
6.47E+00	5.31E+01	9.45E-04	2.41E+02	4.80E+02
7.08E+00	5.33E+01	7.66E-04	2.42E+02	4.80E+02
7.20E+00	5.33E+01	7.64E-04	2.42E+02	4.80E+02
7.34E+00	5.33E+01	7.62E-04	2.42E+02	4.80E+02
7.50E+00	5.33E+01	7.59E-04	2.42E+02	4.80E+02
7.69E+00	5.33E+01	7.56E-04	2.42E+02	4.80E+02
7.92E+00	5.33E+01	7.52E-04	2.42E+02	4.80E+02
8.18E+00	5.33E+01	7.47E-04	2.42E+02	4.80E+02
8.48E+00	5.33E+01	7.42E-04	2.42E+02	4.80E+02
8.83E+00	5.33E+01	7.36E-04	2.42E+02	4.80E+02
9.25E+00	5.33E+01	7.30E-04	2.42E+02	4.80E+02
9.73E+00	5.33E+01	7.22E-04	2.42E+02	4.80E+02
1.03E+01	5.33E+01	7.13E-04	2.42E+02	4.80E+02
1.10E+01	5.33E+01	7.02E-04	2.43E+02	4.80E+02
1.17E+01	5.33E+01	6.90E-04	2.43E+02	4.80E+02
1.26E+01	5.32E+01	6.77E-04	2.43E+02	4.80E+02
1.37E+01	5.32E+01	6.62E-04	2.43E+02	4.80E+02
1.49E+01	5.32E+01	6.44E-04	2.44E+02	4.80E+02
1.64E+01	5.31E+01	6.25E-04	2.44E+02	4.80E+02
1.80E+01	5.30E+01	6.03E-04	2.44E+02	4.80E+02
2.00E+01	5.29E+01	5.79E-04	2.45E+02	4.80E+02
2.23E+01	5.28E+01	5.52E-04	2.46E+02	4.80E+02
2.50E+01	5.26E+01	5.23E-04	2.46E+02	4.80E+02
2.81E+01	5.23E+01	4.92E-04	2.47E+02	4.80E+02
3.18E+01	5.20E+01	4.58E-04	2.48E+02	4.80E+02
3.60E+01	5.15E+01	4.23E-04	2.49E+02	4.80E+02
4.10E+01	5.10E+01	3.86E-04	2.51E+02	4.80E+02
4.68E+01	5.03E+01	3.49E-04	2.52E+02	4.80E+02
5.37E+01	4.94E+01	3.12E-04	2.54E+02	4.80E+02
6.16E+01	4.84E+01	2.76E-04	2.56E+02	4.80E+02
7.09E+01	4.71E+01	2.41E-04	2.58E+02	4.80E+02
8.18E+01	4.55E+01	2.08E-04	2.61E+02	4.80E+02
9.45E+01	4.34E+01	1.78E-04	2.65E+02	4.80E+02
1.09E+02	4.08E+01	1.49E-04	2.68E+02	4.80E+02
1.27E+02	3.72E+01	1.23E-04	2.73E+02	4.80E+02
1.47E+02	3.12E+01	1.03E-04	2.78E+02	4.80E+02
1.71E+02	1.66E+01	9.04E-05	2.85E+02	4.80E+02
1.98E+02	0.00E+00	8.25E-05	2.92E+02	4.80E+02
2.30E+02	0.00E+00	7.21E-05	3.00E+02	4.80E+02

Distancia viento abajo X(m)	Altura Z(m)	Máxima concentración C(X,0,Z)	Tiempo de máx. conc. (s)	Duración de la nube (s)
2.68E+02	0.00E+00	6.06E-05	3.10E+02	4.80E+02
3.12E+02	0.00E+00	4.95E-05	3.22E+02	4.80E+02
3.64E+02	0.00E+00	3.95E-05	3.35E+02	4.80E+02
4.24E+02	0.00E+00	3.10E-05	3.51E+02	4.80E+02
4.94E+02	0.00E+00	2.40E-05	3.69E+02	4.80E+02
5.76E+02	0.00E+00	1.85E-05	3.91E+02	4.80E+02
6.72E+02	0.00E+00	1.41E-05	4.16E+02	4.80E+02
7.84E+02	0.00E+00	1.07E-05	4.46E+02	4.80E+02
9.15E+02	0.00E+00	8.14E-06	4.80E+02	4.80E+02
1.07E+03	0.00E+00	6.04E-06	5.22E+02	4.89E+02
1.25E+03	0.00E+00	4.47E-06	5.72E+02	5.00E+02
1.47E+03	0.00E+00	3.29E-06	6.29E+02	5.13E+02
1.73E+03	0.00E+00	2.43E-06	6.97E+02	5.29E+02

Productora y comercializadora de alimentos.



Modelos Atmosféricos para

SIMULACION DE CONTAMINACION Y RIESGOS EN INDUSTRIAS

DATOS DE LA SUSTANCIA						
Nombre	AMONIACO (AMMONIA)			Sinónimos		
No. CAS	7884-41-7			AMMONIA, ANHYDROUS		
Nombre CAS	AMMONIA			AMMONIA, GAS		
Nombre IUPAC	AMMONIA			REFRIGERANT 717		
Familia	BASES INORGÁNICAS (INORGANIC BASES)			SPIRIT OF HARTSHORN		
Subfamilia	()					
Fórmula	H3N					
Estructura	NH3					
PROPIEDADES DEL GAS DE EMISIÓN			CARACTERÍSTICAS DE LA EMISIÓN			
Peso molecular del gas fuente (kg/mol)	wms	0.0170	Sustancia emitida	AMONIACO		
Capacidad calorífica del vapor a presión constante (J/kg- K)	cps	2087.68	Tipo de emisión	Emisión de chorro horizontal		
Temperatura del gas fuente (K)	ts	240.0	Tasa de emisión de la masa fuente (kg/s)	qs	0.42	
Densidad del gas fuente (kg/m3)	rhos	0.87	Duración de la fuente continua (s)	tsd	240	
Temperatura del punto de ebullición (K)	tbp	239.7	Masa de la fuente continua (kg)	qtcs	100.80	
Fracción de masa del líquido	cmedo	0.85	Masa de la fuente instantánea (kg)	qtls	0.00	
Capacidad calorífica del líquido (J/kg- K)	cpsl	4474.40	Area de la fuente (m2)	as	0.00008	
Calor de vaporización (J/kg)	dhe	1369801.81	Velocidad del vapor vertical (m/s)	ws	0.00	
Densidad del líquido fuente (kg/m3)	rhosl	681.76	Ancho medio de la fuente (m)	bs	0.00	
Constante de presión de saturación	spa	10.31	Altura de la fuente (m)	hs	2.00	
Constante de presión de saturación	spb	2132.52	Velocidad del vapor horizontal (m/s)	us	916.12	
Constante de presión de saturación	spc	- 32.98				
PARÁMETROS DE CAMPO			PROPIEDADES METEOROLÓGICAS AMBIENTALES			
Tiempo promedio de concentración (s)	tav	3600	Peso molecular del aire ambiental (kg)	wmae	0.03	
Altura de capa de mezclado (m)	hmx	1040.00	Capacidad calorífica del aire a presión constante (J/kg- K)	cpaa	1013.14	
Distancia máxima viento abajo (m)	xffm	2000.00	Densidad del aire ambiental (kg/m3)	rhoa	1.21	
	zp(1)	0.00	Altura de medición ambiental (m)	za	10.00	
	zp(2)	0.00	Presión atmosférica ambiental	pa	101325.00	
	zp(3)	0.00	Velocidad del viento ambiental (m/s)	ua	2.10	
Altura de medida de concentración (m)	zp(4)	0.00	Temperatura ambiental (K)	ta	291.2	
	Parámetros Adicionales		Humedad relativa (%)	rh	66	
	Multiplicador de subpaso	ncalc	1	Velocidad de fricción ambiental (m/s)	ustr	0.34
	Número de subpasos de cálculo	nssm	3	Valor de estabilidad atmosférica	stab	4
Aceleración de la gravedad (m/s2)	grav	9.81	Longitud inversa de Monin-Obukhov (1/m)	ala	0.000	
Constante de los gases (J/mol- K)	rr	8.3143	Altura de rugosidad de superficie (m)	z0	0.80	
Constante de Von Karman	xk	0.4100				

PARAMETROS DE LA NUBE INSTANTANEA PROMEDIADOS ESPACIALMENTE

x - Distancia viento abajo (m)	zc - Altura del centro de perfil (m)	h - Altura de la nube (m)	bb - Ancho medio de la nube (m)	b - Parámetro de ancho medio (m)	bbx - Longitud media de la nube (m)	bx - Parámetro de longitud media (m)	cv - Fracción del volumen de emisión	rho - Densidad (kg/m3)	t - Temperatura (K)	u - Velocidad de la nube viento abajo (m/s)	ua - Velocidad del viento promediado con la altura (m/s)
1.00E+00	2.00E+00	8.94E-03	4.47E-03	4.02E-03	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+00	5.73E+00	2.40E+02	9.16E+02	3.84E-01
1.02E+00	2.00E+00	1.20E-02	6.00E-03	5.09E-03	1.75E-02	1.75E-02	9.34E-01	4.03E+00	2.33E+02	8.12E+02	3.84E-01
1.04E+00	2.00E+00	1.71E-02	8.54E-03	6.57E-03	3.81E-02	3.81E-02	8.28E-01	2.96E+00	2.27E+02	6.61E+02	3.85E-01
1.06E+00	2.00E+00	2.52E-02	1.26E-02	8.47E-03	6.25E-02	6.25E-02	6.87E-01	2.36E+00	2.21E+02	4.97E+02	3.86E-01
1.09E+00	2.00E+00	3.73E-02	1.86E-02	1.07E-02	9.12E-02	9.12E-02	5.47E-01	2.03E+00	2.17E+02	3.58E+02	3.87E-01
1.13E+00	2.00E+00	5.38E-02	2.69E-02	1.32E-02	1.25E-01	1.25E-01	4.28E-01	1.86E+00	2.14E+02	2.57E+02	3.88E-01
1.17E+00	2.00E+00	7.51E-02	3.75E-02	1.58E-02	1.65E-01	1.65E-01	3.32E-01	1.78E+00	2.11E+02	1.87E+02	3.90E-01
1.22E+00	2.00E+00	1.02E-01	5.09E-02	1.86E-02	2.12E-01	2.12E-01	2.60E-01	1.70E+00	2.10E+02	1.39E+02	3.93E-01
1.27E+00	2.00E+00	1.34E-01	6.72E-02	2.16E-02	2.68E-01	2.68E-01	2.06E-01	1.66E+00	2.08E+02	1.06E+02	3.96E-01
1.34E+00	2.00E+00	1.74E-01	8.67E-02	2.47E-02	3.33E-01	3.33E-01	1.65E-01	1.63E+00	2.08E+02	8.18E+01	4.00E-01
1.42E+00	2.00E+00	2.23E-01	1.12E-01	2.83E-02	4.10E-01	4.10E-01	1.34E-01	1.57E+00	2.14E+02	6.42E+01	4.05E-01
1.51E+00	2.00E+00	2.93E-01	1.47E-01	3.30E-02	5.01E-01	5.01E-01	1.07E-01	1.46E+00	2.32E+02	5.03E+01	4.11E-01
1.62E+00	2.00E+00	3.82E-01	1.91E-01	3.82E-02	6.09E-01	6.09E-01	8.61E-02	1.39E+00	2.47E+02	3.94E+01	4.20E-01
1.75E+00	2.00E+00	4.90E-01	2.45E-01	4.38E-02	7.36E-01	7.36E-01	6.92E-02	1.34E+00	2.58E+02	3.10E+01	4.30E-01
1.91E+00	2.00E+00	6.20E-01	3.10E-01	4.96E-02	8.85E-01	8.85E-01	5.61E-02	1.31E+00	2.65E+02	2.46E+01	4.43E-01
2.09E+00	2.00E+00	7.73E-01	3.86E-01	5.56E-02	1.06E+00	1.06E+00	4.58E-02	1.29E+00	2.70E+02	1.98E+01	4.57E-01
2.30E+00	2.00E+00	9.52E-01	4.76E-01	6.19E-02	1.27E+00	1.27E+00	3.78E-02	1.27E+00	2.74E+02	1.61E+01	4.74E-01
2.55E+00	2.00E+00	1.16E+00	5.78E-01	6.84E-02	1.51E+00	1.51E+00	3.14E-02	1.26E+00	2.77E+02	1.33E+01	4.93E-01
2.85E+00	2.00E+00	1.39E+00	6.96E-01	7.51E-02	1.80E+00	1.80E+00	2.63E-02	1.25E+00	2.79E+02	1.10E+01	5.15E-01
3.20E+00	2.00E+00	1.66E+00	8.31E-01	8.21E-02	2.15E+00	2.15E+00	2.21E-02	1.25E+00	2.80E+02	9.24E+00	5.39E-01
3.61E+00	2.00E+00	1.97E+00	9.83E-01	8.92E-02	2.55E+00	2.55E+00	1.88E-02	1.24E+00	2.81E+02	7.82E+00	5.66E-01
4.10E+00	1.99E+00	2.31E+00	1.15E+00	9.65E-02	3.02E+00	3.02E+00	1.60E-02	1.24E+00	2.82E+02	6.68E+00	5.96E-01
4.68E+00	1.99E+00	2.69E+00	1.35E+00	1.04E-01	3.58E+00	3.58E+00	1.37E-02	1.23E+00	2.83E+02	5.75E+00	6.28E-01
5.35E+00	1.98E+00	3.12E+00	1.56E+00	1.12E-01	4.24E+00	4.24E+00	1.18E-02	1.23E+00	2.84E+02	5.00E+00	6.62E-01
6.15E+00	1.96E+00	3.60E+00	1.80E+00	1.19E-01	5.02E+00	5.02E+00	1.02E-02	1.23E+00	2.84E+02	4.38E+00	6.97E-01
7.09E+00	1.93E+00	4.14E+00	2.07E+00	1.28E-01	5.94E+00	5.94E+00	8.78E-03	1.23E+00	2.85E+02	3.83E+00	7.55E-01
8.21E+00	1.89E+00	4.84E+00	2.42E+00	1.41E-01	7.02E+00	7.02E+00	7.47E-03	1.22E+00	2.86E+02	3.30E+00	8.54E-01
9.52E+00	1.82E+00	5.47E+00	2.79E+00	1.53E-01	8.30E+00	8.30E+00	6.48E-03	1.22E+00	2.87E+02	2.93E+00	9.34E-01
1.11E+01	1.73E+00	6.01E+00	3.22E+00	1.68E-01	9.81E+00	9.81E+00	5.67E-03	1.22E+00	2.87E+02	2.65E+00	9.97E-01
1.29E+01	1.62E+00	6.44E+00	3.75E+00	1.86E-01	1.16E+01	1.16E+01	4.99E-03	1.22E+00	2.88E+02	2.42E+00	1.05E+00
1.50E+01	1.49E+00	6.79E+00	4.40E+00	2.10E-01	1.37E+01	1.37E+01	4.39E-03	1.21E+00	2.88E+02	2.22E+00	1.08E+00
1.76E+01	1.35E+00	7.08E+00	5.21E+00	2.38E-01	1.62E+01	1.62E+01	3.88E-03	1.21E+00	2.89E+02	2.05E+00	1.11E+00
2.06E+01	1.20E+00	7.34E+00	6.20E+00	2.73E-01	1.91E+01	1.91E+01	3.38E-03	1.21E+00	2.89E+02	1.91E+00	1.14E+00
2.41E+01	1.06E+00	7.56E+00	7.41E+00	3.15E-01	2.25E+01	2.25E+01	2.94E-03	1.21E+00	2.90E+02	1.78E+00	1.16E+00
2.83E+01	9.25E-01	7.80E+00	8.87E+00	3.65E-01	2.66E+01	2.66E+01	2.54E-03	1.21E+00	2.90E+02	1.67E+00	1.18E+00
3.32E+01	8.06E-01	8.07E+00	1.06E+01	4.23E-01	3.14E+01	3.14E+01	2.17E-03	1.21E+00	2.90E+02	1.59E+00	1.20E+00
3.90E+01	7.04E-01	8.39E+00	1.25E+01	4.88E-01	3.70E+01	3.70E+01	1.83E-03	1.21E+00	2.90E+02	1.53E+00	1.23E+00
4.58E+01	6.17E-01	8.78E+00	1.47E+01	5.58E-01	4.37E+01	4.37E+01	1.53E-03	1.21E+00	2.90E+02	1.49E+00	1.27E+00
5.39E+01	5.45E-01	9.26E+00	1.71E+01	6.33E-01	5.15E+01	5.15E+01	1.27E-03	1.21E+00	2.91E+02	1.47E+00	1.30E+00
6.34E+01	4.86E-01	9.83E+00	1.97E+01	7.09E-01	6.08E+01	6.08E+01	1.04E-03	1.21E+00	2.91E+02	1.47E+00	1.35E+00
7.46E+01	4.39E-01	1.05E+01	2.23E+01	7.85E-01	7.17E+01	7.17E+01	8.44E-04	1.21E+00	2.91E+02	1.48E+00	1.40E+00
8.78E+01	4.00E-01	1.14E+01	2.51E+01	8.59E-01	8.46E+01	8.46E+01	6.81E-04	1.21E+00	2.91E+02	1.51E+00	1.45E+00
1.03E+02	3.69E-01	1.23E+01	2.80E+01	9.29E-01	9.98E+01	9.98E+01	5.47E-04	1.21E+00	2.91E+02	1.56E+00	1.52E+00
1.22E+02	3.44E-01	1.35E+01	3.09E+01	9.95E-01	1.18E+02	1.18E+02	4.38E-04	1.21E+00	2.91E+02	1.61E+00	1.58E+00

