

01177



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO  
EN INGENIERÍA**

**ESTIMACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES  
CAUSADOS POR LA INDUSTRIA LADRILLERA**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRA EN INGENIERÍA  
(AMBIENTAL)

**P R E S E N T A:**  
**ING. PAOLA MORENO MURGUÍA**

México, D.F.

2004

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



---

## JURADO

PRESIDENTE Dr. Humberto Bravo Álvarez  
VOCAL M. en I. Francisca Irene Soler Anguiano  
SECRETARIO M. en I. José Luis Martínez Palacios  
SUPLENTE M. en C. Vicente Fuentes Gea  
SUPLENTE Dr. Alejandro Rodríguez Valdes



---

## AGRADECIMIENTOS

A la Maestra Francis por su apoyo en la dirección de esta tesis.

A mi comité tutorial por sus aportaciones en este trabajo.

A Juan Carlos, porque parte de esta tesis es gracias a tí.

A la Sra. Mercedes por su apoyo durante mi maestría.

A mis compañeros y amigos de la maestría Francisco, Emmanuel, Adriana y Paula.

A la mejor de mis hermanas.

A tí papá que me enseñaste la lucha por vivir cada día.

A la Dra. Rina por sus contribuciones para este trabajo.

Gracias a Conacyt y a Fundación Telmex por su apoyo económico.



# ÍNDICE

	Página
1. Introducción	5
1.1 Justificación	6
1.2 Objetivo	6
1.3 Alcances y limitaciones	6
2. La industria ladrillera	7
2.1 Historia	9
2.2 Descripción del proceso productivo	11
2.2.1 Composición	14
2.2.2 Cocción	19
2.2.3 La industria ladrillera en los países desarrollados	24
2.3 La problemática en México	25
2.3.1 Situación actual	27
2.3.2 Normatividad	33
3. Metodología	36
3.1 Descripción del sistema	37
3.2 Identificación de riesgos	37
3.3 Evaluación de la exposición	44
3.4 Relación dosis respuesta	50
3.5 Caracterización del riesgo	50
3.6 Alternativas de solución	55
4. Minimización del riesgo en ladrilleras	61
4.1 Descripción del sistema	61
4.2 Estimación del riesgo ambiental	69
4.2.1 Identificación de riesgos	70
4.2.2 Evaluación de la exposición	70
4.2.3 Relación dosis-respuesta	81
4.2.4 Caracterización del riesgo	81
4.3 Propuesta de solución	84
5. Conclusiones y recomendaciones	92
6. Bibliografía	94
Anexos	104



## 1. INTRODUCCIÓN

Los países en vías de desarrollo se encuentran en desventaja respecto a los industrializados, al no contar con los procesos de producción y las tecnologías para generar productos respetuosos del ambiente, que se ajusten a los criterios y normas ecológicas que se aplican cada vez más a los productos en los países importadores del primer mundo.

En México, el proceso de industrialización se dio de manera acelerada a partir de la década de los 40's, transformándolo de un país agrícola-minero en un país industrial-agrícola-minero. De manera general, este cambio no fue acompañado de la conformación de la infraestructura tecnológica, del personal experto, trabajadores capacitados y bases del conocimiento requerido.

La industria se ha convertido en un motor fundamental del desarrollo, al ser el sector que aporta la mayor parte de los recursos externos del país. En particular la industria manufacturera ha incrementado su impacto en el crecimiento del PIB total, y en 1999 participó con más de una cuarta parte del incremento del producto (INE, 2003). Adicionalmente hay que enfatizar el impacto ambiental de la industria, siendo el sector que más contaminantes genera. Tal es el caso de la industria ladrillera, que sigue empleando para la manufactura de sus productos (ladrillos, tejas, tabicón) combustibles altamente contaminantes, como llantas, aceites gastados y residuos industriales, entre otros; siguiendo las mismas etapas desarrolladas desde la antigüedad:

- Preparación de la pasta
- Moldeado
- Cocción en hornos

Constituyendo un problema ambiental, social y de salud. Tan solo en los alrededores del área metropolitana de la Ciudad de México funcionan más de mil ladrilleras, con sistemas tecnológicos obsoletos que causan serios problemas a quienes trabajan en ellas, más de 20 mil personas, así como a la población en general (DGESA, 2002). Situación que ha obligado a estas industrias a migrar hacia zonas menos pobladas.

La Universidad Autónoma de San Luis Potosí reveló que las emisiones contaminantes de las ladrilleras, ocasionan retraso en el crecimiento y desarrollo de los menores de edad expuestos a estas sustancias en el ambiente.



## 1.1 JUSTIFICACIÓN

La fabricación de ladrillos es una actividad productiva que además de ser una fuente de empleos importante, genera un insumo básico para la industria de la construcción.

Para llevar a cabo esta actividad se utilizan combustibles altamente contaminantes como llantas, aceites, residuos industriales y casi cualquier material orgánico de desecho. Las consecuencias ambientales son verdaderamente impresionantes: contaminación de la atmósfera, de cuerpos de agua y del suelo.

El proceso genera, debido a la extrema ineficiencia de los procesos de combustión, dioxinas y furanos (sustancias altamente tóxicas), distintas especies de hidrocarburos y volúmenes masivos de partículas, además de otros contaminantes como el monóxido de carbono, óxidos de azufre y de nitrógeno.

Por esto, es de suma importancia estimar los riesgos ambientales ocasionados por estas industrias y proponer alternativas de solución, para reducir los daños ocasionados al ambiente y por ende a los seres humanos, plantas y animales.

## 1.2 OBJETIVO

Proponer alternativas de solución para minimizar las afectaciones ambientales causadas por la industria ladrillera, mediante la estimación de riesgos ocasionados por éstas.

## 1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES

Para cumplir con el objetivo de este trabajo se han establecido los siguientes alcances y limitaciones:

- Se utilizarán fuentes bibliográficas, información oficial, de visitas y/o factores de emisión para determinar los combustibles empleados, emisiones generadas y su composición.
- Se seleccionarán y aplicarán las técnicas para la identificación y evaluación de los riesgos ambientales.
- En la estimación del grado de afectación, se definirá un sitio (caso de estudio) para aplicar el modelo gaussiano en el aspecto de emisiones a la atmósfera.



## 2. LA INDUSTRIA LADRILLERA

El ladrillo se considera como una pieza de arcilla o tierra arcillosa moldeada (a mano o mecánicamente) y cocida. Tiene forma de paralelepípedo o prisma regular, se emplea en la construcción, y puede variar en colores, tamaños y texturas.

De acuerdo a la Norma Mexicana NMX-C-006-1976, que establece las especificaciones para ladrillos y bloques, el ladrillo es un elemento de construcción, de forma prismática rectangular, obtenido por moldeo, secado y cocción de pastos cerámicos, barro, arcilla y/o similares, extruídos o comprimidos.

Los considerados como *buenos ladrillos*, tienen un sonido claro y metálico a la percusión; son duros y presentan el grano fino y compacto en su fractura. Sus aristas son duras y la superficie es lisa y regular, pero dependiendo de la clase de tierra empleada en su elaboración, la calidad puede variar.

Los ladrillos, pueden ser refractarios y no refractarios. Los primeros, son aquellos capaces de resistir altas temperaturas sin llegar a la fusión ni a desintegrarse, por lo que se usan comúnmente en los hogares de combustión, en conductos por donde pasan gases a altas temperaturas, y como entrepaños y accesorios para hornos.

Las arcillas empleadas para la fabricación de ladrillos refractarios tienen poco contenido de óxidos de hierro, predominando la sílice y la alúmina, que solo se reblandecen a muy altas temperaturas, lo cual hace que para su fabricación se necesiten hornos especiales.

Dentro de los materiales refractarios, se distinguen dos tipos fundamentales, los que tienen un alto contenido de alúmina y los que tienen un alto contenido de sílice, ambos son de muy alta resistencia a las altas temperaturas pero su comportamiento es distinto. Los ladrillos con mucha alúmina pueden soportar altas temperaturas y pueden enfriarse muchas veces sin desintegrarse, porque tienen un coeficiente de dilatación térmico muy bajo en comparación con los de sílice, es decir, no sufren dilataciones o deformaciones notorias y por ende no se desintegran, en cambio resultan caros porque las arcillas necesarias para su fabricación son escasas. Los ladrillos en donde predomina la sílice son mucho más baratos a consecuencia de que ella es abundante y muy barata, pero el material resultante si bien resiste las altas temperaturas, tiene el inconveniente de dilatarse en forma muy considerable y si el sitio donde se emplea está sometido a continuos cambios de temperatura, terminan por desintegrarse rápidamente, en consecuencia se les puede utilizar con éxito donde las temperaturas sean altas pero constantes o por lo menos con enfriamientos que no bajen de los 500°C, para evitar dicha tendencia.

Los productos refractarios rara vez tienen tonalidades de rojo, normalmente tienen un color blanco sucio parduzco, marrones subidos y a veces son casi negros.

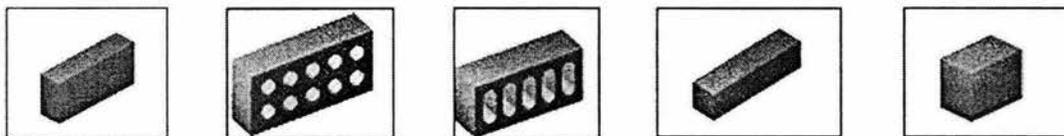


La coloración no indica regularmente diferencia de calidad, sino lo común es que corresponda a la diferencia de atmósfera en el horno de fabricación, ya sea reductora u oxidante. Como el color de estos materiales tiene un cierto valor decorativo, se les emplea frecuentemente en fachadas; en estos casos se hacen en forma de losetas delgadas, ya que su función no es como elemento refractario (Arquitools, 2003).

Los ladrillos no refractarios, son los empleados para la construcción de fachadas, casas, edificios, etc., y que se conocen como ladrillos o tabique rojo. En este trabajo nos referiremos como ladrillo, al ladrillo no refractario o tabique rojo.

Los ladrillos fabricados a nivel industrial se clasifican de acuerdo al tamaño, volumen y situación de las perforaciones en:

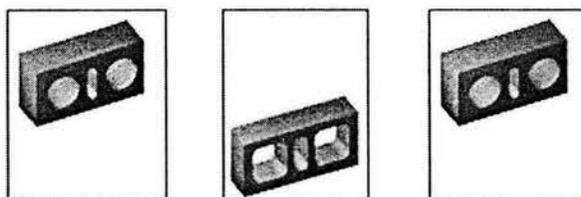
- **Ladrillo macizo:** ladrillo totalmente macizo, puede tener perforaciones que lo aligeran hasta en un 25% de su masa. Se emplea en fachadas y muros divisorios (figura 2.1).



Fuente: Anfalit, 1994.

Figura 2.1 Ladrillos macizos

- **Ladrillo perforado:** ladrillo con taladros en tabla, de volumen superior al 10%.
- **Ladrillo hueco:** son aquellos aligerados por encima del 25% de su masa y menos del 65% del total. Dentro de ellos encontramos los estructurales, que son ladrillos de perforación vertical, donde éstas permiten la colocación interna de acero de refuerzo e instalaciones hidráulicas y eléctricas. Se emplean generalmente en fachadas, muros divisorios y muros estructurales.



Fuente: Anfalit, 1994.

Figura 2.2 Ladrillos huecos

Entre las ventajas que se tienen al emplear ladrillo se encuentran:

- **Durabilidad**, las construcciones en ladrillo superan a cualquier material a través del tiempo, la deformación producida en elementos sometidos a una carga permanente es insignificante en el ladrillo de arcilla.
- **Fácil colocación y modulación**, aumentando la productividad.
- **Alta resistencia física y química**, que son determinadas por la materia prima y reforzadas por el proceso de cocción, estos productos se caracterizan por poseer



porcentajes de absorción de agua mínimos, alta resistencia a la compresión y a la flexión, así como al fuego y a los ácidos.

- **Fácil instalación** y reparación, su manejo no requiere de especialistas, ni de experimentos que puedan resultar onerosos.
- No requieren **mantenimiento** especial.
- Garantizan construcciones sanas, **no facilitan la procreación** de hongos, plagas, ni bacterias.
- Excelente **aislamiento térmico y acústico**, lo que permite crear ambientes interiores saludables y agradables.
- **Riqueza en expresión** dada por la belleza característica de la arcilla, la amplia variedad en productos, colores, tamaños y texturas, brinda un sin número de posibilidades al constructor y un gran valor estético a sus diseños.
- Las construcciones en ladrillo pueden entrar en **uso inmediatamente** después de terminadas, no es necesario esperar para poder hacer uso de ellas.
- **Precios** competitivos, comparado con otros materiales de construcción el ladrillo a través de los tiempos se ha caracterizado por su economía, que sumada a las demás ventajas mencionadas, lo han conservado como el material más utilizado en todo el mundo (Anfalit, 1994).

En la figura 2.3 se muestran algunos usos que se le da al ladrillo.

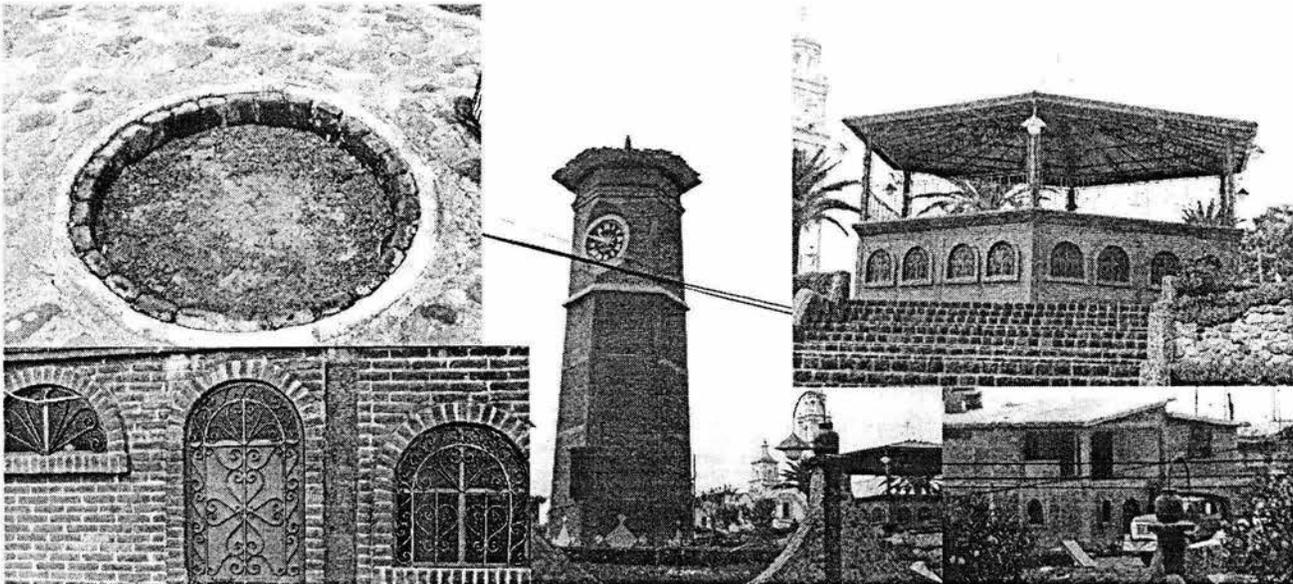


Figura 2.3 Usos del ladrillo

## 2.1 HISTORIA

Posiblemente, después de alimentarse, una de las necesidades primarias que tuvo el hombre desde sus inicios, y conforme su desarrollo y evolución, fue la de contar con recintos cerrados que lo protegieran de las inclemencias del medio que lo rodeaba.



Las cavernas naturales fueron las que en un principio cubrieron esta necesidad. Sin embargo, la circunstancia de no contar siempre con esta solución, y las cada vez mayores necesidades que le planteaba su evolución, hicieron que el hombre comenzara a implementar artificialmente esos recintos, usando maderas y rocas naturales.

Posteriormente en donde no existían piedras, pero sí importantes depósitos de sedimento proveniente de las inundaciones de los ríos, posibilita el surgimiento y desarrollo de los ladrillos de forma primitiva.

El procedimiento de fabricación consistía en mezclar en un hoyo partes iguales de sedimento pluvial, paja y desechos animales, que los hombres y animales pisaban hasta obtener una pasta uniforme. Los ladrillos eran moldeados a mano y se secaban al sol, conformando los llamados adobes, o se cocían en un horno formado por ladrillos apilados, utilizando madera como combustible, para obtener el ladrillo como tal. El material orgánico servía como diluyente no plástico, reduciendo el agrietamiento durante el secado; en cuanto a la paja cabe considerarla como una forma primitiva de refuerzo fibroso.

Es así como durante la evolución humana, la técnica de fabricación del ladrillo sufre cambios, los cuales no son mera casualidad; en efecto, si el ladrillo no tuviera propiedades tales como su sencilla técnica de producción y colocación, su capacidad de aislamiento y soportante, su amplia gama de combinaciones, etcétera, sin duda no se seguiría usando hoy en día.

En las antiguas Mesopotamia y Palestina donde apenas se disponía de madera y piedras, el ladrillo constituyó el principal material en la construcción. Los habitantes de Jericó, en Palestina fabricaban ladrillos hace unos 9000 años.

Los sumerios fueron los primeros que aplicaron los ladrillos de arcilla cocida a la construcción de edificios, tales como recintos cerrados que los protegían de la noche e inclemencias del clima y templos donde adoraban a los dioses, producto del establecimiento de las primeras tribus nómadas en las llanuras mesopotámicas, que dieron origen al sedentarismo.

Los sumerios y babilonios levantaron zigurats<sup>1</sup>, palacios y ciudades amuralladas con ladrillos secados al sol, que recubrían con otros ladrillos cocidos en hornos, más resistentes y a menudo con esmaltes brillantes formando frisos<sup>2</sup> decorativos. En sus últimos años los persas construían con ladrillos al igual que los chinos, que levantaron la gran muralla. Los romanos construyeron baños, anfiteatros y acueductos con este material, a menudo recubierto de mármol.

En el curso de la edad media, en el imperio bizantino, al norte de Italia, en los Países Bajos y en Alemania, así como en cualquier otro lugar donde escaseara la piedra, los constructores valoraban el ladrillo por sus cualidades decorativas y funcionales. Realizaron edificaciones con ladrillos templados, rojos y sin brillo creando una amplia variedad de formas, como cuadros, figuras de punto de espina, de tejido de esterilla o lazos flamencos. Esta tradición continuó en el renacimiento y en la arquitectura georgiana británica, y fue llevada a América del norte por los colonos. El ladrillo ya era conocido por los indígenas americanos de las civilizaciones

<sup>1</sup> Torre formada por terrazas a las que se ascendía por rampas.

<sup>2</sup> Elemento decorativo que hay entre el arquitrabe y la cornisa.



prehispánicas. En regiones secas construían casas de adobe secado al sol. Las grandes pirámides de los olmecas, mayas y otros pueblos fueron construidas con ladrillos revestidos de piedra. Pero fue en España donde por influencia musulmana, su uso alcanzó más difusión, sobre todo en Castilla, Aragón y Andalucía.

La utilización de esta técnica constructiva se ha mantenido durante el tiempo, destacándose los siguientes casos:

- La ciudad de Babilonia (1.800 a.C.), desde sus inicios hasta la muerte de Alejandro Magno, muestra su esplendor y magnificencia con una arquitectura desarrollada en base al ladrillo crudo secado al sol y sometido a cocción en menor escala.
- Las ciudades de Monhejo Daro y Harappe (2.800 - 2.500 a.C.), en Pakistán, muestran el uso intensivo del ladrillo cocido, tanto en viviendas como en los pavimentos y murallas de fortificaciones.
- Excavaciones realizadas en Palestina, muestran mampuestos de grandes espesores contruidos con ladrillos en la ciudad de Jericó (6.500 a.C.) en las cercanías de Jerusalén.
- Las ciudades de Pompeya (750 a.C.) y Roma, nos muestran construcciones totalmente realizadas con ladrillos cocidos y revestidas con placas de mármol, estucos pintados y mosaicos.

Sin embargo y a pesar de los ejemplos antes expuestos, los arquitectos de épocas pasadas comienzan a apreciar el ladrillo basados en cuatro razones básicas:

1. La técnica de producción es sencilla, si consideramos que para poder utilizar la piedra se debía escuadrar y pulir con herramientas muy rudimentarias, logrando del ladrillo un material relativamente barato.
2. La técnica de colocación se facilita, ya que el ladrillo cocido es más liviano, desapareciendo prácticamente los complicados aparejos para mover y colocar los pesados bloques de piedras.
3. Debido a lo anterior, los tiempos de construcción se acortan.
4. Por último, las posibilidades y variedades de expresión en las fachadas, se enriquecen notablemente.

En la actualidad, el ladrillo sigue siendo uno de los materiales mayormente empleados en la construcción, y su fabricación en algunos países está industrializada, lo que permite asegurar una mejor calidad y aumentar el desarrollo ambiental del proceso.

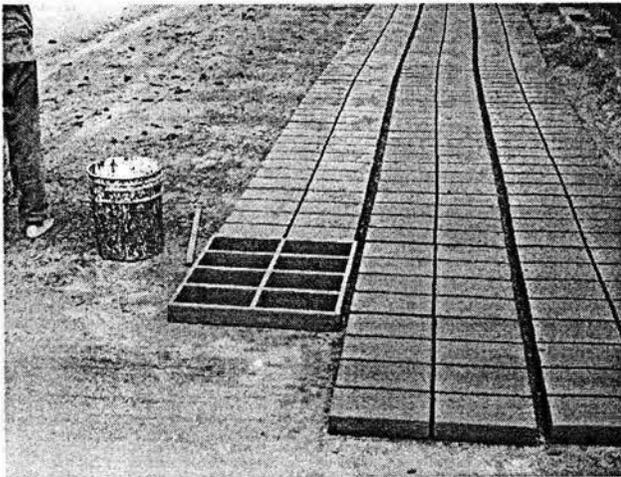
## 2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

El proceso seguido para la manufactura de los ladrillos en las pequeñas ladrilleras de los países en desarrollo, sigue esencialmente las mismas etapas desarrolladas desde la antigüedad:

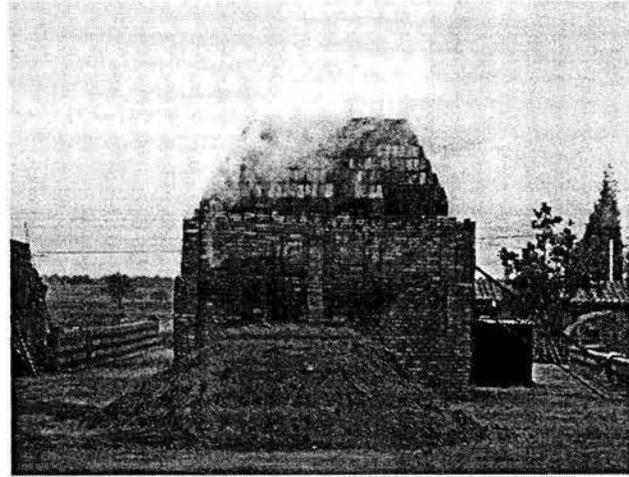
- Preparación de la pasta cerámica (figura 2.4)
- Moldeado en la forma deseada (figura 2.5)
- Cocción en hornos (figura 2.6)



**Figura 2.4** Preparación de la pasta



**Figura 2.5** Moldeado



**Figura 2.6** Cocción en hornos

El proceso de elaboración de ladrillos es manual y no sigue un control de proceso ni de calidad estricto, los hornos empleados son construidos por los propios ladrilleros incluyendo a los niños. Según datos de la OIT-IPEC (Organización Internacional del Trabajo- *International Programme on the Elimination of Child Labour*), uno de cada cinco niños trabaja en América Latina.



La tabla 2.1 muestra una lista de labores de alto riesgo identificadas por la IPEC en países de América Latina, en las cuales laboran menores de edad, dentro de las cuales se encuentran las ladrilleras para México y Argentina.

**Tabla 2.1** Labores de alto riesgo

<b>País</b>	<b>Industria</b>
Argentina	<b>Ladrilleras</b> , mercados, industria del cuero, agricultura, fabricación de helados.
Bolivia	Minería, zafra, construcción, trabajo callejero, agricultura.
Brasil	Hornos de carbón, pedreras, preparación de sisal, depósitos de basura.
Chile	Minería, agricultura, trabajo callejero.
Colombia	Minería, agricultura, servicios domésticos, construcción.
Costa Rica	Prostitución, banano, maquila, procesamiento de mariscos.
Ecuador	Floricultura, trabajo callejero, construcción, curiles, maquila, pirotecnia, construcción
El Salvador	Cafetales, prostitución, trabajo callejero, basura, sector de la cal, cafetales, minería.
Guatemala	Pirotecnia, servicio doméstico, maquila, construcción, transporte, basura.
Honduras	Industria del cuero, panadería, maquilas, madereras, metalúrgica, construcción, ejército, industria fármacos, industria química, industria en general.
México	Cafés y bares, talleres mecánicos, <b>ladrilleras</b> , agricultura.
Nicaragua	Cafetales, banano, arroz, tabaco, algodón, ganadería, trabajo callejero.
Panamá	Trabajo callejero, servicio doméstico, zafra, carga.
Paraguay	Trabajo callejero, servicios domésticos.
Perú	Picapedreros, construcción, metalúrgica, procesamiento hoja de coca, pirotecnia, basura, minería.
República Dominicana	Agricultura, servicio doméstico, basura, prostitución.
Venezuela	Basura, trabajo callejero, construcción.

Fuente: FLATEC, 2003.

El diagrama de flujo del proceso de fabricación de ladrillos seguido en las pequeñas ladrilleras se muestra en la siguiente figura.

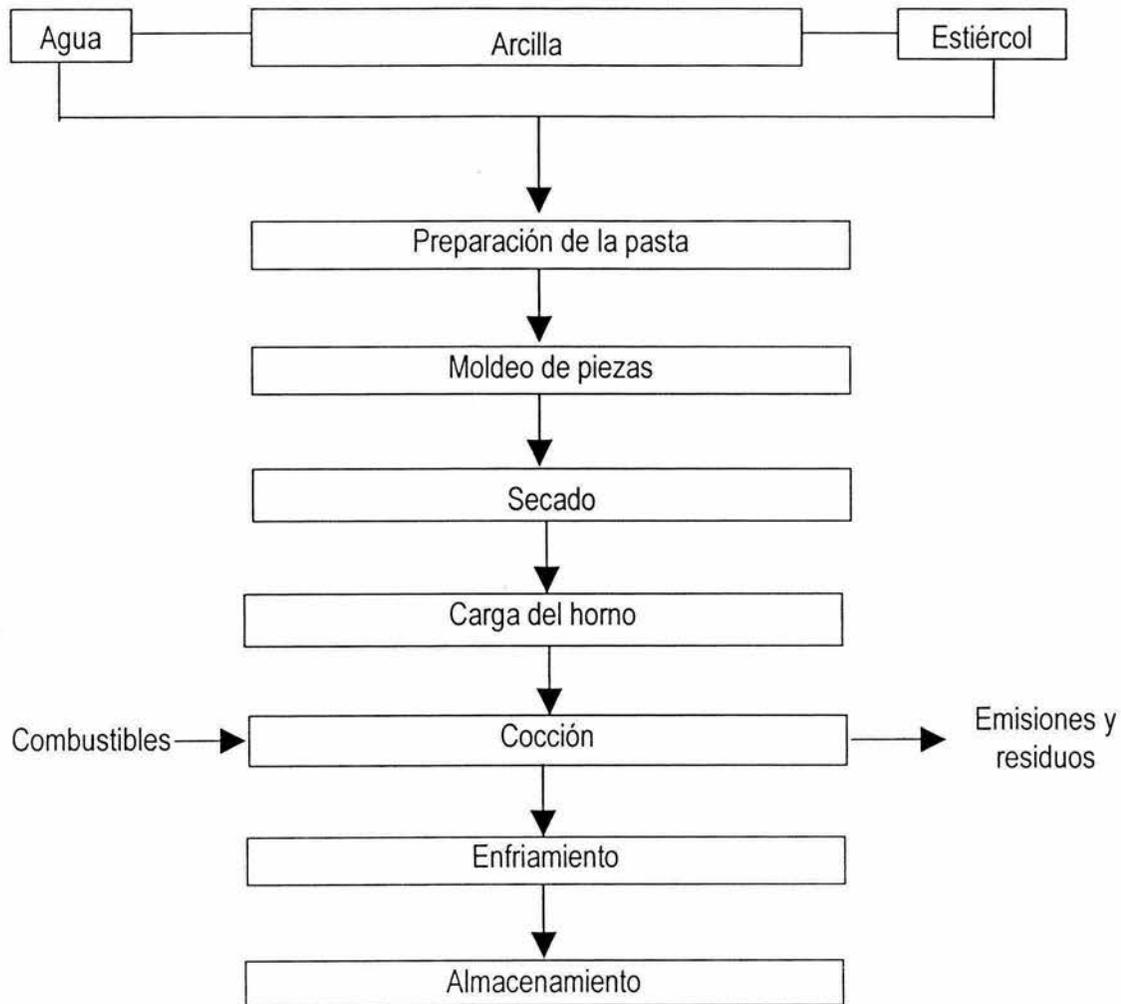


Figura 2.7 Diagrama de flujo del proceso de fabricación de ladrillo

### 2.2.1 COMPOSICIÓN

Como se mostró en el diagrama anterior, las *materias primas* empleadas para la elaboración de ladrillos son: agua, arcilla y estiércol básicamente, aunque el estiércol puede o no estar presente. Los porcentajes en peso de éstas en la pasta se muestran en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Composición de la mezcla para la fabricación de ladrillo

Materia prima	% Peso
Agua	51.4
Arcilla	47.0
Estiércol	1.6

Fuente: Secretaría de Ecología del Estado de México, 1999.

En algunos países de Sudamérica, cerca de la Cordillera de los Andes, se emplean como elementos para elaborar el ladrillo: tierra negra, abono y greda.



Cada elemento constituyente del ladrillo tiene una función, el estiércol sirve para mantener el adobe armado (ladrillo sin cocinar), arda y se cocine dentro del horno; la arcilla para darle firmeza y el agua para poder moldear la pieza. A mayor cantidad de arcilla, mayor densidad, pero si se excede la proporción, el adobe tiende a partirse (Hanono, 1993).

Existen varios tipos de arcillas empleadas en la elaboración de ladrillos (tabla 2.3). Se caracterizan por ser materiales terrosos o pétreos compuestos básicamente de silicatos de aluminio. Son plásticos cuando se encuentran hidratados y rígidos cuando se encuentran secos.

**Tabla 2.3** Arcillas empleadas en cerámica

Tipo	Variedad / composición
Caolines	Caolinita: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
	Anatoxina: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
	Haloisita: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Montmorillonita	De composición altamente variable, formada principalmente por óxidos de silicio, aluminio y magnesio
Illitas	$\text{K}_2\text{O} \cdot 8\text{R}_2\text{O} \cdot 24\text{SiO}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Atapulgitas	Hidromica: $\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Mo} \cdot 8\text{R}_2\text{O} \cdot 24\text{SiO}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
	Atapulgita: $(\text{OH})_4\text{Al}_4\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{20} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
	Sepiolita: $2\text{MgO} \cdot 3\text{Si}_8\text{O}_{20} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Nota: La clasificación de las arcillas conduce a distintos resultados según sea el punto de vista considerado, bien geológico, mineralógico, referido a las propiedades o de acuerdo con el uso.

Fuente: ACERCAR, 1999.

La *pasta* obtenida al mezclar las materias primas recibe el nombre de cerámica roja, según el criterio que se muestra en la tabla 2.4, el cual relaciona las propiedades y usos.

**Tabla 2.4** Clasificación de las pastas según su aspecto

Criterio	Tipos	Características
Apariencia	Cerámica roja	La cerámica roja presenta elevados contenidos de hierro que al oxidarse le confieren dicha tonalidad. Se emplea comúnmente en la producción de objetos estructurales como ladrillos y tejas.
	Cerámica blanca	La cerámica blanca, se elabora con materiales que no contienen óxidos productores de color, los cuales al cocerse adquieren un tono de blanco a crema, se emplean para obtener porcelana, loza, gres fino <sup>3</sup> y alfarería blanca.

Fuente: ACERCAR, 1999.

En México, la pasta se mezcla a mano (con palas, aunque es posible emplear una mezcladora de barro, figura 2.8) hasta que adquiere un aspecto uniforme y logra la humedad final para el moldeado. En otros países el sitio donde se lleva a cabo esta actividad se denomina *pisadero*, empleándose ruedas especiales o caballos, éstos últimos son animales ideales para realizar este trabajo, porque al caminar sus cascos succionan como una ventosa los elementos que están abajo, llevándolos hacia arriba, y al pisar los llevan hacia abajo.