x - Distancia viento abajo (m)	zo - Altura del centro de perfil (m)	h - Altura de la nube (m)	bb - Ancho medio de la nube (m)	b - Parámetro de ancho medio (m)	bbx - Longitud media de la nube (m)	bx - Parámetro de longitud media (m)	cv - Fracción del volumen de emisión	rho - Densidad (kg/m ³)	t - Temperatura (K)	u - Velocidad de la nube viento abajo (m/s)	ua - Velocidad del viento promediado con la altura (m/s)
1.43E+02	3.23E-01	1.48E+01	3.39E+01	1.08E+00	1.39E+02	1.39E+02	3.50E-04	1.21E+00	2.91E+02	1.88E+00	1.88E+00
1.69E+02	3.06E-01	1.63E+01	3.70E+01	1.11E+00	1.64E+02	1.64E+02	2.79E-04	1.21E+00	2.91E+02	1.75E+00	1.73E+00
1.99E+02	2.91E-01	1.81E+01	4.02E+01	1.16E+00	1.93E+02	1.93E+02	2.23E-04	1.21E+00	2.91E+02	1.82E+00	1.81E+00
2.35E+02	2.79E-01	2.01E+01	4.35E+01	1.20E+00	2.28E+02	2.28E+02	1.78E-04	1.21E+00	2.91E+02	1.90E+00	1.89E+00
2.78E+02	2.69E-01	2.31E+01	4.72E+01	1.25E+00	2.45E+02	2.28E+02	1.32E-04	1.21E+00	2.91E+02	2.01E+00	2.00E+00
3.32E+02	2.60E-01	2.67E+01	5.13E+01	1.29E+00	2.66E+02	2.28E+02	9.69E-05	1.21E+00	2.91E+02	2.12E+00	2.12E+00
3.99E+02	2.53E-01	3.09E+01	5.59E+01	1.32E+00	2.90E+02	2.29E+02	7.05E-05	1.21E+00	2.91E+02	2.23E+00	2.23E+00
4.82E+02	2.48E-01	3.57E+01	6.10E+01	1.35E+00	3.19E+02	2.29E+02	5.07E-05	1.21E+00	2.91E+02	2.35E+00	2.35E+00
5.85E+02	2.43E-01	4.13E+01	6.69E+01	1.38E+00	3.54E+02	2.29E+02	3.61E-05	1.21E+00	2.91E+02	2.46E+00	2.46E+00
7.12E+02	2.40E-01	4.78E+01	7.38E+01	1.40E+00	3.95E+02	2.29E+02	2.54E-05	1.21E+00	2.91E+02	2.58E+00	2.58E+00
8.69E+02	2.37E-01	5.53E+01	8.14E+01	1.41E+00	4.44E+02	2.29E+02	1.77E-05	1.21E+00	2.91E+02	2.69E+00	2.69E+00
1.06E+03	2.35E-01	6.39E+01	9.05E+01	1.42E+00	5.01E+02	2.29E+02	1.22E-05	1.21E+00	2.91E+02	2.81E+00	2.81E+00
1.30E+03	2.33E-01	7.37E+01	1.01E+02	1.43E+00	5.69E+02	2.29E+02	8.33E-06	1.21E+00	2.91E+02	2.92E+00	2.92E+00
1.59E+03	2.32E-01	8.50E+01	1.14E+02	1.44E+00	6.49E+02	2.29E+02	5.64E-06	1.21E+00	2.91E+02	3.04E+00	3.04E+00
1.95E+03	2.31E-01	9.79E+01	1.28E+02	1.45E+00	7.44E+02	2.29E+02	3.79E-06	1.21E+00	2.91E+02	3.15E+00	3.15E+00
2.38E+03	2.30E-01	1.13E+02	1.45E+02	1.45E+00	8.56E+02	2.29E+02	2.53E-06	1.21E+00	2.91E+02	3.26E+00	3.26E+00
2.91E+03	2.30E-01	1.29E+02	1.64E+02	1.45E+00	9.87E+02	2.29E+02	1.68E-06	1.21E+00	2.91E+02	3.36E+00	3.36E+00

x - Distancia viento abajo (m)	cm - Fracción de la masa de emisión	cmv - Fracción de la masa del vapor de emisión	cmda - Fracción de la masa del aire seco	cmw - Fracción de la masa de agua	cmwv - Fracción de la masa del vapor de agua	wc - Velocidad del flujo por gravedad en dirección Z (m/s)	vg - Velocidad del flujo por gravedad en dirección Y (m/s)	ug - Velocidad del flujo por gravedad en dirección X (m/s)	w - Velocidad de entrada Vertical (m/s)	v - Velocidad de entrada horizontal perpendicular a la dirección del viento (m/s)	vx - Velocidad de entrada horizontal en la dirección del viento (m/s)
1.00E+00	1.00E+00	1.50E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.92E+01	1.88E+01	0.00E+00
1.02E+00	8.93E-01	1.57E-01	1.06E-01	9.28E-04	4.45E-05	-1.42E-04	0.00E+00	0.00E+00	1.04E+02	2.11E+01	3.57E-01
1.04E+00	7.37E-01	1.55E-01	2.61E-01	2.28E-03	3.19E-05	-2.83E-04	0.00E+00	0.00E+00	1.15E+02	2.34E+01	3.57E-01
1.06E+00	5.65E-01	1.44E-01	4.31E-01	3.77E-03	2.22E-05	-4.18E-04	0.00E+00	0.00E+00	1.08E+02	2.21E+01	3.57E-01
1.09E+00	4.16E-01	1.30E-01	5.79E-01	5.05E-03	1.59E-05	-5.72E-04	0.00E+00	0.00E+00	9.03E+01	1.85E+01	3.57E-01
1.13E+00	3.05E-01	1.18E-01	6.89E-01	6.02E-03	1.21E-05	-7.88E-04	0.00E+00	0.00E+00	7.05E+01	1.45E+01	3.57E-01
1.17E+00	2.27E-01	1.08E-01	7.67E-01	6.89E-03	9.76E-06	-1.12E-03	0.00E+00	0.00E+00	5.39E+01	1.11E+01	3.57E-01
1.22E+00	1.72E-01	1.01E-01	8.21E-01	7.17E-03	8.30E-06	-1.63E-03	0.00E+00	0.00E+00	4.12E+01	8.58E+00	3.58E-01
1.27E+00	1.33E-01	9.58E-02	8.60E-01	7.51E-03	7.34E-06	-2.42E-03	0.00E+00	0.00E+00	3.18E+01	6.67E+00	3.58E-01
1.34E+00	1.05E-01	9.19E-02	8.88E-01	7.75E-03	6.69E-06	-3.60E-03	0.00E+00	0.00E+00	2.47E+01	5.24E+00	3.58E-01
1.42E+00	8.35E-02	8.35E-02	9.09E-01	7.93E-03	1.46E-05	-5.31E-03	0.00E+00	0.00E+00	1.98E+01	4.26E+00	3.59E-01
1.51E+00	6.84E-02	6.84E-02	9.26E-01	8.08E-03	1.13E-04	-7.15E-03	0.00E+00	0.00E+00	1.64E+01	3.58E+00	3.59E-01
1.62E+00	5.27E-02	5.27E-02	9.39E-01	8.20E-03	4.57E-04	-8.98E-03	0.00E+00	0.00E+00	1.32E+01	2.94E+00	3.60E-01
1.75E+00	4.21E-02	4.21E-02	9.50E-01	8.29E-03	1.15E-03	-1.09E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.05E+01	2.39E+00	3.60E-01
1.91E+00	3.39E-02	3.39E-02	9.58E-01	8.38E-03	2.08E-03	-1.31E-02	0.00E+00	0.00E+00	8.26E+00	1.94E+00	3.61E-01
2.09E+00	2.76E-02	2.76E-02	9.64E-01	8.42E-03	3.09E-03	-1.57E-02	0.00E+00	0.00E+00	6.52E+00	1.58E+00	3.62E-01
2.30E+00	2.27E-02	2.27E-02	9.69E-01	8.46E-03	4.06E-03	-1.88E-02	0.00E+00	0.00E+00	5.15E+00	1.29E+00	3.64E-01
2.55E+00	1.88E-02	1.88E-02	9.73E-01	8.49E-03	4.92E-03	-2.28E-02	0.00E+00	0.00E+00	4.09E+00	1.06E+00	3.65E-01
2.85E+00	1.57E-02	1.57E-02	9.76E-01	8.52E-03	5.67E-03	-2.79E-02	0.00E+00	0.00E+00	3.26E+00	8.79E-01	3.66E-01
3.20E+00	1.32E-02	1.32E-02	9.78E-01	8.54E-03	6.32E-03	-3.43E-02	0.00E+00	0.00E+00	2.62E+00	7.32E-01	3.68E-01
3.61E+00	1.12E-02	1.12E-02	9.80E-01	8.56E-03	6.87E-03	-4.25E-02	0.00E+00	0.00E+00	2.11E+00	6.13E-01	3.70E-01

x - Distancia viento abajo (m)	cm - Fracción de la masa de emisión	cmv - Fracción de la masa del vapor de emisión	cmda - Fracción de la masa del aire seco	cmw - Fracción de la masa de agua	cmwv - Fracción de la masa del vapor de agua	wc - Velocidad del flujo por gravedad en dirección Z (m/s)	vg - Velocidad del flujo por gravedad en dirección Y (m/s)	ug - Velocidad del flujo por gravedad en dirección X (m/s)	w - Velocidad de entrada Vertical (m/s)	v - Velocidad de entrada horizontal perpendicular a la dirección del viento (m/s)	vx - Velocidad de entrada horizontal en la dirección del viento (m/s)
4.10E+00	9.53E-03	9.53E-03	9.82E-01	8.57E-03	7.33E-03	-5.29E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.71E+00	5.16E-01	3.72E-01
4.68E+00	8.15E-03	8.15E-03	9.83E-01	8.59E-03	7.73E-03	-6.61E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.39E+00	4.36E-01	3.74E-01
5.35E+00	7.00E-03	7.00E-03	9.84E-01	8.60E-03	8.07E-03	-8.28E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.15E+00	3.69E-01	3.76E-01
6.15E+00	6.03E-03	6.03E-03	9.85E-01	8.60E-03	8.35E-03	-1.04E-01	0.00E+00	0.00E+00	9.52E-01	3.15E-01	3.78E-01
7.09E+00	5.21E-03	5.21E-03	9.86E-01	8.61E-03	8.61E-03	-1.35E-01	1.44E-01	0.00E+00	1.08E+00	2.63E-01	3.81E-01
8.21E+00	4.43E-03	4.43E-03	9.87E-01	8.62E-03	8.62E-03	-1.51E-01	1.93E-01	0.00E+00	7.47E-01	2.11E-01	3.87E-01
9.52E+00	3.84E-03	3.84E-03	9.88E-01	8.62E-03	8.62E-03	-1.60E-01	2.45E-01	0.00E+00	5.63E-01	1.74E-01	3.91E-01
1.11E+01	3.36E-03	3.36E-03	9.88E-01	8.63E-03	8.63E-03	-1.60E-01	2.97E-01	0.00E+00	4.50E-01	1.46E-01	3.93E-01
1.29E+01	2.96E-03	2.96E-03	9.88E-01	8.63E-03	8.63E-03	-1.50E-01	3.46E-01	0.00E+00	3.75E-01	1.23E-01	3.95E-01
1.50E+01	2.60E-03	2.60E-03	9.89E-01	8.63E-03	8.63E-03	-1.31E-01	3.88E-01	0.00E+00	3.22E-01	1.04E-01	3.95E-01
1.76E+01	2.28E-03	2.28E-03	9.89E-01	8.64E-03	8.64E-03	-1.09E-01	4.21E-01	0.00E+00	2.82E-01	8.88E-02	3.94E-01
2.06E+01	2.00E-03	2.00E-03	9.89E-01	8.64E-03	8.64E-03	-8.57E-02	4.42E-01	0.00E+00	2.51E-01	7.58E-02	3.93E-01
2.41E+01	1.74E-03	1.74E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-8.44E-02	4.51E-01	0.00E+00	2.26E-01	6.51E-02	3.92E-01
2.83E+01	1.50E-03	1.50E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	-4.67E-02	4.48E-01	0.00E+00	2.05E-01	5.66E-02	3.92E-01
3.32E+01	1.28E-03	1.28E-03	9.90E-01	8.65E-03	8.65E-03	-3.30E-02	4.33E-01	0.00E+00	1.88E-01	5.03E-02	3.91E-01
3.90E+01	1.08E-03	1.08E-03	9.90E-01	8.65E-03	8.65E-03	-2.30E-02	4.09E-01	0.00E+00	1.73E-01	4.61E-02	3.92E-01
4.58E+01	9.07E-04	9.07E-04	9.90E-01	8.65E-03	8.65E-03	-1.58E-02	3.77E-01	0.00E+00	1.61E-01	4.35E-02	3.93E-01
5.39E+01	7.50E-04	7.50E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	-1.09E-02	3.41E-01	0.00E+00	1.52E-01	4.24E-02	3.96E-01
6.34E+01	6.15E-04	6.15E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	-7.50E-03	3.03E-01	0.00E+00	1.44E-01	4.22E-02	3.99E-01
7.46E+01	4.99E-04	4.99E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	-5.20E-03	2.65E-01	0.00E+00	1.37E-01	4.28E-02	4.03E-01
8.78E+01	4.03E-04	4.03E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	-3.65E-03	2.29E-01	0.00E+00	1.31E-01	4.38E-02	4.08E-01
1.03E+02	3.24E-04	3.24E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	-2.59E-03	1.98E-01	0.00E+00	1.25E-01	4.50E-02	4.13E-01
1.22E+02	2.59E-04	2.59E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	-1.86E-03	1.67E-01	0.00E+00	1.21E-01	4.65E-02	4.18E-01
1.43E+02	2.07E-04	2.07E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	-1.35E-03	1.42E-01	0.00E+00	1.16E-01	4.81E-02	4.23E-01
1.69E+02	1.65E-04	1.65E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	-9.88E-04	1.20E-01	0.00E+00	1.12E-01	4.98E-02	4.29E-01
1.99E+02	1.32E-04	1.32E-04	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-7.30E-04	1.01E-01	0.00E+00	1.08E-01	5.15E-02	4.34E-01
2.35E+02	1.05E-04	1.05E-04	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-5.45E-04	8.48E-02	1.62E-02	1.04E-01	5.33E-02	4.39E-01
2.78E+02	7.80E-05	7.80E-05	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-3.92E-04	6.64E-02	1.27E-02	9.94E-02	5.58E-02	4.47E-01
3.32E+02	5.73E-05	5.73E-05	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-2.72E-04	5.16E-02	9.87E-03	9.50E-02	5.83E-02	4.53E-01
3.99E+02	4.17E-05	4.17E-05	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-1.87E-04	3.98E-02	7.62E-03	9.09E-02	6.06E-02	4.58E-01
4.82E+02	3.00E-05	3.00E-05	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-1.28E-04	3.04E-02	5.82E-03	8.70E-02	6.28E-02	4.62E-01
5.85E+02	2.13E-05	2.13E-05	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-8.66E-05	2.30E-02	4.40E-03	8.34E-02	6.47E-02	4.65E-01
7.12E+02	1.50E-05	1.50E-05	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-5.78E-05	1.71E-02	3.28E-03	8.00E-02	6.65E-02	4.68E-01
8.69E+02	1.05E-05	1.05E-05	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-3.81E-05	1.26E-02	2.41E-03	7.67E-02	6.80E-02	4.71E-01
1.06E+03	7.21E-06	7.21E-06	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-2.46E-05	9.18E-03	1.75E-03	7.36E-02	6.92E-02	4.73E-01
1.30E+03	4.92E-06	4.92E-06	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-1.57E-05	6.58E-03	1.25E-03	7.07E-02	7.00E-02	4.74E-01
1.59E+03	3.33E-06	3.33E-06	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-9.78E-06	4.64E-03	8.78E-04	6.78E-02	7.04E-02	4.74E-01
1.95E+03	2.24E-06	2.24E-06	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-5.99E-06	3.21E-03	6.07E-04	6.51E-02	7.04E-02	4.74E-01
2.38E+03	1.50E-06	1.50E-06	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	-3.58E-06	2.18E-03	4.12E-04	6.24E-02	6.99E-02	4.74E-01
2.91E+03	9.96E-07	9.96E-07	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	3.29E-06	0.00E+00	0.00E+00	5.97E-02	6.91E-02	4.73E-01

**PARAMETROS DEL CONTORNO DE CONCENTRACION
CONCENTRACION EN VOLUMEN PROMEDIADO EN EL TIEMPO (TIEMPO =3600 SEG)**

$$c(x,y,z,t) = cc(x) * (erf(xa)-erf(xb)) * (erf(ya)-erf(yb)) * (exp(-za^2za)+exp(-zb^2zb))$$

c(x,y,z,t) = concentración (fracción de volumen) en (x,y,z,t)

- x = distancia viento abajo (m)
- y = distancia horizontal perpendicular al viento (m)
- z = altura (m)
- t = tiempo (s)

erf = función de error

$$xa = (x-xc+bx)/(sr2*betax)$$

$$xb = (x-xc-bx)/(sr2*betax)$$

$$ya = (y-b)/(sr2*betay)$$

$$yb = (y-b)/(sr2*betay)$$

exp = función exponencial

$$za = (z-zc)/(sr2*sig)$$

$$zb = (z-zc)/(sr2*sig)$$

sr2 = raíz cuadrada de 2.0

x	cc(x)	b(x)	betax(x)	zc(x)	sig(x)	t	xc(t)	bx(t)	betax(t)
1.00E+00	0.00E+00	4.02E-03	1.13E-03	2.00E+00	2.58E-03	0.00E+00	1.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1.02E+00	3.80E-01	5.09E-03	1.83E-03	2.00E+00	3.46E-03	3.94E-05	1.02E+00	1.75E-02	1.43E-04
1.04E+00	3.71E-01	6.57E-03	3.15E-03	2.00E+00	4.93E-03	9.70E-05	1.04E+00	3.81E-02	3.11E-04
1.06E+00	3.63E-01	8.47E-03	5.38E-03	2.00E+00	7.28E-03	1.84E-04	1.06E+00	6.25E-02	5.10E-04
1.09E+00	3.28E-01	1.07E-02	8.79E-03	2.00E+00	1.08E-02	3.25E-04	1.09E+00	9.12E-02	7.44E-04
1.13E+00	3.00E-01	1.32E-02	1.35E-02	2.00E+00	1.55E-02	5.56E-04	1.13E+00	1.25E-01	1.02E-03
1.17E+00	2.72E-01	1.58E-02	1.97E-02	2.00E+00	2.17E-02	9.34E-04	1.17E+00	1.65E-01	1.35E-03
1.22E+00	2.45E-01	1.86E-02	2.73E-02	2.00E+00	2.94E-02	1.54E-03	1.22E+00	2.12E-01	1.73E-03
1.27E+00	2.22E-01	2.16E-02	3.67E-02	2.00E+00	3.88E-02	2.49E-03	1.27E+00	2.68E-01	2.18E-03
1.34E+00	2.01E-01	2.47E-02	4.80E-02	2.00E+00	5.01E-02	3.94E-03	1.34E+00	3.33E-01	2.72E-03
1.42E+00	1.82E-01	2.83E-02	6.23E-02	2.00E+00	6.45E-02	6.15E-03	1.42E+00	4.10E-01	3.35E-03
1.51E+00	1.65E-01	3.30E-02	8.24E-02	2.00E+00	8.47E-02	9.45E-03	1.51E+00	5.01E-01	4.09E-03
1.62E+00	1.49E-01	3.82E-02	1.08E-01	2.00E+00	1.10E-01	1.44E-02	1.62E+00	6.09E-01	4.97E-03
1.75E+00	1.34E-01	4.38E-02	1.39E-01	2.00E+00	1.42E-01	2.19E-02	1.75E+00	7.36E-01	6.01E-03
1.91E+00	1.21E-01	4.96E-02	1.77E-01	2.00E+00	1.79E-01	3.31E-02	1.91E+00	8.85E-01	7.23E-03
2.09E+00	1.10E-01	5.56E-02	2.21E-01	2.00E+00	2.23E-01	4.96E-02	2.09E+00	1.06E+00	8.67E-03
2.30E+00	1.00E-01	6.19E-02	2.72E-01	2.00E+00	2.75E-01	7.36E-02	2.30E+00	1.27E+00	1.04E-02
2.55E+00	9.17E-02	6.84E-02	3.32E-01	2.00E+00	3.34E-01	1.08E-01	2.55E+00	1.51E+00	1.24E-02
2.85E+00	8.42E-02	7.51E-02	4.00E-01	2.00E+00	4.02E-01	1.58E-01	2.85E+00	1.80E+00	1.47E-02
3.20E+00	7.75E-02	8.21E-02	4.77E-01	2.00E+00	4.80E-01	2.27E-01	3.20E+00	2.15E+00	1.75E-02
3.61E+00	7.15E-02	8.92E-02	5.65E-01	2.00E+00	5.68E-01	3.25E-01	3.61E+00	2.55E+00	2.08E-02
4.10E+00	6.62E-02	9.65E-02	6.64E-01	1.99E+00	6.67E-01	4.60E-01	4.10E+00	3.02E+00	2.47E-02
4.68E+00	6.13E-02	1.04E-01	7.75E-01	1.99E+00	7.78E-01	6.46E-01	4.68E+00	3.58E+00	2.93E-02
5.35E+00	5.69E-02	1.12E-01	8.99E-01	1.98E+00	9.01E-01	9.00E-01	5.35E+00	4.24E+00	3.46E-02
6.15E+00	5.31E-02	1.19E-01	1.04E+00	1.96E+00	1.04E+00	1.24E+00	6.15E+00	5.02E+00	4.10E-02
7.09E+00	4.82E-02	1.28E-01	1.19E+00	1.93E+00	1.27E+00	1.70E+00	7.09E+00	5.94E+00	4.85E-02
8.21E+00	3.85E-02	1.41E-01	1.40E+00	1.89E+00	1.70E+00	2.33E+00	8.21E+00	7.02E+00	5.74E-02
9.52E+00	3.08E-02	1.53E-01	1.61E+00	1.82E+00	2.11E+00	3.18E+00	9.52E+00	8.30E+00	6.78E-02
1.11E+01	2.64E-02	1.68E-01	1.86E+00	1.73E+00	2.47E+00	4.29E+00	1.11E+01	9.81E+00	8.01E-02
1.29E+01	2.32E-02	1.86E-01	2.16E+00	1.62E+00	2.78E+00	5.73E+00	1.29E+01	1.16E+01	9.46E-02

x	cc(x)	b(x)	beta(x)	zc(x)	sig(x)	t	xc(t)	bx(t)	beta(xt)
1.50E+01	2.04E-02	2.10E-01	2.54E+00	1.49E+00	3.08E+00	7.59E+00	1.50E+01	1.37E+01	1.12E-01
1.78E+01	1.81E-02	2.38E-01	3.01E+00	1.35E+00	3.31E+00	9.97E+00	1.78E+01	1.62E+01	1.32E-01
2.06E+01	1.59E-02	2.73E-01	3.58E+00	1.20E+00	3.54E+00	1.30E+01	2.06E+01	1.91E+01	1.56E-01
2.41E+01	1.39E-02	3.15E-01	4.29E+00	1.06E+00	3.76E+00	1.68E+01	2.41E+01	2.25E+01	1.84E-01
2.83E+01	1.21E-02	3.65E-01	5.13E+00	9.25E-01	3.97E+00	2.17E+01	2.83E+01	2.66E+01	2.17E-01
3.32E+01	1.04E-02	4.23E-01	6.12E+00	8.08E-01	4.19E+00	2.77E+01	3.32E+01	3.14E+01	2.56E-01
3.90E+01	8.91E-03	4.88E-01	7.25E+00	7.04E-01	4.44E+00	3.52E+01	3.90E+01	3.70E+01	3.02E-01
4.58E+01	7.54E-03	5.58E-01	8.53E+00	6.17E-01	4.72E+00	4.43E+01	4.58E+01	4.37E+01	3.57E-01
5.39E+01	6.33E-03	6.33E-01	9.93E+00	5.45E-01	5.03E+00	5.52E+01	5.39E+01	5.15E+01	4.21E-01
6.34E+01	5.28E-03	7.09E-01	1.14E+01	4.86E-01	5.39E+00	6.82E+01	6.34E+01	6.08E+01	4.96E-01
7.46E+01	4.38E-03	7.85E-01	1.30E+01	4.39E-01	5.82E+00	8.34E+01	7.46E+01	7.17E+01	5.85E-01
8.78E+01	3.83E-03	8.59E-01	1.47E+01	4.00E-01	6.32E+00	1.01E+02	8.78E+01	8.48E+01	6.91E-01
1.03E+02	3.00E-03	9.29E-01	1.65E+01	3.69E-01	6.90E+00	1.21E+02	1.03E+02	9.98E+01	8.15E-01
1.22E+02	2.48E-03	9.95E-01	1.83E+01	3.44E-01	7.58E+00	1.45E+02	1.22E+02	1.18E+02	9.61E-01
1.43E+02	2.05E-03	1.06E+00	2.02E+01	3.23E-01	8.36E+00	1.71E+02	1.43E+02	1.39E+02	1.13E+00
1.69E+02	1.71E-03	1.11E+00	2.23E+01	3.08E-01	9.25E+00	2.01E+02	1.69E+02	1.64E+02	1.34E+00
1.99E+02	1.43E-03	1.16E+00	2.45E+01	2.91E-01	1.03E+01	2.35E+02	1.99E+02	1.92E+02	1.58E+00
2.35E+02	1.20E-03	1.20E+00	2.69E+01	2.79E-01	1.14E+01	2.73E+02	2.35E+02	2.28E+02	1.86E+00
2.78E+02	1.02E-03	1.25E+00	2.97E+01	2.69E-01	1.32E+01	3.26E+02	2.78E+02	2.78E+02	2.18E+00
3.32E+02	8.74E-04	1.29E+00	3.31E+01	2.60E-01	1.53E+01	3.96E+02	3.32E+02	3.32E+02	2.58E+00
3.99E+02	7.57E-04	1.32E+00	3.71E+01	2.53E-01	1.77E+01	4.87E+02	3.99E+02	3.99E+02	3.03E+00
4.82E+02	6.82E-04	1.35E+00	4.19E+01	2.48E-01	2.05E+01	5.95E+02	4.82E+02	4.82E+02	3.59E+00
5.85E+02	5.84E-04	1.38E+00	4.79E+01	2.43E-01	2.37E+01	7.38E+02	5.85E+02	5.85E+02	4.28E+00
7.12E+02	5.21E-04	1.40E+00	5.52E+01	2.40E-01	2.75E+01	9.14E+02	7.12E+02	7.12E+02	5.04E+00
8.69E+02	4.68E-04	1.41E+00	6.42E+01	2.37E-01	3.18E+01	1.13E+03	8.69E+02	8.69E+02	5.98E+00
1.06E+03	4.24E-04	1.42E+00	7.54E+01	2.35E-01	3.67E+01	1.40E+03	1.06E+03	1.06E+03	7.07E+00
1.30E+03	3.86E-04	1.43E+00	8.92E+01	2.33E-01	4.24E+01	1.73E+03	1.30E+03	1.30E+03	8.31E+00
1.59E+03	3.52E-04	1.44E+00	1.06E+02	2.32E-01	4.90E+01	2.14E+03	1.59E+03	1.59E+03	9.71E+00
1.95E+03	3.22E-04	1.45E+00	1.26E+02	2.31E-01	5.64E+01	2.64E+03	1.95E+03	1.95E+03	1.13E+01
2.38E+03	2.95E-04	1.45E+00	1.51E+02	2.30E-01	6.49E+01	3.24E+03	2.38E+03	2.38E+03	1.32E+01
2.91E+03	2.70E-04	1.45E+00	1.81E+02	2.30E-01	7.46E+01	3.94E+03	2.91E+03	2.91E+03	1.54E+01

CONCENTRACION EN VOLUMEN PROMEDIADO EN EL TIEMPO (TIEMPO =3600.0 seg en el plano z = 0.00)