<sup>3</sup> Pasta que sirve en alfarería para fabricar diversos objetos que, cocidos a temperatura muy elevada son resistentes, impermeables y refractarios (ACERCAR, 1999).

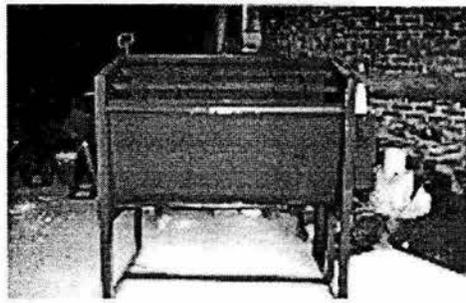


Figura 2.8 Mezcladora de barro

Cabe mencionar que el agua representa más de la mitad (en porcentaje en peso) de la pasta empleada para fabricar el ladrillo. Siendo un elemento indispensable para su fabricación.

La siguiente etapa, *moldeado*, es realizada manualmente (figura 2.9) con moldes llamados *gradillas*. En una ladrillera en Huejotzingo, Puebla, un trabajador en promedio moldea 1000 ladrillos diarios.



Figura 2.9 Moldeo a mano realizado en una ladrillera de Huejotzingo, Puebla

Los moldes deben ser de mayores dimensiones, en previsión de la reducción lineal (1/7 a 1/10) que sufren las piezas en el secado y cocción (Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real, 2003) (figura 2.10).

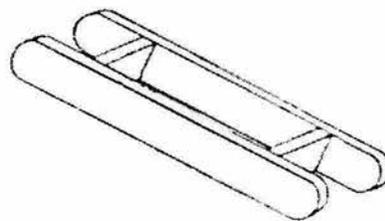
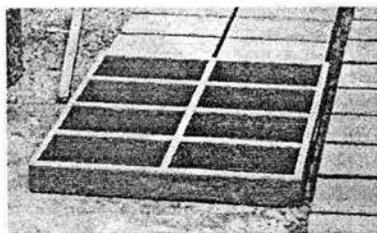


Figura 2.10 Gradillas para el moldeo a mano de ladrillos



Una vez moldeadas las piezas, éstas tienen que secarse transfiriendo calor para reducir su humedad, con las mínimas pérdidas y en los plazos más cortos que garanticen su integridad en las posteriores operaciones de calentamiento y cocción.

El *secado* de las arcillas y de las pastas cerámicas tiene una importancia considerable para la calidad del producto. Cuando la arcilla se seca, se presenta una contracción, la cual si el secado es demasiado rápido y desigual, puede dar lugar a la formación de grietas en el producto.

El porcentaje de humedad residual depende de las operaciones posteriores que han de realizarse en la producción. En los casos en que el objeto es barnizado en crudo, deberá secarse hasta un grado de humedad final de 0.2 a 1.0%, mientras que si se trata de cerámica ordinaria de construcción, conviene desecar el producto hasta que el porcentaje de humedad final quede por debajo del de la humedad higroscópica de la arcilla, lo cual ocurre aproximadamente a un 10% (ACERCAR, 1999).

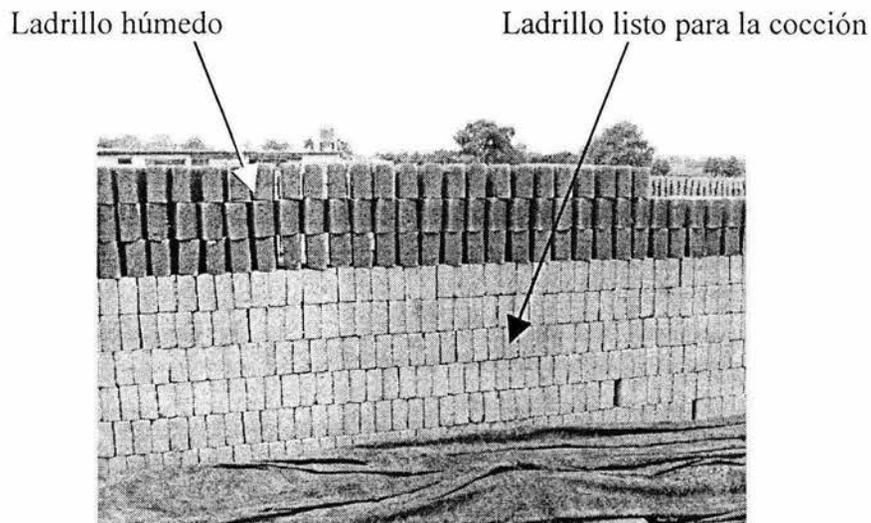
La operación de secado puede realizarse en diferentes formas, dependiendo del nivel de tecnificación, pudiendo ir desde un secado al aire libre, hasta el empleo de túneles a condiciones controladas, como se muestra a continuación.

**Tabla 2.5** Tipos de secado de piezas mecánicas

<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
Natural	Al aire libre o bajo techo, los productos obtenidos son de calidad variable y no se puede controlar la humedad final de los mismos antes de la cocción, dado que ésta depende fundamentalmente de la humedad del ambiente.
Intermitente	El material se ubica en cámaras en las que se hace circular aire caliente, proveniente del horno de cocción, el control del proceso es deficiente, pero la calidad de los productos aumenta.
Continuo	Se realiza en túneles o cámaras con longitudes superiores a 40 m, anchuras de 1.15 a 1.40 m y alturas de hasta 2 m, donde el material circula en vagonetas. Se impulsa el aire caliente a temperaturas de hasta 150°C, en sentido inverso al avance del material, logrando así un aumento progresivo en la temperatura del material y una disminución en su contenido de humedad, facilitando el control del proceso. La duración del secado en tales condiciones está entre 12 y 48 horas, la temperatura de salida del aire es de 25 a 30°C a una humedad relativa del 75 a 95%, la humedad final de la masa es de un 6 a 8%.

Fuente: ACERCAR, 1999.

En las ladrilleras de México no industrializadas el secado se realiza de manera natural, y se sabe que esta etapa concluye, cuando el color del ladrillo crudo cambia de un color oscuro a claro, como se muestra en la figura 2.11, durando según los ladrilleros hasta seis días.



**Figura 2.11** Color del ladrillo húmedo y del listo para la cocción

En otros países, los ladrillos crudos se secan hasta que su consistencia sea tal, que permita poder apilarlos para la cocción en los hornos.

El *acarreo al horno* (figura 2.12) llamado así por los ladrilleros, es la etapa que le sigue al secado, en la que se conducen manualmente los ladrillos hasta el horno para estibarlos. Se empieza por la bóveda, siguiendo los volados (*apilos*), el *redondel* (parte alta), la orilla (*estibar el forro*) y por último todo lo de adentro (*apilar*).



**Figura 2.12** Acarreo al horno



### 2.2.2 COCCIÓN

Los tipos de hornos empleados para la *cocción* de piezas de arcilla y otros productos cerámicos, pueden ser de construcción rudimentaria, complejos hornos eléctricos o a base de gas, dependiendo del nivel de tecnificación y el tipo de piezas a producir. La tabla 2.6 presenta un estado de los diferentes tipos de hornos empleados en la producción de cerámicos estructurales y sus características.

**Tabla 2.6** Principales tipos de hornos

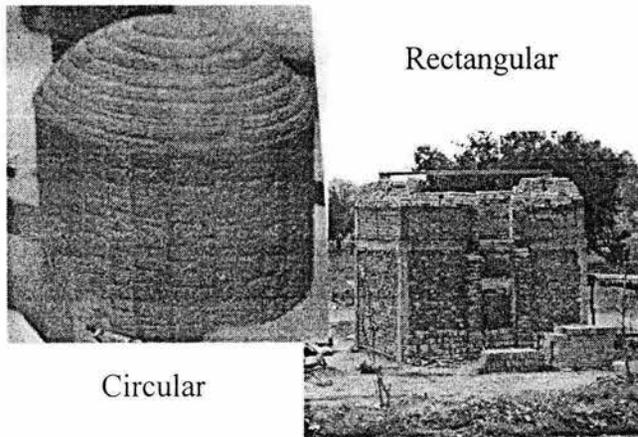
<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
Fuego dormido	Horno de construcción artesanal de bajo rendimiento y calidad de las piezas, se emplea principalmente en la elaboración de ladrillo. Presenta algunas variaciones en su construcción que aumentan ligeramente la eficiencia, a la vez que reducen las emisiones.
Llama invertida	Hornos cerrados de construcción generalmente circular, y dotados de una bóveda que impide la salida directa de los gases de combustión hacia la atmósfera. El aire recircula hacia abajo por acción del tiro de la chimenea, lo que permite la obtención de temperaturas elevadas.
Hoffman	Horno dotado de galerías paralelas, donde el aire circula de las zonas de cocción hacia las de precalentamiento; no permite la obtención de materiales vitrificados, pues no logra temperaturas elevadas.
Túnel	Aquí el material se desplaza en vagones o rodillos a través de una galería. Los productos se desplazan de zonas de baja temperatura, siguiendo los termogramas necesarios para cada tipo de pasta, optimizando así la calidad de los productos. El aire circula en sentido contrario, generando economías de combustible en las etapas de precalentamiento y secado. Presenta diversas variantes que reducen aún más los consumos de combustibles y mejoran el control térmico.

Fuente: ACERCAR, 1999.



La mayoría de los hornos empleados en México para la fabricación de ladrillos son de tipo artesanal y constan de 2 partes:

- una cámara de cocido construida con bloques de adobe o arcilla mezclada con agua y estiércol o algún otro material fibroso, que puede tener forma rectangular o circular (figura 2.13).
- una bóveda situada en la parte inferior del sistema donde se alimenta directamente el combustible empleado para la cocción de los ladrillos, dependiendo del tipo de combustible utilizado la capacidad de la cámara de cocido puede tener de 70 a 130 centímetros de altura y de 3 a 4 metros de ancho; sobre esta bóveda se asienta la cámara de cocido (figura 2.14).

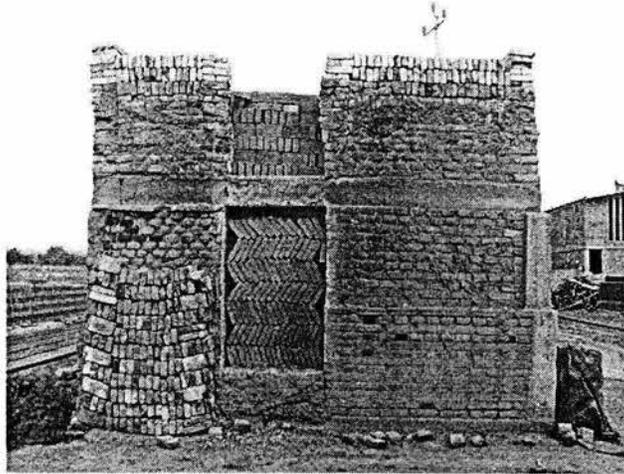


**Figura 2.13** Cámara de cocido



**Figura 2.14** Bóveda de alimentación de combustible

La capacidad de cada horno va de 4,000 a 80,000 ladrillos por lote (figura 2.15); dependiendo de los requerimientos se puede encender desde 1 vez por semana hasta 1 vez por mes, por un lapso operativo de 48 a 72 horas. Debido a la calidad y a la técnica tan rústica empleada en el sistema, del total de ladrillos producidos, generalmente sólo se puede aprovechar del 50 al 60% de la producción, ya que generalmente los ladrillos más cercanos a la bóveda de alimentación de combustible se queman y los más alejados no alcanzan a cocerse (para la cocción total de los ladrillos se necesitan temperaturas aproximadas de 600°C (Corral, 2003)). Adicionalmente, se debe mencionar que ninguno de estos hornos cuenta con sistema de control de emisiones (CENICA, 2002).



**Figura 2.15** Horno ladrillero con capacidad para 20,000 ladrillos

Los combustibles empleados para la alimentación del horno dependen tanto de los materiales y residuos disponibles en la zona donde se ubique el horno, como del grado de industrialización del proceso. Entre los combustibles que se emplean con mayor frecuencia en México están la madera, aserrín, combustóleo y aceites gastados, además de diesel, basura doméstica y algunos más modernos que emplean gas natural o gas L.P (CENICA, 2002). En el Estado de México los hornos quemar los combustibles mostrados en la tabla 2.7.

**Tabla 2.7** Combustibles empleados en la fabricación de ladrillos en el Estado de México

Combustibles	Cantidad utilizada por año en el Estado de México
Aserrín y madera	27,000 toneladas
Aceites gastados	2,000,000 litros
Llantas usadas	218 toneladas (24,000 llantas)
Residuos industriales	Se estima entre el 8 % y 10 % del total de combustibles usados en los hornos.

Nota: Los residuos industriales son: plásticos, baterías, fibra de vidrio, cubierta de cable, aglomerado, solventes, tintas, químicos y residuos hospitalarios, entre otros.

Fuente: Secretaría de Ecología del Estado de México, 1999.

En Sudamérica, el horno para la cocción de los ladrillos es armado, se apilan los adobes ya secos de una manera especial, dejando túneles o boquillas en su parte inferior. La dirección de estos túneles es coincidente con la dirección de los vientos dominantes. Una vez apilados los adobes, se revisten las cuatro caras del horno con barro y se tapa la parte superior con ladrillos cocidos; esto evita que el calor se pierda por los laterales y el techo del horno durante el cocimiento (Hanono, 1993).

En cada una de las boquillas o túneles, se coloca primero leña fina de punta a punta, que al encenderla sirve para arrancar el horno; luego, se va agregando leña poco a poco para que el horno se queme parejo. Si se coloca mucha leña existe el peligro de que se fundan los adobes que están en la parte inferior, y esto no dejaría pasar el calor hacia los adobes de arriba.

Cada horno tiene aproximadamente una boquilla por cada 2,500 ladrillos. Los hornos en general tienen capacidad para 25,000 ladrillos.



Las boquillas se encienden todas al mismo tiempo, y una vez que la leña se pone al rojo se deja de agregar ésta y sólo se van poniendo unos palos en la boca; el viento se encarga de llevar el calor al interior. En promedio, el tiempo de quemado en un horno con estas características es de 20 a 25 horas, aunque también se encuentra relacionado con el tipo de pieza a producir, con las velocidades de deshidratación y de formación de fases en las arcillas.

Durante la fase de cocción se pierde irreversiblemente la plasticidad de la masa y se forma el cuerpo cerámico con su estructura y características definitivas, llevándose a cabo en cuatro fases que son:

1. Pre calentamiento de la arcilla hasta unos 200°C; dándose la desecación y eliminación del agua unida físicamente a la arcilla.
2. Calentamiento posterior hasta 700°C, en el cual se da la eliminación del agua ligada químicamente a la arcilla.
3. Cochura<sup>4</sup>, entre 980 y 1000°C.
4. Temple, donde se da un enfriamiento lento de los productos cocidos hasta unos 500°C y enfriamiento rápido desde 500 hasta 50°C (ACERCAR, 1999).

Esta división del proceso en fases, no puede revelar la naturaleza de las reacciones que tienen lugar en la pasta durante la cocción, no obstante, se pueden señalar siete tipos principales de reacciones que se desarrollan en la cocción de las arcillas comunes, a saber:

1. Desprendimiento de sustancias volátiles.
2. Oxidación de impurezas orgánicas
3. Desprendimiento del agua de constitución
4. Reacciones en fase sólida
5. Reacciones en fase líquida
6. Formación de nuevas fases cristalinas
7. Descarbonización y desulfuración

El desprendimiento de sustancias volátiles se caracteriza por el efecto endotérmico, lo que da lugar a la formación de vapor de agua, cuya presión puede destrozar el producto, en caso de un rápido incremento en la temperatura. Dada la pérdida de agua y el aumento en la porosidad de la masa, se produce un descenso en la conductividad térmica de la arcilla.

El segundo grupo de reacciones u oxidación de impurezas orgánicas, son de carácter exotérmico entre 300 y 400°C. Una parte de dichas impurezas puede no llegar a quemarse, si la temperatura se incrementa rápidamente y la afluencia y difusión de oxígeno en el grosor del objeto es insuficiente, lo que puede observarse en el color oscuro del núcleo en la fractura del material. Si la combustión es lenta, puede producirse la grafitización de una parte del carbono. Simultáneamente, puede producirse la deposición en la arcilla de carbono, procedente del medio gaseoso que contiene de 1 a 3% de monóxido de carbono (CO) a 400° y a más de 1000°C.

La velocidad de combustión se eleva a medida que aumenta la temperatura, pero solo hasta la aparición de la fase líquida en la arcilla cocida, después de lo cual la velocidad disminuye

---

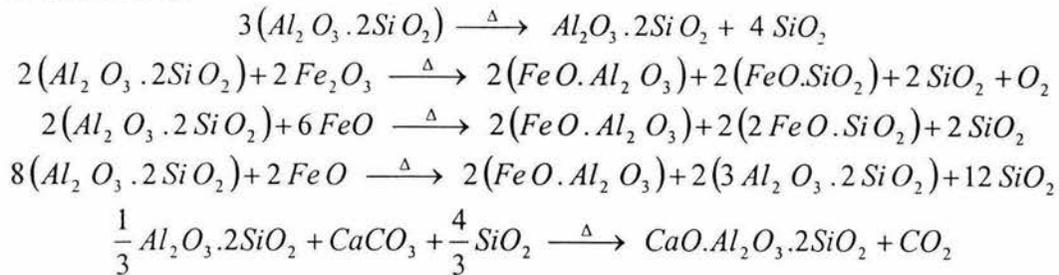
<sup>4</sup> También llamada cocción en alfarería.



momentáneamente a causa del empeoramiento de la difusión de oxígeno del aire. El valor máximo de la velocidad de combustión tiene lugar, aproximadamente a los 800°C. Por ello se recomienda mantener dicha etapa de cocción durante algún tiempo.

El desprendimiento del agua de constitución se caracteriza por el efecto endotérmico, el cual se extiende desde los 500 hasta 700°C, y en algunas arcillas caolínicas hasta 900°C, acompañado asimismo de una reducción en la conductividad térmica.

El grupo de reacciones en fase sólida, debidas a los procesos de difusión, se describen por las siguientes ecuaciones.



Como se aprecia en las reacciones anteriores, la formación de óxido ferroso (FeO), a partir de óxido férrico (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) complica la sintetización de los diferentes minerales al producirse hinchamiento por formación de gases (oxígeno, O<sub>2</sub>; bióxido de carbono, CO<sub>2</sub>), a pesar de que para las arcillas destinadas a la producción de ladrillos esto no tiene mayor importancia, sí es fundamental para las destinadas a la elaboración de bloques.

Después de haber tenido lugar estas reacciones se forma el cuerpo cerámico, y dependiendo del tipo de pieza a producir se llevan a cabo las reacciones en fase líquida, la formación de nuevas fases cristalinas, la descarbonización y desulfuración. Pudiéndose agregar sales inorgánicas al horno para aumentar la migración superficial de los componentes fundentes presentes en las pastas (ACERCAR, 1999).

Una vez cocida la arcilla ésta tiene que enfriarse. El régimen de enfriamiento de los productos depende fundamentalmente de sus dimensiones, ya que la conductividad térmica a temperaturas próximas a los 900°C es prácticamente la misma para las distintas arcillas. El descenso de la temperatura hasta 750°C puede efectuarse paulatinamente, (pero no a más de 150°C por hora) debido a la transición de la fase vítrea viscosa a la sólida y a la aparición de tensiones peligrosas. Después de los 750° y hasta los 500°C puede producirse una demora a causa de la peligrosidad de las tensiones térmicas, relacionadas con el efecto del cuarzo, después la velocidad de enfriamiento puede ser muy alta.

La etapa de enfriamiento en las ladrilleras de los países en desarrollo es llevada de manera natural; cuando los ladrillos se han enfriado, se almacenan en los patios generalmente y son cubiertos con plástico para evitar que se mojen si llueve, mientras se llevan a su destino: obras en construcción o tiendas de materiales para construcción. Pero en otros casos el horno no es vaciado, sino únicamente cubierto con plástico, sirviendo como sitio de almacenaje hasta que se tiene la venta y son pasados directamente al camión (figura 2.16).



**Figura 2.16** Horno cubierto con plástico

La venta de estos productos se realiza de dos formas principalmente, cuando menos aquí en México:

- El interesado (particular o dueño de una tienda de materiales para construcción) acude a la ladrillera en busca del material y hace el trato directo con el ladrillero, arreglando cuestiones sobre el precio dependiendo de si existirá flete o no.
- Los trabajadores de la ladrillera, dan a conocer su producto en los cruces de avenidas importantes mediante un camión cargado.

La desventaja principal que tiene la primera es que, las ladrilleras al estar situadas lejos de los centros urbanos no permiten que ésta se realice muy a menudo.

### **2.2.3 LA INDUSTRIA LADRILLERA EN LOS PAÍSES DESARROLLADOS**

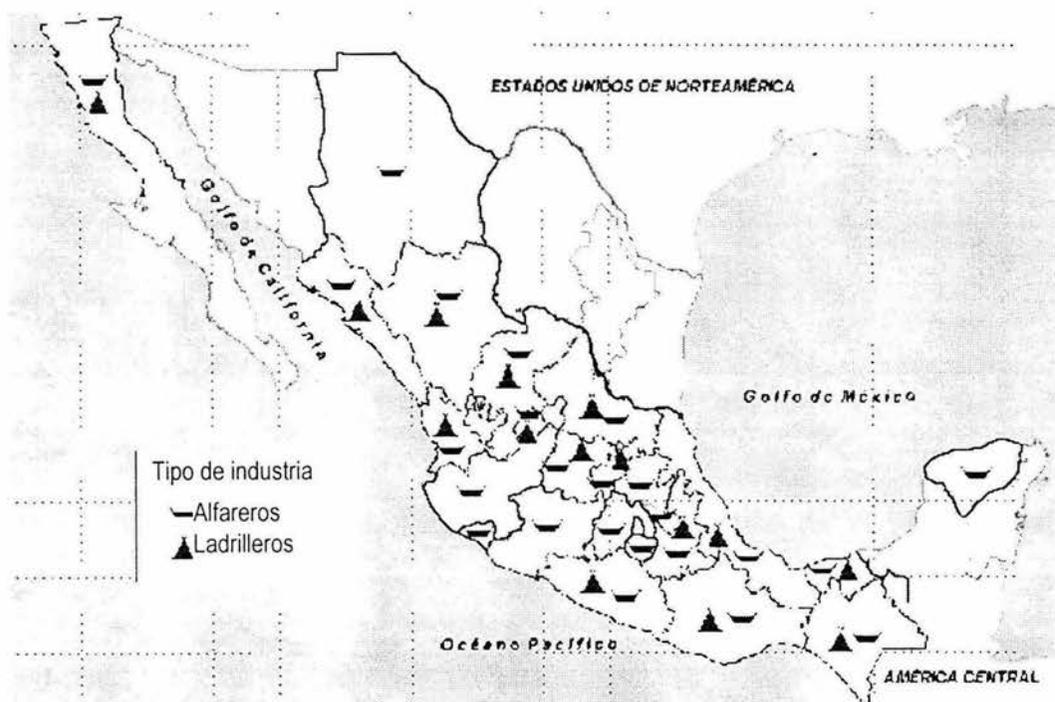
En los países desarrollados, el proceso de elaboración de ladrillos sigue las mismas etapas mencionadas en los párrafos anteriores. La diferencia estriba en que en estos casos es automatizado y siguiendo un control de calidad. Lo que redundará en una mayor producción y menor costo, así como mayor calidad del producto final. Además, de que al ser empresas más grandes, tienen la posibilidad de dar a conocer su producto en varios medios de comunicación.

Si una ladrillera en México produce en promedio 30,000 ladrillos al mes, en una con tecnología de punta se llegan a producir hasta 7.5 millones de ladrillos por mes, empleando máquinas de extrusión de gran capacidad y eficiencia, secado artificial y continuo, teniendo capacidad de recuperación de calor proveniente de los hornos, lo que constituye un significativo ahorro del combustible total utilizado. Los hornos son de alta eficiencia térmica (intermitentes, Hoffmann y túnel), que consumen menos energéticos y tienen mayor capacidad de producción. Los materiales con los que están contruidos son de baja conductividad térmica y de alta refractariedad, generando pérdidas de calor considerablemente menores que los materiales de uso común, como los mismos ladrillos de arcilla, aislamientos con arena, cenizas y otros. Emplean sistemas de regulación automática de control de temperatura y de presión dentro del horno, pudiendo revisar la composición y temperatura de los gases de combustión provenientes del mismo.

### 2.3 LA PROBLEMÁTICA EN MÉXICO

La fabricación de ladrillos en México es una actividad frecuente y característica en casi todos los estados. De manera constante las ciudades necesitan de ladrillos y otros materiales de construcción, lo que propicia el establecimiento de estas microempresas que generalmente operan mediante un proceso que, aunque antiguo, prácticamente permanece sin cambios hasta la fecha, conservándose como una actividad casi artesanal y de tipo familiar.

En la República Mexicana existen aproximadamente 13,606 ladrilleras (CENICA, 2001). Tan solo en el área metropolitana de la Ciudad de México, funcionan más de 1000 hornos con sistemas tecnológicos obsoletos que causan serios problemas a quienes trabajan en ellos (más de 20,000 personas) así como a la población en general (DGESA, 2002). La distribución de los hornos ladrilleros en la República Mexicana se muestra en la figura 2.17.



Fuente: DGESA, 2002.

**Figura 2.17** Hornos ladrilleros y alfareros en la República Mexicana

Existen cerca de 700 ladrilleras en operación en las ciudades fronterizas México-Estados Unidos. Específicamente las ladrilleras han sido consideradas como una de las principales fuentes de contaminación del aire en la cuenca de El Paso del Norte, que comprende a Ciudad Juárez, El Paso y el Condado de Doña Ana, en Nuevo México. (Garza, 1996).

En la tabla 2.8 se describe el número y la localización de las ladrilleras que se reportaron durante la elaboración del documento *Estado Actual de las Ladrilleras en México*.

**Tabla 2.8** Estadísticas de las ladrilleras en 15 estados de la República Mexicana

Estado	Habitantes	Número de ladrilleras	Ladrillos anuales	Ladrillos por habitante
Aguascalientes	943,506	413	52,680	0.056
Baja California	2,487,700	210	2,400,000	0.965
Campeche	689,656	0	0	0.000
Coahuila	2,295,808	NC	960,000	0.418
Chihuahua	3,047,867	581	1,200,000	0.394
Estado de México	21,674,668	1,222	329,262,000	15.191
Hidalgo	1,075,930	280	3,218,000,000	2,990.901
Michoacán	3' 979,177	100	13,821,000	3.473
Nuevo León	3,826,240	38	4,140,000	1.082
Puebla	5,070,346	833	185,000,000	36.487
Querétaro	1,402,010	435	40,000,000	28.530
Sonora	2,213,370	56	600,000	0.271
Tamaulipas	2,747,114	30	960,000	0.350
Veracruz	6,901,111	36	17,280,000	2.504
Zacatecas	1,351,207	508	91,440,000	67.673

NC = no conocido.

Nota: en el caso del Estado de México, está considerado que dentro de la población a la que abastecen estas ladrilleras está la del Distrito Federal. El índice promedio de ladrillos para el estado Hidalgo hay que tomarlo con reserva ya que es casi 100 veces mayor que el dato inmediato inferior.

Fuente: DGGIA. INE, 2000.

En el Estado de México, la cantidad de hornos ladrilleros en 11 municipios reportada por la Secretaría de Ecología del Estado de México es la siguiente.

**Tabla 2.9** Cantidad de hornos en el Estado de México en 11 municipios

Municipio	Cantidad de hornos
Chalco	154
Ixiapaluca	100
Coyotepec	81
Chiautla	74
Naucalpan	35
Chicoloapan	29
Ozumba	29
Huixquilucan	24
Teoloyucan	24
Acolman	12
Teotihuacan	8
TOTAL	570

Fuente: Secretaría de Ecología del Estado de México, 1999.

De esta actividad, dependen económicamente, en forma directa en este estado 12,100 personas; aproximadamente 3 familias por horno.



En una visita realizada a las ladrilleras de Huejotzingo, Puebla; en la entrevista realizada al dueño de una de ellas, el señor Félix Ramírez comentó que en esa ladrillera trabajan tres personas, cada una de ellas moldea un millar diariamente, pero solo trabajan tres días a la semana. El costo del millar de ladrillos es de \$700.00, aunque si ellos lo transportan al lugar donde lo requieren lo cobran más caro (por el flete). En el Estado de México es de \$450.00 por millar en el lugar de fabricación. En un horno con capacidad para 30,000 ladrillos son obtenidos \$13,500.00 por lote (Secretaría de Ecología del Estado de México, 1999).

### 2.3.1 SITUACIÓN ACTUAL

La fabricación de ladrillos es una actividad productiva que, además de dar sustento a miles de familias, genera un insumo básico para la industria de la construcción, siendo una de las principales fuentes de contaminación atmosférica, considerándose además como un problema social y de salud.

**ASPECTO SOCIAL.** En México, como se mostró en la tabla 2.1, los niños participan en las tareas de amasar el lodo, formar la pasta para moldear los ladrillos y a carrear los materiales que se quemarán.

Algunas de las causas por las cuales se da esta situación son: el origen cultural del ladrillero que hace que éste acepte el trabajo infantil como normal, aunque con la gran diferencia de que el trabajo del niño se da en un proceso económico que controla en su totalidad la familia. Además de que la pobreza es de tal magnitud que los niños terminan involucrándose en el trabajo, afectando notoriamente su crecimiento, generando malformaciones y atrofias anatomofisiológicas por el peso manipulado, el trabajo los absorbe, limitando su formación, desarrollo educativo y goce de ser niños.

Asimismo la mala alimentación afecta a todos los miembros de la familia, haciéndolos más susceptibles a infecciones dermatológicas, estomacales, auditivas y en las vías respiratorias por el contacto con polvos, barro, estiércol y contaminantes provenientes de los hornos. Además de que en los menores se afecta seriamente su crecimiento, no logran desarrollar una talla y peso adecuados a su edad.

Los desniveles producidos por la extracción de tierra (en el caso que la arcilla se obtenga del mismo predio) propicia los accidentes por caídas.

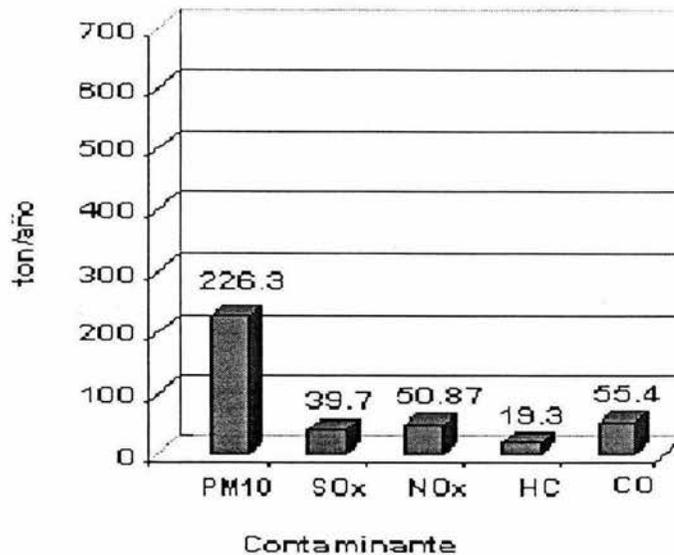
**CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.** Como se mencionó, para la cocción de los ladrillos se utilizan combustibles altamente contaminantes, como llantas, aceites gastados y residuos industriales, entre otros (tabla 2.10), consumiéndose en México para el año 2000: 27 mil toneladas de madera, 14.6 millones de litros de combustóleo y aceites usados, 670 toneladas de llantas; lo que representa el 0.2% de la emisión de dioxinas y furanos a nivel nacional (tabla 2.11) (CENICA, 2001).

**Faltan páginas**

**N° 28-29**



Los principales contaminantes emitidos son PST y PM-10 con 629 toneladas/año (62%) y 226 toneladas/año (22%), respectivamente (figura 2.18).



Fuente: Secretaría de Ecología del Estado de México, 1999.