Distancia viento abajo	Tiempo de Max. Conc.	Duración de nube	Ancho efectivo medio	Concentraciones promediadas (Fracción de volumen) en (X,Y,Z)					
				Y/BBC = 0.0	Y/BBC = 0.5	Y/BBC = 1.0	Y/BBC = 1.5	Y/BBC = 2.0	Y/BBC = 2.5
X(m)	(s)	(s)	BBC(m)						
1.00E+00	1.20E+02	2.40E+02	4.47E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1.02E+00	1.20E+02	2.40E+02	6.00E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1.04E+00	1.20E+02	2.40E+02	8.54E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1.06E+00	1.20E+02	2.40E+02	1.26E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1.09E+00	1.20E+02	2.40E+02	1.86E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1.13E+00	1.20E+02	2.40E+02	2.69E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1.17E+00	1.20E+02	2.40E+02	3.75E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1.22E+00	1.20E+02	2.40E+02	5.09E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1.27E+00	1.20E+02	2.40E+02	6.72E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1.34E+00	1.20E+02	2.40E+02	8.67E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1.42E+00	1.20E+02	2.40E+02	1.12E-01	3.29E-21	2.26E-21	7.35E-21	1.12E-21	8.03E-21	2.67E-21
1.51E+00	1.20E+02	2.40E+02	1.47E-01	2.01E-12	1.38E-12	4.50E-12	6.88E-12	4.94E-12	1.66E-12
1.62E+00	1.20E+02	2.40E+02	1.91E-01	7.65E-74	5.26E-74	1.71E-74	2.62E-75	1.89E-76	6.37E-78
1.75E+00	1.20E+02	2.40E+02	2.45E-01	8.30E-48	5.70E-48	1.85E-48	2.84E-47	2.05E-48	6.96E-50
1.91E+00	1.20E+02	2.40E+02	3.10E-01	1.19E-29	8.15E-30	2.65E-30	4.06E-31	2.93E-32	9.98E-34
2.09E+00	1.21E+02	2.40E+02	3.86E-01	4.39E-20	3.02E-20	9.81E-21	1.50E-21	1.09E-22	3.71E-24
2.30E+00	1.21E+02	2.40E+02	4.76E-01	2.99E-14	2.06E-14	6.68E-15	1.02E-15	7.41E-17	2.53E-18
2.55E+00	1.21E+02	2.40E+02	5.78E-01	1.34E-10	9.21E-11	2.99E-11	4.58E-12	3.32E-13	1.13E-14
2.85E+00	1.21E+02	2.40E+02	6.96E-01	2.91E-08	2.00E-08	6.50E-09	9.96E-10	7.21E-11	2.47E-12
3.20E+00	1.21E+02	2.40E+02	8.31E-01	9.73E-07	6.69E-07	2.17E-07	3.33E-08	2.41E-09	8.25E-11
3.61E+00	1.21E+02	2.40E+02	9.83E-01	9.93E-06	6.83E-06	2.22E-06	3.40E-07	2.46E-08	8.42E-10
4.10E+00	1.22E+02	2.40E+02	1.15E+00	4.70E-05	3.23E-05	1.05E-05	1.61E-06	1.16E-07	3.98E-09
4.68E+00	1.22E+02	2.40E+02	1.35E+00	1.34E-04	9.18E-05	2.98E-05	4.57E-06	3.31E-07	1.13E-08
5.35E+00	1.22E+02	2.40E+02	1.56E+00	2.70E-04	1.86E-04	6.03E-05	9.25E-06	6.70E-07	2.29E-08
6.15E+00	1.23E+02	2.40E+02	1.80E+00	4.34E-04	2.99E-04	9.69E-05	1.49E-05	1.08E-06	3.68E-08
7.09E+00	1.23E+02	2.40E+02	2.07E+00	6.63E-04	4.56E-04	1.48E-04	2.27E-05	1.64E-06	5.63E-08
8.21E+00	1.24E+02	2.40E+02	2.42E+00	8.44E-04	5.80E-04	1.88E-04	2.89E-05	2.09E-06	7.16E-08
9.52E+00	1.24E+02	2.40E+02	2.79E+00	8.51E-04	5.85E-04	1.90E-04	2.91E-05	2.11E-06	7.21E-08
1.11E+01	1.25E+02	2.40E+02	3.22E+00	7.93E-04	5.45E-04	1.77E-04	2.71E-05	1.96E-06	6.72E-08
1.29E+01	1.26E+02	2.40E+02	3.76E+00	7.16E-04	4.92E-04	1.60E-04	2.45E-05	1.77E-06	6.07E-08
1.50E+01	1.27E+02	2.40E+02	4.41E+00	6.35E-04	4.37E-04	1.42E-04	2.17E-05	1.57E-06	5.39E-08
1.76E+01	1.29E+02	2.40E+02	5.22E+00	5.58E-04	3.83E-04	1.24E-04	1.91E-05	1.38E-06	4.73E-08
2.06E+01	1.30E+02	2.40E+02	6.21E+00	4.84E-04	3.33E-04	1.08E-04	1.66E-05	1.20E-06	4.11E-08
2.41E+01	1.32E+02	2.40E+02	7.43E+00	4.17E-04	2.87E-04	9.30E-05	1.43E-05	1.03E-06	3.54E-08
2.83E+01	1.34E+02	2.40E+02	8.90E+00	3.55E-04	2.44E-04	7.93E-05	1.22E-05	8.81E-07	3.01E-08
3.32E+01	1.37E+02	2.40E+02	1.08E+01	3.00E-04	2.06E-04	6.69E-05	1.03E-05	7.43E-07	2.54E-08
3.90E+01	1.39E+02	2.40E+02	1.26E+01	2.50E-04	1.72E-04	5.59E-05	8.57E-06	6.21E-07	2.12E-08
4.58E+01	1.43E+02	2.40E+02	1.48E+01	2.07E-04	1.42E-04	4.62E-05	7.08E-06	5.13E-07	1.76E-08
5.39E+01	1.47E+02	2.40E+02	1.72E+01	1.69E-04	1.16E-04	3.78E-05	5.80E-06	4.20E-07	1.44E-08
6.34E+01	1.52E+02	2.40E+02	1.98E+01	1.37E-04	9.44E-05	3.07E-05	4.70E-06	3.41E-07	1.17E-08
7.46E+01	1.58E+02	2.40E+02	2.28E+01	1.11E-04	7.60E-05	2.47E-05	3.78E-06	2.74E-07	9.38E-09
8.78E+01	1.65E+02	2.40E+02	2.55E+01	8.84E-05	6.07E-05	1.97E-05	3.02E-06	2.19E-07	7.50E-09
1.03E+02	1.73E+02	2.40E+02	2.86E+01	7.03E-05	4.83E-05	1.57E-05	2.41E-06	1.74E-07	5.96E-09
1.22E+02	1.82E+02	2.40E+02	3.17E+01	5.57E-05	3.83E-05	1.24E-05	1.91E-06	1.38E-07	4.72E-09
1.43E+02	1.93E+02	2.40E+02	3.51E+01	4.40E-05	3.03E-05	9.82E-06	1.51E-06	1.09E-07	3.73E-09
1.69E+02	2.08E+02	2.40E+02	3.86E+01	3.47E-05	2.38E-05	7.74E-06	1.19E-06	8.80E-08	2.94E-09
1.96E+02	2.22E+02	2.40E+02	4.25E+01	2.73E-05	1.88E-05	6.09E-06	9.34E-07	6.77E-08	2.32E-09

X(m)	(s)	(s)	BBC(m)	Y/BBC = 0.0	Y/BBC = 0.5	Y/BBC = 1.0	Y/BBC = 1.5	Y/BBC = 2.0	Y/BBC = 2.5
2.35E+02	2.40E+02	2.40E+02	4.65E+01	2.14E-05	1.47E-05	4.78E-06	7.33E-07	5.31E-08	1.82E-09
2.78E+02	2.62E+02	2.44E+02	5.15E+01	1.58E-05	1.09E-05	3.54E-06	5.42E-07	3.93E-08	1.34E-09
3.32E+02	2.88E+02	2.51E+02	5.73E+01	1.17E-05	8.01E-06	2.60E-06	3.99E-07	2.89E-08	9.89E-10
3.99E+02	3.19E+02	2.60E+02	6.42E+01	8.53E-06	5.86E-06	1.90E-06	2.92E-07	2.11E-08	7.23E-10
4.82E+02	3.55E+02	2.72E+02	7.26E+01	6.19E-06	4.26E-06	1.38E-06	2.12E-07	1.54E-08	5.25E-10
5.85E+02	3.98E+02	2.87E+02	8.29E+01	4.47E-06	3.07E-06	9.97E-07	1.53E-07	1.11E-08	3.79E-10
7.12E+02	4.48E+02	3.06E+02	9.56E+01	3.20E-06	2.20E-06	7.13E-07	1.09E-07	7.92E-09	2.71E-10
8.69E+02	5.08E+02	3.29E+02	1.11E+02	2.27E-06	1.56E-06	5.07E-07	7.77E-08	5.63E-09	1.93E-10
1.06E+03	5.78E+02	3.57E+02	1.31E+02	1.61E-06	1.10E-06	3.58E-07	5.49E-08	3.98E-09	1.36E-10
1.30E+03	6.61E+02	3.89E+02	1.54E+02	1.13E-06	7.77E-07	2.52E-07	3.87E-08	2.80E-09	9.59E-11
1.59E+03	7.58E+02	4.28E+02	1.84E+02	7.94E-07	5.45E-07	1.77E-07	2.72E-08	1.97E-09	6.73E-11
1.95E+03	8.74E+02	4.73E+02	2.19E+02	5.57E-07	3.83E-07	1.24E-07	1.91E-08	1.38E-09	4.72E-11
2.38E+03	1.01E+03	5.25E+02	2.62E+02	3.91E-07	2.69E-07	8.73E-08	1.34E-08	9.70E-10	3.32E-11
2.91E+03	1.17E+03	5.87E+02	3.13E+02	2.76E-07	1.89E-07	6.15E-08	9.43E-09	6.83E-10	2.34E-11

CONCENTRACION EN VOLUMEN PROMEDIADO EN EL TIEMPO (TIEMPO = 3600. seg):
 MAXIMA CONCENTRACION (FRACCION DE VOLUMEN) EN LA LINEA CENTRAL

Distancia viento abajo X(m)	Altura Z(m)	Máxima concentración C(X,0,Z)	Tiempo de máx. conc. (s)	Duración de la nube (s)
1.00E+00	2.00E+00	1.02E-01	1.20E+02	2.40E+02
1.02E+00	2.00E+00	1.01E-01	1.20E+02	2.40E+02
1.04E+00	2.00E+00	9.52E-02	1.20E+02	2.40E+02
1.06E+00	2.00E+00	8.33E-02	1.20E+02	2.40E+02
1.09E+00	2.00E+00	6.80E-02	1.20E+02	2.40E+02
1.13E+00	2.00E+00	5.38E-02	1.20E+02	2.40E+02
1.17E+00	2.00E+00	4.20E-02	1.20E+02	2.40E+02
1.22E+00	2.00E+00	3.30E-02	1.20E+02	2.40E+02
1.27E+00	2.00E+00	2.62E-02	1.20E+02	2.40E+02
1.34E+00	2.00E+00	2.10E-02	1.20E+02	2.40E+02
1.42E+00	2.00E+00	1.70E-02	1.20E+02	2.40E+02
1.51E+00	2.00E+00	1.37E-02	1.20E+02	2.40E+02
1.62E+00	2.00E+00	1.10E-02	1.20E+02	2.40E+02
1.75E+00	2.00E+00	8.81E-03	1.20E+02	2.40E+02
1.91E+00	2.00E+00	7.14E-03	1.20E+02	2.40E+02
2.09E+00	2.00E+00	5.83E-03	1.21E+02	2.40E+02
2.30E+00	2.00E+00	4.81E-03	1.21E+02	2.40E+02
2.55E+00	2.00E+00	3.99E-03	1.21E+02	2.40E+02
2.85E+00	2.00E+00	3.35E-03	1.21E+02	2.40E+02
3.20E+00	2.00E+00	2.82E-03	1.21E+02	2.40E+02
3.61E+00	2.00E+00	2.39E-03	1.21E+02	2.40E+02
4.10E+00	1.98E+00	2.04E-03	1.22E+02	2.40E+02
4.68E+00	1.99E+00	1.75E-03	1.22E+02	2.40E+02
5.35E+00	1.98E+00	1.50E-03	1.22E+02	2.40E+02
6.15E+00	1.96E+00	1.29E-03	1.23E+02	2.40E+02
7.09E+00	1.89E+00	1.08E-03	1.23E+02	2.40E+02
8.21E+00	1.30E+00	8.70E-04	1.24E+02	2.40E+02
9.52E+00	0.00E+00	8.51E-04	1.24E+02	2.40E+02
1.11E+01	0.00E+00	7.93E-04	1.25E+02	2.40E+02
1.29E+01	0.00E+00	7.16E-04	1.26E+02	2.40E+02
1.50E+01	0.00E+00	6.35E-04	1.27E+02	2.40E+02
1.76E+01	0.00E+00	5.58E-04	1.29E+02	2.40E+02
2.08E+01	0.00E+00	4.84E-04	1.30E+02	2.40E+02
2.41E+01	0.00E+00	4.17E-04	1.32E+02	2.40E+02
2.83E+01	0.00E+00	3.55E-04	1.34E+02	2.40E+02
3.32E+01	0.00E+00	3.00E-04	1.37E+02	2.40E+02
3.90E+01	0.00E+00	2.50E-04	1.39E+02	2.40E+02
4.58E+01	0.00E+00	2.07E-04	1.43E+02	2.40E+02
5.39E+01	0.00E+00	1.69E-04	1.47E+02	2.40E+02
6.34E+01	0.00E+00	1.37E-04	1.52E+02	2.40E+02
7.46E+01	0.00E+00	1.11E-04	1.58E+02	2.40E+02
8.78E+01	0.00E+00	8.84E-05	1.65E+02	2.40E+02
1.03E+02	0.00E+00	7.03E-05	1.73E+02	2.40E+02
1.22E+02	0.00E+00	5.57E-05	1.82E+02	2.40E+02
1.43E+02	0.00E+00	4.40E-05	1.93E+02	2.40E+02
1.69E+02	0.00E+00	3.47E-05	2.06E+02	2.40E+02
1.99E+02	0.00E+00	2.73E-05	2.22E+02	2.40E+02
2.35E+02	0.00E+00	2.14E-05	2.40E+02	2.40E+02



ANEXOS



Distancia viento abajo X(m)	Altura Z(m)	Máxima concentración C(X,0,Z)	Tiempo de máx. conc. (s)	Duración de la nube (s)
2.78E+02	0.00E+00	1.58E-06	2.62E+02	2.44E+02
3.32E+02	0.00E+00	1.17E-06	2.88E+02	2.51E+02
3.99E+02	0.00E+00	8.53E-08	3.19E+02	2.60E+02
4.82E+02	0.00E+00	6.19E-06	3.55E+02	2.72E+02
5.85E+02	0.00E+00	4.47E-06	3.98E+02	2.87E+02
7.12E+02	0.00E+00	3.20E-06	4.48E+02	3.08E+02
8.69E+02	0.00E+00	2.27E-06	5.08E+02	3.29E+02
1.06E+03	0.00E+00	1.61E-06	5.78E+02	3.57E+02
1.30E+03	0.00E+00	1.13E-06	6.61E+02	3.89E+02
1.59E+03	0.00E+00	7.94E-07	7.58E+02	4.28E+02
1.95E+03	0.00E+00	5.57E-07	8.74E+02	4.73E+02
2.38E+03	0.00E+00	3.91E-07	1.01E+03	5.26E+02
2.91E+03	0.00E+00	2.76E-07	1.17E+03	5.87E+02