**Figura 2.18** Emisiones atmosféricas de la industria ladrillera en el Estado de México

La presencia de estos contaminantes tiene un efecto nocivo sobre la salud. Como el caso de la colonia Santa Bárbara del municipio de Ixtapaluca, en donde se ubican ladrilleras procedentes de las delegaciones de Coyoacan, Benito Juárez y Xochimilco, por una acción gubernamental para reubicar dicha actividad, considerada de *alto riesgo* por las autoridades sanitarias en 1968. En la que los propios ladrilleros aseguran que algunos de ellos han muerto a consecuencia de su constante exposición a los humos de los hornos, que provocan tos, gripe y constantes padecimientos en la garganta.

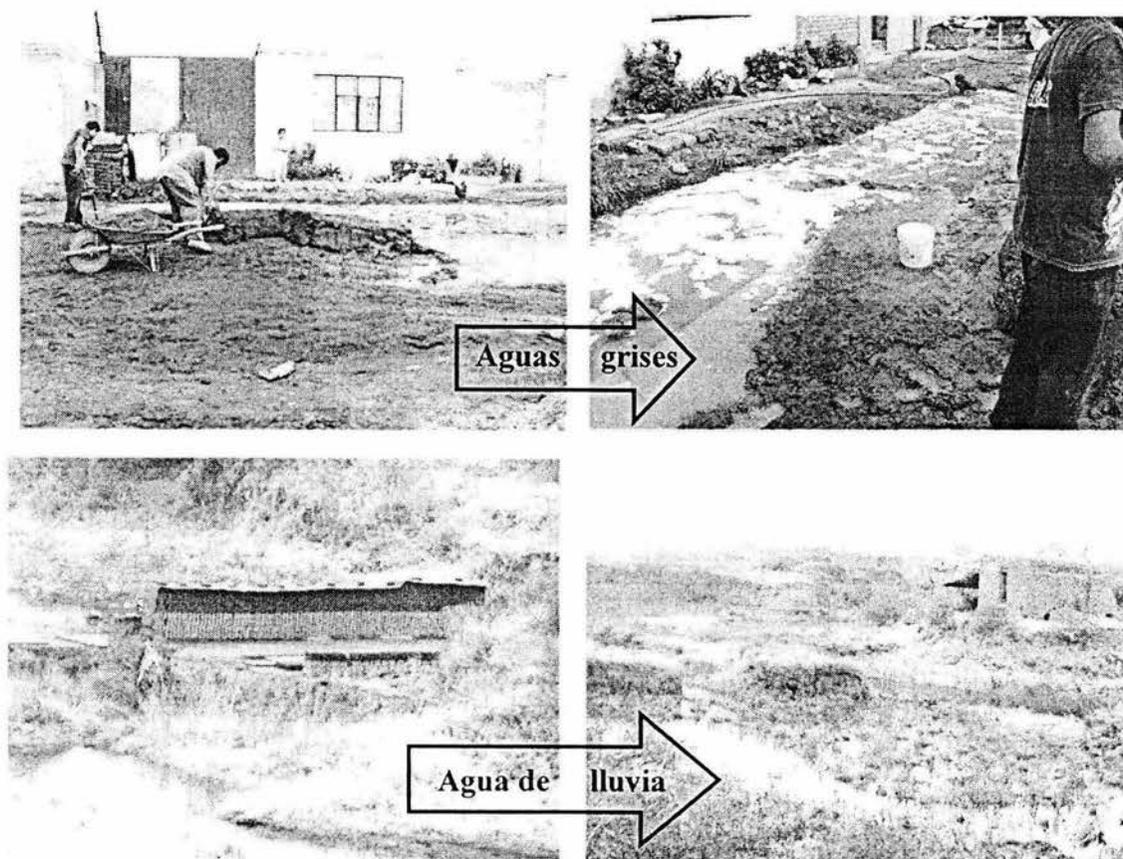
Los padecimientos fueron confirmados por brigadas móviles de atención que envió la Secretaría de Salud a escuelas, hospitales y para la atención del público en general, las cuales detectaron que los síntomas más comunes durante los días de contingencia ambiental fueron: irritación de ojos, tos seca, dolor de garganta, lagrimeo ocular, dolor de cabeza y dificultad para respirar (Capital, 2002).

Por otra parte, las emisiones a la atmósfera no se concentran a los hornos, sino también al material particulado producido durante la extracción, almacenamiento y manipulación de la arcilla y estiércol.

**USO Y DISPOSICIÓN DEL AGUA.** Sin lugar a dudas, el agua es una de las sustancias más ampliamente empleadas en los procesos industriales, ya sea formando parte del producto (caso en el cual se convierte en materia prima), o para facilitar la producción. Para la industria ladrillera los valores de calidad no se tienen reportados, pero se presume que en la mayoría de los casos es potable, considerando que en la mayor parte de los sitios donde se lleva a cabo esta actividad no se cuenta con red de agua potable, y los pobladores tienen que surtirse a través de pipas para el



uso doméstico e industrial. Aunque también se emplea agua de lluvia (captada de forma natural como encharcamientos), de río y aguas grises (figura 2.19).



**Figura 2.19** Agua empleada en la elaboración de ladrillos

La preparación de la pasta se hace en la mayoría de los casos a la intemperie, produciéndose lixiviación de las sales solubles y deslizamientos de material arcilloso por acción del agua de lluvia, cuyo destino final es el suelo, caños y/o tuberías de drenaje, ocasionando alteraciones en el primero y taponamientos en los últimos. Además de que en la mayoría de los sitios donde se ubican las ladrilleras no hay drenaje, la mezcla se realiza directamente en el suelo, así que toda el agua con sales, arcilla y estiércol termina en el suelo y subsuelo.

Por otra parte, en el caso del empleo de estiércol, cuando éste no se encuentra almacenado en un cobertizo techado con piso de concreto simple, provoca que en época de lluvias haya escurrimientos de contaminantes a cuerpos de agua, que pueden desarrollar procesos de eutroficación.

**CONTAMINACIÓN POR RUIDO.** Otro tipo de contaminación, es la relacionada con el ruido que tiene un efecto adverso sobre los seres humanos y su ambiente, incluidas las tierras, estructuras y animales domésticos.



En la industria ladrillera mexicana los niveles de ruido no son causa importante de contaminación, ya que todos los trabajos se llevan a cabo manualmente (preparación de la pasta, moldeo, etc.). A menos que se empleen molinos (generalmente para producir aserrín a partir de pedacearía de madera), mezcladores y tamices.

Los altos niveles de ruido ocasionan la pérdida del sentido del oído, además de la ocurrencia de efectos sicosomáticos (estrés, irritabilidad, dolor de cabeza, fatiga, agresividad y sudoración).

**RESIDUOS SÓLIDOS.** En la industria ladrillera los residuos sólidos están constituidos por polvo, material sobrante, producto final defectuoso o estropeado, cenizas y moldes desechados.

La descarga y acumulación de residuos en sitios periurbanos, urbanos o rurales producen impactos estéticos y polvos irritantes, provocando que se conviertan en pequeños tiraderos donde los habitantes de las poblaciones cercanas depositan también sus residuos domésticos (figura 2.20).



**Figura 2.20** Residuos sólidos

**USO DEL SUELO.** El proceso de elaboración de los ladrillos contribuye al deterioro del suelo por su explotación, ya que en algunas ladrilleras se excava el suelo del predio, con el fin de utilizar la arcilla de éste para elaborarlo (figura 2.21).



**Figura 2.21** Extracción de arcilla en el mismo predio



Además de que en la mayoría de los casos existen apilamientos descubiertos de arcilla que contribuyen a la dispersión de polvos fugitivos dentro y fuera del área de operación (figura 2.22). Aunado a esto, en ocasiones los proveedores de tierra y arcilla no están registrados en la instancia correspondiente y los materiales no provienen de un banco autorizado.



Figura 2.22 Material empleado en la elaboración de ladrillos

### 2.3.2 NORMATIVIDAD

A nivel federal no existe normatividad específica para la industria ladrillera. Pero en algunos estados de la República Mexicana sí hay reglamentos y normas técnicas para esta industria (tabla 2.13).

Tabla 2.13 Normatividad aplicable a las ladrilleras en algunos estados de la República Mexicana

Estado	Normativa
Estado de México	Reglamento de la Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México, en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica. Capítulo IX: De las contingencias ambientales. Artículo 63
Guanajuato	Norma técnica ecológica NTE-IEG-001/98, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la instalación y reubicación de hornos ladrilleros en el estado y las condiciones para la operación de los hornos en la elaboración y cocido de piezas elaboradas en arcillas para la construcción.
Hidalgo	Norma técnica ecológica estatal NTEE-COEDE-002/2000, que establece los requisitos, especificaciones y procedimientos que deben reunir en el territorio estatal los hornos para la elaboración de piezas fabricadas con arcillas, incluyendo actividades de instalación, operación, reubicación y extracción de su materia prima.

Fuentes: NTEE-COEDE-002/2000, 2000. NTE-IEG-001/98, 1998. Reglamento de la Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México, en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica, 1999.

**Tabla 2.13** Continuación...

Estado	Normativa	
Michoacán	Reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Michoacán sobre actividades que no se consideran altamente riesgosas; aprovechamiento, prevención y control de la contaminación atmosférica y de aguas de Jurisdicción estatal. Capítulo IV, Sección III De las ladrilleras.	
	Municipio de Morelia, Michoacán.	Reglamento de Protección al Medio Ambiente del Municipio de Morelia. Artículos 77al 82
Oaxaca	Ley del Equilibrio Ecológico del Estado de Oaxaca. Sección IV. Evaluación del impacto ambiental.	
Jalisco	Municipio de Tonalá	Reglamento de Ecología. Título quinto De los bancos de material y las ladrilleras.
Aguascalientes	Ley de Protección Ambiental para el Estado de Aguascalientes. Artículo 30 Evaluación del impacto ambiental.	

Fuentes: Reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Michoacán sobre actividades que no se consideran altamente riesgosas; aprovechamiento, prevención y control de la contaminación atmosférica y de aguas de Jurisdicción estatal., 2001. Reglamento de Protección al Medio Ambiente del Municipio de Morelia, 2001. Ley del Equilibrio Ecológico del Estado de Oaxaca, 1991. Reglamento de Ecología Municipio de Tonalá, 2003. Ley de Protección Ambiental, 2000.

En Durango por ejemplo, existe la iniciativa de aprobar un reglamento, como una alternativa de solución para los problemas causados por las 504 ladrilleras ubicadas principalmente en el sur y el oriente de la ciudad y en los ejidos suburbanos (El Siglo, 2003).

Dentro de las normas que a nivel federal son de utilidad para saber si las emisiones de los hornos se encuentran en niveles aceptables, son las normas de calidad del aire, las cuales fijan la concentración a la cual un contaminante no debe excederse en un periodo de tiempo dado y con una frecuencia determinada (tabla 2.14). Se considera que a concentraciones menores a las establecidas en estas normas no se presentarán efectos negativos en la salud.



Tabla 2.14 Normas de calidad del aire

Contaminante	Norma Oficial Mexicana	Límites máximos normados		Frecuencia
		Partes por millón (ppm)	Microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
Monóxido de carbono (CO)	NOM-021-SSA1-1993	11.00	12,595.00	Promedio de ocho horas una vez al año.
Bióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	NOM-022-SSA1-1993	0.13	341.00	En 24 horas una vez al año
		0.03	79.00	Media aritmética anual
Bióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	NOM-023-SSA1-1993	0.21	395.00	Una hora una vez al año
Partículas suspendidas totales (PST)	NOM-024-SSA1-1993	-	260.00	En 24 horas en un periodo de un año
		-	75.00	Media aritmética anual.
Partículas menores a 10 micras (PM-10)	NOM-025-SSA1-1993	-	150.00	En 24 horas una vez al año.
		-	50	Media aritmética anual

Dados los problemas que ocasiona esta actividad, existen testimonios que indican que ha habido migración de algunas de ellas, porque al urbanizarse la zona, los mismos pobladores no permiten que éstas sigan trabajando “por ser muy contaminantes”, lo que obliga a los ladrilleros a migrar hacia zonas menos pobladas. O como se mencionó, si se emplea la arcilla del predio, al terminarse ésta la familia se ve obligada a buscar nuevos terrenos donde explotar el suelo.

En el Estado de México, Tultitlán, Zumpango y Plaza Aragón; en el Distrito Federal, Jacarandas, las ladrilleras que existían han desaparecido o migrado a otros lugares por presión de los propios vecinos y autoridades. De ahí la importancia de reducir o eliminar los problemas ambientales que ocasionan.



### 3. METODOLOGÍA

En la mayoría de los países, un porcentaje muy importante de la actividad industrial se genera en las microindustrias. La dificultad de la vigilancia ambiental en este tipo de empresas, en muchas ocasiones las convierte en importantes focos de contaminación, como las curtidoras de piel, recicladoras de baterías, pequeñas fundidoras, ladrilleras, etc. Las últimas, motivo del presente trabajo, han causado en México serios problemas al medio que les rodea.

Como parte de las acciones para reducir o eliminar los problemas que ocasionan las industrias o alguna otra actividad, está la estimación del riesgo ambiental, como instrumento para definir si éstas requieren ser intervenidas ambientalmente.

En esta metodología se plantea a la estimación del riesgo ambiental como el instrumento definitorio para establecer si una etapa del proceso de fabricación de ladrillos requiere o no de cambios o mejoras de acuerdo a los riesgos identificados y escenarios en donde éstas se desarrollan. Si el riesgo de una etapa resulta alto entonces se requerirán de acciones a corto plazo, en cambio si el riesgo es bajo los cambios serán a largo plazo o no los habrá.

Las etapas del riesgo ambiental se basaron en las pautas desarrolladas por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) que son cuatro:

- identificación de riesgos
- evaluación de la exposición
- relación dosis-respuesta y
- caracterización del riesgo

Con la diferencia de que para esta metodología se añadieron dos etapas más, una al inicio, descripción del sistema y otra al final, alternativas de solución. Además de que como las etapas de la EPA se refieren únicamente a los riesgos en salud, se completaron tomando en cuenta los riesgos al ambiente y laborales. Proponiendo así mismo formatos para la captura de información, para el caso específico de la industria ladrillera en México de acuerdo con la situación actual, acceso a la información existente e información generada, obteniéndose también las áreas de oportunidad.

En la etapa de evaluación de la exposición se determinaron los datos con los cuales quedaba definido el escenario de exposición, identificándose las rutas de exposición y su relación con las etapas del proceso, seleccionándose el modelo gaussiano para calcular el área de afectación.

Para la caracterización del riesgo se generó una matriz de riesgo, creando para ello una matriz de frecuencias y otra de consecuencias, siguiendo el procedimiento descrito por la Aiche (*American Institute of Chemical Engineers*). Proponiendo asimismo una lista de escenarios para tres categorías: personal, población y ambiente. Lo anterior permite determinar cuáles escenarios



requerirán de mejoras en función del valor del riesgo. A continuación se desarrollan cada una de las etapas para estimar el riesgo ambiental.

### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Este aspecto constituye el primer paso en la identificación de áreas de oportunidad. Su objetivo es definir la situación actual de la ladrillera, en relación con el ambiente, contexto social y sistema legal existente. Incluyendo antecedentes e historia del sitio, información demográfica, geográfica y la obtenida de visitas al sitio. El formato 3.1 condensa la información necesaria para esta etapa. Una vez descrito el sistema, el siguiente paso es la identificación de peligros.

### 3.2 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

La *identificación de riesgos* o *identificación de peligros*, consiste en determinar los efectos indeseables que una sustancia es intrínsecamente capaz de provocar. Se realiza, mediante la recopilación y análisis de información disponible sobre los efectos de las sustancias y materiales involucrados, es decir, de estudios realizados sobre sus efectos tóxicos, propiedades fisico-químicas (solubilidad en agua y lípidos, reactividad, etc.), que influyen en su absorción en el organismo, distribución en los distintos tejidos, biotransformación, degradación y comportamiento en el ambiente.

Existen múltiples fuentes de datos para los contaminantes, pero resultan especialmente útiles las bases de datos: IRIS (*Integrated Risk Information System*), de la EPA, la cual proporciona información sobre los efectos para la salud humana, que se derivan de la exposición a distintos agentes químicos presentes en el ambiente; HazDat de la *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ASTDR), que suministra información de numerosos contaminantes ambientales, con información detallada sobre su comportamiento medioambiental, propiedades fisico-químicas y características toxicológicas; y la IARC, *Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer*, dependiente de la Organización Mundial de la Salud.

Dado que la información generada en esta parte es diversa, conviene presentar los resultados en un formato como el 3.2, el cual divide los riesgos identificados a la salud y al ambiente, por el manejo o producción de las sustancias en cada una de las etapas del proceso de elaboración de ladrillos (figura 3.1). Cabe aclarar que dependiendo del proceso seguido para la elaboración de ladrillos en los diferentes Estados o Municipios del país, el formato 3.2 se modifique agregando o eliminando materias primas, combustibles y emisiones generadas, éstas últimas dependerán del grado de especificación que se quiera en el trabajo.

También se podrán identificar cuáles serán las sustancias (materiales, combustibles y contaminantes) a las que habrá de prestar mayor atención, ya sea porque se encuentran en más de un medio ambiental, sean capaces de interactuar toxicológicamente con otra sustancia del sitio (incrementando su toxicidad), no se cuente con información científica suficiente para caracterizar su toxicidad o generen preocupación social (Díaz, 1999).

**Formato 3.1 Descripción del sistema**

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	
	FICHA No. _____
1.	Nombre del sitio _____
2.	Ubicación _____ Municipio _____ (utilizar el número de ficha para localizar el sitio en el mapa)
3.	¿Existe preocupación social? Si ___ No ___ En el pasado ___ Potencial _____
4.	¿Hace cuánto tiempo se realiza esta actividad? _____
5.	Número de hornos ladrilleros _____
6.	Número de personas (promedio) que laboran en cada horno _____
7.	¿Trabajan niños en la ladrilleras? si es así ¿qué actividad desempeñan? _____
8.	¿Existe alguna variación en el proceso de fabricación de ladrillos? (especificar) * Etapa 1 Etapa 2 Etapa 3 Etapa 4 Etapa 5 Etapa 6 Etapa 7 Etapa 8 Etapa 9 Etapa 10
9.	Materias primas empleadas: Arcilla ___ Estiércol ___ Agua potable ___ Aguas grises ___ Otro _____ (especifique)
10.	Combustibles empleados: Madera ___ Aserrín ___ Aceites gastados ___ Combustóleo ___ Llantas ___ Otros _____ (especifique)
11.	¿Existe algún cuerpo de agua cercano? _____ (especifique nombre y ubicación)
12.	Tipo de suelo y características _____
13.	Factor ambiental impactado: Suelo ___ Aire ___ Agua superficial ___ Estética ___ (tipo de agua superficial) _____ Agua subterránea _____ Alimento ___ Otros _____
14.	¿Existe evidencia de exposición humana a los contaminantes? Sí ___ No ___ Evidencia directa de estudios calificados ___ Evidencia indirecta ___ (explicar cuál) _____
15.	Población más cercana (nombre) _____ Distancia al sitio _____ Número aproximado de habitantes _____ Principal actividad económica _____
16.	Anexar mapa de la entidad federativa.

\*Las etapas del proceso son de acuerdo a las mostradas en la figura 3.1

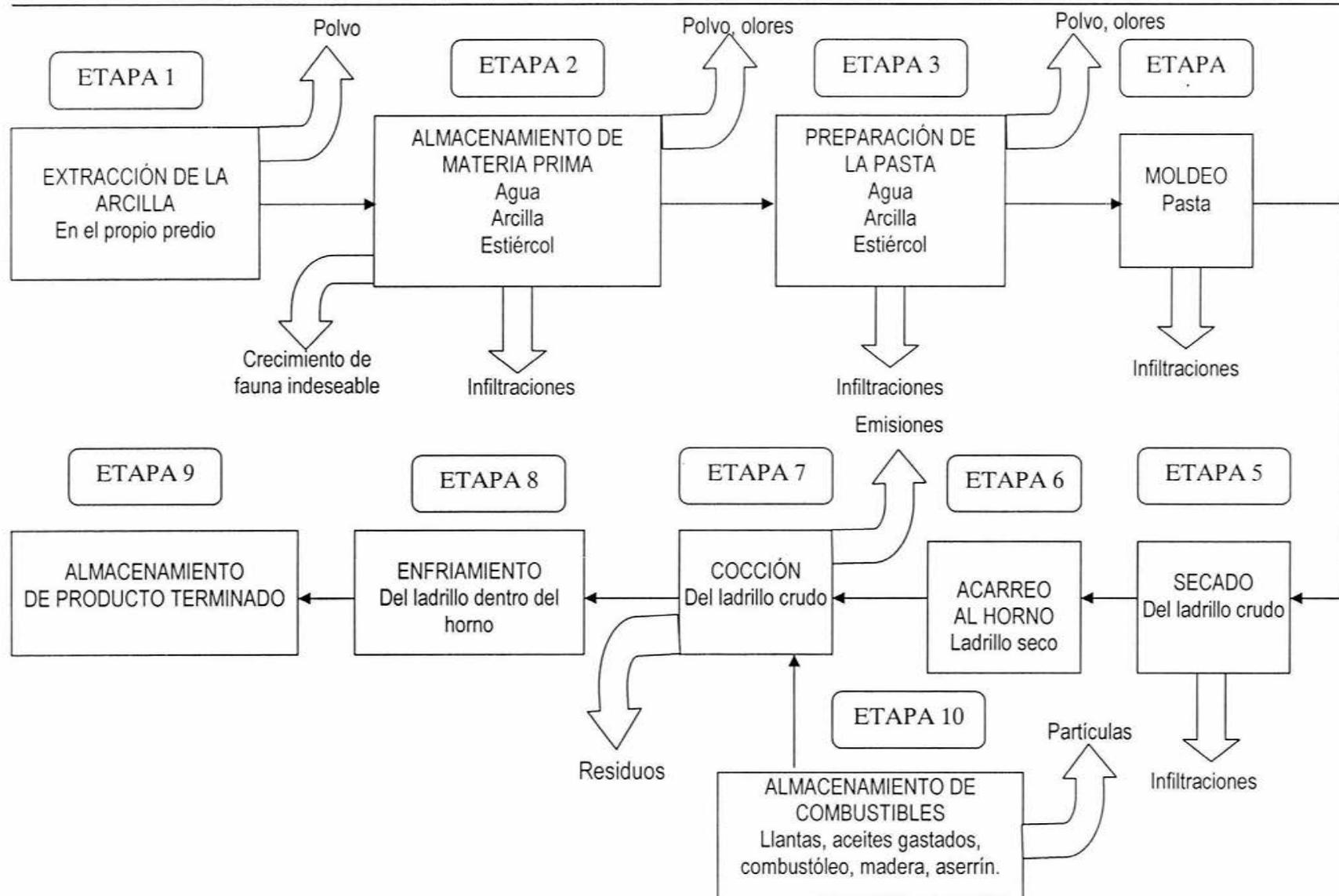


Figura 3.1 Etapas del proceso de elaboración de ladrillos



Formato 3.2 Identificación de riesgos

Ladrillera					
Sitio					
Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
1	Partículas				
	Arcilla				
2	Agua				
	Arcilla				
	Estiércol				
3	Agua				
	Arcilla				
	Estiércol				
4	Pasta				
5	Ladrillo crudo				
6	Ladrillo crudo seco				
7	Óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )				
	Monóxido de carbono (CO)				
	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )				
	Óxidos de azufre (SO <sub>x</sub> )				
	Partículas				
	Hidrocarburos				
	Dioxinas				
	Furanos				
	Cenizas-residuos de quema				
Otros					
8	Ladrillo dentro del horno				
9	Ladrillo fuera del horno				
10	Llantas				
	Aceites gastados				
	Combustóleo				
	Madera				
	Aserrín				



Los riesgos a la salud en el formato anterior se refieren a los daños que ocasiona la sustancia o material al entrar en contacto con el ser humano (sea por ingestión, contacto con los ojos y piel, inhalación o absorción), así como si existe población sensible a esos compuestos. De igual forma en los riesgos al ambiente se incluirán los daños que ocasiona la sustancia o material en plantas y animales, así como en el aire, agua, suelo y subsuelo.

Aunque en la estimación del riesgo ambiental no se consideran los riesgos laborales, en esta metodología y para el caso de las ladrilleras se considera importante contemplar en este aspecto los riesgos provocados por la carga de trabajo, agentes mecánicos y físicos.

Los agentes mecánicos se enmarcan dentro del denominado *ambiente mecánico*, es decir, los lugares o espacios de trabajo, las máquinas, herramientas y demás objetos presentes durante el proceso de fabricación de ladrillos. Pueden resaltarse, entre otras causas de riesgos:

- el estado del suelo, cuando la extracción sea en el propio predio, haya zanjas, desniveles y el suelo no sea regular,
- dimensiones de las rampas, empleadas para el acarreo al horno,
- apilamiento de materiales (ladrillos, materia prima, combustibles, material defectuoso), herramientas empleadas,
- transporte de materiales, etc.

Entre los efectos que producen se encuentran: caídas por tropiezos, caídas al vacío, aplastamientos, cortes, golpes, proyecciones de partículas en los ojos. Provocando entre otras lesiones: contusiones en la cabeza, tronco y extremidades, microtraumatismos y heridas inciso-contusas.

Dentro del *ambiente físico* de trabajo existen una serie de riesgos cuyas causas vienen provocadas por el ruido, calor y frío, incendios, electricidad, explosiones, etc. El primero en la industria ladrillera no existe, ya que las actividades son realizadas manualmente. Con respecto al calor, éste estaría representado por la quema en el horno, en la cual la alimentación del combustible es manual, pudiendo haber riesgo de quemaduras. Con relación a la electricidad no se esperan riesgos porque en la mayoría de los casos las zonas donde se ubican estas industrias carecen de servicios públicos.

En el caso de los incendios y explosiones, el polvo de aserrín arde fácilmente. También el derrame de combustible (aceite gastado, combustóleo, etc.) puede originar un incendio o el riesgo de su inhalación.

La *carga de trabajo* depende de diversos factores tales como: cantidad, carga de peso excesivo, características personales, mayor o menor esfuerzo físico, duración de la jornada, etc. En este caso el trabajo es de pie, se realizan movimientos y esfuerzos físicos tales como: levantamientos, transporte y manipulación de cargas, pudiendo producirse sobreesfuerzos, que provocan aumento del ritmo cardíaco y respiratorio. Las articulaciones, especialmente la columna vertebral, pueden resultar gravemente dañadas por los sobreesfuerzos o posturas de trabajo inadecuadas (hernias discales, lumbalgias, dolores músculo-esqueléticos, etc.). Entre otras lesiones consecuencia de la fatiga o los sobreesfuerzos están: lesiones de espalda, contracturas musculares, várices, trastornos



gastrointestinales y cardiovasculares, bursitis, tendinitis y envejecimiento prematuro (FEIGRAF, 2001).

Para identificar los riesgos laborales se propone utilizar el formato 3.3. En el anexo 1 se mencionan los riesgos laborales en esta industria.

**Formato 3.3** Identificación de riesgos laborales

Ladrillera:			
Etapa del proceso	Riesgos laborales		
	Agentes mecánicos	Agentes físicos	Carga de trabajo

Con la información recabada hasta este punto se está suficientemente capacitado para identificar las áreas de oportunidad. En la figura 3.2 se identifican de manera general las áreas de oportunidad para la industria ladrillera.

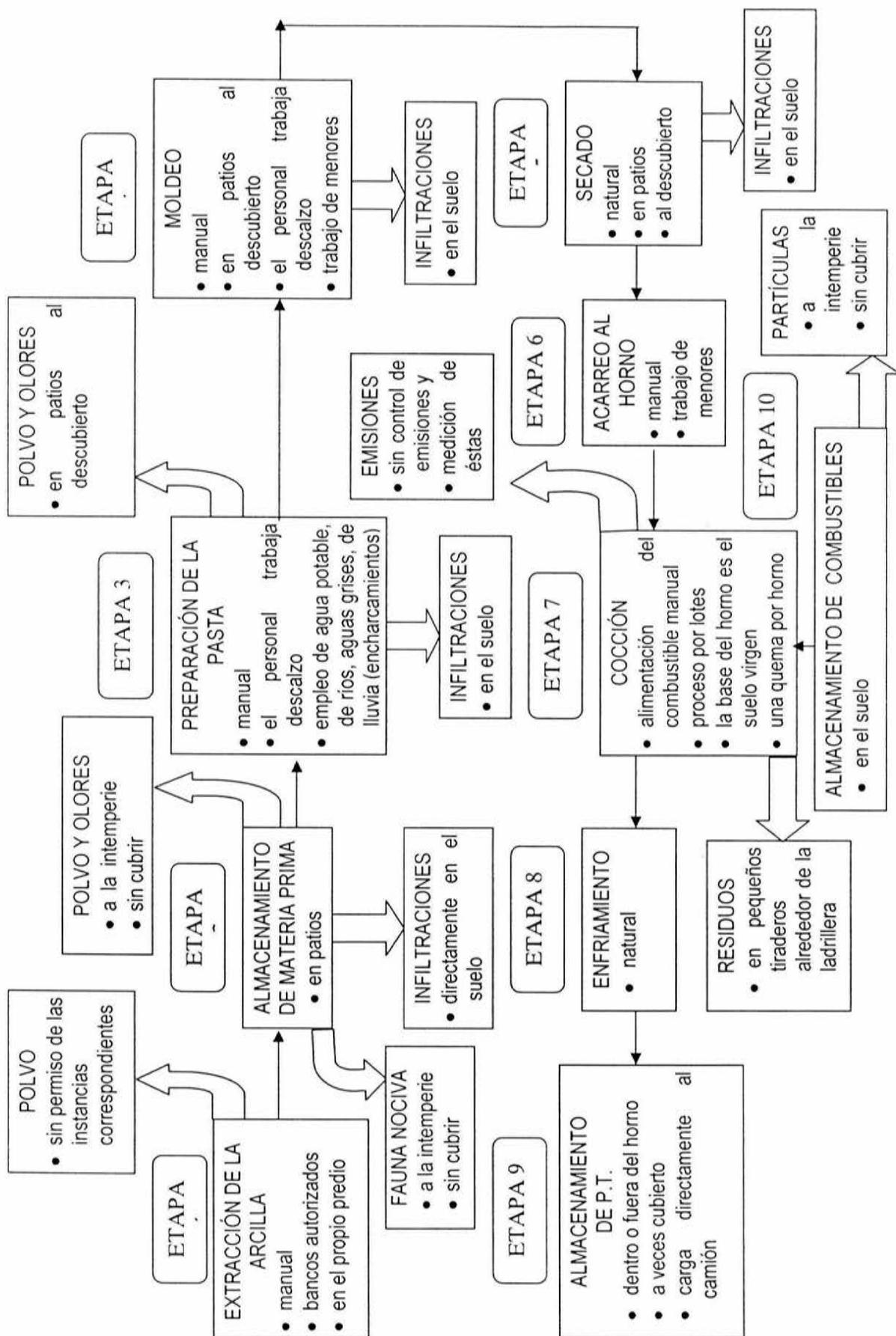
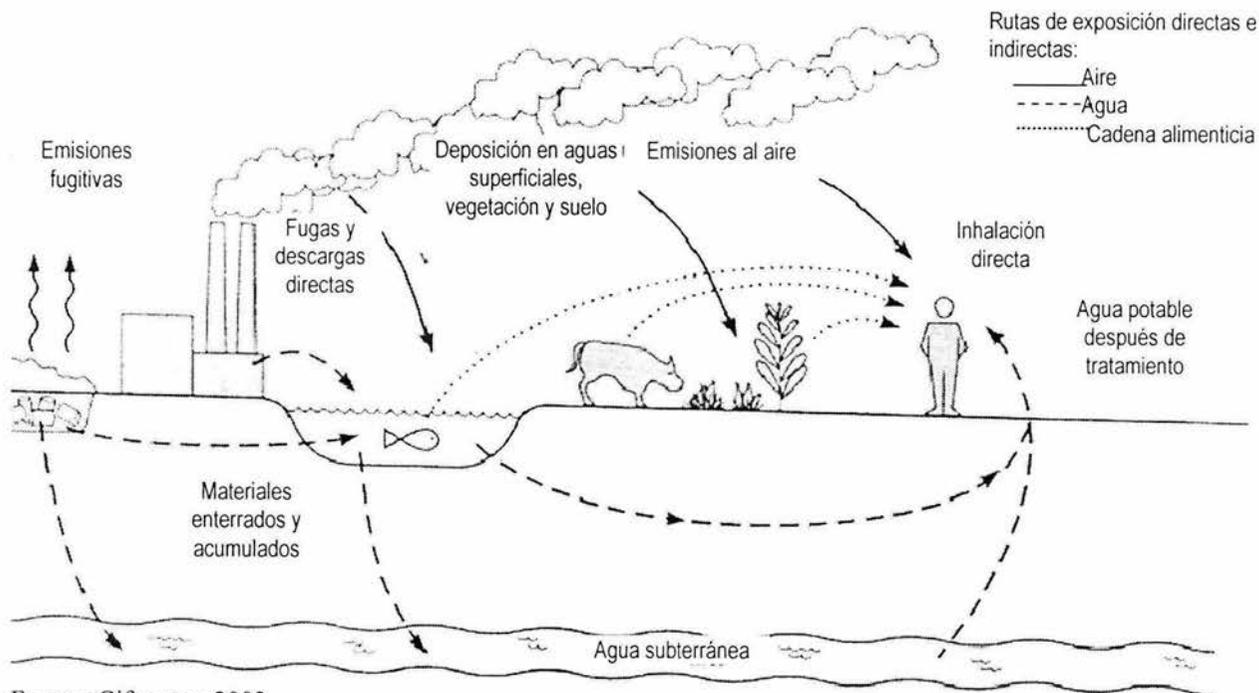


Figura 3.2 Áreas de oportunidad

### 3.3 EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

Es la estimación de la magnitud del contacto entre la población expuesta y las sustancias contaminantes o materiales involucrados en el proceso. Consta de tres etapas:

1. Caracterización del escenario ambiental.
2. Identificación de rutas ambientales (figura 3.3).
3. Área de afectación.



Fuente: Cifuentes, 2003.

**Figura 3.3** Elementos de las rutas ambientales de exposición

**CARACTERIZACIÓN DEL ESCENARIO DE EXPOSICIÓN.** Para el caso de las ladrilleras este aspecto queda definido con los siguientes datos:

- Ubicación de las poblaciones más cercanas a la zona ladrillera
- Personal que trabaja en los hornos
- Características generales del suelo y subsuelo
- Existencia y condiciones generales de cuerpos de agua superficiales cercanos
- Aspectos meteorológicos generales
- Servicios públicos
- Agricultura y ganadería en la zona, flora y fauna silvestre

Las poblaciones cercanas a la zona ladrillera son las que fácilmente pueden entrar en contacto con los agentes dañinos de ésta (contaminantes sólidos, líquidos y atmosféricos) y quedar afectados por las alteraciones que causan al ambiente.

Las características (grupos de edad y sexo principalmente) del personal que trabaja en los hornos ayuda a definir si existen grupos de alto riesgo (niños, mujeres embarazadas o ancianos).



El suelo, es el medio en el cual los ladrilleros realizan la mayor parte de su actividad: almacenan los combustibles y materias primas, preparan la pasta, apilan los ladrillos húmedos para el secado y los terminados, es sobre el que se asienta el horno, colocan los combustibles para la cocción, y de donde muchas veces se extrae la arcilla. De ahí que la constitución del suelo y características generales del subsuelo se consideren importantes, ya que influyen en la percolación, recarga de acuíferos, lixiviado y transporte de contaminantes.

La existencia de cuerpos de agua superficiales cercanos posibilita su explotación o contaminación por parte de la ladrillera y exposición de las poblaciones cercanas.

Otros datos importantes son el clima, que determina entre otros datos la época de estiaje y lluvias, temperatura, humedad, etc. y el medio atmosférico

Éste último tiene relación directa con la exposición a la población y al ambiente de los contaminantes (monóxido y bióxido de carbono, partículas suspendidas totales, óxidos de nitrógeno y de azufre, hidrocarburos, entre otros que se mencionarán más adelante) provenientes de los hornos, materias primas y combustibles almacenados al aire libre. La caracterización de éste involucra la velocidad y dirección de los vientos que influyen en la generación de polvos fugitivos y determinan el tipo de estabilidad atmosférica, insolación y nubosidad.

La existencia o no de servicios públicos determinan tanto las alternativas de solución como posibles daños a éstos por acción de la ladrillera y facilidad de movimiento de los contaminantes.

**IDENTIFICACIÓN DE LAS RUTAS DE EXPOSICIÓN.** Éstas, son el o los caminos que siguen los contaminantes para llegar al hombre, constan de cuatro elementos:

- FUENTE DE CONTAMINACIÓN. Constituida por el foco responsable de la introducción en el ambiente del agente químico.
- FACTOR O MEDIO AMBIENTAL. Aire, agua superficial, suelo, agua subterránea, estética, seres vivos, etc.
- VÍA DE EXPOSICIÓN. Inhalación (aire, partículas finas), ingestión (agua, tierra, alimento, polvo), absorción dérmica, etc.
- POBLACIÓN RECEPTORA.

Se propone emplear el formato 3.4 en la identificación de las rutas de exposición, éstas últimas se muestran en el anexo 2.

**Formato 3.4** Identificación de las rutas de exposición en la industria ladrillera

Nombre de la ruta	Fuente de contaminación del aire, agua, suelo, visual, etc.	Factor ambiental	Punto de exposición	Población receptora	Población pasada, presente o futura	Población completa o potencial



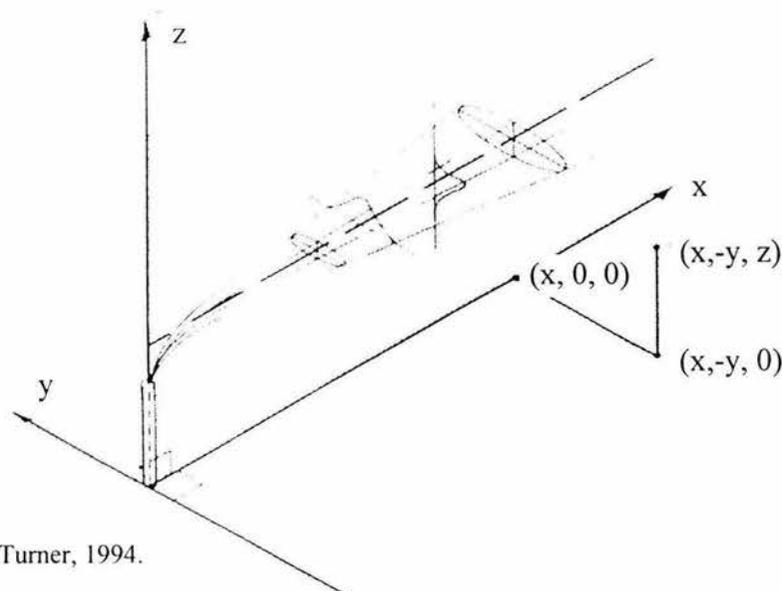
Dos o más rutas pueden compartir elementos. Por ejemplo, es común que diferentes rutas compartan la misma fuente de contaminación, así la ruta *aire inhalación de gases*, *aire inhalación de partículas*, *comida*, *agua superficial ingestión* y *subsuelo/agua subterránea*, comparten la misma fuente de contaminación: horno ladrillero (formato A2.1, anexo 2).

Cabe mencionar que las rutas de exposición están ligadas con las etapas del proceso de elaboración del ladrillo que ocasionan daños al ambiente y por ende a la salud humana, así la ruta *aire inhalación de gases* correspondería a la etapa de cocción, en la cual se desprenden gases contaminantes que pueden entrar en contacto con la población. La relación entre las rutas de exposición y las etapas del proceso se presenta en el anexo 2.

De las rutas de exposición mostradas en el formato A2.1, la ruta *aire inhalación de gases* es la que ha generado más preocupación y la que ha recibido mayor atención de los medios de comunicación, de algunas universidades y gobiernos municipales.

Al final de este capítulo se mencionan las alternativas de solución enfocadas a disminuir el riesgo ambiental proveniente de cada una de las etapas del proceso de elaboración de ladrillos.

**ÁREA DE AFECTACIÓN.** Para determinar el área de afectación se empleará el modelo de la pluma gaussiana que incorpora factores meteorológicos y los relacionados a la fuente. Este modelo asume que las emisiones en masa/tiempo son continuas y la velocidad no varía respecto al tiempo, que los contaminantes no experimentan ninguna reacción química o algún proceso de remoción (como deposición húmeda o seca), que las condiciones meteorológicas persisten sin cambio en el tiempo (condiciones de estado estacionario), y que en el tiempo promedio (alrededor de una hora) los perfiles de concentración a cualquier distancia y en la dirección del viento, horizontal y vertical quedan bien representados por un Gaussiano, figura 3.4 (Turner, 1994).



Fuente: Turner, 1994.

**Figura 3.4** Sistema de coordenadas de la distribución de la pluma gaussiana



Se recomienda que en el caso de existir más de un horno en la ladrillera, se considere el peor caso, es decir, que todos estén funcionando todos los hornos de la ladrillera al mismo tiempo, asegurando de esta forma que al definir las alternativas de solución se tendrá la cobertura de todos los posibles eventos.

A nivel del suelo, la ecuación de la pluma gaussiana es la siguiente y aplica solamente para  $z = 0$ .

$$C(x, y) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \left( \exp \frac{-H^2}{2\sigma_z^2} \right) \left( \exp \frac{-y^2}{2\sigma_y^2} \right) \quad (3.1)$$

Donde:

$C(x, y)$  = concentración a nivel del suelo en el punto  $(x, y)$ , ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$x$  = distancia viento abajo, (m)

$y$  = distancia horizontal desde el centro de la pluma, (m)

$Q$  = velocidad de emisión de los contaminantes, ( $\mu\text{g}/\text{s}$ )

$H$  = altura de la chimenea, (m)

$u$  = velocidad del viento, (m/s)

$\sigma_y$  = coeficiente de dispersión horizontal, (m)

$\sigma_z$  = coeficiente de dispersión vertical, (m)

$\pi$  = constante matemática cuyo valor es 3.141592...

La estabilidad atmosférica para este modelo se determinará de acuerdo con la tabla 3.1.

**Tabla 3.1** Estabilidades atmosféricas

Velocidad del viento (m/s)	Día			Noche	
	Grado de insolación			Cantidad de nubes	
	Alta <sup>a</sup>	Moderada <sup>b</sup>	Ligera <sup>c</sup>	Nublado	Claro
< 2	A	A - B <sup>d</sup>	B	E	F
2 - 3	A - B	B	C	E	F
3 - 5	B	B - C	C	D	E
5 - 6	C	C - D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

<sup>a</sup> Corresponde a un día claro en verano.

<sup>b</sup> Corresponde a un día con algunos claros.

<sup>c</sup> Corresponde un día cuando cae la tarde, nublado en verano o un día claro en verano.

<sup>d</sup> Para las condiciones A-B, B-C o C-D, se toma el promedio de los valores obtenidos para cada estabilidad.

Nota: A, muy inestable; B, moderadamente inestable; C, ligeramente inestable; D, neutra; E, ligeramente estable; F, estable.

Fuente: Masters, 1991.

Los coeficientes de dispersión gaussiana están en función de la distancia, pudiéndose leer de gráficas (figuras A3.1 y A3.2, anexo 3) o calcular mediante las siguientes ecuaciones.



$$\sigma_y = a x^{0.894} \quad (3.2)$$

$$\sigma_z = c x^d + f \quad (3.3)$$

La distancia viento abajo  $x$ , debe expresarse en kilómetros para que  $\sigma_y$  y  $\sigma_z$  de en metros.

Los valores de las constantes  $a$ ,  $c$ ,  $d$ , y  $f$  para las ecuaciones 3.2 y 3.3 se muestran en la tabla siguiente.

**Tabla 3.2** Constantes  $a$ ,  $c$ ,  $d$  y  $f$

Estabilidad	≤ 1 km				≥ 1 km		
	a	c	d	F	c	d	F
A	213	440.8	1.941	9.27	459.7	2.094	-9.6
B	156	106.6	1.149	3.3	108.2	1.098	2.0
C	104	61.0	0.911	0	61.0	0.911	0
D	68	33.2	0.725	-1.7	44.5	0.516	-13.0
E	50.5	22.8	0.678	-1.3	55.4	0.305	-34.0
F	34	14.35	0.740	-0.35	62.6	0.180	-48.6

Nota: los valores calculados de  $\sigma$  en las ecuaciones 3.2 y 3.3 estarán en metros cuando  $x$  esté dada en kilómetros

Fuente: Masters, 1991.

Desafortunadamente es muy común que es la industria ladrillera no se cuente con datos de emisión de los hornos, por lo que resulta indispensable hacer uso de factores de emisión, los cuales para el caso de los hornos ladrilleros son los siguientes (tabla 3.3).



**Tabla 3.3** Factores de emisión para la industria ladrillera

<b>Aceites usados<sup>1</sup></b>									
<i>PM</i>	<i>PM-10</i>	<i>Pb</i>	<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>SO<sub>x</sub></i>	<i>CO</i>	<i>COT</i>	<i>HCl</i>	<i>CO<sub>2</sub></i>	
64A <sup>a</sup>	51 <sup>a</sup>	55L <sup>b</sup>	19	147S <sup>c</sup>	5	1.0	66Cl <sup>d</sup>	22,000	
<b>Corteza/corteza y madera húmeda<sup>2</sup></b>									
<i>PM</i>	<i>PM-10</i>	<i>PM-2.5</i>	<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>SO<sub>x</sub></i>	<i>CO</i>	<i>COT</i>	<i>COV</i>	<i>N<sub>2</sub>O</i>	<i>CO<sub>2</sub></i>
0.56	0.50	0.43	0.22	0.025	0.60	0.06	0.038	0.013	195
<b>Madera seca<sup>3</sup></b>									
0.40	0.36	0.31	0.49	0.025	0.60	0.06	0.038	0.013	195
<b>Madera húmeda<sup>4</sup></b>									
0.33	0.29	0.25	0.22	0.025	0.60	0.06	0.038	0.013	195
<b>Aserrín<sup>5</sup></b>									
<i>PM</i>	<i>PM-10</i>	<i>PM-2.5</i>		<i>SO<sub>2</sub></i>	<i>SO<sub>3</sub></i>	<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>CO</i>	<i>CO<sub>2</sub></i>	
0.93	0.85	0.75		0.67	0.11	0.37	1.6	490	
<b>Gas natural<sup>6</sup></b>									
0.96g	0.87	ND		0.67	0.11	0.35	1.2	400	
<b>Llantas<sup>7</sup></b>									
<i>Emisiones de compuestos orgánicos totales</i>					<i>Emisiones particuladas</i>				
	<i>Volátiles</i>	<i>Semivolátiles</i>	<i>Particulado</i>	<i>Partículas orgánicas filtrables</i>		<i>Partículas metálicas filtrables</i>		<i>PM-10 filtrables</i>	
E	22.364	19.584	22.4470	1940		210		227.0	
F	26.136	63.3720	29.7760	147		129		298	

ND = no hay datos

<sup>1</sup> Para sistemas sin control de emisiones. Las unidades son lb de contaminante / 10<sup>3</sup> gal de aceite quemado

COT Compuestos orgánicos totales

a A = % peso de cenizas en el combustible.

b L = % peso de plomo en el combustible.

c S = % peso de azufre en el combustible

d Cl = % peso de cloro en el combustible.

<sup>2, 3 y 4</sup> Las unidades son lb de contaminante / millones de BTU de calor aportado

Para convertir lb/MMbtu a lb/ton multiplique por (HHV\*2000), donde HHV es el calor más grande del combustible.

<sup>5 y 6</sup> El factor de emisión está en lb de contaminante por tonelada de ladrillos producidos. Los factores de emisión son para sistemas sin control de emisiones.

<sup>7</sup> El factor de emisión está en lb de contaminante por lb de llanta quemada.

E En trozos grandes

F En trozos pequeños

Nota: En esta tabla solo se presentan los contaminantes más comunes, pero en el anexo 4 se mencionan los factores de emisión para los contaminantes orgánicos, metales y elementos traza.

El peso promedio de un ladrillo es 2.5 Kg.

Fuentes: EPA, 1999; EPA, 1997.



### 3.4 RELACIÓN DOSIS-RESPUESTA

También nombrada como evaluación de la toxicidad, consiste en obtener información cualitativa o cuantitativa (o ambas) sobre los distintos tipos de efectos adversos a la salud (cancerígenos, no-cancerígenos y efectos sobre el desarrollo) que producen los contaminantes (formato 3.5).

Este aspecto englobará únicamente los contaminantes provenientes de la etapa de cocción, porque es la etapa ligada con la ruta *aire inhalación de gases*, que como se mencionó es la que más preocupación ha generado y la que ha recibido mayor atención de los medios de comunicación, de algunas universidades y gobiernos municipales.

**Formato 3.5** Relación dosis-respuesta

Relación dosis-respuesta					
Combustible empleado:					
Contaminantes producidos	Cancerígeno	No cancerígeno	Efectos en el desarrollo	Otros datos	Comentarios

Se han realizado estudios toxicológicos para la obtención de las relaciones dosis-respuesta de numerosos contaminantes ambientales, que pueden consultarse en fuentes bibliográficas u obtenerse en bases de datos accesibles en internet, como las mencionadas en el apartado 3.2.

Lo anterior ayudará a plantear alternativas de solución sobre mezcla, sustitución, cambio de combustibles, o instalación de equipo de control.

### 3.5 CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO

Este punto de la metodología, no seguirá el diseño tradicional de la EPA, en cuanto a la cuantificación del riesgo mediante la estimación de la dosis de exposición y su posterior comparación contra alguna dosis de referencia, porque se considera que la información recopilada en las diferentes secciones es suficiente para obtener la caracterización cualitativa del riesgo, que permitirá saber o determinar cuáles son los puntos, etapas y escenarios del proceso que requerirán acciones inmediatas, a mediano o largo plazo, dependiendo de si existe riesgo (alto, moderado o bajo) o no lo hay. Empleando para ello una matriz de riesgo adaptada para el caso específico de las ladrilleras, cuyo procedimiento es el siguiente (figura 3.5).

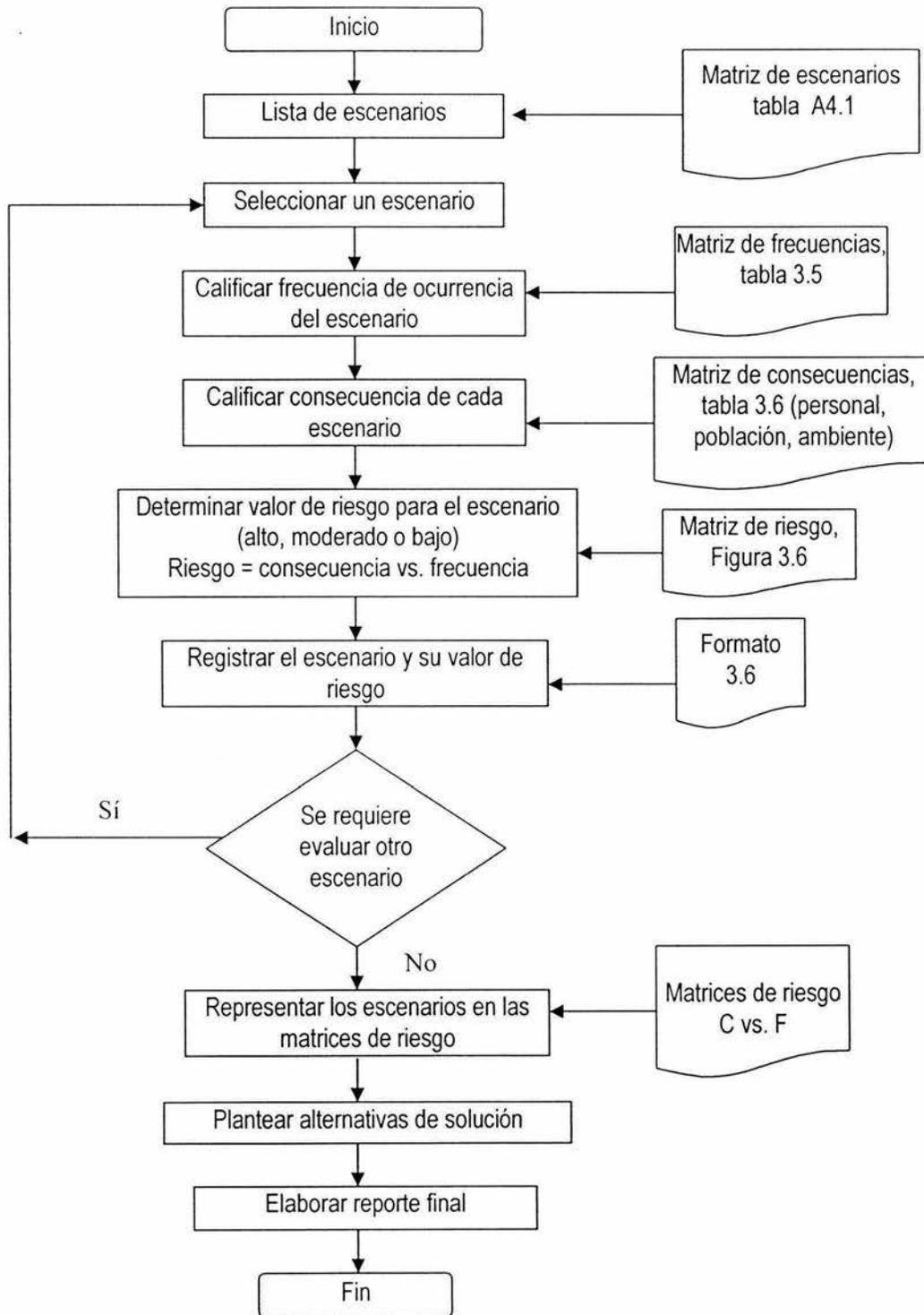


Figura 3.5 Procedimiento para la jerarquización de riesgos



Los escenarios en esta metodología se dividirán por etapa del proceso, conteniendo cada una de ellas, escenarios correspondientes a personal, población y ambiente. Pudiéndose organizar éstos como lo muestra la tabla siguiente.

**Tabla 3.4** Matriz de escenarios

Etapa del proceso	Escenarios		
	1. Personal	2. Población	3. Ambiente

La lista de escenarios de acuerdo a la problemática de la industria ladrillera, rutas de exposición y la relación de éstas últimas con cada una de las etapas del proceso, se citan en la tabla A5.1 del anexo 5.

La frecuencia de ocurrencia de los escenarios y las consecuencias a la salud de la población y personal e impactos al ambiente se tomarán de acuerdo a las tablas 3.5 y 3.6. Elaboradas siguiendo el procedimiento para el FRR (*Facility Risk Review*) descrito por la Aiche (Aiche, 1990).

**Tabla 3.5** Matriz de frecuencias

Índices	Comentario
5	Continuo
4	Muy Frecuente
3	Frecuente
2	Ocasional
1	Raro

**Tabla 3.6** Matriz de consecuencias

Índices	Daños al personal	Daños a la población	Impacto al ambiente
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Heridas o daños físicos que pueden resultar en fatalidades.</li> <li>- Microtraumatismos</li> <li>- Contusiones de cabeza, tronco y extremidades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los hornos ladrilleros queman llantas, plásticos, pañales, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los hornos ladrilleros queman llantas, plásticos, pañales, etc.</li> <li>- La ladrillera se encuentra en una zona ecológica especial.</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Heridas o daños físicos que pueden generar suspensión laboral</li> <li>- Contracturas musculares</li> <li>- Lesiones de espalda</li> <li>- Inhalación de polvos y partículas que pueden dar origen a padecimientos cardiacos y respiratorios crónicos, como enfisema pulmonar y bronquitis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los hornos ladrilleros queman madera, residuos de madera, aserrín, etc., y el monóxido de carbono, bióxido de azufre, bióxido de nitrógeno, partículas suspendidas totales o partículas menores a 10 micras rebasan los valores citados en las normas de calidad del aire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se propicia la contaminación del subsuelo y agua subterránea.</li> <li>- La extracción de material se lleva a cabo en el mismo predio (sin el permiso de la instancia correspondiente).</li> </ul>



Tabla 3.6 Continuación...

Índices	Daños al personal	Daños a la población	Impacto al ambiente
3	<ul style="list-style-type: none"><li>- Posibles padecimientos de tipo infeccioso y parasitario.</li><li>- Insolación</li><li>- Inflamación de músculos (bursitis) y tendones (tendinitis).</li><li>- Abrasiones de la córnea y conjuntivitis.</li><li>- Irritación de la garganta.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Olores, ruidos e impacto visual que pueden detectarse y generan atención, pudiendo ser foco de infección.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Se propicia la erosión por el viento, lluvia o por el trabajo sobre el suelo virgen.</li><li>- Se propicia la contaminación del suelo, cuerpos de agua superficiales con materiales de la ladrillera.</li></ul>
2	<ul style="list-style-type: none"><li>- Se tienen afectaciones ligeras en el personal de la instalación, agotamiento por calor, deshidratación, tropiezos y heridas leves.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ruidos, olores e impacto visual que se pueden detectar, pero no generan atención.</li><li>- Los hornos ladrilleros queman combustibles como madera, aserrín, residuos de madera, etc. y el monóxido de carbono, bióxido de azufre, bióxido de nitrógeno, partículas suspendidas totales o partículas menores a 10 micras no rebasan los valores citados en las normas de calidad del aire.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Los hornos ladrilleros queman madera, aserrín, residuos de madera.</li><li>- Ruidos, olores e impactos visuales que se pueden detectar pero no generan atención.</li></ul>
1	<ul style="list-style-type: none"><li>- No ocurre nada.</li><li>- No se esperan heridas o daños físicos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ruidos, olores e impactos visuales casi imperceptibles.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ruidos, olores e impactos visuales casi imperceptibles.</li></ul>

La estética se ha considerado como un factor ambiental que se afecta debido a que los paisajes rurales, deben ser considerados como recursos capaces de aprovechamiento por actividades de tipo turístico o recreativo con su capacidad de acogida (Gómez, 1999).

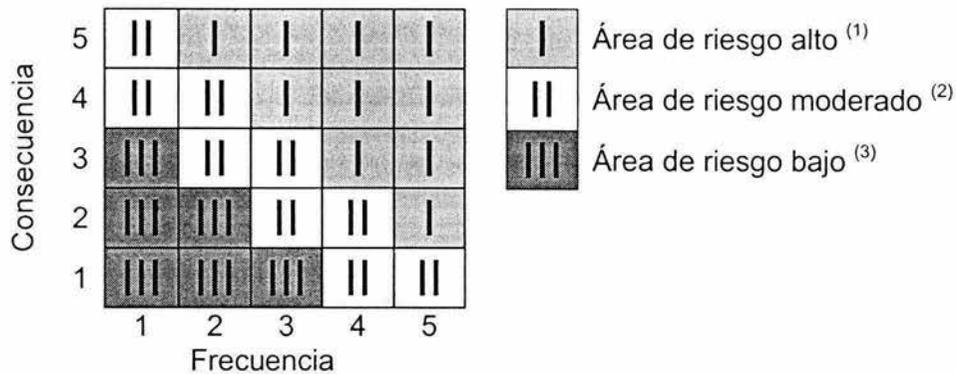
Para registrar la frecuencia y consecuencia de cada escenario se propone emplear el formato 3.6.



**Formato 3.6 Reporte de riesgos**

No. Etapa	Escenario	Frecuencia	Consecuencia	Valor del riesgo
<b>Personal</b>				
1.1	1.			
	2.			
	...			
	n			
2.1	1.			
	2.			
	...			
	n			
...	...			
10.1	1.			
	2.			
	...			
	n			
<b>Población</b>				
1.2	1.			
	2.			
	.			
	n			
2.2	1.			
	2.			
	.			
	n			
...	...			
10.2	1.			
	2.			
	.			
	n			
<b>Ambiente</b>				
1.3	1.			
	2.			
	.			
	n			
2.3	1.			
	2.			
	.			
	n			
...	...			
10.3	1.			
	2.			
	.			
	n			

Para llenar la celda de valor del riesgo en el formato anterior se usará la matriz de riesgo de la figura 3.6.



<sup>(1)</sup> Debe ser mitigado al máximo o eliminado, mediante acciones inmediatas o con tiempos de implantación menores a un año.

<sup>(2)</sup> Debe ser disminuido con acciones a mediano plazo que no lleven más de dos años.

<sup>(3)</sup> No se requieren cambios o las acciones pueden ser implementadas a largo plazo (más de dos años).

Fuente: Aiche, 2000.

**Figura 3.6** Matriz de riesgo

Para este caso se obtendrán tres matrices con diferentes escenarios por cada etapa del proceso correspondientes a personal, población y ambiente. En cada una de ellas se tendrán los escenarios que deben ser mitigados con acciones inmediatas, a mediano o largo plazo.

Una vez caracterizado el riesgo para los escenarios de las distintas etapas se deberán identificar todas las alternativas de solución para disminuir el riesgo. En el siguiente punto se mencionan de manera general las alternativas de solución que pueden combinarse, llevarse a cabo conjuntamente o modificarse en función de la situación de la ladrillera.

Cabe aclarar que las soluciones propuestas aplicarán en algunos casos a más de un escenario, riesgos a la salud, al ambiente y laborales. Y el tiempo máximo de implantación de dicha solución se tomará de acuerdo al tiempo mínimo de los escenarios involucrados.

### 3.6 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

De acuerdo a la descripción del proceso de elaboración de ladrillos, a la situación en México, y a lo mencionado en este capítulo se identifican las siguientes alternativas de solución y recomendaciones (tabla 3.7) encaminadas a minimizar los escenarios para el personal, población y ambiente, riesgos a la salud, al ambiente y laborales, las rutas a través de las cuales el hombre y el ambiente entran en contacto con los contaminantes, materiales o materias primas y que tienen relación directa con cada una de las etapas del proceso.

**Tabla 3.7** Alternativas de solución

<b>Ubicación o reubicación</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ubicar o reubicar ladrilleras<ul style="list-style-type: none"><li>○ Fuera de zonas que comprendan el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y el Sistema de Áreas Naturales Protegidas; así como de las zonas arqueológicas del INAH.</li><li>○ Fuera de las zonas de preservación ecológica y de fomento ecológico, comprendidas en los Planes Directores de Desarrollo Urbano de los diferentes municipios de los Estados.</li><li>○ En áreas en donde no representen un peligro para las especies y subespecies de flora y fauna silvestres en peligro de extinción, amenazadas, endémicas, raras o sujetas a protección especial, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994.</li></ul></li><li>• Prohibir la ubicación dentro de la mancha urbana. Deberán ubicarse o reubicarse a una distancia mayor de 5 km de cualquier asentamiento humano mayor a 2,500 habitantes.</li><li>• Deberán ubicarse a una distancia mayor de 1,500 m de carreteras pavimentadas con transporte continuo de paso y de vías ferroviarias, así como a una distancia de 150 m de caminos secundarios.</li><li>• Ubicarse a una distancia mayor de 1,000 m de oleoductos, poliductos, gasoductos y ductos de cualquier tipo, de líneas de transmisión de alta tensión, subestaciones eléctricas, estaciones termoeléctricas y de líneas telefónicas, aéreas o de fibra óptica subterránea.</li><li>• Ubicarse a una distancia mayor a 3 km de aeropuertos y aeropistas privadas.</li><li>• Ubicarse a una distancia mayor de 300 m de cuerpos de agua superficiales, así como de zonas de inundación.</li><li>• No deberán ubicarse en zonas que presenten fallas o hundimientos del terreno por sobreexplotación de agua subterránea y predios considerados de alta producción agrícola o forestal.</li><li>• No deberán ubicarse a menos de 1,500 m de zonas donde existan almacenamientos de hidrocarburos de más de 5,000 kg o su equivalente (NTE-IEG-001/98, 1998).</li></ul>
<b>Control a nivel ladrillera, municipal y estatal</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Fomentar la participación en los programas de contingencias ambientales, por ejemplo, paro total de actividades de combustión en hornos ladrilleros cuando exista contingencia ambiental.</li><li>• Que la ladrillera cuente con un sitio para el almacenamiento de sus residuos.</li><li>• Establecer un <i>Padrón de Productores de tabique</i> estatal y/o municipal. A través del cual la Secretaría de Ecología respectiva pueda proporcionar guías para la autorización de operaciones, licencias de uso de suelo del municipio al que pertenezcan, revisión y autorización de posibles modificaciones o rediseño de hornos y quemadores.</li><li>• Fomentar el uso de una bitácora de operaciones, que permanezca en el lugar de operación del horno conteniendo como mínimo la siguiente información: datos generales del propietario, datos generales de los proveedores de materias primas, capacidad del horno, tipo de combustible y consumo utilizados, tipos de quemador y frecuencia de su mantenimiento, horas de quemado, días de quema al mes (NTE-IEG-001/98, 1998).</li></ul>



Tabla 3.7 Continuación...