Procesos Agroquímicos



Modelos Atmosféricos para

SIMULACION DE CONTAMINACION Y RIESGOS EN INDUSTRIAS

DATOS DE LA SUSTANCIA					
Nombre	XILENO (XYLENE)			Sinónimos	
No. CAS	1330-20-7				
Nombre CAS					
Nombre IUPAC					
Familia	()				
Subfamilia	()				
Fórmula					
Estructura					
PROPIEDADES DEL GAS DE EMISIÓN			CARACTERÍSTICAS DE LA EMISIÓN		
Peso molecular del gas fuente (kg/mol)	wms	0.1062	Sustancia emitida	XILENO	
Capacidad calorífica del vapor a presión constante (J/kg- K)	cps	1678.44	Tipo de emisión	Emisión por evaporación de un derrame	
Temperatura del gas fuente (K)	ts	0.0	Tasa de emisión de la masa fuente (kg/s)	qs	8.85
Densidad del gas fuente (kg/m3)	rhos	3.10	Duración de la fuente continua (s)	tsd	480
Temperatura del punto de ebullición (K)	tbp	417.2	Masa de la fuente continua (kg)	qtcs	4248.00
Fracción de masa del líquido	cmelo	0.00	Masa de la fuente instantánea (kg)	qtis	0.00
Capacidad calorífica del líquido (J/kg- K)	cpsl	1678.00	Area de la fuente (m2)	as	3.14160
Calor de vaporización (J/kg)	dhe	351982.66	Velocidad del vapor vertical (m/s)	ws	0.91
Densidad del líquido fuente (kg/m3)	rhosl	865.00	Ancho medio de la fuente (m)	bs	0.89
Constante de presión de saturación	spa	10.77	Altura de la fuente (m)	hs	0.00
Constante de presión de saturación	spb	- 1.00	Velocidad del vapor horizontal (m/s)	us	0.00
Constante de presión de saturación	spc	0.00			
PARÁMETROS DE CAMPO			PROPIEDADES METEOROLÓGICAS AMBIENTALES		
Tiempo promedio de concentración (s)	tav	3600	Peso molecular del aire ambiental (kg)	wmae	0.03
Altura de capa de mezclado (m)	hmx	1040.00	Capacidad calorífica del aire a presión constante (J/kg- K)	cpaa	1013.14
Distancia máxima viento abajo (m)	xffm	2000.00	Densidad del aire ambiental (kg/m3)	rhoa	1.21
	zp(1)	0.00	Altura de medición ambiental (m)	za	10.00
	zp(2)	0.00	Presión atmosférica ambiental	pa	101325.00
	zp(3)	0.00	Velocidad del viento ambiental (m/s)	ua	2.10
	zp(4)	0.00	Temperatura ambiental (K)	ta	291.2
Parámetros Adicionales			Humedad relativa (%)	rh	66
Multiplicador de subpaso	ncalc	1	Velocidad de fricción ambiental (m/s)	ustr	0.34
Número de subpasos de cálculo	nssm	3	Valor de estabilidad atmosférica	stab	4
Aceleración de la gravedad (m/s2)	grav	9.81	Longitud inversa de Monin-Obukhov (1/m)	ala	0.000
Constante de los gases (j/mol- K)	rr	8.3143	Altura de rugosidad de superficie (m)	z0	0.80
Constante de Von Karman	xk	0.4100			

PARAMETROS DE LA NUBE INSTANTANEA PROMEDIADOS ESPACIALMENTE

x - Distancia viento abajo (m)	zc - Altura del centro de perfil (m)	h - Altura de la nube (m)	bb - Ancho medio de la nube (m)	b - Parámetro de ancho medio (m)	bbx - Longitud media de la nube (m)	bx - Parámetro de longitud media (m)	cv - Fracción del volumen de emisión	rho - Densidad (kg/m ³)	t - Temperatura (K)	u - Velocidad de la nube viento abajo (m/s)	ua - Velocidad del viento promediado con la altura (m/s)
-8.88E-01	0.00E+00	0.00E+00	8.88E-01	7.98E-01	8.88E-01	8.88E-01	0.00E+00	1.21E+00	2.91E+02	1.00E-03	0.00E+00
-7.09E-01	0.00E+00	8.72E+00	2.82E+01	1.08E+01	9.80E-01	9.80E-01	3.43E-04	1.21E+00	2.91E+02	1.27E+00	1.27E+00
-5.32E-01	0.00E+00	8.78E+00	2.83E+01	1.08E+01	1.07E+00	1.07E+00	6.81E-04	1.21E+00	2.92E+02	1.27E+00	1.28E+00
-3.54E-01	0.00E+00	8.80E+00	2.83E+01	1.08E+01	1.17E+00	1.17E+00	1.02E-03	1.21E+00	2.92E+02	1.27E+00	1.28E+00
-1.77E-01	0.00E+00	8.84E+00	2.83E+01	1.08E+01	1.26E+00	1.26E+00	1.35E-03	1.21E+00	2.92E+02	1.28E+00	1.28E+00
-2.08E-16	0.00E+00	8.88E+00	2.83E+01	1.08E+01	1.36E+00	1.36E+00	1.68E-03	1.21E+00	2.92E+02	1.28E+00	1.29E+00
1.77E-01	0.00E+00	8.93E+00	2.83E+01	1.08E+01	1.45E+00	1.45E+00	2.00E-03	1.21E+00	2.93E+02	1.28E+00	1.29E+00
3.54E-01	0.00E+00	8.97E+00	2.83E+01	1.08E+01	1.55E+00	1.55E+00	2.32E-03	1.21E+00	2.93E+02	1.28E+00	1.29E+00
5.32E-01	0.00E+00	9.01E+00	2.83E+01	1.08E+01	1.64E+00	1.64E+00	2.64E-03	1.21E+00	2.93E+02	1.28E+00	1.30E+00
7.09E-01	0.00E+00	9.05E+00	2.83E+01	1.08E+01	1.73E+00	1.73E+00	2.96E-03	1.21E+00	2.93E+02	1.28E+00	1.30E+00
8.88E-01	0.00E+00	9.09E+00	2.83E+01	1.08E+01	1.83E+00	1.83E+00	3.27E-03	1.21E+00	2.94E+02	1.28E+00	1.30E+00
9.08E-01	0.00E+00	9.09E+00	2.83E+01	1.08E+01	1.85E+00	1.85E+00	3.27E-03	1.21E+00	2.94E+02	1.28E+00	1.30E+00
9.30E-01	0.00E+00	9.09E+00	2.83E+01	1.08E+01	1.87E+00	1.87E+00	3.26E-03	1.21E+00	2.94E+02	1.28E+00	1.30E+00
9.59E-01	0.00E+00	9.10E+00	2.83E+01	1.08E+01	1.91E+00	1.91E+00	3.26E-03	1.21E+00	2.94E+02	1.29E+00	1.30E+00
9.95E-01	0.00E+00	9.10E+00	2.83E+01	1.08E+01	1.94E+00	1.94E+00	3.26E-03	1.21E+00	2.94E+02	1.29E+00	1.30E+00
1.04E+00	0.00E+00	9.11E+00	2.83E+01	1.08E+01	1.99E+00	1.99E+00	3.25E-03	1.21E+00	2.94E+02	1.29E+00	1.30E+00
1.09E+00	0.00E+00	9.12E+00	2.83E+01	1.08E+01	2.05E+00	2.05E+00	3.25E-03	1.21E+00	2.94E+02	1.29E+00	1.30E+00
1.16E+00	0.00E+00	9.12E+00	2.83E+01	1.08E+01	2.12E+00	2.12E+00	3.24E-03	1.21E+00	2.94E+02	1.29E+00	1.30E+00
1.24E+00	0.00E+00	9.13E+00	2.84E+01	1.08E+01	2.20E+00	2.20E+00	3.24E-03	1.21E+00	2.94E+02	1.29E+00	1.31E+00
1.34E+00	0.00E+00	9.15E+00	2.84E+01	1.08E+01	2.31E+00	2.31E+00	3.23E-03	1.21E+00	2.94E+02	1.29E+00	1.31E+00
1.46E+00	0.00E+00	9.16E+00	2.84E+01	1.08E+01	2.43E+00	2.43E+00	3.22E-03	1.21E+00	2.94E+02	1.29E+00	1.31E+00
1.60E+00	0.00E+00	9.18E+00	2.84E+01	1.08E+01	2.59E+00	2.59E+00	3.21E-03	1.21E+00	2.94E+02	1.29E+00	1.31E+00
1.78E+00	0.00E+00	9.20E+00	2.84E+01	1.08E+01	2.78E+00	2.78E+00	3.19E-03	1.21E+00	2.94E+02	1.29E+00	1.31E+00
2.00E+00	0.00E+00	9.23E+00	2.84E+01	1.08E+01	3.01E+00	3.01E+00	3.18E-03	1.21E+00	2.94E+02	1.30E+00	1.31E+00
2.26E+00	0.00E+00	9.26E+00	2.84E+01	1.08E+01	3.29E+00	3.29E+00	3.16E-03	1.21E+00	2.93E+02	1.30E+00	1.32E+00
2.59E+00	0.00E+00	9.30E+00	2.84E+01	1.08E+01	3.64E+00	3.64E+00	3.13E-03	1.21E+00	2.93E+02	1.30E+00	1.32E+00
2.99E+00	0.00E+00	9.35E+00	2.85E+01	1.08E+01	4.06E+00	4.06E+00	3.11E-03	1.21E+00	2.93E+02	1.31E+00	1.32E+00
3.47E+00	0.00E+00	9.40E+00	2.85E+01	1.08E+01	4.58E+00	4.58E+00	3.08E-03	1.21E+00	2.93E+02	1.31E+00	1.33E+00
4.07E+00	0.00E+00	9.47E+00	2.85E+01	1.08E+01	5.21E+00	5.21E+00	3.04E-03	1.21E+00	2.93E+02	1.32E+00	1.33E+00
4.80E+00	0.00E+00	9.55E+00	2.86E+01	1.08E+01	5.98E+00	5.98E+00	2.99E-03	1.21E+00	2.93E+02	1.32E+00	1.34E+00
5.68E+00	0.00E+00	9.64E+00	2.86E+01	1.08E+01	6.92E+00	6.92E+00	2.94E-03	1.21E+00	2.93E+02	1.33E+00	1.34E+00
6.77E+00	0.00E+00	9.76E+00	2.87E+01	1.07E+01	8.08E+00	8.07E+00	2.88E-03	1.21E+00	2.93E+02	1.34E+00	1.35E+00
8.09E+00	0.00E+00	9.89E+00	2.88E+01	1.07E+01	9.48E+00	9.48E+00	2.81E-03	1.21E+00	2.93E+02	1.35E+00	1.36E+00
9.71E+00	0.00E+00	1.01E+01	2.89E+01	1.07E+01	1.12E+01	1.12E+01	2.73E-03	1.21E+00	2.93E+02	1.36E+00	1.38E+00
1.17E+01	0.00E+00	1.02E+01	2.70E+01	1.07E+01	1.33E+01	1.33E+01	2.64E-03	1.21E+00	2.93E+02	1.37E+00	1.39E+00
1.41E+01	0.00E+00	1.05E+01	2.71E+01	1.07E+01	1.59E+01	1.59E+01	2.54E-03	1.21E+00	2.93E+02	1.39E+00	1.41E+00
1.71E+01	0.00E+00	1.07E+01	2.73E+01	1.07E+01	1.90E+01	1.90E+01	2.42E-03	1.21E+00	2.93E+02	1.41E+00	1.42E+00
2.07E+01	0.00E+00	1.11E+01	2.76E+01	1.07E+01	2.28E+01	2.28E+01	2.30E-03	1.21E+00	2.93E+02	1.43E+00	1.44E+00
2.51E+01	0.00E+00	1.14E+01	2.79E+01	1.08E+01	2.75E+01	2.75E+01	2.16E-03	1.21E+00	2.93E+02	1.45E+00	1.47E+00
3.05E+01	0.00E+00	1.18E+01	2.83E+01	1.08E+01	3.33E+01	3.33E+01	2.01E-03	1.21E+00	2.92E+02	1.48E+00	1.50E+00
3.71E+01	0.00E+00	1.23E+01	2.89E+01	1.09E+01	4.03E+01	4.03E+01	1.88E-03	1.21E+00	2.92E+02	1.51E+00	1.53E+00
4.51E+01	0.00E+00	1.29E+01	2.96E+01	1.10E+01	4.88E+01	4.88E+01	1.69E-03	1.21E+00	2.92E+02	1.54E+00	1.56E+00
5.50E+01	0.00E+00	1.35E+01	3.06E+01	1.12E+01	5.93E+01	5.93E+01	1.53E-03	1.21E+00	2.92E+02	1.58E+00	1.59E+00
6.70E+01	0.00E+00	1.42E+01	3.18E+01	1.14E+01	7.20E+01	7.20E+01	1.36E-03	1.21E+00	2.92E+02	1.62E+00	1.63E+00

x - Distancia viento abajo (m)	zc - Altura del centro de perfil (m)	h - Altura de la nube (m)	bb - Ancho medio de la nube (m)	b - Parámetro de ancho medio (m)	bbx - Longitud media de la nube (m)	bx - Parámetro de longitud media (m)	cv - Fracción del volumen de emisión	rho - Densidad (kg/m ³)	t - Temperatura (K)	u - Velocidad de la nube viento abajo (m/s)	ua - Velocidad del viento promediado con la altura (m/s)
8.17E+01	0.00E+00	1.50E+01	3.35E+01	1.17E+01	8.76E+01	8.76E+01	1.20E-03	1.21E+00	2.92E+02	1.66E+00	1.67E+00
9.96E+01	0.00E+00	1.58E+01	3.57E+01	1.22E+01	1.07E+02	1.07E+02	1.04E-03	1.21E+00	2.92E+02	1.70E+00	1.71E+00
1.22E+02	0.00E+00	1.67E+01	3.85E+01	1.28E+01	1.30E+02	1.30E+02	8.88E-04	1.21E+00	2.92E+02	1.75E+00	1.78E+00
1.48E+02	0.00E+00	1.77E+01	4.22E+01	1.35E+01	1.59E+02	1.58E+02	7.43E-04	1.21E+00	2.91E+02	1.79E+00	1.80E+00
1.81E+02	0.00E+00	1.89E+01	4.67E+01	1.45E+01	1.93E+02	1.93E+02	6.12E-04	1.21E+00	2.91E+02	1.84E+00	1.85E+00
2.21E+02	0.00E+00	2.03E+01	5.23E+01	1.56E+01	2.38E+02	2.38E+02	4.95E-04	1.21E+00	2.91E+02	1.90E+00	1.90E+00
2.70E+02	0.00E+00	2.19E+01	5.90E+01	1.69E+01	2.88E+02	2.88E+02	3.94E-04	1.21E+00	2.91E+02	1.96E+00	1.98E+00
3.30E+02	0.00E+00	2.38E+01	6.70E+01	1.83E+01	3.51E+02	3.51E+02	3.08E-04	1.21E+00	2.91E+02	2.03E+00	2.03E+00
4.03E+02	0.00E+00	2.62E+01	7.63E+01	1.99E+01	4.29E+02	4.29E+02	2.38E-04	1.21E+00	2.91E+02	2.10E+00	2.10E+00
4.92E+02	0.00E+00	2.90E+01	8.68E+01	2.16E+01	5.24E+02	5.24E+02	1.81E-04	1.21E+00	2.91E+02	2.18E+00	2.19E+00
6.04E+02	0.00E+00	3.37E+01	9.89E+01	2.34E+01	6.84E+02	6.84E+02	1.27E-04	1.21E+00	2.91E+02	2.30E+00	2.30E+00
7.49E+02	0.00E+00	3.95E+01	1.12E+02	2.51E+01	8.15E+02	8.15E+02	8.76E-05	1.21E+00	2.91E+02	2.43E+00	2.43E+00
9.35E+02	0.00E+00	4.66E+01	1.28E+02	2.69E+01	9.76E+02	9.76E+02	5.94E-05	1.21E+00	2.91E+02	2.56E+00	2.56E+00
1.17E+03	0.00E+00	5.51E+01	1.48E+02	2.88E+01	1.16E+03	1.16E+03	3.97E-05	1.21E+00	2.91E+02	2.69E+00	2.69E+00
1.48E+03	0.00E+00	6.54E+01	1.66E+02	3.03E+01	1.38E+03	1.38E+03	2.62E-05	1.21E+00	2.91E+02	2.83E+00	2.83E+00
1.88E+03	0.00E+00	7.78E+01	1.88E+02	3.19E+01	1.63E+03	1.63E+03	1.70E-05	1.21E+00	2.91E+02	2.97E+00	2.97E+00
2.38E+03	0.00E+00	9.28E+01	2.14E+02	3.34E+01	1.91E+03	1.91E+03	1.10E-05	1.21E+00	2.91E+02	3.11E+00	3.11E+00