Por etapa del proceso	
1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Prohibir la excavación del suelo del predio, donde se encuentran instalados los hornos con el fin de utilizar arcilla o tierra para la elaboración de ladrillo.</li><li>• Los productores que actualmente posean terrenos en explotación de bancos de material (tierra o arcilla) deberán sujetarse a las disposiciones que sobre bancos de materiales establezcan las normas dentro del estado, así como contar con la autorización por parte del instituto correspondiente (NTE-IEG-001/98, 1998).</li><li>• Usar sistemas de prevención (pasamanos de protección) o de protección (dispositivos contra caídas).</li><li>• Revisar el sitio de trabajo antes del comienzo de las tareas y continuamente durante la jornada de trabajo para identificar y resguardar cualquier abertura o agujero.</li><li>• El tamaño de los mangos del azadón y demás herramientas empleadas para la extracción deberán permitir al trabajador agarrar alrededor del mango de forma que el dedo índice y pulgar estén superpuestos en 3/8". El diámetro del mango debe oscilar entre 1 3/8" para los trabajadores de manos pequeñas y 2 1/8" para trabajadores de manos grandes, con un promedio de 1 3/4" (CDC, 2001).</li><li>• Los mangos deben estar cubiertos con un material antideslizante liso (plástico o caucho).</li><li>• Los proveedores de tierra y arcilla deberán provenir de un banco autorizado, y dependiendo del estado estar registrados en el Instituto correspondiente.</li><li>• La tierra empleada como materia prima será del tipo clasificado como <i>pobres</i> y <i>muy pobres</i>, lo que significa que no son aptas para el cultivo.</li><li>• Informar a los trabajadores mediante pláticas, folletos o carteles el uso de botas de trabajo con suelas antideslizantes.</li><li>• Proteger el suelo con algún tipo de cubierta vegetal:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Arbolado denso</li><li>○ Arbolado claro</li><li>○ Matorral</li><li>○ Erial a pastos</li><li>○ Cultivos<sup>(1)</sup></li></ul></li><li>• Cubrir con plástico o cualquier otro material que evite la acción del agua y del viento sobre los apilamientos descubiertos de tierra y/o arcilla que pudieran contribuir a la dispersión de polvos fugitivos dentro o fuera del área de operaciones.</li></ul>
2	<ul style="list-style-type: none"><li>• Almacenar los materiales en un lugar techado y con piso de concreto, principalmente el estiércol. Las paredes y el piso pueden ser de ladrillo<sup>(2)</sup>.</li><li>• Si el sitio de almacenamiento anterior no tiene paredes cubrir los materiales con plástico o algún otro material que no permita el paso del agua y la acción del viento.</li><li>• Contar en el área de almacenamiento de materia prima con un extinguidor para fuego clase A<sup>(3)</sup>.</li><li>• Informar a los trabajadores mediante pláticas, folletos o carteles lo siguiente:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Si le entran astillas a los ojos no los frote, utilice colirio, enjuague el ojo con bastante líquido, consulte a un médico si no sale la astilla o si persiste el dolor o hay enrojecimiento (CDC, 2001).</li><li>○ Cómo usar un extinguidor.</li></ul></li></ul>



Tabla 3.7 Continuación...

<b>Por etapa del proceso</b>	
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir piso de concreto o de ladrillo con una cubierta de mortero en las áreas de preparación de la pasta.</li> <li>• Techar las áreas de preparación de la pasta <sup>(2)</sup>.</li> <li>• Informar a los trabajadores mediante pláticas, folletos o carteles:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ El uso de botas de trabajo con suelas antideslizantes.</li> <li>○ Uso de cubre bocas en épocas de secas.</li> <li>○ Tomar bastante agua fresca todo el día. A veces será necesario que tomar un vaso de agua cada 15 minutos.</li> <li>○ Tomar descansos constantes. Descansar en un lugar fresco, sombreado, si es posible utilizar ventiladores.</li> <li>○ Usar ropa de colores claros, hecha de algodón.</li> <li>○ Hacer el trabajo más pesado durante la hora más fresca del día.</li> <li>○ Trabajar en la sombra.</li> <li>○ Si cree que alguien tiene insolación, llévela de inmediato a la sombra y desabróchele la ropa. Échele agua fresca en la cara y déle aire con un ventilador; si no hay ventilador, puede usar un pedazo de cartón para soplarle.</li> <li>○ Cómo emplear correctamente la pala al preparar la pasta <sup>(4)</sup>.</li> </ul> </li> <li>• El agua podrá ser obtenida de un cuerpo hidrológico natural, solo mediante autorización previa de la Comisión Nacional del Agua (NTE-IEG-001/98, 1998).</li> <li>• Aprovechar el agua de lluvia utilizando los techados de las áreas de almacenamiento de materias primas, combustibles, producto terminado, preparación de la pasta, moldeo y secado <sup>(5)</sup>.</li> <li>• Aprovechar las aguas grises provenientes de regaderas, lavaderos y lavabos <sup>(6)</sup>.</li> <li>• Emplear una mezcladora de barro.</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techar el área de moldeo <sup>(2)</sup>.</li> <li>• Informar a los trabajadores mediante pláticas, folletos o carteles:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ El uso de botas de trabajo con suelas antideslizantes.</li> <li>○ Tomar bastante agua fresca todo el día. A veces será necesario tomar un vaso de agua cada 15 minutos.</li> <li>○ Tomar descansos constantes. Descansar en un lugar fresco, sombreado, si es posible utilizar ventiladores.</li> <li>○ Usar ropa de colores claros, hecha de algodón.</li> <li>○ Hacer el trabajo más pesado durante la hora más fresca del día.</li> <li>○ Trabajar en la sombra.</li> <li>○ Si cree que alguien tiene insolación, llévela de inmediato a la sombra y desabróchele la ropa. Échele agua fresca en la cara y déle aire con un ventilador; si no hay ventilador, puede usar un pedazo de cartón para soplarle.</li> <li>○ Cómo cargar materiales pesados o la pasta para llevarla al sitio de moldeo <sup>(7)</sup>.</li> </ul> </li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techar el área de secado con lámina transparente <sup>(2)</sup>.</li> <li>• Aprovechar los gases que salen del horno en el secado de los ladrillos crudos <sup>(8)</sup>.</li> </ul>



Tabla 3.7 Continuación...

Por etapa del proceso	
6	<ul style="list-style-type: none"><li>• Informar a los trabajadores mediante pláticas, folletos o carteles:<ul style="list-style-type: none"><li>○ El uso de botas de trabajo con suelas antideslizantes y guantes.</li><li>○ Tomar bastante agua fresca todo el día. A veces será necesario tomar un vaso de agua cada 15 minutos</li><li>○ Tomar descansos constantes. Descansar en un lugar fresco, sombreado, si es posible utilizar ventiladores.</li><li>○ Usar ropa de colores claros, hecha de algodón.</li><li>○ Hacer el trabajo más pesado durante la hora más fresca del día o de ser posible trabaje en la sombra.</li><li>○ Si cree que alguien tiene insolación, llévela de inmediato a la sombra y desabróchele la ropa. Échele agua fresca en la cara y déle aire con un ventilador; si no hay ventilador, puede usar un pedazo de cartón para soplarle.</li></ul></li><li>• Emplear una banda transportadora para acarrear los ladrillos para la carga del horno <sup>(9)</sup>.</li><li>• Si el acarreo se continua realizando a mano seguir las siguientes recomendaciones las cuales se pueden hacer del conocimiento de los trabajadores mediante pláticas, folletos o carteles:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Los pies deben estar separados a cada lado de la carga o uno más adelante con respecto al otro.</li><li>○ Al agacharse, doble las rodillas, manteniendo la cabeza y la columna recta.</li><li>○ Tome firmemente la carga, usando la palma de la mano y todos los dedos.</li><li>○ Mantenga la carga cercana al cuerpo.</li><li>○ La espalda recta y la cabeza agachada</li><li>○ Durante el transporte, mantenga la carga en el centro de su cuerpo y realice la fuerza con las piernas <sup>(7)</sup>.</li></ul></li></ul>
7	<ul style="list-style-type: none"><li>• Construir piso de concreto en el área de quema de combustibles.</li><li>• Sustituir la quema de llantas por aceite <sup>(10)</sup>.</li><li>• Aprovechar los residuos de los empaques Tetra Pak <sup>(11)</sup>.</li><li>• Empleo de biomasa como combustible <sup>(12)</sup>.</li><li>• Tener cerca del horno un extinguidor tipo A o B dependiendo del combustible empleado <sup>(3)</sup>.</li><li>• Emplear combustibles como combustóleo, diesel, gas L.P. que usan quemadores <sup>(13)</sup>.</li><li>• Ubicar o reubicar el horno para la quema de ladrillo, de tal manera que las emisiones producto de la quema no incidan en centros de población cercanos en ninguna época del año (ubicación con respecto a los vientos dominantes).<ul style="list-style-type: none"><li>• Al término de la vida útil del horno ladrillero o al pretender reubicarse, el propietario, poseedor o encargado de la ladrillera deberá demoler la estructura, retirar toda la infraestructura necesaria para la operación y dejar libre de residuos y cualquier otro material en el sitio.</li><li>• Por medio del Padrón mencionado en control a nivel ladrillera, municipal y estatal, solicitar autorización de quema al ayuntamiento, municipio, etc.</li><li>• Conectar en serie dos hornos <sup>(14)</sup>.</li></ul></li></ul>
8	<ul style="list-style-type: none"><li>• Colocar señalamientos que indiquen la etapa de enfriamiento del producto.</li></ul>
9	<ul style="list-style-type: none"><li>• Empleo de una banda transportadora para llevar el material al sitio de almacenamiento o a la carga del camión <sup>(9)</sup>.</li></ul>

**Tabla 3.7** Continuación...

<b>Por etapa del proceso</b>	
10	<ul style="list-style-type: none"><li>• Almacenar los materiales en un lugar techado y con piso de concreto. Las paredes y el piso pueden ser construidos con ladrillo.</li><li>• Si el sitio de almacenamiento anterior no tiene paredes cubrir los materiales con plástico o algún otro material que no permita el paso del agua, la acción del viento y el contacto o ingestión por los trabajadores y menores.</li><li>• Tener a la mano un extinguidor para fuego clase A o B según sea el <sup>(3)</sup>.</li><li>• Informar a los trabajadores mediante pláticas, folletos o carteles:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Cómo usar un extinguidor</li><li>○ Si le entran astillas a los ojos no los frote, utilice colirio, enjuague el ojo con bastante líquido, consulte a un médico si no sale la astilla o si persiste el dolor o hay enrojecimiento (CDC, 2001).</li></ul></li></ul>

Nota: <sup>(1)</sup>, <sup>(2)</sup>, <sup>(3)</sup>, <sup>(4)</sup>, <sup>(5)</sup>, <sup>(6)</sup>, <sup>(7)</sup>, <sup>(8)</sup>, <sup>(9)</sup>, <sup>(10)</sup>, <sup>(11)</sup>, <sup>(12)</sup>, <sup>(13)</sup>, <sup>(14)</sup>, se explican en el anexo 6.



## 4. MINIMIZACIÓN DEL RIESGO EN LADRILLERAS

El proceso de elaboración y cocido de productos fabricados con arcilla en México contribuye al deterioro del ambiente por la sobreexplotación de la capa edáfica, el alto nivel de emisiones e inmisiones<sup>5</sup> contaminantes a la atmósfera, el uso inadecuado de materiales combustibles y por una combustión deficiente de los mismos, así como por el uso excesivo de agua potable en dicho proceso.

La selección del sitio para la aplicación de la metodología descrita en el capítulo anterior se basó en:

- la cercanía de la zona ladrillera
- proximidad de centros de población a dicha zona
- disposición de los ladrilleros para proporcionar información e implantar las acciones propuestas

Para ello se entablaron pláticas con personal de la Secretaría de Ecología del Estado de México, resultando que las ladrilleras de Chalco cumplían con esas características. A su vez, dentro de este municipio a través de visitas al sitio se decidió tomar la ladrillera conocida como *La Compañía* para aplicar la metodología.

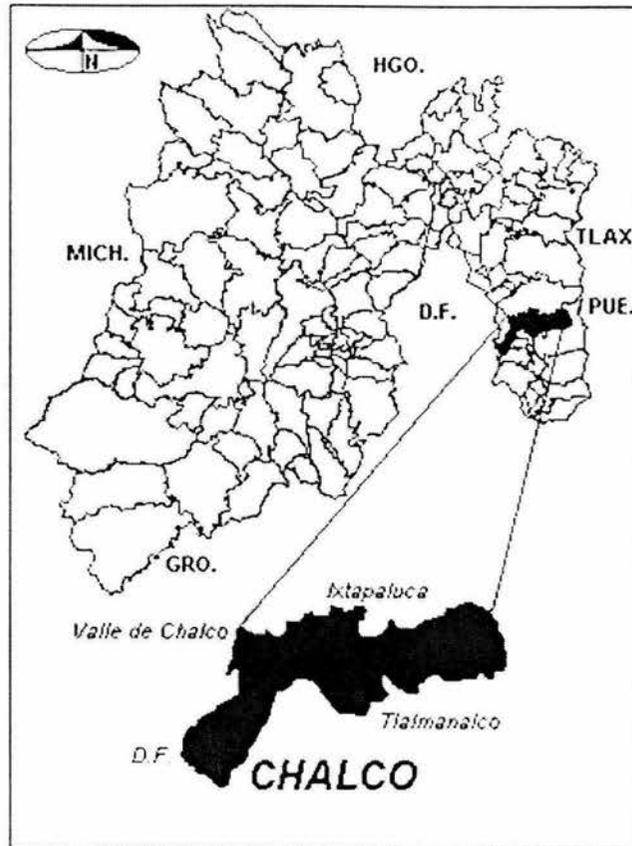
### 4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Chalco es uno de los municipios más antiguos del Valle de México; se convirtió en municipio el 14 de noviembre de 1861. Perteneció al área conurbada del Distrito Federal, por lo que presenta una problemática ambiental típica del Valle de México.

El municipio de Chalco se localiza en la parte oriente del Estado de México (figura 4.1), entre los meridianos 98°58'14" y 98°41'04" de longitud oeste y los paralelos 19°20'16" y 19°09'21" de latitud norte, la altitud media del municipio es de 2,250 msnm. La extensión territorial de Chalco es de 234.716 km<sup>2</sup>, misma que representa el 1.04% del territorio estatal.

---

<sup>5</sup> Presencia de contaminantes en la atmósfera a nivel de piso (NTE-IEG-001/98, 1998).



Fuente: Secretaría de Ecología del Estado de México, 2003.

**Figura 4.1** Localización de Municipio de Chalco

Hasta el año 1998 se reportaron 123 unidades económicas en el municipio referentes al subsector de fabricación de productos a base de minerales no metálicos (tabla 4.1), rama a la cual pertenece la fabricación de ladrillos.

**Tabla 4.1** Características económicas de la fabricación de productos a base de minerales no metálicos en el año 1998

Subsector	Unidades económicas	Personal ocupado	Remuneraciones (miles de pesos)	Producción bruta total (miles de pesos)	Insumos totales (miles de pesos)	Valor agregado censal bruto (miles de pesos)
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	123	359	5,526.0	56,302.0	41,681.0	14,621.0

Fuente: INEGI, 2002.

Las principales localidades de este municipio se muestran en la tabla 4.2.

**Falta página**

**N° 63**





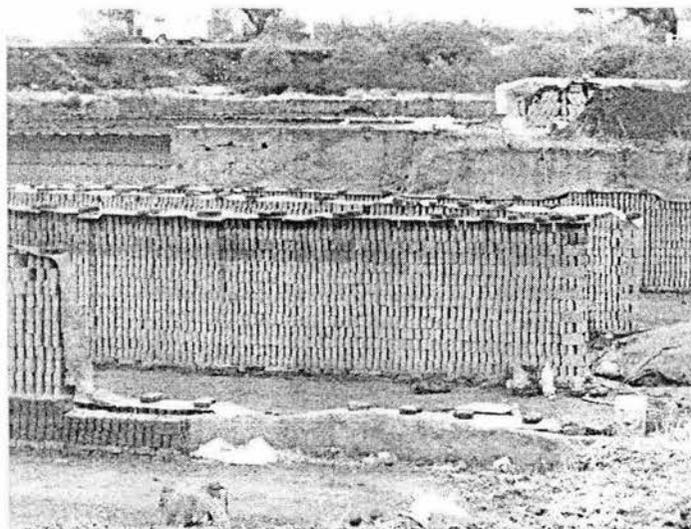
**Personal que labora.** En esta ladrillera laboran cuatro personas mayores de edad, tres hombres y una mujer.

**Proceso de elaboración.** Al igual que en el resto del estado, en este sitio la elaboración de ladrillos es una actividad antigua, de tipo artesanal y que ha pasado de generación en generación. Sigue las mismas etapas descritas en la figura 3.1. Empiezan por *labrar*, que es *hacer el material* según le llaman, actividad que realizan al menos tres veces por semana. Posteriormente agregan agua a la tierra para que se remoje por media hora, después la jalan con el azadón, y esperan hasta el día siguiente. Agregan el estiércol, vuelven a mezclar usando palas y dejan reposar otro día más. El estiércol lo almacenan al aire libre y sin cubrir, al igual que la arcilla no empleada (figura 4.3)



**Figura 4.3** Arcilla almacenada al aire libre

Después realizan el *enrejado* (moldeo) aproximadamente de dos a tres veces por semana, sin ningún tipo de calzado, dejan secar los ladrillos crudos de manera natural hasta por seis días (figura 4.4), para después acarrearlos manualmente al horno y estibarlos. Existen cuatro hornos, dos de 20 millares, que tardan tres días en llenar y dos de 40 millares de capacidad, que llenan en seis días.



**Figura 4.4** Secado del ladrillo crudo



Los cuatro hornos son encendidos una vez al mes, la cocción dura 72 horas, el combustible empleado es aserrín procedente de diversas madererías que les surten hasta ese sitio por medio de camiones, lo almacenan al aire libre cubriéndolo con plástico (figura 4.5). Antes, menciona el Sr. Morales, encargado de la ladrillera, quemaban de todo (llantas, basura, plástico, etc.), pero el municipio se los prohibió y solo les permite quemar aserrín.

El precio del ladrillo directamente en la ladrillera es de \$720 el millar.

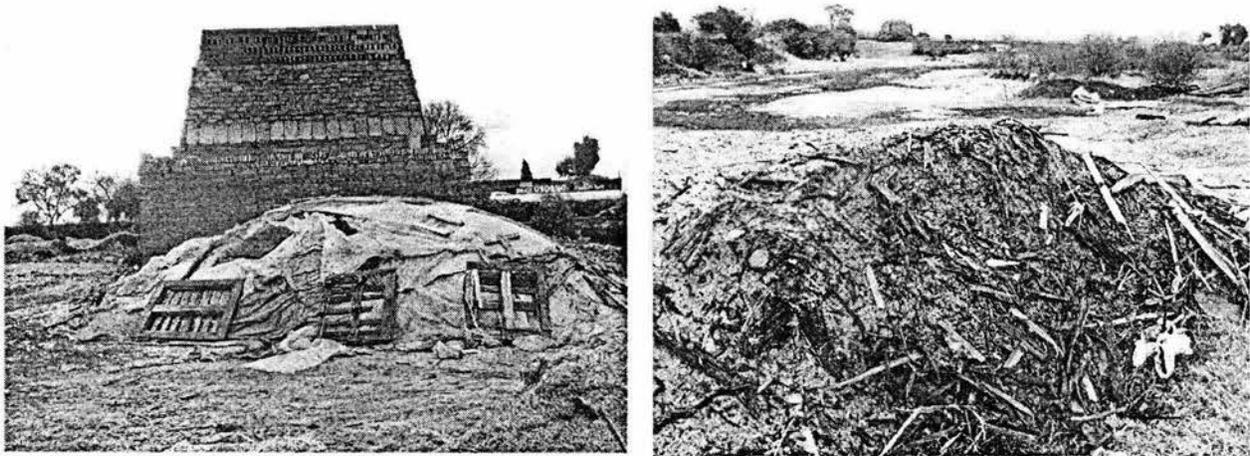
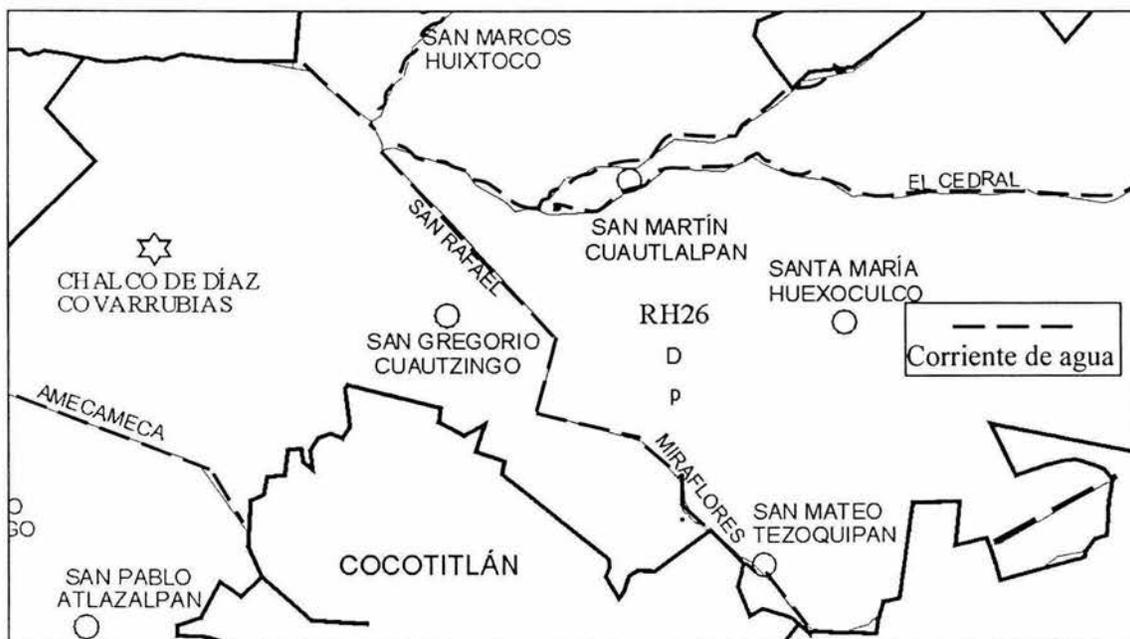


Figura 4.5 Aserrín almacenado al aire libre

**Agua.** El agua que usan para elaborar la pasta es de lluvia, potable y de río. El agua de lluvia es la que se acumula formando charcos en el mismo predio. El agua potable les llega por medio de pipas, la de río es procedente del río San Rafael (figura 4.6) y conducida a través de mangueras (figura 4.7).



Fuente: INEGI, 2002.

Figura 4.6 Hidrología de la zona



Agua de río



Agua de lluvia

**Figura 4.7** Agua empleada en la preparación de la pasta

**Residuos.** Los residuos (restos de la quema, ladrillos defectuosos, etc.) son acumulados en los alrededores de la ladrillera, propiciando la acumulación de residuos domiciliarios (figura 4.8).



**Figura 4.8** Residuos sólidos acumulados alrededor la ladrillera

**Suelo.** La arcilla es obtenida del mismo predio. Llevándose a cabo todas las etapas de elaboración del ladrillo directamente sobre el suelo.



**Figura 4.9** Uso del suelo



**Condiciones laborales.** Todas las actividades son realizadas a la intemperie. El acarreo del ladrillo es manual y debido a la extracción de tierra los trabajadores tienen que subir a través de rampas *naturales* o *andamios* que no cuenta con ningún tipo de protección contra caídas (figura 4.10). Además no existe ninguna indicación de la existencia de desniveles. El calzado empleado por todo el personal no es el adecuado.



**Figura 4.10** Condiciones del sitio

**Normatividad.** El Reglamento de la Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México, en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica señala en el artículo 27, que *la Secretaría determinará el tipo de combustibles que deben utilizarse en la combustión de los hornos de producción de ladrillos, tabiques o similares y aquellos en los que se produzca cerámica de cualquier tipo que generen emisiones contaminantes a la atmósfera.* Que de acuerdo al proyecto *Control de la contaminación generada por ladrilleras en municipios de los valles de Cuautitlán y Texcoco*, el combustible permitido para el caso de las pequeñas ladrilleras es el aserrín, ya sea proveniente de madererías o producido a partir de pedacería de madera.

También en el artículo 63 menciona que: *Durante la contingencia ambiental no se podrán realizar quemas en ladrilleras, tabiquerías u hornos alfareros, con excepción de aquellos que tengan tecnologías para el control y reducción de emisiones contaminantes o utilizan combustibles que generen menos contaminantes a la atmósfera en el proceso de combustión.*

En lo que respecta al suelo, el Reglamento de la Ley de Protección al Ambiente del Estado de México en materia de Prevención y Control de la Contaminación del Suelo, en el capítulo XIV artículo 99 indica, que *“la Secretaría integrará y mantendrá actualizado el Registro Estatal de Generadores de Residuos Sólidos, en el que se deberán inscribir aquellos generadores que en función del tipo de residuos que genera esté sujeto a la competencia de las autoridades estatales”.*

Los materiales empleados en la fabricación de ladrillos que en el caso de esta ladrillera son extraídos del mismo predio, son sustancias no reservadas a la federación de acuerdo a la Ley



Minera, ya que son materiales de naturaleza semejante a los componentes del terreno, por lo que aplica el reglamento mencionado en el párrafo anterior de la Prevención y Control de la Contaminación del Suelo, capítulo III, artículo 20, el cual dice: *“las personas que pretendan el aprovechamiento de los minerales o sustancias no reservadas a la Federación deberán contar con una autorización otorgada conforme al procedimiento de evaluación del impacto ambiental, así como cumplir con las medidas de prevención, mitigación y restauración que en ella se establezcan, en los términos de la Ley y su reglamento en materia de impacto ambiental, sin perjuicio de otras autorizaciones o concesiones que deban obtenerse”*.

Así como los artículos 21,22 y 23 que señalan respectivamente:

- *“Ninguna autoridad estatal o municipal expedirá licencias, autorizaciones o concesiones para la extracción de materiales no reservados a la Federación, sin el cumplimiento previo del procedimiento de evaluación del impacto ambiental a que se refiere el artículo anterior.*
- *“Quienes realicen o pretendan realizar obras o actividades para el aprovechamiento de minerales ó sustancias no reservadas a la Federación estarán obligadas a:*
  - I. Controlar la emisión de contaminantes a la atmósfera;*
  - II. Controlar los residuos que generen para evitar su propagación fuera del lugar donde se realicen dichas actividades;*
  - III. Restaurar la cubierta vegetal necesaria para evitar cualquier proceso de erosión o alteración de los cuerpos de agua;*
  - IV. Aplicar las medidas necesarias para conservar la capacidad de infiltración de aguas al subsuelo;*
  - V. Evitar las alteraciones en el ambiente ocasionadas con la realización de las obras de acceso al sitio y extracción de los materiales;*
  - VI. Adoptar las medidas adecuadas para que una vez concluidos los trabajos de aprovechamiento del suelo sean restauradas las condiciones ambientales; y,*
  - VII. Sujetarse a las demás disposiciones que determine la Secretaría para evitar los impactos al ambiente.*
- *“En la realización de actividades relacionadas con el aprovechamiento de los minerales o sustancias no reservadas a la Federación, los responsables de dichas actividades deberán observar las disposiciones del presente Reglamento, así como las normas técnicas que para tal efecto se expidan”*.

Además, de las 95 empresas (84 de las cuales son microempresas, es decir tienen de 0 a 30 empleados), registradas en el SIEM (*Sistema de Información Empresarial Mexicano*) dedicadas a la actividad 361203 del Catálogo Mexicano de Actividades y Productos (CMAP) que corresponde a la fabricación de ladrillos, tabiques y tejas de arcilla no refractaria, ninguna corresponde al municipio de Chalco, a pesar de que en este municipio se tienen contabilizados 570 hornos ladrilleros.

## 4.2 ESTIMACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL

Para estimar el riesgo ambiental en esta industria ladrillera que de ahora en adelante la llamaremos *La Compañía*, se seguirá la metodología descrita en el capítulo anterior. Siendo el primer paso la identificación de riesgos.



### 4.2.1 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

La identificación de riesgos a la salud y al ambiente en La Compañía se muestran en el anexo 7, el resumen de éstos por etapa del proceso se aprecia en las figuras 4.11 y 4.12. Como parte complementaria a los riesgos a la salud se encuentran los riesgos laborales que afectan directamente a los trabajadores, mencionados en el anexo 8. La figura 4.13 presenta los riesgos laborales en un diagrama por etapa del proceso.

Entre otros riesgos que no involucran las etapas del proceso, se encuentra la incorrecta disposición de los desechos humanos al no contar con el servicio de drenaje, lo que provoca que existan agentes biológicos que pueden penetrar en el cuerpo humano causando enfermedades de tipo infeccioso y parasitario.

Como el terreno donde se encuentra la ladrillera está a un nivel más bajo debido a extracción de material, no se esperan daños directos por la arcilla, estiércol o pasta al río San Rafael, la acción del agua de lluvia solo afectará a la erosión del suelo y dispersión del material, de esta forma los daños por el estiércol, principalmente, se darán al subsuelo y aguas subterráneas. Sin embargo, los restos de material defectuoso, de la quema y los residuos sólidos municipales podrían estar afectando al río San Rafael por el arrastre de éstos con el agua de lluvia.

### 4.2.2 EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

La fase de evaluación de la exposición se realizó siguiendo tres etapas, que se describen a continuación.

**CARACTERIZACIÓN DEL ESCENARIO DE EXPOSICIÓN.** La Compañía se encuentra situada en los límites del poblado de San Gregorio Cuautzingo (figura 4.14). Las poblaciones en orden de cercanía se muestran en la tabla 4.4, en la que se indica la distancia aproximada a la ladrillera.

**Tabla 4.4** Distancia aproximada de las poblaciones cercanas a la ladrillera

<b>Localidad</b>	<b>Distancia aproximada (km)</b>
San Gregorio Cuautzingo	Menos de 1 km
San Martín Cuautlalpan	3.00
Cocotitlán	3.22
Chalco Díaz de Covarrubias	4.20
San Marcos Huixtoco	4.20
Santa María Huexoculco	5.55
San Mateo Tezoquipan	5.70

Como se ya se mencionó, en La Compañía laboran cuatro personas, tres hombres y una mujer, de entre 25 y 45 años de edad.