x - Distancia viento abajo (m)	cm - Fracción de la masa de emisión	cmv - Fracción de la masa del vapor de emisión	cmda - Fracción de la masa del aire seco	cmw - Fracción de la masa de agua	cmwv - Fracción de la masa del vapor de agua	wc - Velocidad del flujo por gravedad en dirección Z (m/s)	vg - Velocidad del flujo por gravedad en dirección Y (m/s)	ug - Velocidad del flujo por gravedad en dirección X (m/s)	w - Velocidad de entrada Vertical (m/s)	v - Velocidad de entrada horizontal perpendicular a la dirección del viento (m/s)	wx - Velocidad de entrada horizontal en la dirección del viento (m/s)
-8.86E-01	0.00E+00	0.00E+00	9.91E-01	8.68E-03	8.68E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.12E-01	6.83E-02	0.00E+00
-7.09E-01	1.26E-03	1.26E-03	9.90E-01	8.65E-03	8.65E-03	0.00E+00	5.72E-03	0.00E+00	1.72E-01	3.79E-02	3.79E-01
-5.32E-01	2.51E-03	2.51E-03	9.89E-01	8.63E-03	8.63E-03	0.00E+00	5.69E-03	0.00E+00	1.71E-01	3.80E-02	3.80E-01
-3.54E-01	3.74E-03	3.74E-03	9.88E-01	8.62E-03	8.62E-03	0.00E+00	5.67E-03	0.00E+00	1.70E-01	3.81E-02	3.80E-01
-1.77E-01	4.95E-03	4.95E-03	9.86E-01	8.61E-03	8.61E-03	0.00E+00	5.67E-03	0.00E+00	1.70E-01	3.82E-02	3.80E-01
-2.08E-16	6.15E-03	6.15E-03	9.85E-01	8.60E-03	8.60E-03	0.00E+00	5.67E-03	0.00E+00	1.69E-01	3.83E-02	3.81E-01
1.77E-01	7.33E-03	7.33E-03	9.84E-01	8.59E-03	8.59E-03	0.00E+00	5.69E-03	0.00E+00	1.68E-01	3.84E-02	3.81E-01
3.54E-01	8.51E-03	8.51E-03	9.83E-01	8.58E-03	8.58E-03	0.00E+00	5.72E-03	0.00E+00	1.67E-01	3.85E-02	3.82E-01
5.32E-01	9.66E-03	9.66E-03	9.82E-01	8.57E-03	8.57E-03	0.00E+00	5.76E-03	0.00E+00	1.66E-01	3.86E-02	3.82E-01
7.09E-01	1.08E-02	1.08E-02	9.81E-01	8.56E-03	8.56E-03	0.00E+00	5.82E-03	0.00E+00	1.65E-01	3.87E-02	3.82E-01
8.86E-01	1.19E-02	1.19E-02	9.80E-01	8.55E-03	8.55E-03	0.00E+00	5.90E-03	0.00E+00	1.64E-01	3.88E-02	3.83E-01
9.06E-01	1.19E-02	1.19E-02	9.80E-01	8.55E-03	8.55E-03	0.00E+00	5.91E-03	0.00E+00	1.64E-01	3.88E-02	3.83E-01
9.30E-01	1.19E-02	1.19E-02	9.80E-01	8.55E-03	8.55E-03	0.00E+00	5.93E-03	0.00E+00	1.64E-01	3.88E-02	3.83E-01
9.59E-01	1.19E-02	1.19E-02	9.80E-01	8.55E-03	8.55E-03	0.00E+00	5.94E-03	0.00E+00	1.64E-01	3.88E-02	3.83E-01
9.95E-01	1.19E-02	1.19E-02	9.80E-01	8.55E-03	8.55E-03	0.00E+00	5.96E-03	0.00E+00	1.63E-01	3.88E-02	3.83E-01
1.04E+00	1.19E-02	1.19E-02	9.80E-01	8.55E-03	8.55E-03	0.00E+00	5.99E-03	0.00E+00	1.63E-01	3.88E-02	3.83E-01
1.09E+00	1.19E-02	1.19E-02	9.80E-01	8.55E-03	8.55E-03	0.00E+00	6.02E-03	0.00E+00	1.62E-01	3.88E-02	3.83E-01
1.16E+00	1.19E-02	1.19E-02	9.80E-01	8.55E-03	8.55E-03	0.00E+00	6.05E-03	0.00E+00	1.61E-01	3.88E-02	3.83E-01
1.24E+00	1.18E-02	1.18E-02	9.80E-01	8.55E-03	8.55E-03	0.00E+00	6.10E-03	0.00E+00	1.59E-01	3.89E-02	3.83E-01
1.34E+00	1.18E-02	1.18E-02	9.80E-01	8.55E-03	8.55E-03	0.00E+00	6.16E-03	0.00E+00	1.58E-01	3.89E-02	3.83E-01
1.46E+00	1.18E-02	1.18E-02	9.80E-01	8.55E-03	8.55E-03	0.00E+00	6.23E-03	0.00E+00	1.56E-01	3.89E-02	3.83E-01

x - Distancia viento abajo (m)	cm - Fracción de la masa de emisión	cmv - Fracción de la masa del vapor de emisión	cmda - Fracción de la masa del aire seco	cmw - Fracción de la masa de agua	cmwv - Fracción de la masa del vapor de agua	wc - Velocidad del flujo por gravedad en dirección Z (m/s)	vg - Velocidad del flujo por gravedad en dirección Y (m/s)	ug - Velocidad del flujo por gravedad en dirección X (m/s)	w - Velocidad de entrada Vertical (m/s)	v - Velocidad de entrada horizontal perpendicular a la dirección del viento (m/s)	vx - Velocidad de entrada horizontal en la dirección del viento (m/s)
1.60E+00	1.17E-02	1.17E-02	9.80E-01	8.56E-03	8.56E-03	0.00E+00	6.32E-03	0.00E+00	1.53E-01	3.90E-02	3.84E-01
1.78E+00	1.17E-02	1.17E-02	9.80E-01	8.56E-03	8.56E-03	0.00E+00	6.43E-03	0.00E+00	1.51E-01	3.90E-02	3.84E-01
2.00E+00	1.16E-02	1.16E-02	9.80E-01	8.56E-03	8.56E-03	0.00E+00	6.58E-03	0.00E+00	1.48E-01	3.91E-02	3.84E-01
2.26E+00	1.15E-02	1.15E-02	9.80E-01	8.56E-03	8.56E-03	0.00E+00	6.76E-03	0.00E+00	1.44E-01	3.92E-02	3.84E-01
2.59E+00	1.15E-02	1.15E-02	9.80E-01	8.56E-03	8.56E-03	0.00E+00	7.00E-03	0.00E+00	1.41E-01	3.92E-02	3.85E-01
2.99E+00	1.14E-02	1.14E-02	9.80E-01	8.56E-03	8.56E-03	0.00E+00	7.30E-03	0.00E+00	1.38E-01	3.93E-02	3.85E-01
3.47E+00	1.12E-02	1.12E-02	9.80E-01	8.56E-03	8.56E-03	0.00E+00	7.68E-03	0.00E+00	1.34E-01	3.95E-02	3.86E-01
4.07E+00	1.11E-02	1.11E-02	9.80E-01	8.56E-03	8.56E-03	0.00E+00	8.18E-03	0.00E+00	1.32E-01	3.96E-02	3.86E-01
4.80E+00	1.09E-02	1.09E-02	9.80E-01	8.56E-03	8.56E-03	0.00E+00	8.83E-03	0.00E+00	1.29E-01	3.98E-02	3.87E-01
5.68E+00	1.08E-02	1.08E-02	9.81E-01	8.56E-03	8.56E-03	0.00E+00	9.66E-03	0.00E+00	1.27E-01	4.00E-02	3.88E-01
6.77E+00	1.05E-02	1.05E-02	9.81E-01	8.56E-03	8.56E-03	0.00E+00	1.07E-02	0.00E+00	1.25E-01	4.02E-02	3.89E-01
8.09E+00	1.03E-02	1.03E-02	9.81E-01	8.57E-03	8.57E-03	0.00E+00	1.22E-02	0.00E+00	1.24E-01	4.05E-02	3.90E-01
9.71E+00	1.00E-02	1.00E-02	9.81E-01	8.57E-03	8.57E-03	0.00E+00	1.40E-02	0.00E+00	1.22E-01	4.09E-02	3.91E-01
1.17E+01	9.67E-03	9.67E-03	9.82E-01	8.57E-03	8.57E-03	0.00E+00	1.64E-02	0.00E+00	1.20E-01	4.13E-02	3.93E-01
1.41E+01	9.29E-03	9.29E-03	9.82E-01	8.58E-03	8.58E-03	0.00E+00	1.95E-02	0.00E+00	1.18E-01	4.17E-02	3.95E-01
1.71E+01	8.87E-03	8.87E-03	9.83E-01	8.58E-03	8.58E-03	0.00E+00	2.36E-02	0.00E+00	1.16E-01	4.22E-02	3.97E-01
2.07E+01	8.41E-03	8.41E-03	9.83E-01	8.58E-03	8.58E-03	0.00E+00	2.87E-02	0.00E+00	1.14E-01	4.28E-02	3.99E-01
2.51E+01	7.91E-03	7.91E-03	9.84E-01	8.59E-03	8.59E-03	0.00E+00	3.52E-02	0.00E+00	1.12E-01	4.35E-02	4.02E-01
3.05E+01	7.37E-03	7.37E-03	9.84E-01	8.59E-03	8.59E-03	0.00E+00	4.33E-02	0.00E+00	1.09E-01	4.42E-02	4.05E-01
3.71E+01	6.81E-03	6.81E-03	9.85E-01	8.60E-03	8.60E-03	0.00E+00	5.33E-02	0.00E+00	1.07E-01	4.50E-02	4.08E-01
4.51E+01	6.22E-03	6.22E-03	9.85E-01	8.60E-03	8.60E-03	0.00E+00	6.51E-02	0.00E+00	1.05E-01	4.59E-02	4.11E-01
5.50E+01	5.61E-03	5.61E-03	9.86E-01	8.61E-03	8.61E-03	0.00E+00	7.90E-02	0.00E+00	1.02E-01	4.68E-02	4.14E-01
6.70E+01	5.01E-03	5.01E-03	9.86E-01	8.61E-03	8.61E-03	0.00E+00	9.45E-02	0.00E+00	1.00E-01	4.77E-02	4.17E-01
8.17E+01	4.40E-03	4.40E-03	9.87E-01	8.62E-03	8.62E-03	0.00E+00	1.11E-01	0.00E+00	9.80E-02	4.86E-02	4.21E-01
9.98E+01	3.82E-03	3.82E-03	9.88E-01	8.62E-03	8.62E-03	0.00E+00	1.28E-01	0.00E+00	9.62E-02	4.95E-02	4.24E-01
1.22E+02	3.26E-03	3.26E-03	9.88E-01	8.63E-03	8.63E-03	0.00E+00	1.44E-01	0.00E+00	9.46E-02	5.03E-02	4.28E-01
1.48E+02	2.73E-03	2.73E-03	9.89E-01	8.63E-03	8.63E-03	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00	9.32E-02	5.10E-02	4.31E-01
1.81E+02	2.25E-03	2.25E-03	9.89E-01	8.64E-03	8.64E-03	0.00E+00	1.68E-01	0.00E+00	9.19E-02	5.17E-02	4.35E-01
2.21E+02	1.82E-03	1.82E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	0.00E+00	1.74E-01	0.00E+00	9.06E-02	5.23E-02	4.38E-01
2.70E+02	1.45E-03	1.45E-03	9.90E-01	8.64E-03	8.64E-03	0.00E+00	1.75E-01	0.00E+00	8.93E-02	5.28E-02	4.42E-01
3.30E+02	1.13E-03	1.13E-03	9.90E-01	8.65E-03	8.65E-03	0.00E+00	1.72E-01	0.00E+00	8.79E-02	5.34E-02	4.46E-01
4.03E+02	8.75E-04	8.75E-04	9.90E-01	8.65E-03	8.65E-03	0.00E+00	1.65E-01	0.00E+00	8.62E-02	5.39E-02	4.50E-01
4.92E+02	6.67E-04	6.67E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	0.00E+00	1.56E-01	2.58E-02	8.44E-02	5.43E-02	4.54E-01
6.04E+02	4.88E-04	4.88E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	0.00E+00	1.36E-01	2.27E-02	8.18E-02	5.55E-02	4.59E-01
7.49E+02	3.23E-04	3.23E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	0.00E+00	1.17E-01	1.99E-02	7.90E-02	5.65E-02	4.63E-01
9.35E+02	2.19E-04	2.19E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	0.00E+00	1.01E-01	1.75E-02	7.62E-02	5.72E-02	4.67E-01
1.17E+03	1.46E-04	1.46E-04	9.91E-01	8.65E-03	8.65E-03	0.00E+00	8.61E-02	1.53E-02	7.33E-02	5.78E-02	4.70E-01
1.48E+03	9.64E-05	9.64E-05	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	0.00E+00	7.29E-02	1.33E-02	7.04E-02	5.80E-02	4.72E-01
1.88E+03	6.28E-05	6.28E-05	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	0.00E+00	6.13E-02	1.14E-02	6.75E-02	5.79E-02	4.73E-01
2.38E+03	4.04E-05	4.04E-05	9.91E-01	8.66E-03	8.66E-03	0.00E+00	5.12E-02	9.63E-03	6.46E-02	5.74E-02	4.74E-01

**PARAMETROS DEL CONTORNO DE CONCENTRACION
CONCENTRACION EN VOLUMEN PROMEDIADO EN EL TIEMPO (TIEMPO =3600 SEG)**

$$c(x,y,z,t) = cc(x) * (erf(xa)-erf(xb)) * (erf(ya)-erf(yb)) * (exp(-za^2za)+exp(-zb^2zb))$$

c(x,y,z,t) = concentración (fracción de volumen) en (x,y,z,t)