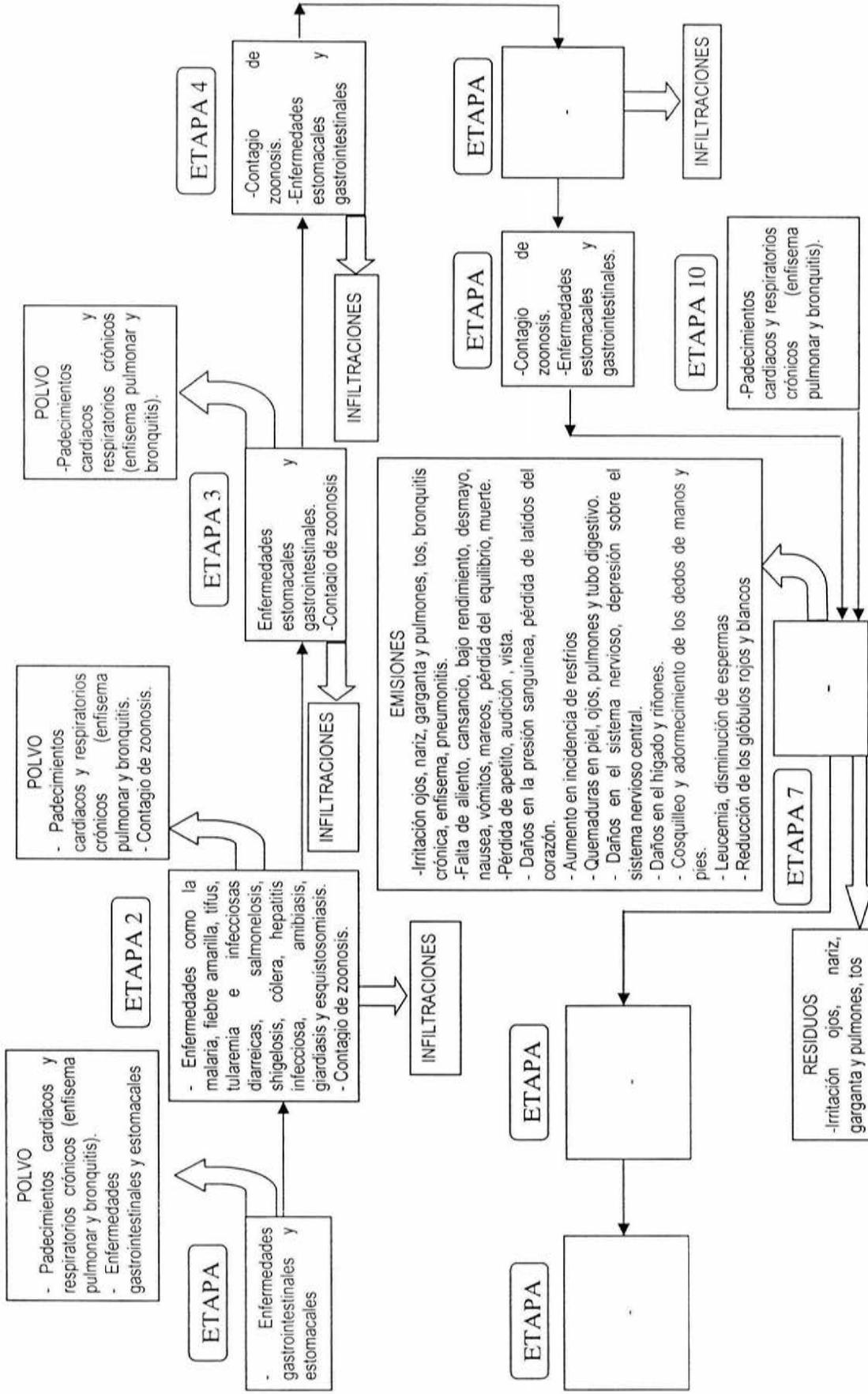


Figura 4.11 Riesgos a la salud

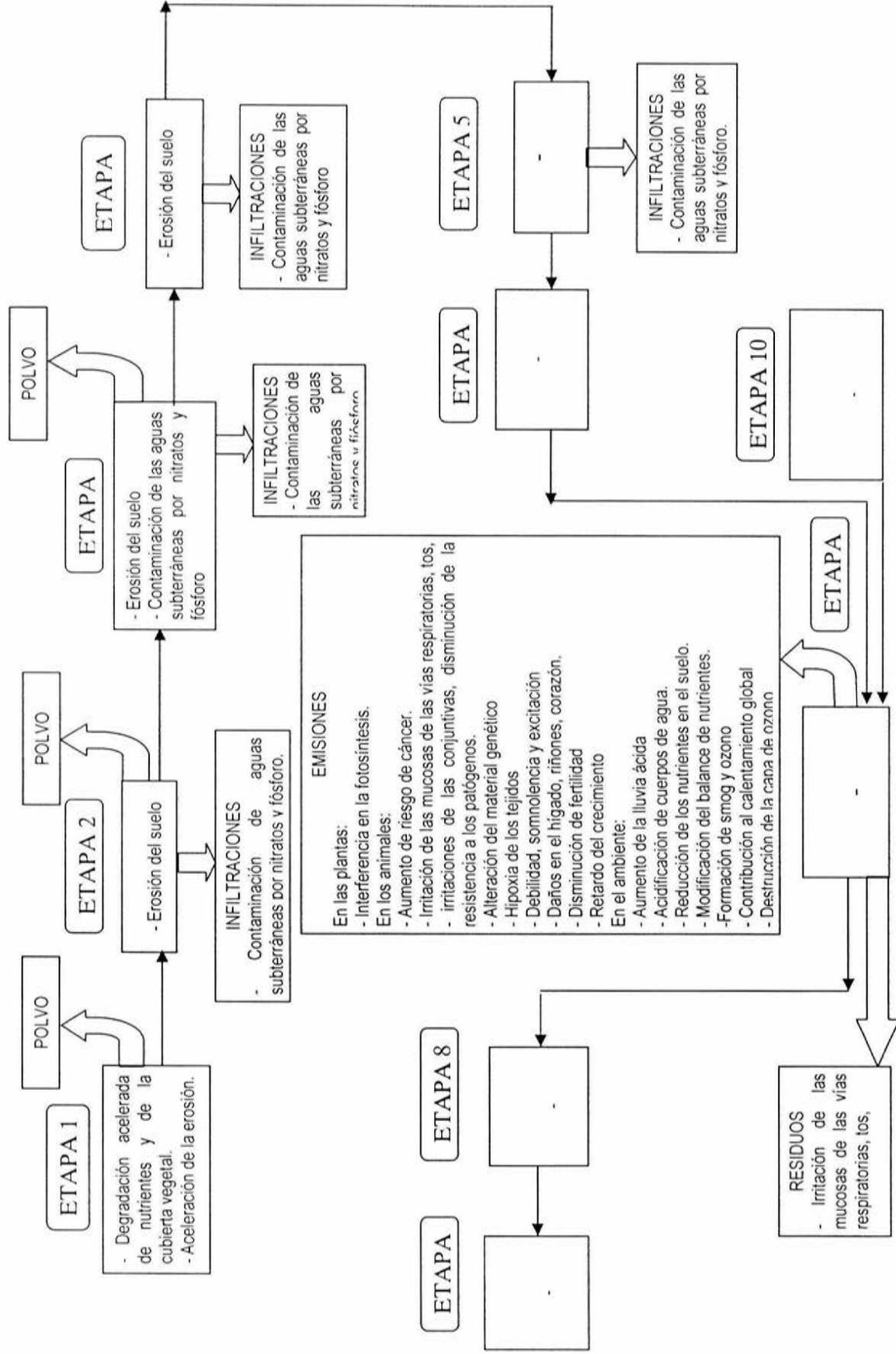


Figura 4.12 Riesgos al ambiente

#### 4. Minimización del riesgo en ladrilleras

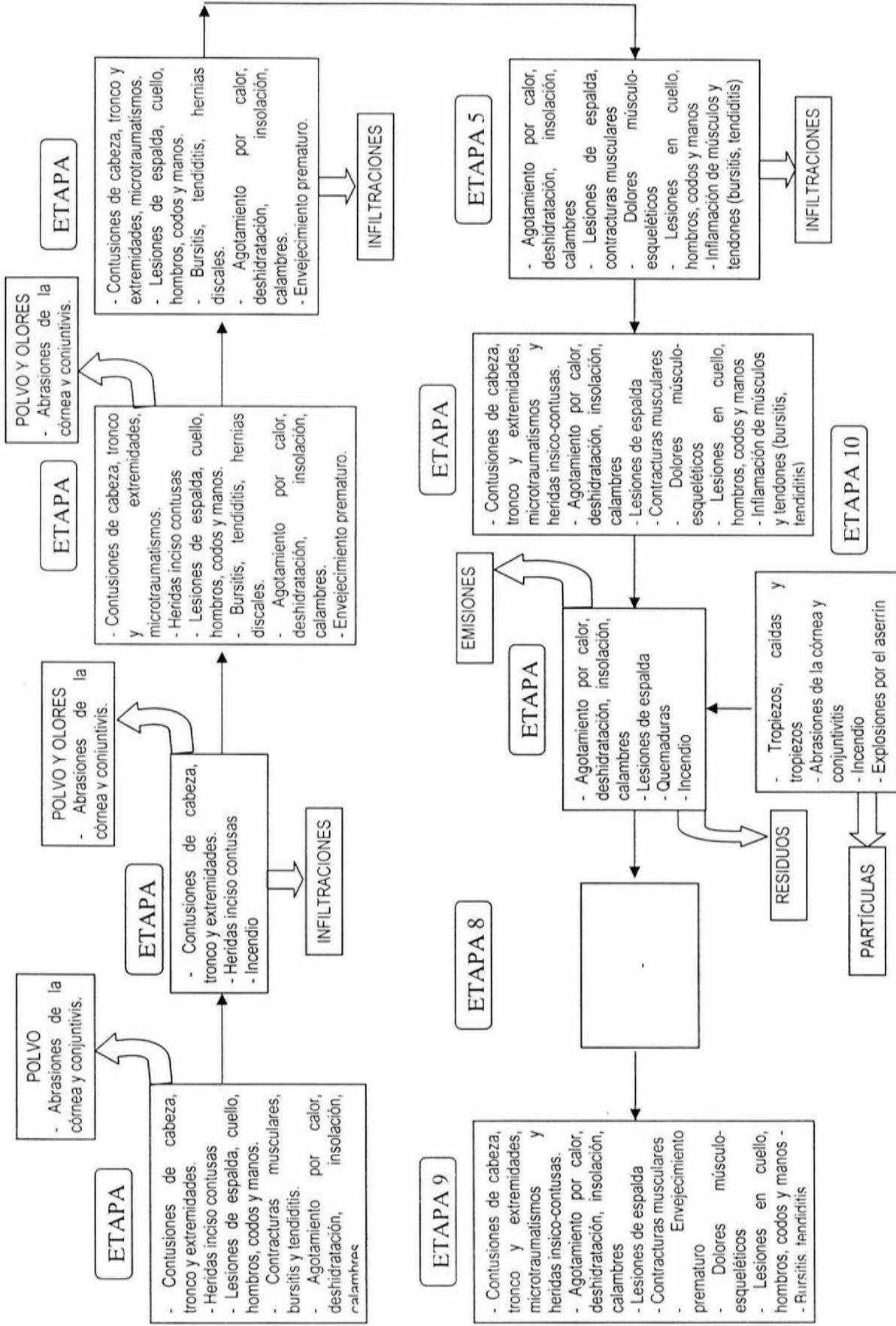


Figura 4.13 Riesgos laborales

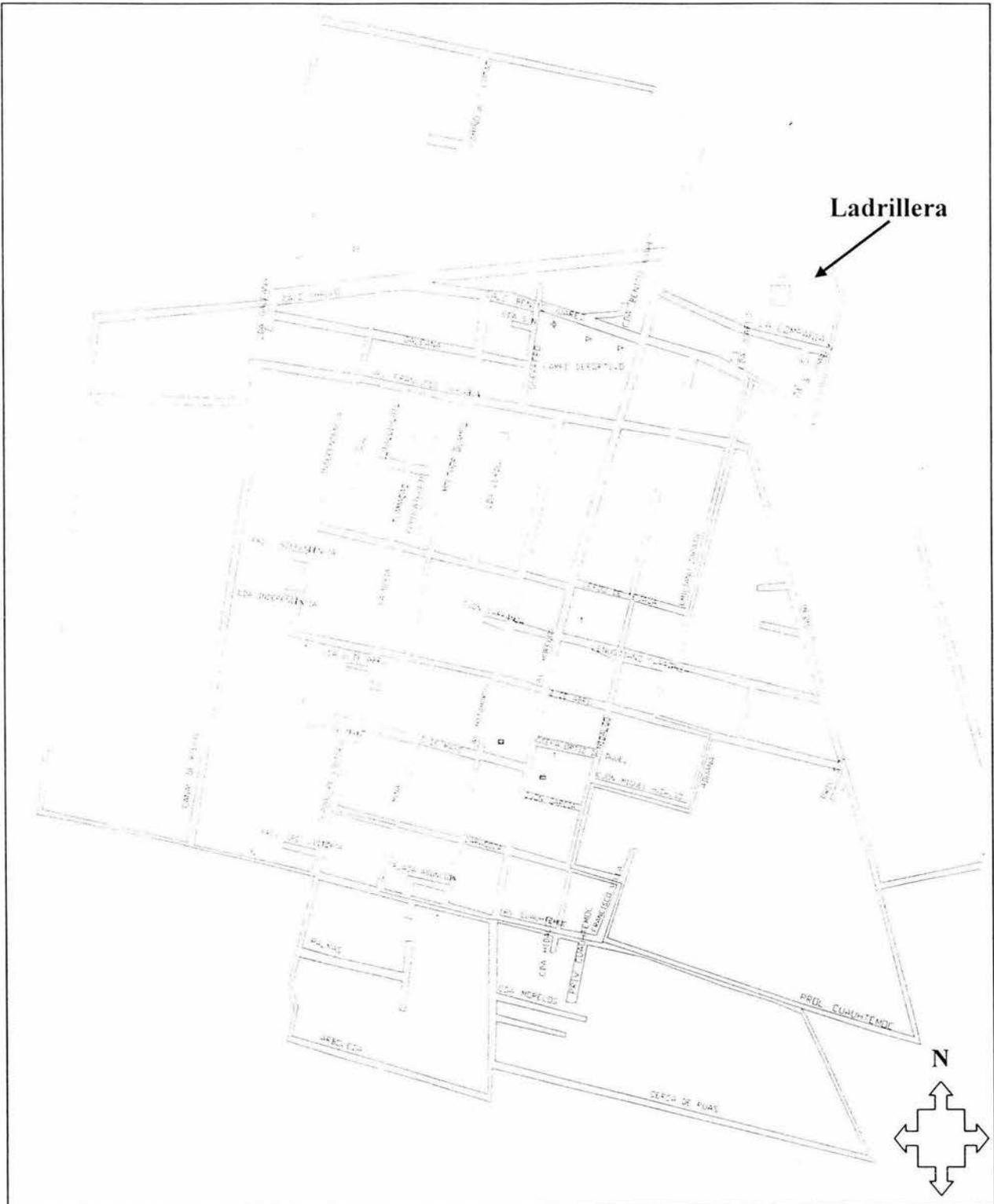


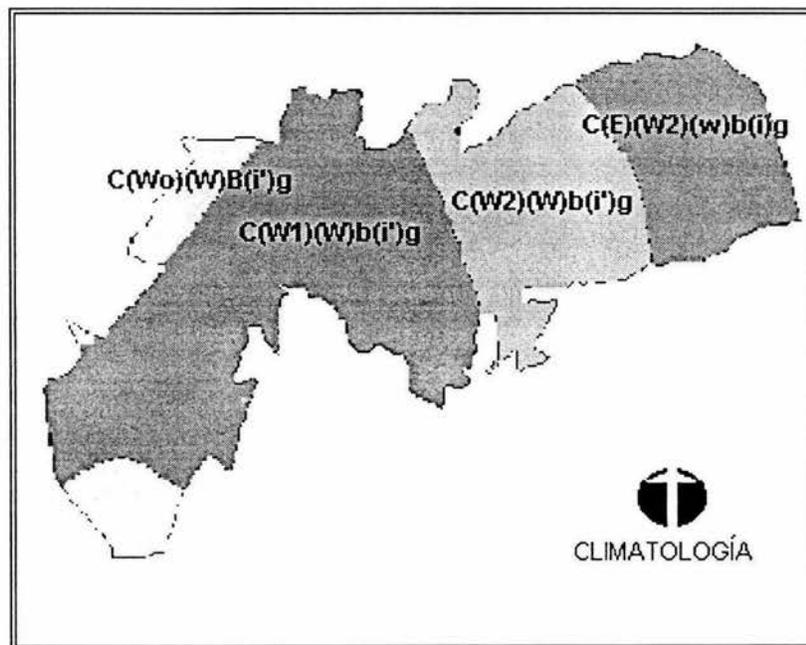
Figura 4.14 San Gregorio Cuautzingo



El río San Rafael es el cuerpo de agua más cercano a esta industria, el cual aprovechan para preparar la pasta. Sus condiciones simplemente por inspección visual son malas, está contaminado por desechos domiciliarios, siendo poco su caudal.

En esta ladrillera no cuentan con servicio de drenaje, de distribución de agua potable, y de energía eléctrica.

El clima en San Gregorio Cuautzingo es templado subhúmedo, con régimen de lluvias en verano de humedad media (figura 4.15). La temperatura máxima es de 31°C, la mínima de 8.2°C, en los meses de junio y marzo, respectivamente. Las heladas principian entre septiembre y octubre, y terminan a principios de marzo. Las precipitaciones pluviales alcanzan los 600 y 1,200 milímetros (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2003).



Nota: Templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad C(w2), 8.46% de la superficie municipal. Templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media C(w1), 43.00% de la superficie municipal. Templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad C(w0), 29.43% de la superficie municipal. Semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad C(E)(w2), 19.11% de la superficie municipal.  
Fuente: Secretaría de Ecología del Estado de México, 2003.

**Figura 4.15** Climas en Chalco

El tipo de suelo es aluvial, que en edafología es el que se forma de los aluvios o aluviones, es decir, de material fino, tal como arena, limo, arcilla y otros sedimentos depositados por corrientes de agua, caracterizados por una débil o ninguna alteración del material original por los procesos de formación del suelo (Foth y Turk, 1980).



**IDENTIFICACIÓN DE LAS RUTAS DE EXPOSICIÓN.** Dentro de las rutas de exposición identificadas en La Compañía (formato A9.1, anexo 9), la ruta de apreciación visual cobra mucha importancia porque esta ladrillera se encuentra muy cerca de un centro recreativo. Además dentro de las rutas que no se consideran para La Compañía se encuentran:

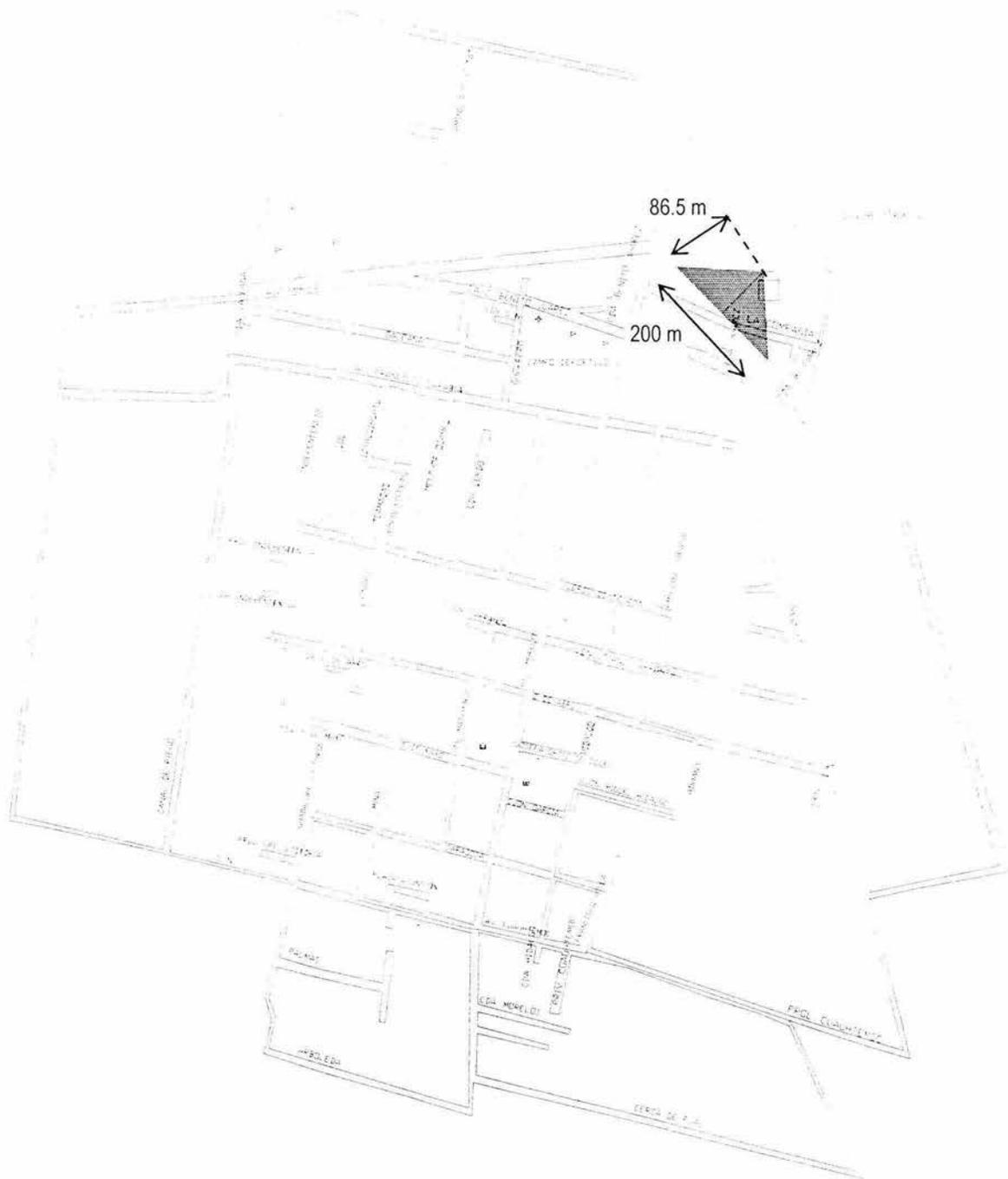
- La ingestión de agua, en este caso del río San Rafael, porque las condiciones en que se encuentra éste, aparte de ser en gran medida ajenas al proceso de elaboración de ladrillos, no permiten su uso como agua potable.
- La ingestión de suelo o de algún otro material tampoco se toma en cuenta porque no hay menores de edad laborando en la ladrillera.

Pero para poder minimizar las rutas de exposición mencionadas en el formato A8.1 se debe actuar sobre cada una de las etapas del proceso, de ahí que sea importante establecer la relación entre las rutas de exposición y las etapas del proceso, tal como se menciona en la tabla A8.1 del anexo 8.

**ÁREA DE AFECTACIÓN.** Para determinar el área más afectada por las emisiones de los hornos ladrilleros se siguió el siguiente procedimiento, empleando una hoja de cálculo para las operaciones (anexo 10), considerando el peor caso, es decir, que estén trabajando los cuatro hornos al mismo tiempo:

1. Cálculo de las emisiones provenientes de los hornos empleando los factores de emisión de las tablas 3.3, A4.6 y A4.7. En el anexo 11 se encuentran los valores por contaminante.
2. Determinación de la estabilidad atmosférica. En este caso la velocidad de los vientos dominantes es de 50 km/h (Gobierno del Estado de México, 2004). Como no se cuenta con el dato de grado de insolación y cantidad de nubes, se decidió tomar las dos estabilidades C y D, que corresponden a esa velocidad de viento.
3. Empleo de la ecuación 3.1 para  $z = 0$  y  $y = 0$ , con incrementos de 10 metros para la obtención de las concentraciones viento abajo, y de las ecuaciones 3.2 y 3.3 para el cálculo de los coeficientes de dispersión horizontal y vertical. La velocidad de emisión de los contaminantes ( $Q$ ) se tomó igual a 259,981,804.7  $\mu\text{g/s}$  (tabla A11.1), la velocidad del viento de 50 km/h, la altura de la chimenea de 10 m, éste último dato fue proporcionado por el dueño de la ladrillera. En el anexo 12 se muestran los valores obtenidos, así como la distribución de las concentraciones viento abajo en San Gregorio Cuautzingo, considerando la dirección del viento NE a SW (Gobierno del Estado de México, 2004).
4. Cálculo de la concentración en el eje  $y$  para las estabilidades C y D, usando la ecuación 3.1 para  $z = 0$  y  $x = \text{distancia}$  cuando la concentración es máxima. Los valores se encuentran en el anexo 13.
5. Representación en un mapa de San Gregorio Cuautzingo del área más afectada, considerando la concentración máxima viento abajo en  $x$ ,  $y$  en dirección  $y$  y la distancia máxima alcanzada por las emisiones.

Las áreas más afectadas por las emisiones de los cuatro hornos se encuentran sombreadas en las figuras 4.16 y 4.17.



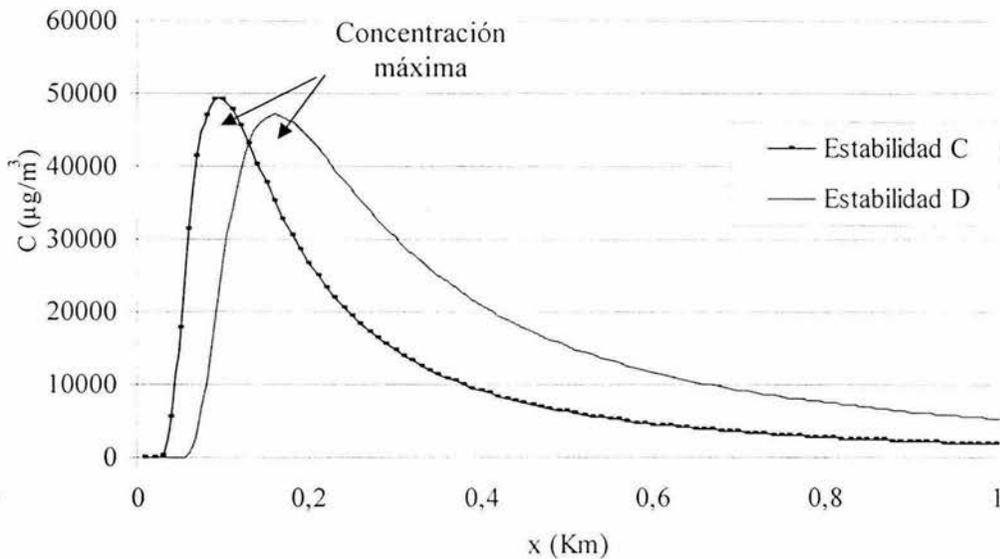
Nota: El área más afectada es el área sombreada.

**Figura 4.16** Área más afectada por las emisiones de los hornos de La Compañía, para la estabilidad C (quemada normal)





En la figura siguiente se puede apreciar la concentración máxima viento abajo para cada estabilidad.

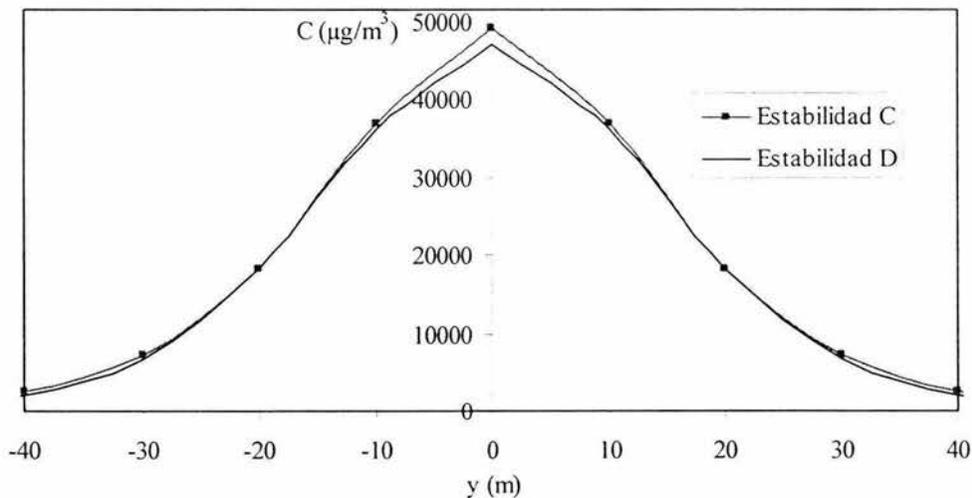


ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA

Nota: Los valores con los que se hizo esta gráfica se encuentran en el anexo 12.

**Figura 4.18** Distribución de la concentración de los contaminantes viento abajo, en quema normal

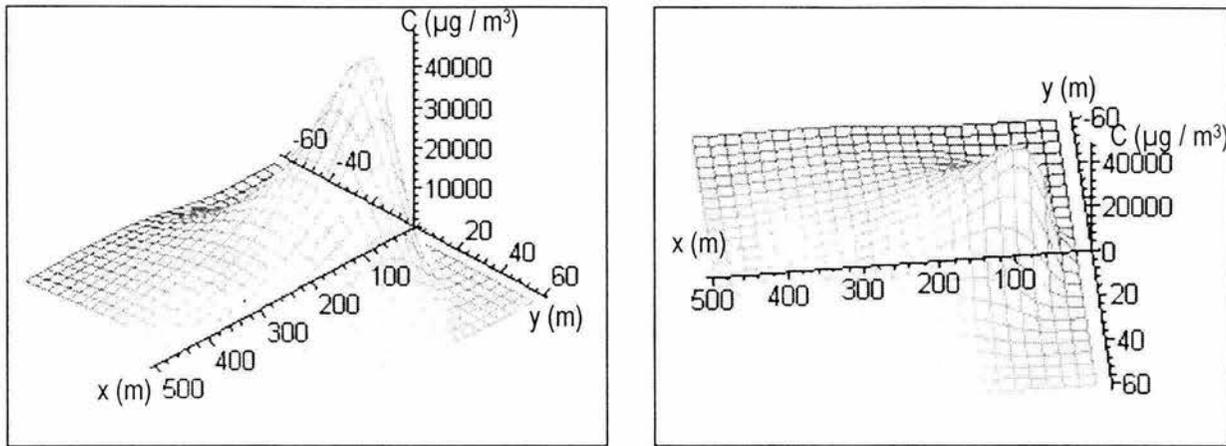
La gráfica que muestra la distribución de la concentración de los contaminantes en la dirección y es la siguiente.



Nota: Los valores con los que se hizo esta gráfica se encuentran en el anexo 13.

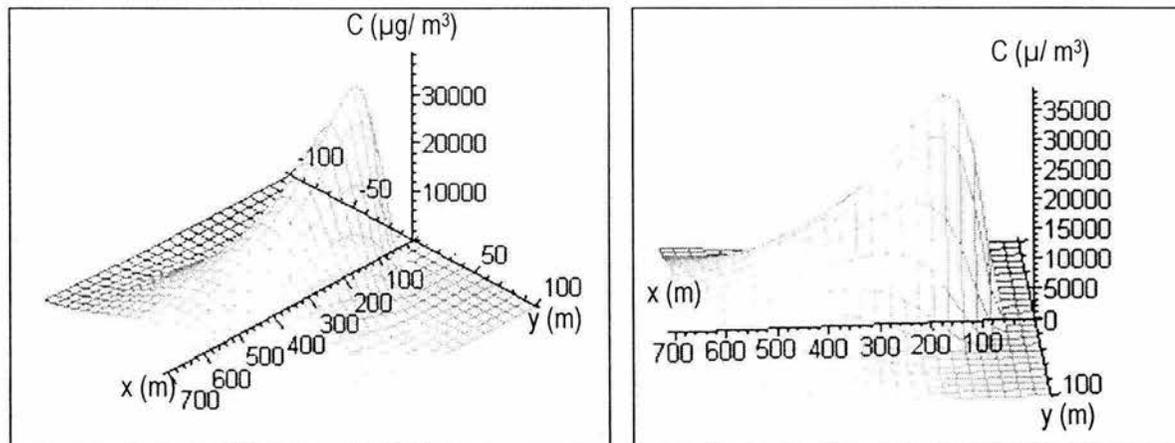
**Figura 4.19** Distribución de la concentración de los contaminantes en dirección y (quema normal)

En las figuras 4.20 y 4.21 se encuentran las gráficas de la concentración de los contaminantes en función de x y para las estabildades C y D, respectivamente.



Nota: Las gráficas anteriores se obtuvieron resolviendo las ecuaciones 3.1, 3.2 y 3.3 empleando el programa *Maple*. En el anexo 14 se muestra la programación de dichas ecuaciones.

**Figura 4.20** Distribución de la concentración de los contaminantes en  $x$  y  $y$  para la estabilidad C (quema normal)



Nota: Las gráficas anteriores se obtuvieron resolviendo las ecuaciones 3.1, 3.2 y 3.3 empleando el programa *Maple*. En el anexo 14 se muestra la programación de dichas ecuaciones.

**Figura 4.21** Distribución de la concentración de los contaminantes en  $x$  y  $y$  para la estabilidad D (quema normal)

De acuerdo a las figuras 4.16 y 4.17, las áreas más afectadas por las emisiones de los hornos en ambas estabildades, se encuentran en los alrededores de la ladrillera.



Resolviendo el modelo gaussiano solo para los contaminantes citados en las normas calidad del aire se obtuvieron las concentraciones máximas mostradas en la tabla 4.5, las cuales en esta misma tabla se comparan con los límites máximos citados en dichas normas. Cabe aclarar que esto solo nos dice si la ladrillera sobrepasa los límites sin considerar las concentraciones de fondo, ni de otras fuentes.

**Tabla 4.5** Comparación de los valores de emisión de los hornos vs. los valores en las normas de calidad del aire

Contaminante	Emisión de la ladrillera, estabilidad C ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Emisión de la ladrillera, estabilidad D ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valor de la norma ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Frecuencia
Monóxido de carbono (CO)	111.349	106.498	12 595.00	Promedio de ocho horas una vez al año
Bióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	26.644	25.484	341.00	En 24 horas una vez al año
Bióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	36.790	35.180	395.00	Una hora una vez al año
Partículas suspendidas totales (PST)	36.984	35.372	260.00	En 24 horas en un periodo de un año
Partículas menores a 10 micras (PM-10)	33.804	32.328	150.00	En 24 horas una vez al año

Nota: Los valores de emisión para 8 y 24 horas, fueron calculados a partir del resultado del modelo gaussiano por los factores que proporciona la EPA que son 0.7 y 0.4 respectivamente (EPA, 1992).

De la tabla anterior se observa que ninguno de los contaminantes rebasa los valores citados en las normas.

### 4.2.3 RELACIÓN DOSIS-RESPUESTA

De los 39 contaminantes reportados en la bibliografía producto de la quema de aserrín, solo 19 están clasificados como carcinogénicos o posibles cancerígenos para los humanos, éstos últimos para La Compañía representan el 0.00056% de las emisiones, siendo los más altos el clorometano y benceno con 0.000137 y 0.000105% respectivamente. De los compuestos no cancerígenos, el bióxido de carbono presenta el porcentaje más elevado con 98.93%, siguiéndole el monóxido de carbono con 0.323%, del 99.99% que representan estos compuestos. La carcinogenicidad o no carcinogenicidad de los contaminantes emitidos por la quema de aserrín en los hornos y sus posibles efectos sobre el desarrollo se muestran en el anexo 15.

### 4.2.4 CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO

Siguiendo el procedimiento descrito en la figura 3.7 se obtuvieron las siguientes matrices de riesgo (figuras 4.22, 4.23 y 4.24). Los escenarios se muestran en la tabla 4.6. El formato de reporte de riesgos, y las explicaciones sobre la forma en cómo se calificó la frecuencia de cada escenario se muestran en el anexo 16.

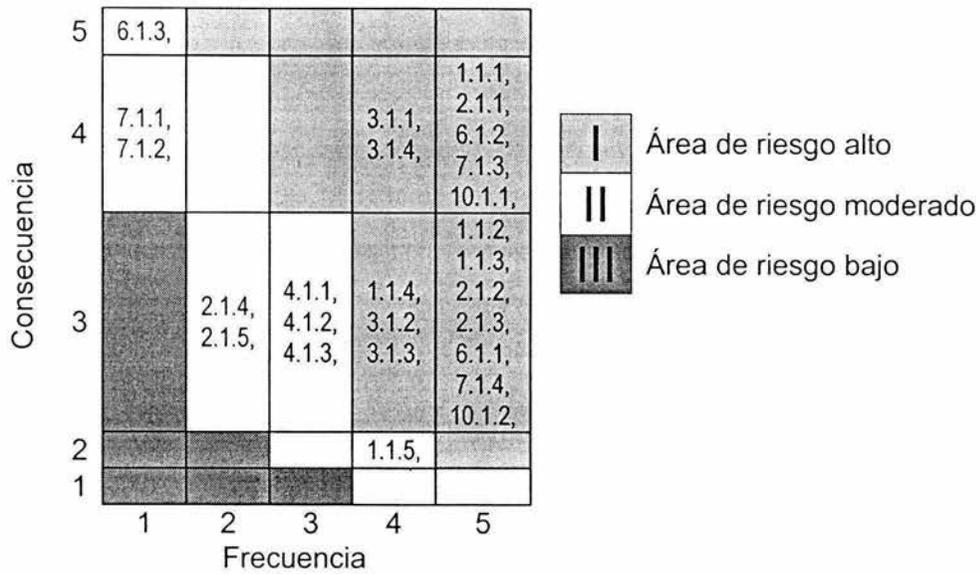


Figura 4.22 Matriz de riesgos del personal

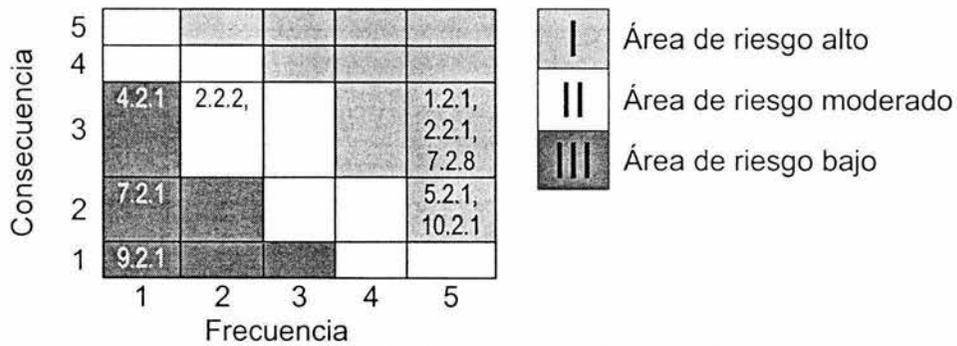


Figura 4.23 Matriz de riesgos de la población

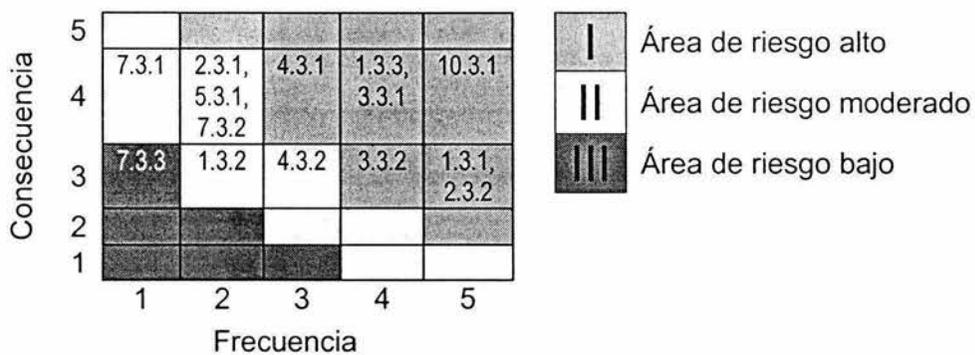


Figura 4.24 Matriz de riesgos al ambiente



**Tabla 4.6** Escenarios en la ladrillera La Compañía

No. Etapa	Escenario	No. Etapa	Escenario
<b>Personal</b>			
1.1	1. Producción de partículas (por acción del viento o por la propia actividad) que son inhaladas por el personal.	2.1	1. Inhalación de partículas de arcilla y estiércol (descubiertos) por acción del viento.
	2. Producción de partículas (por acción del viento o por la propia actividad) que entran en contacto con los ojos y garganta.		2. Producción de partículas (por acción del viento) que entran en contacto con los ojos y garganta.
	3. Ingestión de comida contaminada con tierra.		3. Ingestión de comida contaminada con materia prima.
	4. Contacto dérmico de la tierra al extraer la arcilla.		4. Contacto dérmico de la materia prima al manipularla.
	5. El trabajo es manual y al aire libre		5. El almacenamiento de agua de lluvia es directamente sobre el suelo constituyéndose como foco infección.
3.1	1. Inhalación de partículas de arcilla y estiércol durante la preparación de la pasta.	4.1	1. Contacto dérmico con la pasta al realizar el moldeo.
	2. Contacto con los ojos y garganta de partículas creadas durante esta etapa.		2. Trabajo manual y al aire libre.
	3. Contacto dérmico con la pasta.		3. Trabajo realizado sin ningún tipo de calzado.
	4. Trabajo manual y al aire libre.		
5.1	1. -	6.1	1. Contacto dérmico con el ladrillo crudo seco. 2. Trabajo manual y al aire libre. 3. Existencia de andamios hacia los hornos sin protección.
7.1	1. El personal alimenta manualmente el combustible a los hornos pudiendo sufrir quemaduras.	8.1	1. -
	2. El personal alimenta manualmente el combustible a los hornos pudiendo inhalar los gases de combustión.		
	3. Producción de partículas provenientes de los tiraderos alrededor de la ladrillera que pueden ser inhaladas por el personal.		
	4. Producción de partículas provenientes de los tiraderos alrededor de la ladrillera que pueden entrar a los ojos y garganta del personal.		
9.1	1. -	10.1	1. Inhalación de partículas de combustible almacenado al aire libre 2. Contacto de partículas de combustible almacenado al aire libre con los ojos y garganta.
<b>Población</b>			
1.2	1. Modificación del entorno rural	2.2	1. Impacto negativo en la estética del sitio por la materia prima almacenada al descubierto. 2. Producción de nubes de polvo.
3.2	1. -	4.2	1. Los moldes son dispuestos en los pequeños tiraderos alrededor de la ladrillera.
5.2	1. Impacto negativo en la estética del sitio por el secado al aire libre del ladrillo crudo.	6.2	1. -



**Tabla 4.6** Continuación...

No. Etapa	Escenario	No. Etapa	Escenario
<b>Población</b>			
7.2	1. Los contaminantes entran en contacto con San Gregorio Cuautzingo en concentraciones que rebasan/no rebasan los valores citados en las normas de calidad del aire.	7.2	5. Los contaminantes entran en contacto con San Marcos Huixtoco en concentraciones que rebasan/no rebasan los valores citados en las normas de calidad del aire.
	2. Los contaminantes entran en contacto con San Martín Cuautlalpan en concentraciones que rebasan/no rebasan los valores citados en las normas de calidad del aire.		6. Los contaminantes entran en contacto con Santa María Huexoculco en concentraciones que rebasan/no rebasan los valores citados en las normas de calidad del aire.
	3. Los contaminantes entran en contacto con Cocotitlán en concentraciones que rebasan/no rebasan los valores citados en las normas de calidad del aire.		7. Los contaminantes entran en contacto con San Mateo Tezoquipan en concentraciones que rebasan/no rebasan los valores citados en las normas de calidad del aire.
	4. Los contaminantes entran en contacto con Chalco Díaz de Covarrubias en concentraciones que rebasan/no rebasan los valores citados en las normas de calidad del aire.		8. Impacto negativo en la estética del sitio debido a la acumulación de ladrillos defectuosos, cenizas y residuos sólidos municipales.
8.2	1. -	9.2	1. Impacto negativo en la estética del sitio por el almacenamiento de producto terminado.
10.2	1. Impacto negativo en la estética del sitio debido al almacenamiento al aire libre de los combustibles.		
<b>Ambiente</b>			
1.3	1. Erosión eólica del suelo de la ladrillera.	2.3	1. Infiltración al subsuelo de la materia prima por acción del agua de lluvia.
	2. Erosión pluvial del suelo de la ladrillera.		2. El almacenamiento se lleva directamente sobre el suelo.
	3. Extracción de tierra para la obtención de arcilla.		
3.3	1. Infiltración de compuestos de la pasta hacia el subsuelo y agua subterránea (por acción del agua de mezclado y lluvia)	4.3	1. Infiltración de compuestos de la pasta hacia el subsuelo y agua subterránea.
	2. La preparación de la pasta se realiza directamente sobre el suelo.		2. El moldeo se realiza directamente sobre el suelo.
5.3	1. Infiltración de restos de ladrillo crudo hacia el subsuelo y agua subterránea por acción del agua de lluvia.	6.3	1. -
7.3	1. Algunos de los contaminantes producidos en los hornos tienden a adherirse al suelo.	7.3	3. Los restos de la combustión son depositados alrededor de la ladrillera, y en época de lluvias pueden ser arrastrados hacia cuerpos de agua superficiales cercanos.
	2. Los restos de producto defectuoso y cenizas son depositados alrededor de la ladrillera en pequeños tiraderos, generando que se acumulen también residuos sólidos municipales, que en época de lluvias puede provocar infiltración al subsuelo y agua subterránea.		4. Los contaminantes producidos llegan hasta El río San Rafael.
8.3	-	9.3	1. -
10.3	1. El almacenamiento se realiza directamente sobre el suelo.		

**4.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

De acuerdo a los riesgos identificados, a las rutas de exposición y a las matrices de riesgo anteriores, se tiene la siguiente propuesta de solución.

**Tabla 4.7** Soluciones propuestas para minimizar el riesgo ambiental en La Compañía

Solución	Riesgos, rutas de exposición y escenarios minimizados	Tiempo en que el escenario debe ser minimizado.
<p>Prohibir <sup>(1)</sup> la extracción de material del propio predio. Emplear arcilla de bancos autorizados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Padecimientos cardíacos y respiratorios crónicos.</li> <li>• Enfermedades estomacales o gastrointestinales.</li> <li>• Irritación de ojos y garganta.ç</li> <li>• Heridas con el azadón.</li> <li>• En el <i>ambiente</i>: eliminación de la capa edáfica del suelo, exposición del suelo a la insolación excesiva, viento y lluvia.</li> <li>• <i>Rutas de exposición</i>: aire inhalación de partículas, comida, apreciación visual, contacto dérmico</li> <li>• Escenarios: 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3, 1.1.4, 1.1.5, 1.2.1, 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3</li> </ul>	<p>Menos de un año</p>
<p>Proteger los taludes y el suelo en donde no se llevan a cabo actividades con vegetación <sup>(2)</sup>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Padecimientos cardíacos y respiratorios crónicos.</li> <li>• Enfermedades estomacales o gastrointestinales.</li> <li>• En el <i>ambiente</i>: erosión eólica y pluvial del suelo.</li> <li>• Rutas de exposición: aire inhalación de partículas, comida, apreciación visual</li> <li>• Escenarios: 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3.</li> </ul>	<p>Menos de un año.</p>
<p>Construir un lugar techado <sup>(3)</sup> con sistema de captación de agua lluvia y con piso de concreto para el almacenamiento de la materia prima.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proliferación de insectos y roedores.</li> <li>• Padecimientos como la malaria, fiebre amarilla, tífus, tularemia, infecciosos diarreicos.</li> <li>• Enfermedades como la salmonelosis, shigelosis, cólera, hepatitis infecciosa, amibiasis, giardiasis y esquistosomiasis.</li> </ul>	<p>Menos de un año.</p>

Tabla 4.7 Continuación...

Solución	Riesgos, rutas de exposición y escenarios minimizados	Tiempo en que el escenario debe ser minimizado.
<p>Construir un lugar techado <sup>(3)</sup> con sistema de captación de agua lluvia y con piso de concreto para el almacenamiento de la materia prima.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el <i>ambiente</i>: erosión del suelo, emisiones de amoníaco, óxidos de nitrógeno y metano, contaminación del agua subterránea.</li> <li>• Incendios</li> <li>• Microtraumatismos y heridas inciso contusas</li> <li>• Irritación de ojos y garganta.</li> <li>• <i>Rutas de exposición</i>: aire inhalación de partículas, subsuelo/agua subterránea, comida, apreciación visual, contacto dérmico.</li> </ul> <p>Escenarios: 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3, 2.1.5, 2.2.1, 2.2.2, 2.3.1, 2.3.2.</p>	<p>Menos de un año.</p>
<p>Destinar un sitio para la preparación de la pasta, el cual tendrá piso de concreto y estructura para colocar lámina <sup>(4)</sup> con sistema de captación de agua de lluvia. El piso deberá tener pretil para evitar que el agua de la pasta llegue al suelo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proliferación de insectos y roedores.</li> <li>• Padecimientos como la malaria, fiebre amarilla, tífus, tularemia, infecciosos diarreicos.</li> <li>• Enfermedades como la salmonelosis, shigelosis, cólera, hepatitis infecciosa, amibiasis, giardiasis y esquistosomiasis.</li> <li>• En el <i>ambiente</i>: erosión del suelo y contaminación del agua subterránea.</li> <li>• Enfermedades estomacales o gastrointestinales.</li> <li>• Agotamiento por calor, deshidratación, insolación.</li> <li>• <i>Rutas de exposición</i>: subsuelo/agua subterránea</li> </ul> <p>Escenarios: 3.1.4, 3.3.1, 3.3.2.</p>	<p>Menos de un año.</p>

Tabla 4.7 Continuación...

Solución	Riesgos, rutas de exposición y escenarios minimizados	Tiempo en que el escenario debe ser minimizado.
Empleo de una mezcladora de barro <sup>(5)</sup> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heridas herramientas de trabajo.</li> <li>• Lesiones de espalda, contracturas musculares, hernias discales, dolores músculo-esqueléticos, bursitis, tendinitis, lesiones en cuello, hombros, codos y manos.</li> <li>• Escenario 3.1.4.</li> </ul>	Menos de un año.
Al igual que en el sitio de preparación de la pasta, el área de moldeo que estará inmediata al área de preparación de la pasta, tendrá piso de concreto con pretil y techo de lámina con sistema de captación de agua de lluvia <sup>(6)</sup> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proliferación de insectos y roedores.</li> <li>• Padecimientos como la malaria, fiebre amarilla, tífus, tularemia, infecciosos diarreicos, salmonelosis, shigelosis, cólera, hepatitis infecciosa, amibiasis, giardiasis y esquistosomiasis.</li> <li>• En el <i>ambiente</i>: erosión del suelo, contaminación del agua subterránea.</li> <li>• Agotamiento por calor, deshidratación, insolación.</li> <li>• <i>Rutas de exposición</i>: subsuelo/agua subterránea</li> <li>• Escenarios: 4.1.2, 4.3.1, 4.3.2.</li> </ul>	Menos de un año.
No existirá área de secado de ladrillo crudo, se construirán hornos con domos, como los de la figura 3.15, que estarán interconectados, para que uno sirva de filtro y a la vez de secador, y en el otro se lleve a cabo la cocción <sup>(7)</sup> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el <i>ambiente</i>: contaminación del agua subterránea.</li> <li>• <i>Rutas de exposición</i>: subsuelo/agua subterránea.</li> <li>• Escenarios: 5.2.1, 5.3.1.</li> </ul>	Menos de un año.
Como la parte baja del predio está destinada a las etapas de almacenamiento de materia prima, preparación de la pasta, moldeo y secado, la construcción de los nuevos hornos y/o el acondicionamiento de los viejos, será en la parte alta, se recomienda entonces el empleo de una banda transportadora para llevar los ladrillos crudos secos y cargar el horno <sup>(8)</sup> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contusiones de cabeza, tronco y extremidades, microtraumatismos y heridas inciso-contusas.</li> <li>• Lesiones de espalda, contracturas musculares, dolores músculo-esqueléticos, lesiones en cuello, hombros y manos, bursitis, tendinitis.</li> <li>• Escenarios: 6.1.2, 6.1.3.</li> </ul>	

Tabla 4.7 Continuación...

Solución	Riesgos, rutas de exposición y escenarios minimizados	Tiempo en que el escenario debe ser minimizado.
<p>Esta ladrillera está empleando los combustibles autorizados por la Secretaría de Ecología del Estado de México, y únicamente para disminuir aún más los contaminantes emitidos se construirá como se mencionó para la etapa de secado, los hornos con domo e interconectados en serie <sup>(9)</sup>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Irritación ojos, nariz, garganta y pulmones, tos, bronquitis crónica, enfisema, pneumonitis.</li> <li>• Falta de aliento, cansancio, bajo rendimiento, desmayo, náusea, vómitos, mareos, pérdida del equilibrio, muerte.</li> <li>• Pérdida de apetito, audición, vista.</li> <li>• Daños en la presión sanguínea, pérdida de latidos del corazón.</li> <li>• Aumento en incidencia de resfriados.</li> <li>• Quemaduras en piel, ojos, pulmones y tubo digestivo.</li> <li>• Daños en el sistema nervioso, depresión sobre el sistema nervioso central,</li> <li>• Daños en el hígado y riñones, cosquilleo y adormecimiento de los dedos de manos y pies.</li> <li>• Leucemia, disminución de espermas, reducción de los glóbulos rojos y blancos</li> <li>• Interferencia en la fotosíntesis</li> <li>• En los <i>animales</i>: aumento de riesgo de cáncer, irritación de las mucosas de las vías respiratorias, tos, irritaciones de las conjuntivas, disminución de la resistencia a los patógenos, alteración del material genético, hipoxia de los tejidos, debilidad, somnolencia y excitación, daños en el hígado, riñones, corazón, disminución de fertilidad, retardo del crecimiento</li> <li>• En el <i>ambiente</i>: aumento de la lluvia ácida, acidificación de cuerpos de agua, reducción de los nutrientes en el suelo, modificación del balance de nutrientes, formación de smog y ozono, contribución al calentamiento global, destrucción de la capa de ozono.</li> </ul>	<p>No más de dos años.</p>

Tabla 4.7 Continuación...

Solución	Riesgos, rutas de exposición y escenarios minimizados	Tiempo en que el escenario debe ser minimizado.
<p>Esta ladrillera está empleando los combustibles autorizados por la Secretaría de Ecología del Estado de México, y únicamente para disminuir aún más los contaminantes emitidos se construirá como se mencionó para la etapa de secado, los hornos con domo e interconectados en serie <sup>(9)</sup>.</p> <p>Para el almacenamiento de producto terminado también deberá construir un lugar techado y con piso. De ser posible, también se propone el empleo de una banda transportadora para llevar los ladrillos al sitio de almacenamiento o cerca del camión que los transportará.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Rutas de exposición:</i> aire inhalación de gases, aire inhalación de partículas, subsuelo/agua subterránea, comida</li> <li>• Escenarios: 7.2.1, 7.3.1.</li> </ul>	<p>No más de dos años.</p>
<p>Al igual que para el almacenamiento de la materia prima, para los combustibles se construirá un sitio techado y con piso de concreto, pero en la parte alta de la ladrillera (ya que ahí se encontrarán los hornos), contando también con el arreglo para el aprovechamiento del agua de lluvia <sup>(10)</sup>.</p> <p>Emplear un dosificador de aserrín <sup>(11)</sup>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contusiones de cabeza, tronco y extremidades, microtraumatismos y heridas insico-contusas.</li> <li>• Agotamiento por calor, deshidratación, insolación, calambres.</li> <li>• Lesiones de espalda.</li> <li>• Contracturas musculares.</li> <li>• Envejecimiento prematuro.</li> <li>• Dolores músculo-esqueléticos, lesiones en cuello, hombros, codos y manos, bursitis, tendinitis.</li> <li>• Ruta de exposición: apreciación visual.</li> <li>• Escenario 9.2.1.</li> </ul>	<p>Puede tardar más de dos años.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Padecimientos cardiacos y respiratorios crónicos.</li> <li>• Incendios, explosiones.</li> <li>• <i>Ruta de exposición:</i> aire inhalación de partículas, comida, apreciación visual</li> <li>• Escenarios: 10.1.1, 10.1.2, 10.2.1, 10.3.1.</li> </ul>	<p>Menos de un año.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quemaduras</li> <li>• Lesiones de espalda</li> <li>• <i>Ruta de exposición:</i> aire inhalación de gases, aire inhalación de partículas</li> <li>• Escenarios: 7.1.1, 7.1.2.</li> </ul>	<p>No más de dos años.</p>

Tabla 4.7 Continuación...

Solución	Riesgos, rutas de exposición y escenarios minimizados	Tiempo en que el escenario debe ser minimizado.
Uso de una bitácora de operaciones <sup>(12)</sup> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite llevar un control de las quemas realizadas.</li> <li>• Incendios</li> <li>• Lesiones de espalda, contracturas musculares, hernias discales, dolores músculo-esqueléticos, bursitis, tendinitis.</li> <li>• Deshidratación, insolación, agotamiento por calor.</li> <li>• <i>Rutas de exposición:</i> aire inhalación de partículas, comida, apreciación visual, contacto dérmico</li> <li>• Escenarios: 2.1.2, 2.1.4, 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3, 4.1.1, 4.1.3, 6.1.1, 7.1.3, 7.1.4, 4.2.1, 7.2.8, 7.3.2, 7.3.3.</li> </ul>	Inmediato
Pláticas y carteles informativos <sup>(13)</sup> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Rutas de exposición:</i> aire inhalación de partículas, comida, apreciación visual, contacto dérmico</li> <li>• Escenarios: 2.1.2, 2.1.4, 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3, 4.1.1, 4.1.3, 6.1.1, 7.1.3, 7.1.4, 4.2.1, 7.2.8, 7.3.2, 7.3.3.</li> </ul>	Menos de un año.
Contar con un sitio para el almacenamiento de los residuos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Rutas de exposición:</i> aire inhalación de partículas, agua superficial ingestión, subsuelo/agua subterránea, comida, apreciación visual.</li> <li>• Escenarios: 7.1.3, 7.1.4, 7.2.8, 7.3.2, 7.3.3.</li> </ul>	Menos de un año.

Nota: Las rutas de exposición a las que se hace referencia en cada acción como eliminadas y/o minimizadas pueden repetirse en cada solución propuesta, ya que éstas no son particulares de alguna etapa del proceso o sitio de la ladrillera.  
 Los puntos <sup>(1)</sup>, <sup>(2)</sup>, <sup>(3)</sup>, <sup>(4)</sup>, <sup>(5)</sup>, <sup>(6)</sup>, <sup>(7)</sup>, <sup>(8)</sup>, <sup>(9)</sup>, <sup>(10)</sup>, <sup>(11)</sup>, <sup>(12)</sup>, <sup>(13)</sup>, se explican en el anexo 17.



Esta propuesta no considera reubicar la ladrillera ya que ninguno de los contaminantes de la tabla 4.5 rebasa los valores de la norma, a pesar de que la población esté entrando en contacto con los contaminantes, el área más afectada es la zona cercana a la ladrillera, siendo el bióxido de carbono el contaminante que se encuentra en mayor cantidad, además de que al implantar los hornos con domo interconectados las emisiones se reducirán y la combustión será más eficiente.

Las ventajas de implementar estas propuestas aparte de la disminución de los riesgos, rutas de exposición y de los escenarios mencionados, se encuentra el aumento en la productividad de la ladrillera, al disminuir el esfuerzo físico, enfermedades, trabajo en el sol, y el aumento en la aceptación de las poblaciones cercanas. Lo que redundaría en una mayor producción y ganancias.



## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La aplicación de la metodología desarrollada para la estimación del riesgo ambiental en la ladrillera La Compañía, demuestra el cumplimiento del objetivo planteado al inicio y permite asegurar que esta metodología pueda ser aplicada en las ladrilleras que existen a lo largo y ancho de la República Mexicana.

La metodología es sencilla y de fácil aplicación para cualquier ladrillera, al contar con formatos específicos para la identificación de los riesgos a la salud, al ambiente y laborales, así como para la caracterización de éstos. Contando ya con los riesgos laborales comunes para esta industria, las rutas de exposición y su relación con cada una de las etapas del proceso de elaboración de ladrillos, áreas de oportunidad y alternativas de solución por cada etapa del proceso.

Además, esta metodología puede actualizarse tomando en cuenta las nuevas propuestas de las universidades, gobiernos estatales y municipales. Los formatos para la identificación de riesgos, rutas de exposición, relación dosis-respuesta, matriz de escenarios y reporte de riesgos pueden también modificarse.

Considerando que no se dispone de mucha información en la mayoría de las ladrilleras, la recopilación de información mediante visitas al sitio y entrevistas al personal resultan determinantes para estimar el riesgo ambiental y proponer alternativas de solución.

Sobre éste último aspecto, esta metodología considera a la ladrillera como un sistema, en el que los riesgos a la salud, al ambiente y laborales tienen relación directa con las condiciones del trabajo y del lugar. De ahí que la propuesta de solución deba contemplar también las actividades que los gobiernos estatales y municipales estén realizando en las ladrilleras de la zona, para fortalecerlas y complementarlas.

La determinación del área de afectación es uno de los aspectos considerados dentro del escenario de exposición, el cual permite obtener la distancia que alcanzan los contaminantes emitidos de los hornos ladrilleros, y señalar si las poblaciones cercanas entran en contacto con dichos contaminantes, delimitar el área más afectada por las emisiones y comparar las concentraciones del monóxido de carbono, bióxido de azufre, bióxido de nitrógeno, partículas suspendidas totales y partículas menores a 10 micras con los valores citados en las normas de calidad del aire.



## RECOMENDACIONES

Si bien la propuesta de solución para La Compañía no se ha iniciado y su éxito no puede asegurarse por depender de la participación de los ladrilleros y del apoyo de las autoridades, es importante recordar que las pláticas informativas para los ladrilleros son imprescindibles en la minimización de algunos de los riesgos a la salud, al ambiente y laborales, por ser la única vía para ello, por lo que debe establecerse como primera actividad exponer las ventajas y desventajas de la aplicación de dichas propuestas, resaltando el hecho de que se aumentaría la productividad y por ende las ganancias, consiguiendo así su participación activa.

Otra alternativa de solución que se puede considerar en el caso de que la ladrillera que se esté analizando se encuentre cerca de otras ladrilleras es su fusión, pudiendo de esta forma adquirir equipo más sofisticado para la producción de los ladrillos, consiguiendo incluso el apoyo del gobierno, en este sentido muchos gobiernos municipales apoyan económicamente a este tipo de industrias. Además, esta alternativa de solución puede considerarse como opción de fortalecimiento de la industria ladrillera ante las compañías dedicadas a la fabricación y venta de materiales prefabricados, que además de competir desde el punto de vista ambiental lo hacen en cuestión de difusión, precios y accesibilidad. Ya que de llegar a desaparecer la industria del ladrillo o tabique rojo se estaría perdiendo a parte de un elemento de construcción de valor artesanal, fuentes de empleo e ingresos de miles de familias mexicanas.

En lo que respecta a la estimación del riesgo ambiental algunas recomendaciones para mejorarla son:

- Realizar muestreos y análisis de contaminantes de la ladrillera.
- Diseñar y construir un sistema de información, utilizando herramientas como sistemas de información geográfica.
- Fortalecer líneas de investigación en el estudio del proceso de fabricación artesanal de ladrillos.
- Evaluar la posibilidad de dar a conocer el producto como un artículo de tipo artesanal dentro de un proceso de producción amigable con el ambiente.
- Difundir la reglamentación aplicable a estas industrias.
- Aprovechar la existencia de zonas recreativas cerca de la(s) ladrillera(s) para dar a conocer el producto.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

1. ACERCAR. 1999. Unidad de asistencia para la pequeña y mediana industria. Industria cerámica. Colombia, ACERCAR.
2. AICHE. 2000. Guidelines for chemical process quantitative risk analysis. 2 ed. E. U. A, Aiche.
3. AICHE. 1990. Plant operations progress. Facility risk review as an approach to prioritizing loss prevention efforts. E. U. A, Aiche.
4. ANFALIT. 1994. Productos. Colombia, Anfalit. (Disponible en: <http://www.anfalit.org:8080/anfalit/interio.jsp?idsitio=12>. Consultado el: 19 de junio de 2003).
5. ARQUITOOLS. 2003, mayo. Respuesta a consulta técnica. Acabados. Clases de ladrillos. Argentina, Arquitools. (Disponible en: <http://www.arquitools.com.ar/respuestas/respuesta114.htm>. Consultado el: 26 de mayo de 2003).
6. ATSDR. 2003, noviembre 26. Medical Management Guidelines (MMGs) for Nitrogen Oxides. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg175.html>. Consultado el: 3 de Febrero del 2004).
7. ATSDR. 2003, noviembre 26. Medical Management Guidelines (MMGs) for Sulfur Dioxide. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg116.html>. Consultado el: 3 de Febrero del 2004).
8. ATSDR. 2003, 30 de julio. ToxFAQs para Acetato de Vinilo. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts59.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts59.html). Consultado el: 2 de marzo del 2004).
9. ATSDR. 2003, agosto 4. ToxFAQs para Acrilonitrilo. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts125.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts125.html). Consultado el: 2 de marzo del 2004).
10. ATSDR. 2003, agosto 4. ToxFAQs para anhídrido sulfúrico y ácido sulfúrico. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts117.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts117.html). Consultado el: 10 de marzo del 2004).
11. ATSDR. 2003, diciembre 11. ToxFAQs para Arsénico. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts2.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts2.html). Consultado el: 10 de marzo del 2004).



12. ATSDR. 2003, junio 10. ToxFAQs para Benceno. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts3.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts3.html). Consultado el: 2 de marzo del 2004).
13. ATSDR. 2003, junio 10. ToxFAQs para Berilio. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts4.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts4.html). Consultado el: 10 de marzo del 2004).
14. ATSDR. 2003, junio 10. ToxFAQs para Bromometano. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts27.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts27.html). Consultado el: 10 de marzo del 2004).
15. ATSDR. 2003, junio 10. ToxFAQs para 2-Butanona. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts29.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts29.html). Consultado el: 2 de marzo del 2004).
16. ATSDR. 2003, junio 10. ToxFAQs para Cloroformo. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts6.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts6.html). Consultado el: 2 de marzo del 2004).
17. ATSDR. 2003, agosto 4 ToxFAQs para Clorometano. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts106.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts106.html). Consultado el: 2 de marzo del 2004).
18. ATSDR. 2003, junio 10. ToxFAQs para Cloruro de Metileno. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts14.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts14.html). Consultado el: 2 de marzo del 2004).
19. ATSDR. 2003, agosto 12. ToxFAQs para Di-n-Butil Ftalato. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts135.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts135.html). Consultado el: 20 de marzo del 2004).
20. ATSDR. 2003, julio 16. ToxFAQs para Estireno. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts53.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts53.html). Consultado el: 2 de marzo del 2004).
21. ATSDR. 2003, agosto 4. ToxFAQs para Fenol. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts115.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts115.html). Consultado el: 2 de marzo del 2004).
22. ATSDR. 2003, julio 16. ToxFAQs para 2-Hexanona. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts44.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts44.html). Consultado el: 2 de marzo del 2004).
23. ATSDR. 2003, octubre 15. ToxFAQs para Manganeso. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts151.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts151.html). Consultado el: 10 de marzo del 2004).
24. ATSDR. 2003, julio 16. ToxFAQs para Mercurio. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts46.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts46.html). Consultado el 10 de marzo del: 2004).