- x = distancia viento abajo (m)
- y = distancia horizontal perpendicular al viento (m)
- z = altura (m)
- t = tiempo (s)

erf = función de error
 $xa = (x-xc+bx)/(sr2*betax)$
 $xb = (x-xc-bx)/(sr2*betax)$
 $ya = (y-b)/(sr2*betay)$
 $yb = (y-b)/(sr2*betay)$
 exp = función exponencial
 $za = (z-zc)/(sr2*sig)$
 $zb = (z+zc)/(sr2*sig)$
 sr2 = raíz cuadrada de 2.0

x	cc(x)	b(x)	betac(x)	zc(x)	sig(x)	t	xc(t)	bx(t)	betax(t)
-8.88E-01	0.00E+00	7.98E-01	2.23E-01	0.00E+00	0.00E+00	4.94E-01	0.00E+00	8.88E-01	7.24E-03
-7.09E-01	1.46E-04	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.04E+00	5.70E-01	8.88E-02	9.80E-01	8.00E-03
-5.32E-01	2.91E-04	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.08E+00	6.48E-01	1.77E-01	1.07E+00	8.77E-03
-3.54E-01	4.34E-04	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.08E+00	7.36E-01	2.66E-01	1.17E+00	9.54E-03
-1.77E-01	5.75E-04	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.11E+00	8.26E-01	3.54E-01	1.26E+00	1.03E-02
-2.08E-18	7.18E-04	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.13E+00	9.30E-01	4.43E-01	1.36E+00	1.11E-02
1.77E-01	8.55E-04	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.15E+00	1.03E+00	5.32E-01	1.46E+00	1.18E-02
3.54E-01	9.92E-04	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.18E+00	1.15E+00	6.20E-01	1.55E+00	1.26E-02
5.32E-01	1.13E-03	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.20E+00	1.27E+00	7.09E-01	1.64E+00	1.34E-02
7.09E-01	1.26E-03	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.22E+00	1.40E+00	7.98E-01	1.73E+00	1.42E-02
8.88E-01	1.40E-03	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.25E+00	1.53E+00	8.88E-01	1.83E+00	1.49E-02
9.06E-01	1.40E-03	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.25E+00	1.56E+00	9.06E-01	1.85E+00	1.51E-02
9.30E-01	1.40E-03	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.25E+00	1.60E+00	9.30E-01	1.87E+00	1.53E-02
9.59E-01	1.39E-03	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.25E+00	1.65E+00	9.59E-01	1.91E+00	1.56E-02
9.95E-01	1.39E-03	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.25E+00	1.70E+00	9.95E-01	1.94E+00	1.59E-02
1.04E+00	1.39E-03	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.26E+00	1.77E+00	1.04E+00	1.99E+00	1.62E-02
1.09E+00	1.39E-03	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.26E+00	1.85E+00	1.09E+00	2.05E+00	1.67E-02
1.16E+00	1.39E-03	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.27E+00	1.95E+00	1.16E+00	2.12E+00	1.73E-02
1.24E+00	1.39E-03	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.27E+00	2.08E+00	1.24E+00	2.20E+00	1.80E-02
1.34E+00	1.38E-03	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.28E+00	2.23E+00	1.34E+00	2.31E+00	1.88E-02
1.46E+00	1.38E-03	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.29E+00	2.42E+00	1.46E+00	2.43E+00	1.99E-02
1.60E+00	1.37E-03	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.30E+00	2.64E+00	1.60E+00	2.59E+00	2.11E-02
1.78E+00	1.37E-03	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.31E+00	2.92E+00	1.78E+00	2.78E+00	2.27E-02
2.00E+00	1.36E-03	1.08E+01	1.39E+01	0.00E+00	5.33E+00	3.25E+00	2.00E+00	3.01E+00	2.46E-02
2.26E+00	1.35E-03	1.08E+01	1.40E+01	0.00E+00	5.35E+00	3.67E+00	2.26E+00	3.29E+00	2.69E-02
2.59E+00	1.35E-03	1.08E+01	1.40E+01	0.00E+00	5.37E+00	4.17E+00	2.59E+00	3.64E+00	2.97E-02
2.99E+00	1.33E-03	1.08E+01	1.40E+01	0.00E+00	5.40E+00	4.78E+00	2.99E+00	4.08E+00	3.32E-02
3.47E+00	1.32E-03	1.08E+01	1.40E+01	0.00E+00	5.43E+00	5.52E+00	3.47E+00	4.58E+00	3.74E-02
4.07E+00	1.31E-03	1.08E+01	1.40E+01	0.00E+00	5.47E+00	6.43E+00	4.07E+00	5.21E+00	4.25E-02
4.80E+00	1.29E-03	1.08E+01	1.41E+01	0.00E+00	5.51E+00	7.53E+00	4.80E+00	5.98E+00	4.88E-02

x	cc(x)	b(x)	betao(x)	zc(x)	sig(x)	t	xc(t)	bx(t)	betax(t)
5.68E+00	1.27E-03	1.08E+01	1.41E+01	0.00E+00	5.57E+00	8.87E+00	5.68E+00	6.92E+00	5.65E-02
6.77E+00	1.25E-03	1.07E+01	1.41E+01	0.00E+00	5.83E+00	1.05E+01	6.77E+00	8.07E+00	6.59E-02
8.09E+00	1.22E-03	1.07E+01	1.42E+01	0.00E+00	5.71E+00	1.25E+01	8.09E+00	9.48E+00	7.74E-02
9.71E+00	1.19E-03	1.07E+01	1.42E+01	0.00E+00	5.80E+00	1.49E+01	9.71E+00	1.12E+01	9.15E-02
1.17E+01	1.16E-03	1.07E+01	1.43E+01	0.00E+00	5.91E+00	1.78E+01	1.17E+01	1.33E+01	1.09E-01
1.41E+01	1.12E-03	1.07E+01	1.44E+01	0.00E+00	6.05E+00	2.13E+01	1.41E+01	1.59E+01	1.30E-01
1.71E+01	1.07E-03	1.07E+01	1.46E+01	0.00E+00	6.20E+00	2.55E+01	1.71E+01	1.90E+01	1.55E-01
2.07E+01	1.02E-03	1.07E+01	1.47E+01	0.00E+00	6.38E+00	3.08E+01	2.07E+01	2.28E+01	1.87E-01
2.51E+01	9.72E-04	1.08E+01	1.50E+01	0.00E+00	6.60E+00	3.67E+01	2.51E+01	2.75E+01	2.25E-01
3.05E+01	9.17E-04	1.08E+01	1.52E+01	0.00E+00	6.84E+00	4.41E+01	3.05E+01	3.33E+01	2.72E-01
3.71E+01	8.58E-04	1.09E+01	1.56E+01	0.00E+00	7.12E+00	5.29E+01	3.71E+01	4.03E+01	3.29E-01
4.51E+01	7.98E-04	1.10E+01	1.61E+01	0.00E+00	7.44E+00	6.34E+01	4.51E+01	4.88E+01	3.99E-01
5.50E+01	7.36E-04	1.12E+01	1.68E+01	0.00E+00	7.80E+00	7.60E+01	5.50E+01	5.93E+01	4.84E-01
6.70E+01	6.74E-04	1.14E+01	1.77E+01	0.00E+00	8.20E+00	9.10E+01	6.70E+01	7.20E+01	5.88E-01
8.17E+01	6.11E-04	1.17E+01	1.88E+01	0.00E+00	8.64E+00	1.09E+02	8.17E+01	8.76E+01	7.16E-01
9.90E+01	5.49E-04	1.22E+01	2.03E+01	0.00E+00	9.12E+00	1.30E+02	9.90E+01	1.07E+02	8.71E-01
1.22E+02	4.88E-04	1.28E+01	2.23E+01	0.00E+00	9.65E+00	1.58E+02	1.22E+02	1.30E+02	1.08E+00
1.48E+02	4.28E-04	1.35E+01	2.48E+01	0.00E+00	1.02E+01	1.88E+02	1.48E+02	1.58E+02	1.29E+00
1.81E+02	3.70E-04	1.45E+01	2.80E+01	0.00E+00	1.09E+01	2.22E+02	1.81E+02	1.93E+02	1.58E+00
2.21E+02	3.15E-04	1.56E+01	3.19E+01	0.00E+00	1.17E+01	2.65E+02	2.21E+02	2.36E+02	1.93E+00
2.70E+02	2.65E-04	1.69E+01	3.66E+01	0.00E+00	1.26E+01	3.15E+02	2.70E+02	2.88E+02	2.35E+00
3.30E+02	2.19E-04	1.83E+01	4.23E+01	0.00E+00	1.38E+01	3.75E+02	3.30E+02	3.51E+02	2.87E+00
4.03E+02	1.80E-04	1.99E+01	4.90E+01	0.00E+00	1.51E+01	4.48E+02	4.03E+02	4.29E+02	3.50E+00
4.92E+02	1.46E-04	2.16E+01	5.68E+01	0.00E+00	1.68E+01	5.30E+02	4.92E+02	5.24E+02	4.28E+00
6.04E+02	1.18E-04	2.34E+01	6.61E+01	0.00E+00	1.95E+01	6.30E+02	6.04E+02	6.52E+02	5.25E+02
7.49E+02	9.59E-05	2.51E+01	7.73E+01	0.00E+00	2.28E+01	7.49E+02	7.49E+02	8.26E+02	6.83E+02
9.35E+02	7.82E-05	2.69E+01	9.09E+01	0.00E+00	2.68E+01	8.68E+02	9.35E+02	9.52E+02	8.44E+02
1.17E+03	6.42E-05	2.88E+01	1.08E+02	0.00E+00	3.18E+01	1.07E+03	1.17E+03	1.28E+03	1.09E+03
1.48E+03	5.32E-05	3.03E+01	1.28E+02	0.00E+00	3.78E+01	1.28E+03	1.48E+03	1.62E+03	1.40E+03
1.88E+03	4.44E-05	3.19E+01	1.53E+02	0.00E+00	4.49E+01	1.60E+03	1.88E+03	2.10E+03	1.80E+03
2.38E+03	3.74E-05	3.34E+01	1.84E+02	0.00E+00	5.36E+01	2.00E+03	2.38E+03	2.60E+03	2.30E+03

CONCENTRACION EN VOLUMEN PROMEDIADO EN EL TIEMPO (TIEMPO =3600.0 seg en el plano z = 0.00)

Distancia viento abajo	Tiempo de Max. Conc.	Duración de nube	Ancho efectivo medio	Concentraciones promediadas (Fracción de volumen) en (X,Y,Z)					
				Y/BBC = 0.0	Y/BBC = 0.5	Y/BBC = 1.0	Y/BBC = 1.5	Y/BBC = 2.0	Y/BBC = 2.5
X(m)	(s)	(s)	BBC(m)						
-8.88E-01	2.40E+02	4.80E+02	8.88E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
-7.09E-01	2.40E+02	4.80E+02	2.82E-01	8.88E-05	6.01E-05	1.98E-05	2.94E-06	1.98E-07	5.82E-09
-5.32E-01	2.40E+02	4.80E+02	2.83E+01	1.73E-04	1.19E-04	3.90E-05	5.85E-06	3.89E-07	1.12E-08
-3.54E-01	2.40E+02	4.80E+02	2.83E+01	2.58E-04	1.78E-04	5.82E-05	8.73E-06	5.80E-07	1.67E-08
-1.77E-01	2.40E+02	4.80E+02	2.83E+01	3.42E-04	2.36E-04	7.73E-05	1.16E-05	7.70E-07	2.22E-08
-2.08E-16	2.40E+02	4.80E+02	2.83E+01	4.25E-04	2.94E-04	9.61E-05	1.44E-05	9.57E-07	2.76E-08
1.72E-01	2.40E+02	4.80E+02	2.83E+01	5.07E-04	3.51E-04	1.15E-04	1.72E-05	1.14E-06	3.29E-08
3.54E-01	2.40E+02	4.80E+02	2.83E+01	5.89E-04	4.07E-04	1.33E-04	1.99E-05	1.33E-06	3.82E-08
5.32E-01	2.40E+02	4.80E+02	2.83E+01	6.69E-04	4.63E-04	1.51E-04	2.27E-05	1.51E-06	4.35E-08
7.09E-01	2.40E+02	4.80E+02	2.83E+01	7.49E-04	5.18E-04	1.69E-04	2.54E-05	1.69E-06	4.87E-08
8.88E-01	2.40E+02	4.80E+02	2.83E+01	8.28E-04	5.73E-04	1.87E-04	2.81E-05	1.87E-06	5.38E-08
9.08E-01	2.40E+02	4.80E+02	2.83E+01	8.28E-04	5.72E-04	1.87E-04	2.80E-05	1.87E-06	5.38E-08
9.30E-01	2.40E+02	4.80E+02	2.83E+01	8.27E-04	5.72E-04	1.87E-04	2.80E-05	1.87E-06	5.38E-08
9.59E-01	2.40E+02	4.80E+02	2.83E+01	8.26E-04	5.72E-04	1.87E-04	2.80E-05	1.88E-06	5.37E-08
9.95E-01	2.40E+02	4.80E+02	2.83E+01	8.26E-04	5.71E-04	1.87E-04	2.80E-05	1.88E-06	5.37E-08
1.04E+00	2.41E+02	4.80E+02	2.83E+01	8.25E-04	5.70E-04	1.86E-04	2.79E-05	1.86E-06	5.36E-08
1.09E+00	2.41E+02	4.80E+02	2.83E+01	8.24E-04	5.70E-04	1.86E-04	2.79E-05	1.86E-06	5.36E-08
1.16E+00	2.41E+02	4.80E+02	2.84E+01	8.22E-04	5.69E-04	1.86E-04	2.79E-05	1.85E-06	5.35E-08
1.24E+00	2.41E+02	4.80E+02	2.84E+01	8.20E-04	5.68E-04	1.85E-04	2.78E-05	1.85E-06	5.34E-08
1.34E+00	2.41E+02	4.80E+02	2.84E+01	8.18E-04	5.66E-04	1.85E-04	2.77E-05	1.85E-06	5.32E-08
1.46E+00	2.41E+02	4.80E+02	2.84E+01	8.16E-04	5.64E-04	1.84E-04	2.76E-05	1.84E-06	5.31E-08
1.60E+00	2.41E+02	4.80E+02	2.84E+01	8.13E-04	5.62E-04	1.84E-04	2.75E-05	1.83E-06	5.29E-08
1.78E+00	2.41E+02	4.80E+02	2.84E+01	8.09E-04	5.60E-04	1.83E-04	2.74E-05	1.83E-06	5.27E-08
2.00E+00	2.41E+02	4.80E+02	2.84E+01	8.05E-04	5.57E-04	1.82E-04	2.73E-05	1.82E-06	5.25E-08
2.28E+00	2.41E+02	4.80E+02	2.84E+01	8.00E-04	5.54E-04	1.81E-04	2.71E-05	1.81E-06	5.22E-08
2.59E+00	2.41E+02	4.80E+02	2.84E+01	7.94E-04	5.49E-04	1.80E-04	2.69E-05	1.79E-06	5.18E-08
2.99E+00	2.41E+02	4.80E+02	2.85E+01	7.88E-04	5.45E-04	1.78E-04	2.67E-05	1.78E-06	5.14E-08
3.47E+00	2.42E+02	4.80E+02	2.85E+01	7.79E-04	5.39E-04	1.76E-04	2.64E-05	1.76E-06	5.09E-08
4.07E+00	2.42E+02	4.80E+02	2.85E+01	7.70E-04	5.32E-04	1.74E-04	2.61E-05	1.74E-06	5.04E-08
4.80E+00	2.42E+02	4.80E+02	2.86E+01	7.59E-04	5.25E-04	1.71E-04	2.57E-05	1.72E-06	4.97E-08
5.68E+00	2.43E+02	4.80E+02	2.86E+01	7.46E-04	5.16E-04	1.68E-04	2.53E-05	1.69E-06	4.89E-08
6.77E+00	2.43E+02	4.80E+02	2.87E+01	7.30E-04	5.05E-04	1.65E-04	2.48E-05	1.65E-06	4.80E-08
8.09E+00	2.44E+02	4.80E+02	2.88E+01	7.13E-04	4.93E-04	1.61E-04	2.42E-05	1.62E-06	4.70E-08
9.71E+00	2.45E+02	4.80E+02	2.89E+01	6.92E-04	4.79E-04	1.56E-04	2.35E-05	1.57E-06	4.58E-08
1.17E+01	2.46E+02	4.80E+02	2.70E+01	6.69E-04	4.62E-04	1.51E-04	2.27E-05	1.52E-06	4.44E-08
1.41E+01	2.47E+02	4.80E+02	2.72E+01	6.43E-04	4.44E-04	1.45E-04	2.18E-05	1.48E-06	4.29E-08
1.71E+01	2.48E+02	4.80E+02	2.74E+01	6.13E-04	4.24E-04	1.38E-04	2.08E-05	1.40E-06	4.12E-08
2.07E+01	2.50E+02	4.80E+02	2.77E+01	5.80E-04	4.01E-04	1.31E-04	1.97E-05	1.33E-06	3.92E-08
2.51E+01	2.52E+02	4.80E+02	2.81E+01	5.45E-04	3.76E-04	1.23E-04	1.85E-05	1.25E-06	3.71E-08
3.05E+01	2.55E+02	4.80E+02	2.85E+01	5.07E-04	3.50E-04	1.14E-04	1.72E-05	1.17E-06	3.49E-08
3.71E+01	2.58E+02	4.80E+02	2.92E+01	4.66E-04	3.22E-04	1.05E-04	1.58E-05	1.08E-06	3.25E-08
4.51E+01	2.62E+02	4.80E+02	3.00E+01	4.24E-04	2.93E-04	9.55E-05	1.44E-05	9.88E-07	2.99E-08
5.50E+01	2.67E+02	4.80E+02	3.12E+01	3.81E-04	2.63E-04	8.57E-05	1.30E-05	8.90E-07	2.73E-08
6.70E+01	2.73E+02	4.80E+02	3.27E+01	3.37E-04	2.33E-04	7.58E-05	1.15E-05	7.93E-07	2.45E-08
8.17E+01	2.80E+02	4.80E+02	3.47E+01	2.94E-04	2.03E-04	6.61E-05	1.00E-05	6.97E-07	2.18E-08
9.90E+01	2.89E+02	4.80E+02	3.73E+01	2.53E-04	1.74E-04	5.67E-05	8.82E-06	6.02E-07	1.90E-08
1.22E+02	2.99E+02	4.80E+02	4.07E+01	2.13E-04	1.47E-04	4.78E-05	7.28E-06	5.11E-07	1.63E-08

X(m)	(s)	(s)	BBC(m)	Y/BBC = 0.0	Y/BBC = 0.5	Y/BBC = 1.0	Y/BBC = 1.5	Y/BBC = 2.0	Y/BBC = 2.5
1.48E+02	3.12E+02	4.80E+02	4.51E+01	1.77E-04	1.22E-04	3.98E-05	6.03E-06	4.26E-07	1.38E-08
1.81E+02	3.28E+02	4.80E+02	5.06E+01	1.44E-04	9.90E-05	3.22E-05	4.91E-06	3.48E-07	1.14E-08
2.21E+02	3.48E+02	4.80E+02	5.74E+01	1.15E-04	7.91E-05	2.57E-05	3.93E-06	2.79E-07	9.19E-09
2.70E+02	3.72E+02	4.80E+02	6.56E+01	9.02E-05	6.20E-05	2.02E-05	3.08E-06	2.20E-07	7.29E-09
3.30E+02	4.01E+02	4.80E+02	7.55E+01	6.96E-05	4.79E-05	1.56E-05	2.38E-06	1.70E-07	5.68E-09
4.03E+02	4.36E+02	4.80E+02	8.71E+01	5.29E-05	3.64E-05	1.18E-05	1.81E-06	1.30E-07	4.36E-09
4.92E+02	4.80E+02	4.80E+02	1.01E+02	3.97E-05	2.73E-05	8.88E-06	1.36E-06	9.78E-08	3.29E-09
6.04E+02	5.30E+02	4.90E+02	1.17E+02	2.80E-05	1.92E-05	6.24E-06	9.56E-07	6.89E-08	2.33E-09
7.49E+02	5.91E+02	5.06E+02	1.36E+02	1.94E-05	1.33E-05	4.34E-06	6.64E-07	4.79E-08	1.63E-09
9.35E+02	6.66E+02	5.29E+02	1.60E+02	1.33E-05	9.17E-06	2.98E-06	4.56E-07	3.30E-08	1.12E-09
1.17E+03	7.57E+02	5.58E+02	1.88E+02	9.08E-06	6.24E-06	2.03E-06	3.11E-07	2.25E-08	7.65E-10
1.48E+03	8.68E+02	5.97E+02	2.24E+02	6.13E-06	4.21E-06	1.37E-06	2.10E-07	1.52E-08	5.18E-10
1.88E+03	1.00E+03	6.45E+02	2.67E+02	4.12E-06	2.83E-06	9.19E-07	1.41E-07	1.02E-08	3.48E-10
2.38E+03	1.17E+03	7.06E+02	3.20E+02	2.75E-06	1.89E-06	6.14E-07	9.42E-08	6.82E-09	2.33E-10

CONCENTRACION EN VOLUMEN PROMEDIADO EN EL TIEMPO (TIEMPO = 3600. seg):
 MAXIMA CONCENTRACION (FRACCION DE VOLUMEN) EN LA LINEA CENTRAL

Distancia viento abajo X(m)	Altura Z(m)	Máxima concentración C(X,0,Z)	Tiempo de máx. conc. (s)	Duración de la nube (s)
-8.88E-01	0.00E+00	0.00E+00	2.40E+02	4.80E+02
-7.09E-01	0.00E+00	8.88E-05	2.40E+02	4.80E+02
-5.32E-01	0.00E+00	1.73E-04	2.40E+02	4.80E+02
-3.54E-01	0.00E+00	2.58E-04	2.40E+02	4.80E+02
-1.77E-01	0.00E+00	3.42E-04	2.40E+02	4.80E+02
-2.08E-16	0.00E+00	4.25E-04	2.40E+02	4.80E+02
1.77E-01	0.00E+00	5.07E-04	2.40E+02	4.80E+02
3.54E-01	0.00E+00	5.89E-04	2.40E+02	4.80E+02
5.32E-01	0.00E+00	6.69E-04	2.40E+02	4.80E+02
7.09E-01	0.00E+00	7.49E-04	2.40E+02	4.80E+02
8.88E-01	0.00E+00	8.28E-04	2.40E+02	4.80E+02
9.06E-01	0.00E+00	8.28E-04	2.40E+02	4.80E+02
9.30E-01	0.00E+00	8.27E-04	2.40E+02	4.80E+02
9.59E-01	0.00E+00	8.26E-04	2.40E+02	4.80E+02
9.95E-01	0.00E+00	8.26E-04	2.40E+02	4.80E+02
1.04E+00	0.00E+00	8.25E-04	2.41E+02	4.80E+02
1.09E+00	0.00E+00	8.24E-04	2.41E+02	4.80E+02
1.16E+00	0.00E+00	8.22E-04	2.41E+02	4.80E+02
1.24E+00	0.00E+00	8.20E-04	2.41E+02	4.80E+02
1.34E+00	0.00E+00	8.18E-04	2.41E+02	4.80E+02
1.46E+00	0.00E+00	8.16E-04	2.41E+02	4.80E+02
1.60E+00	0.00E+00	8.13E-04	2.41E+02	4.80E+02
1.78E+00	0.00E+00	8.09E-04	2.41E+02	4.80E+02
2.00E+00	0.00E+00	8.05E-04	2.41E+02	4.80E+02
2.26E+00	0.00E+00	8.00E-04	2.41E+02	4.80E+02
2.59E+00	0.00E+00	7.94E-04	2.41E+02	4.80E+02
2.99E+00	0.00E+00	7.88E-04	2.41E+02	4.80E+02
3.47E+00	0.00E+00	7.79E-04	2.42E+02	4.80E+02
4.07E+00	0.00E+00	7.70E-04	2.42E+02	4.80E+02
4.80E+00	0.00E+00	7.59E-04	2.42E+02	4.80E+02
5.68E+00	0.00E+00	7.46E-04	2.43E+02	4.80E+02
6.77E+00	0.00E+00	7.30E-04	2.43E+02	4.80E+02
8.09E+00	0.00E+00	7.13E-04	2.44E+02	4.80E+02
9.71E+00	0.00E+00	6.92E-04	2.45E+02	4.80E+02
1.17E+01	0.00E+00	6.69E-04	2.46E+02	4.80E+02
1.41E+01	0.00E+00	6.43E-04	2.47E+02	4.80E+02
1.71E+01	0.00E+00	6.13E-04	2.48E+02	4.80E+02
2.07E+01	0.00E+00	5.80E-04	2.50E+02	4.80E+02
2.51E+01	0.00E+00	5.45E-04	2.52E+02	4.80E+02
3.05E+01	0.00E+00	5.07E-04	2.55E+02	4.80E+02
3.71E+01	0.00E+00	4.66E-04	2.58E+02	4.80E+02
4.51E+01	0.00E+00	4.24E-04	2.62E+02	4.80E+02
5.50E+01	0.00E+00	3.81E-04	2.67E+02	4.80E+02
6.70E+01	0.00E+00	3.37E-04	2.73E+02	4.80E+02
8.17E+01	0.00E+00	2.94E-04	2.80E+02	4.80E+02
9.96E+01	0.00E+00	2.53E-04	2.89E+02	4.80E+02
1.22E+02	0.00E+00	2.13E-04	2.99E+02	4.80E+02
1.48E+02	0.00E+00	1.77E-04	3.12E+02	4.80E+02



ANEXOS



Distancia viento abajo X(m)	Altura Z(m)	Máxima concentración C(X,0,Z)	Tiempo de máx. conc. (s)	Duración de la nube (s)
1.81E+02	0.00E+00	1.44E-04	3.28E+02	4.80E+02
2.21E+02	0.00E+00	1.15E-04	3.48E+02	4.80E+02
2.70E+02	0.00E+00	9.02E-05	3.72E+02	4.80E+02
3.30E+02	0.00E+00	6.96E-05	4.01E+02	4.80E+02
4.03E+02	0.00E+00	5.29E-05	4.36E+02	4.80E+02
4.92E+02	0.00E+00	3.97E-05	4.80E+02	4.80E+02
6.04E+02	0.00E+00	2.80E-05	5.30E+02	4.90E+02
7.49E+02	0.00E+00	1.94E-05	5.91E+02	5.06E+02
9.35E+02	0.00E+00	1.33E-05	6.66E+02	5.29E+02
1.17E+03	0.00E+00	9.08E-06	7.57E+02	5.58E+02
1.48E+03	0.00E+00	6.13E-06	8.68E+02	5.97E+02
1.88E+03	0.00E+00	4.12E-06	1.00E+03	6.46E+02
2.38E+03	0.00E+00	2.75E-06	1.17E+03	7.06E+02



REFERENCIAS.

AGUILAR, M. (1999). Riesgo ambiental (por accidentes tecnológicos graves). División de Educación Continua. Palacio de Minería, Facultad de Ingeniería, UNAM. México, D.F.

BELTRAN, L. (1996). Evaluación de la peligrosidad en un parque industrial (Caso de estudio: Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca, Mor.). Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental. División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, UNAM. México.

CABRERA, C (2008). Evaluación de un modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos con la técnica espectroscópicas DOAS Pasiva. Tesis de Maestría en Ciencias de la Tierra. Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM México.

CASSIDY, K. (1999). Consequence Assessment: How far is far enough?. International Conference and Workshop on Modeling the Consequences of Accidental Releases of Hazardous Materials, San Francisco, Cal. USA.

CENAPRED (2007) SISMOS. Cartel. Secretaria de Gobernación. México D. F.

CENAPRED (2008) SISMOS. Serie de Fascículos. Secretaria de Gobernación. México D. F.

CENAPRED (2009) Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México. Atlas Nacional de Riesgos de la Republica Mexicana. Secretaria de Gobernación. México D.F.

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD. 2008. Manual de Diseño de Obras Civiles: Diseño por Sismo. México, 2 – 10.



DINÁMICA HEURÍSTICAS. (2012). SCRI Modelos
<http://www.dinamicaheuristica.com/scri/modelos.html>

ITSEMAP (1995). Curso sobre Análisis de Riesgos. Edit. MAPFRE, 1ª sección, Madrid, marzo, pp.12.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY, U. S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (DOT) (1989). Handbook of Chemical Hazard Analysis Procedures” 1st edition. United States

LEES, F. P. (1991). Loss prevention in the process industries. Vol. 1. Butterworth – Heinemann Ltd. Great Britain.

LI MULLER, A., MARSH, M. (1994). Guidance for the use of risk assessments in site clean ups in Ontario. -Proposed draft-. Ontario Ministry of the Environment and Energy (OMEE). May.

MOEE. Ontario Ministry of Environment an Energy (1995). Guideline for use at contaminated sites in Ontario. ISBN 0-7778-4052-9. Ontario.

MONTAGUE, D. F. (1990). Process risk evaluation. What method to use?. Reliability Engineering ans System Safety. Vol. 29. Park Center, Knoxville. Tennessee. USA.

ORTEGA, R., HERRMANN, R. B., AND QUINTANAR, L. (2003), Earthquake Ground-Motion Scaling in Central Mexico between 0.7 and 7 Hz, Bull. Seis. Soc. Am., Vol. 93, No. 1, pp. 397-413.

PICCININI, H. (1998). Memorias del Curso de Análisis de Riesgos en Instalaciones Industriales. CENAPRED-SEGOB, México.



PUMA. Programa Universitario del Medio Ambiente (1995). Apuntes del Curso “Administración y análisis de riesgo”. UNAM, México.

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN), (2005) Normales Climatológicas de Tula de Allende, Edo. de Hidalgo, Julio del 2013. <http://smn.conagua.gob.mx/climatologia/normales/estacion/hgo/NORMAL13040.TXT>

SERVICIO DE PREVENCIÓN DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA (SPUPV) (2013) Compresores: causas principales de riesgos y medidas correctoras. http://www.sprl.upv.es/iop_pm_23.htm

SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL, (2010), Secuencia de sismos en Hidalgo, Mayo 2010, http://www2.ssn.unam.mx/website/jsp/reportesEspeciales/Sismos_Hidalgo.pdf

SINGH, S. K., IGLESIAS, A., ORDÁZ, M., PÉREZ-CÁMPOS, X., AND QUINTANAR, L., (2011), Estimation of Ground Motion in México City from a Repeat of the M ~7.0 Acambay Earthquake of 1912, Bull. Seis. Soc. Am., Vol. 101, No. 5, pp. 2015-2028.

SUTER, M. , LÓPEZ MARTÍNEZ, M., QUINTERO LEGORRETA, O., CARRILLO MARTÍNEZ, M.(2001), Quaternary intra-arc extensión in the central trans-Mexican volcanic belt, Geological Society of America Bulletin, June 2001, V. 113, no. 6, p. 693-703.

SUTER, M., CARRILLO-MARTÍNEZ, M., Y QUINTERO-LEGORRETA, O., (1996) Macroseismic study of shallow earthquakes en the central and Eastern parts of the trans-Mexican volcanic belt, Mexico, Bull. Seis. Soc. Am., Vol. 86, pp. 1952-1963.



UNEP (1990). APELL: Concientización y preparación para emergencias a nivel local. Un proceso para responder a los accidentes tecnológicos. PNUMA.

UNIVERSIDAD DE MURCIA. (2002). Guía técnica. Zonas de planificación para accidentes graves de tipo térmico. Pp. 47

ZAGAL, J. (1996). Método de evaluación de riesgos en accidentes químicos. Memorias del Simposio regional sobre preparativos para emergencias y desastres químicos: Un reto para el siglo XXI. OPS / OMS. División de Salud y Ambiente. Programa de preparativos para situaciones de emergencia y coordinación de socorro en casos de desastre. México, D.F., Diciembre.