25. ATSDR. 2003, agosto 12. ToxFAQs para Óxidos de Nitrógeno. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts175.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.html). Consultado el: 2 de marzo del 2004).
26. ATSDR. 2003, septiembre. ToxFAQs para Tetracloruro de carbono. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts30.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts30.html). Consultado el: 2 marzo 2004).
27. ATSDR. 2003, julio, 31. ToxFAQs para 1,1,2,2-Tetracloroetano. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts93.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts93.html). Consultado el: 10 de marzo del 2004).
28. ATSDR. 2003, julio 30. ToxFAQs para Tolueno. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts56.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts56.html). Consultado el: 2 de marzo del 2004).
29. ATSDR. 2003, julio 30. ToxFAQs para 1,1,1 Tricloroetano. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts70.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts70.html). Consultado el: 4 de marzo del 2004).
30. ATSDR. 2003, junio 2003. ToxFAQs para Xileno. E.U.A., ATSDR. (Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts71.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts71.html). Consultado el: 2 de marzo del 2004).
31. AYUNTAMIENTO DE VITORIA-GASTEIZ. 2004. Riesgo de erosión. Metodología del modelo. Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz. España.
32. BRANDJES PJ., DE WIT J., VAN DER MEER H. G., VAN KEULEN H. 1996. Environmental impact of animal manure management. Livestock and the environment. Finding a balance. International Agriculture Centre, Wageningen (the Netherlands).
33. CANTER, LARRY W. 2003. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas para la elaboración de estudios de impacto. México, Editorial Mc Graw Hill.
34. CDC. 2002. Herramientas de mano. E.U.A., C.D.C. (Disponible en <http://www.cdc.gov/elcosh/docs/d0200/d000260/d000260-s.html>. Consultado el 14 de abril del 2004).
35. CDC. 2001. Soluciones simples: ergonomía para trabajadores agrícolas. E.U.A., NIOSH..
36. CDC. 2001. Zanjias y excavaciones. E.U.A., C.D.C (Disponible en <http://www.cdc.gov/elcosh/docs/d0200/d000246/d000246-s.html>. Consultado el 14 de abril del 2004).
37. CECODES. 2003, octubre. Aprovechamiento de los residuos de los envases Tetra Pak. (Disponible en [http://www.cecodes.org.co/ecoeficiencia/experiencias/1998/tetra\\_pak.htm](http://www.cecodes.org.co/ecoeficiencia/experiencias/1998/tetra_pak.htm). Consultado el 28 de octubre del 2003).
38. CENICA. 2001. Informe de la situación y los conocimientos actuales sobre las principales fuentes y emisiones de dioxinas en México. México, Centro de Investigación y Capacitación Ambiental. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.



39. CENICA. 2002. Informe de la situación y los conocimientos actuales sobre las principales fuentes y emisiones de dioxinas en México. Segundo reporte. Revisión 1. México. Centro de Investigación y Capacitación Ambiental. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.
40. CIFUENTES, LUIS A. 2003. Metodología de análisis de riesgo. Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile.
41. CLIMENT BELLIDO, MARÍA SALUD. 1996. Aspectos químicos de la contaminación atmosférica. España, Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba.
42. COMIMSA. 2003, julio 3. Paquete tecnológico para la disminución de la contaminación en las ladrilleras del municipio de Saltillo. México, COMIMSA. (Disponible en <http://www.comimsa.com.mx/casos-e-01.cfm>. Consultado el 8 de septiembre del 2003).
43. CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL 2003. Minatitlán, Veracruz. México, Instituto Tecnológico de Minatitlán..
44. CORRAL A., A. Y.; BRUCE, C.; JIMÉNEZ, R.; LARA, A. S.; MÁRQUEZ, R. O. 2003. Implementación de una Nueva Tecnología para Minimizar la Contaminación del Aire Derivada de Hornos Ladrilleros. México, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
45. DGESA. 2002. Primer diagnóstico nacional de salud ambiental y ocupacional. México, Dirección General de Salud Ambiental. Secretaría de Salud.
46. DGGIA. INE. 2000. Estado actual de las ladrilleras en México. Resumen 2000. México. Dirección General de Gestión e Información Ambiental, Instituto Nacional de Ecología, Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. (Original no consultado, citado por: CENICA. 2002. Informe de la situación y los conocimientos actuales sobre las principales fuentes y emisiones de dioxinas en México. Segundo reporte. Revisión 1. México. Centro de Investigación y Capacitación Ambiental. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa).
47. DÍAZ B., F. 1999. Metodología de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados. Perú, OPS/CEPIS.
48. DÍAZ B., F. 2002. Evaluación integral del riesgo en sitios contaminados (una propuesta metodológica). México, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Laboratorio de Toxicología Ambiental. Facultad de Medicina.
49. ECOSUR. 2002, abril 23. Triclorofluorometano. ECOSUR. (Disponible en: [http://www.ecosur.net/sust.\\_varias/triclorofluorometano.html](http://www.ecosur.net/sust._varias/triclorofluorometano.html). Consultado el: 2 marzo del 2004).
50. EL SIGLO. 2003. Ahora hay solución para ladrilleros y ladrilleras. México, El Siglo. (Disponible en: <http://www.elsiglodedurango.com.mx/start/nID/2280/> Consultado el Junio 2003).



51. ELCOSH. 2004, febrero. Biblioteca electrónica de salud y seguridad ocupaciones e l la construcción. Advertencia de peligro – Lesiones de espalda. E.U.A., CDC. (Disponible en: <http://www.cdc.gov/elcosh/docs/d0300/d000369/d000369-s.html>. Consultado el 10 de febrero del 2004).
52. ENCICLOPEDIA MICROSOFT ENCARTA. 2000. Ladrillo. Microsoft. 1993-1999
53. ENVIRONMENTAL CANADA. 2003, octubre 18. Environmental Implications of the Automobile. Canadá, Environmental Canada. (Disponible en: <http://www.Ec.gc.ca/soer-ree/English/products/factsheets/93-1.cfm>. Consultado el: 18 de Octubre del 2003).
54. EPA. 1999. Air CHIEF 9.0. E.U.A., EPA.
55. EPA. 1997. Air emissions from scrap tire combustión. E.U.A., EPA.
56. EPA. 2003, febrero 12. *bis*(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP). E.U.A., EPA. (Disponible en: <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/eth-phth.html>. Consultado el 10 de marzo del 2004).
57. EPA. 2003, febrero 13. Carbon disulfide. E.U.A., EPA. (Disponible en: <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/carbondi.html>. Consultado el: 15 de marzo del 2004).
58. EPA. 2004, marzo 4. Carbon Monoxide (CO). E.U.A., EPA. (Disponible en: <http://www.epa.gov/oar/aqtrnd95/co.html> Consultado el: 4 de marzo del 2004).
59. EPA. 2003, febrero 12. E.U.A., EPA. (Disponible en: Dibenzofurano. <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/di-furan.html> Consultado el: 10 de marzo del 2004).
60. EPA. 2003, febrero 13. Dimethyl phthalato. E.U.A., EPA. (Disponible en: <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/dimet-ph.html>. Consultado el: 10 de marzo del 2004).
61. EPA. 2003, julio. Evaluación de Riesgo para Contaminantes Tóxicos del Aire: Guía de un Ciudadano. E.U.A., EPA. (Disponible en: [http://www.epa.gov/ttnatw01/3\\_90\\_023sp.html](http://www.epa.gov/ttnatw01/3_90_023sp.html). Consultado el: 25 de julio del 2003).
62. EPA. 2004. Phosphorus. E.U.A., EPA. (Disponible en: <http://www.epa.gov/ttnatw01/hlthef/whitepho.html>. Consultado el: 10 de marzo 2004).
63. EPA. 2003, septiembre 30. Health and environmental impacts of PM. E.U.A., EPA. (Disponible en: <http://www.epa.gov/air/urbanair/pm/hlth1.html>. Consultado el: 20 febrero del 2004).
64. EPA. 2003, febrero 12. Naphtalene. E.U.A., EPA. (Disponible en: <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/naphthal.html>. Consultado el: 15 de marzo del 2004).
65. EPA. 2004. Sources of indoor air pollution. Carbon Monoxide (CO). E.U.A., EPA. (Disponible en: <http://www.epa.gov/iaq/co.html> Consultado el: 4 de marzo 2004).



66. EPA. 1992. Workbook of screening techniques for assessing impacts of toxic air pollutants (revised). E.U.A., EPA.
67. ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA. 2003. Técnica Agrícola de Ciudad Real. Cátedra de Ingeniería Rural. España, Escuela Universitaria de Ingeniería. (Disponible en: [http://www.uclm.es/area/ing\\_rural](http://www.uclm.es/area/ing_rural). Consultado el: junio del 2003).
68. FEIGRAF. 2001. Guía para la evaluación y control de riesgos laborales en las pequeñas y medianas empresas del sector de artes gráficas. España. Feigraf..
69. FLATEC. 2003. Trabajo infantil. Argentina, Federación Latinoamericana de Trabajadores de la Educación y la Cultura. (Disponible en: <http://webs.uolsinetis.com.ar/flatec/tinfantil.html>. Consultado el 22 de julio del 2003).
70. FOCER. 2002. Manuales sobre energía renovable. Biomasa. Costa Rica, BUN-CA.
71. FOTH, H. D. y TURK, L. M. 1980. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. México, Compañía editorial Continental.
72. GARZA, V. 1996. Desarrollo Sustentable en La Frontera México-Estados Unidos. Estudios Regionales. México, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
73. GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO. 2004. Estado del tiempo en el Estado de México. México, Departamento de Pronósticos y Fenómenos Hidrometeorológicos. (Disponible en: <http://edomexico.gob.mx>. Consultado el: 22 de marzo del 2004).
74. GÓMEZ O.,D. 1999. Evaluación del impacto ambiental. Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. España. Ediciones Mundi-Prensa. Editorial Agrícola Española, S. A.
75. GREENPEACE. 2002, agosto 9. Incineración: raíz del cáncer. México. Greenpeace. (Disponible en: [http://www.greenpeace.org.mx/php/gp.php?target=%2Fphp%2Fdoc.php%3Fc%3Der%26f%3Dtx\\_exped\\_cancer.xml%26d%3D0%26ref%3Dd](http://www.greenpeace.org.mx/php/gp.php?target=%2Fphp%2Fdoc.php%3Fc%3Der%26f%3Dtx_exped_cancer.xml%26d%3D0%26ref%3Dd). Consultado el: 10 de marzo del 2004).
76. GREENPEACE. 1993. Jugando con fuego. Incineración de residuos peligrosos. Segunda edición. Argentina, Greenpeace Cono Sur.
77. GUÍA ROJI. 2003. Ciudad de México Área Metropolitana y Alrededores. México, Guía Roji S.A. de C.V.
78. HANONO, M. 1993, noviembre. Artesanía del ladrillo. Edición No. 35. Argentina, Arquitectura Andina. (Disponible en: [http://www.arquitecturaandina.com.ar/articulodetalle.php?Id=5&id\\_tipo=%220%22](http://www.arquitecturaandina.com.ar/articulodetalle.php?Id=5&id_tipo=%220%22) Consultado el 26 de mayo del 2003).
79. HENRY, G. J. y HEINKE, G. W. 1999. Ingeniería Ambiental. México, Editorial Mc Graw Hill.
80. INDUSTRIAS PRINCESA LTDA. 2003. Historia del ladrillo cerámico. Colombia, Industrias Princesa. (Disponible en: <http://www.princesa.cl/princesa.htm>. Consultado el 5 de mayo del 2003).



81. INE. 2003. El contexto de la relación industria y medio ambiente. México. INE. (Disponible en <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/256/1.html> Consultado el 24 de septiembre de 2004).
82. INEGI. 1999. Anuario estadístico del Estado de México. México, INEGI.
83. INEGI. 2002. Cuaderno Estadístico Municipal de Chalco, Estado de México. México, H. Ayuntamiento de Chalco-INEGI.
84. IHOBE. 2002. Calidad del suelo: valores máximos admisibles en suelo (VIE-B) para la protección de la salud. España, IHOBE. Sociedad Pública Gestión Ambiental.
85. J. T. BAKER. 2003, febrero 18. MSDS. Iodomethane. J.T. Baker. Material Safety Data Sheet.
86. LEY DE PROTECCIÓN AMBIENTAL. 2000. México, Publicada en el Periódico Oficial del estado de Aguascalientes el 14 de febrero del 2000.
87. LEY DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO DEL ESTADO DE OAXACA. 1991. México, Instituto Estatal de Ecología Oaxaca. Publicada en el Periódico Oficial extra del estado de Oaxaca el 12 de abril de 1991.
88. LEY MINERA. 1996. México, Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de junio de 1992, actualizada con las modificaciones publicadas el 24 de diciembre de 1996.
89. MASTERS, G. M. 1991. Introduction to environmental engineering and science. E.U.A., Editorial Prentice Hall.
90. MORENO G., M. D. 2003. Toxicología ambiental. Evaluación de riesgo para la salud humana. España, Editorial Mc Graw Hill.
91. MORENO M., P. 2003. Metodología para la elaboración de programas de manejo integral de contaminantes en zonas semiurbanas. Tesis Ing. Quim. de licenciatura. UNAM. Facultad de Química.
92. NIOSH. 2004. O-Cresol. E.U.A., NIOSH. (Disponible en: <http://www.skcgulfcoast.com/nioshdb/rtecs/go602160.htm>. Consultado el 15 de marzo del 2004).
93. NMX-C-006-1976. 1976. Norma Mexicana NMX-C-006-1976. Ladrillos bloques cerámicos de barro, arcilla y/o similares. México, Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de noviembre de 1976.
94. NOM-021-SSA1-1993. 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población. México, Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de diciembre de 1994.
95. NOM-022-SSA1-1993. 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-1993. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población. México, Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de diciembre de 1994.



96. NOM-023-SSA1-1993. 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-1993. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población. México, Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de diciembre de 1994.
97. NOM-024-SSA1-1993. 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-024-SSA1-1993. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a partículas suspendidas totales (PST). Valor permisible para la concentración de partículas suspendidas totales (PST) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población. México, Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de diciembre de 1994.
98. NOM-025-SSA1-1993. 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a partículas menores a 10 micras (PM 10). Valor permisible para la concentración de partículas menores a 10 micras (PM 10) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población. México, Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de diciembre de 1994.
99. NOM-043-ECOL-1993. 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-043-ECOL-1993. Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas. México. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993.
100. NOM-085-ECOL-1994. 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-085-ECOL-1994. Contaminación atmosférica - Fuentes fijas - Para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión. México, Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de Diciembre de 1994.
101. NTEE-COEDE-002/2000. 2000. Norma técnica ecológica estatal NTEE-COEDE-002/2000, que establece los requisitos, especificaciones y procedimientos que deben reunir en el territorio estatal los hornos para la elaboración de piezas fabricadas con arcillas, incluyendo actividades de instalación, operación, reubicación y extracción de su materia prima. México, Publicada en el Periódico Oficial del Estado de Hidalgo el 10 de julio de 2000.
102. NTE-IEG-001/98. 1998. Norma técnica ecológica NTE-IEG-001/98 que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la instalación y reubicación de hornos ladrilleros en el estado y las condiciones para la operación de los hornos en la elaboración y cocido de piezas elaboradas con arcillas para la construcción. México, Publicada en el Periódico Oficial del Estado de Guanajuato el 21 de julio de 1998.
103. ONU. 1970. Establecimiento de industrias de ladrillos y tejas en los países en desarrollo. Austria, Agencia Crane, S. A.



104. OPS. 1982. Criterios de salud ambiental 8. Óxidos de azufre y partículas en suspensión. México, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Mundial de la Salud.
105. OPS. 1983. Salud ambiental con posteridad a los desastres naturales. Segunda edición. E.U.A., OPS-ONU.
106. PEREZ, J. et al. Dioxinas en procesos de incineración de desechos. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Colombia. 2002.
107. REGLAMENTO DE ECOLOGÍA. 2003. Municipio de Tonalá. Dirección de Ecología. México, Publicado en la Gaceta Municipal el 10 de marzo de 2003.
108. REGLAMENTO DE LA LEY DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DEL ESTADO DE MÉXICO, EN MATERIA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA. 1999. México, Publicado en el Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de México el 22 de diciembre de 1999.
109. REGLAMENTO DE LA LEY DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE DEL ESTADO DE MICHOACÁN SOBRE ACTIVIDADES QUE NO SE CONSIDERAN ALTAMENTE RIESGOSAS; APROVECHAMIENTO, PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y DE AGUAS DE JURISDICCIÓN ESTATAL. 2001. México, Publicado en el periódico oficial el 15 de marzo del 2001.
110. REGLAMENTO DE PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE DEL MUNICIPIO DE MORELIA. 2001. México, Publicado en el periódico oficial el lunes 24 de diciembre del 2001.
111. SCIF. 2004. Temas de seguridad. Exposición a polvo de aserrín. E.U.A., State Compensation Insurance Fund. (Disponible en: [http://www.scif.com/news-info/tailgate/wooddust\\_span.htm](http://www.scif.com/news-info/tailgate/wooddust_span.htm). Consultado el 10 de febrero del 2004).
112. SECOFI. 2000. Guías empresariales. Alfarería y cerámica. México, Limusa.
113. SECRETARÍA DE ECOLOGÍA DEL ESTADO DE MÉXICO. 1999, abril. Inventario de emisiones por la fabricación artesanal de tabique rojo en el Valle de Cuautitlán Texcoco. (Disponible en: <http://www.edomexico.gob.mx/se/ladrillo.htm> Consultado el 23 de mayo del 2002).
114. SECRETARIA DE ECOLOGÍA DEL ESTADO DE MÉXICO. 2003. Municipio de Chalco. (Disponible en: <http://www.edomexico.gob.mx/se/chalcodiag.htm>. Consultado el: 24 de noviembre del 2003).
115. SEDESOL. 1993. Residuos peligrosos en el mundo y en México. México, SEDESOL. INE.
116. SEOÁNEZ C., M. 1999. Ingeniería del medio ambiente. Aplicada al medio natural continental. Segunda edición. España, Ediciones Mundi-Prensa.
117. SIMA. 2002, julio 17. Introducción. México, SIMA. (Disponible en: <http://www.sima.com.mx/sima/df/contamin.html>. Consultado el: 20 de julio del 2003).



118. TCHOBANOGLIOUS, G., THEISSEN, H. y ELIASSEN, R. 1982. Tr. Armando Cubillos. Desechos sólidos. Principios de Ingeniería y Administración. México-Venezuela, CEPIS. OPS-OMS.
119. TURNER, D. B. 1994. Workbook of atmospheric dispersion estimates. An introduction to dispersion modeling. E.U.A., Lewis Publishers.
120. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA. 2000. Dispersión de nubes de gases, vapores y aerosoles: formación de nubes tóxicas e inflamables. España, Universidad de Zaragoza. (Disponible en: [http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An\\_conse/Dispersion.htm](http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_conse/Dispersion.htm). Consultado el: 7 enero del 2001).



# ANEXOS



## ANEXO 1

En el siguiente formato se condensan los riesgos laborales identificados en la industria ladrillera.

**Formato A1.1** Riesgos laborales en la industria ladrillera

Ladrillera:			
Etapa del proceso	Riesgos laborales		
	Agentes mecánicos	Agentes físicos	Carga de trabajo
1 Extracción de la arcilla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caídas, tropiezos y resbalones con la tierra mojada que pueden provocar contusiones de cabeza, tronco y extremidades, microtraumatismos y heridas inciso-contusas.</li> <li>• Heridas con el azadón</li> <li>• Abrasiones de la córnea y conjuntivitis</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agotamiento por calor, deshidratación, insolación, calambres</li> <li>• Lesiones de espalda (trabajo con azadón)</li> <li>• Envejecimiento prematuro</li> <li>• Dolores músculo-esqueléticos</li> <li>• Lesiones en cuello, hombros, codos y manos</li> <li>• Inflamación de músculos y tendones (bursitis, tendinitis)</li> </ul>
2 Almacenamiento de materia prima	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tropiezos, caídas y resbalones, que pueden provocar contusiones de cabeza, tronco y extremidades, microtraumatismos y heridas inciso-contusas.</li> <li>• Abrasiones de la córnea y conjuntivitis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incendio de estiércol seco</li> </ul>	-
3 Preparación de la pasta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heridas con las herramientas de trabajo</li> <li>• Resbalones que pueden provocar contusiones de cabeza, tronco y extremidades, microtraumatismos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruido provocado por la mezcladora de barro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agotamiento por calor, deshidratación, insolación, calambres</li> <li>• Lesiones de espalda, dolores músculo-esqueléticos</li> <li>• Envejecimiento prematuro</li> <li>• Hernias discales</li> <li>• Lesiones en cuello, hombros, codos y manos</li> <li>• Inflamación de músculos y tendones (bursitis, tendinitis)</li> </ul>
4 Moldeo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resbalones que pueden provocar contusiones de cabeza, tronco y extremidades, microtraumatismos</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agotamiento por calor, deshidratación, insolación, calambres</li> <li>• Bursitis, tendinitis</li> <li>• Dolores músculo-esqueléticos</li> <li>• Contracturas musculares</li> <li>• Lesiones de espalda</li> </ul>



## Formato A1.1 Continuación...

Etapa del proceso	Riesgos laborales		
	Agentes mecánicos	Agentes físicos	Carga de trabajo
5 Secado	-	-	-
6 Acarreo al horno	<ul style="list-style-type: none"><li>• Caídas de las rampas, tropiezos y resbalones que pueden provocar contusiones de cabeza, tronco y extremidades, microtraumatismos y heridas inciso-contusas.</li></ul>	-	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agotamiento por calor, deshidratación, insolación, calambres</li><li>• Lesiones de espalda</li><li>• Contracturas musculares</li><li>• Dolores músculo-esqueléticos</li><li>• Lesiones en cuello, hombros, codos y manos</li><li>• Inflamación de músculos y tendones (bursitis, tendinitis)</li></ul>
7 Cocción	-	<ul style="list-style-type: none"><li>• Incendio</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agotamiento por calor, deshidratación, insolación, calambres</li><li>• Lesiones de espalda</li></ul>
8 Enfriamiento	-	-	-
9 Almacenamiento de producto terminado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Caídas, tropiezos y resbalones que pueden provocar contusiones de cabeza, tronco y extremidades, microtraumatismos y heridas inciso-contusas.</li></ul>	-	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agotamiento por calor, deshidratación, insolación, calambres</li><li>• Lesiones de espalda (trabajo con azadón)</li><li>• Contracturas musculares</li><li>• Envejecimiento prematuro</li><li>• Dolores músculo-esqueléticos</li><li>• Lesiones en cuello, hombros, codos y manos</li><li>• Inflamación de músculos y tendones (bursitis, tendinitis)</li></ul>
10 Almacenamiento de combustible	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tropiezos, caídas y tropiezos</li><li>• Abrasiones de la córnea y conjuntivitis</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Incendio</li><li>• Explosiones por el aserrín</li></ul>	-



## ANEXO 2

El siguiente formato muestra las rutas de exposición en la industria ladrillera.

**Formato A2.1** Rutas de exposición en la industria ladrillera

Nombre de la ruta	Fuente de contaminación del aire, agua, suelo, visual, etc.	Factor ambiental	Punto de exposición	Población receptora	Población pasada, presente o futura	Población completa o potencial
Aire Inhalación de gases	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horno ladrillero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aire de la comunidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los miembros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Completa</li> </ul>
Aire Inhalación de partículas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horno ladrillero</li> <li>• Lugar de almacenamiento de materias primas</li> <li>• Sitio de preparación de la pasta</li> <li>• Lugar de almacenamiento de combustibles</li> <li>• Sitio de extracción de la arcilla</li> <li>• Tiraderos de material defectuoso, moldes, restos de la combustión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aire de la comunidad</li> <li>• Aire de la ladrillera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Principalmente miembros de la ladrillera y población cercana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencial</li> </ul>
Agua superficial Ingestión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lugar de almacenamiento de combustibles y de materias primas</li> <li>• Sitio de preparación de la pasta</li> <li>• Área de secado del ladrillo crudo</li> <li>• Sitio de moldeo y de extracción de la arcilla</li> <li>• Horno ladrillero</li> <li>• Tiraderos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpos de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumidores del agua superficial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencial</li> </ul>



**Formato A2.1 Continuación...**

Nombre de la ruta	Fuente de contaminación del aire, agua, suelo, visual, etc.	Factor ambiental	Punto de exposición	Población receptora	Población pasada, presente o futura	Población completa o potencial
Subsuelo/agua subterránea	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lugar de almacenamiento de combustibles</li> <li>• Lugar de almacenamiento de materias primas</li> <li>• Suelo del horno</li> <li>• Sitio de preparación de la pasta</li> <li>• Sitio de moldeo</li> <li>• Área de secado del ladrillo crudo</li> <li>• Horno ladrillero</li> <li>• Tiraderos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subsuelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpos de agua</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Futura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencial</li> </ul>
Suelo/polvo Ingestión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sitio de almacenamiento de materias primas</li> <li>• Sitio de extracción de la arcilla</li> <li>• Suelo de la ladrillera</li> <li>• Sitio de preparación de la pasta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sitio de extracción de la arcilla</li> <li>• Lugar de almacenamiento de las materias primas</li> <li>• Sitio de preparación de la pasta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menores de la ladrillera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencial</li> </ul>
Comida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horno ladrillero</li> <li>• Lugar de almacenamiento de materia prima</li> <li>• Lugar de almacenamiento de combustibles</li> <li>• Sitio de extracción de la arcilla</li> <li>• Tiraderos de material defectuoso, moldes, restos de la combustión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alimentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Miembros consumidores de alimentos contaminados</li> <li>• Miembros de la ladrillera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencial</li> </ul>



## Formato A2.1 Continuación

Nombre de la ruta	Fuente de contaminación del aire, agua, suelo, visual, etc.	Factor ambiental	Punto de exposición	Población receptora	Población pasada, presente o futura	Población completa o potencial
Apreciación visual	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiraderos de ladrillos defectuosos, moldes, restos de la combustión.</li><li>• Lugar de almacenamiento de materia prima</li><li>• Lugar de almacenamiento de combustibles</li><li>• Lugar de extracción de la arcilla</li><li>• Lugar de almacenamiento de producto terminado</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estética</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zona ladrillera y áreas cercanas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Población cercana a la ladrillera</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Presente</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Potencial</li></ul>
Contacto dérmico	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sitio de extracción de la arcilla.</li><li>• Lugar de almacenamiento de la materia prima</li><li>• Sitio de preparación de la pasta</li><li>• Sitio de moldeo</li><li>• Ladrillo crudo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Suelo</li><li>• Aire</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zona ladrillera</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Personal de la ladrillera</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Presente</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Potencial</li></ul>

La relación entre las rutas de exposición y las etapas del proceso de elaboración de ladrillos se citan en la tabla siguiente.

**Tabla A2.1** Relación entre las rutas de exposición y las etapas del proceso

<b>Etapas del proceso</b>	<b>Nombre de la ruta</b>	<b>Comentarios</b>
1 Extracción de la arcilla	Aire inhalación de partículas	Al extraer arcilla se producen polvos inhalables. Además de que al estar el suelo sin cubierta vegetal se propicia esta situación.
	Agua superficial ingestión	Como la cubierta vegetal del suelo desaparece, el agua de lluvia arrastra partículas hasta cuerpos de agua cercanos.
	Suelo/polvo ingestión	Al estar el suelo sin cubierta vegetal los menores de edad tienen mayor facilidad de ingerirlo.
	Comida	El viento dispersa polvos al estar el suelo sin cubierta vegetal, que pueden llegar a entrar en contacto con los alimentos.
	Contacto dérmico	Ya sea a través del viento o por la manipulación de la tierra directamente con las manos se provoca contacto dérmico.
	Apreciación visual	Los paisajes rurales, deben ser considerados como recursos capaces de aprovechamiento por actividades de tipo turístico o recreativo.
2 Almacenamiento de materia prima	Aire inhalación de partículas	Si la materia prima está almacenada al aire libre sin cubrir, el viento crea partículas de arcilla y estiércol seco.
	Agua superficial ingestión	El almacenamiento al aire libre directamente sobre el suelo y sin cubrir, ocasiona que en época de lluvias el agua arrastre la arcilla y el estiércol hacia cuerpos de agua cercanos.
	Subsuelo/agua subterránea	Si el almacenamiento de la materia prima se lleva a cabo directamente sobre el suelo y sin cubrir, en época de lluvias el agua ayuda a que la materia orgánica, nitratos y fósforo se infiltren en el subsuelo.
	Suelo/polvo ingestión	Al estar la materia prima almacenada a la intemperie y sin cubrir provoca que de existir menores en la ladrillera, éstos la ingieran.
	Comida	El almacenamiento al descubierto de la materia prima y el viento pueden provocar que el estiércol y arcilla lleguen a entrar en contacto con los alimentos de los residentes de la ladrillera principalmente.
	Apreciación visual	El almacenamiento del estiércol principalmente al descubierto, provoca a parte de ser foco de infección impacto en la estética del sitio.
	Contacto dérmico	Ya sea a través del viento o por la manipulación de la arcilla y estiércol directamente con las manos se da el contacto dérmico.



Tabla A2.1 Continuación...

Etapa del proceso	Nombre de la ruta	Comentarios
3 Preparación de la pasta	Aire inhalación de partículas	Al realizar el mezclado de la materia prima hay creación de partículas del material seco (arcilla y estiércol)
	Agua superficial ingestión	En caso de que la preparación de la pasta se realice sobre el suelo directamente provoca que en época de lluvias los restos de ésta lleguen a cuerpos de agua cercanos.
	Subsuelo/agua subterránea	Si la preparación de la pasta se realiza en el suelo directamente, en época de lluvias y por acción de la propia agua de la pasta, se produce la infiltración de sus constituyentes al subsuelo y agua subterránea.
	Suelo/polvo ingestión	La ingestión de la pasta se da si existen niños en la ladrillera. Su preparación se lleva a cabo en una zona abierta.
	Contacto dérmico	Puede llegar a existir contacto con la pasta durante su preparación.
4 Moldeo	Agua superficial ingestión	En época de lluvias el agua arrastra los restos de la pasta y material del ladrillo crudo hacia cuerpos de agua cercanos.
	Subsuelo agua subterránea	En el caso de que esta actividad se realice sobre el suelo directamente, origina que los restos de pasta y el propio material del ladrillo crudo lleguen al subsuelo y agua subterránea por acción de la lluvia.
	Apreciación visual	Los moldes desechados pueden llegar a disponerse en los pequeños tiraderos alrededor de la ladrillera, aunque lo más probable es que sean empleados como combustibles en los hornos.
	Contacto dérmico	No existe duda de éste, el enrase del ladrillo en el molde es con la mano, muchas veces este trabajo es llevado sin ningún tipo de calzado (figura 2.10).
5 Secado	Agua superficial ingestión	Si el ladrillo crudo no se cubre con plástico (cuando se encuentra al aire libre) la lluvia arrastra material de éste hacia cuerpos de agua superficiales.
	Subsuelo/agua subterránea	Si el ladrillo crudo no se cubre con plástico (cuando se encuentra al aire libre directamente sobre el suelo) el agua de lluvia arrastra material de éste hacia el subsuelo y agua subterránea.
6 Acarreo al horno	Contacto dérmico	Durante el acarreo de los ladrillos secos al horno, el trabajador entra en contacto con éstos al acomodarlos para cargar el horno.



Tabla A2.1 Continuación...

Etapa del proceso	Nombre de la ruta	Comentarios
7 Cocción	Aire inhalación de gases	El horno en donde se lleva a cabo la cocción de los ladrillos genera gases que viajan a través de la atmósfera.
	Aire inhalación de partículas	Uno de los principales contaminantes emitidos en los hornos ladrilleros son partículas, por la extrema ineficiencia del proceso de combustión.
		Los restos de la combustión y de material defectuoso son dispuestos en los alrededores de la ladrillera que con la acción del viento crean polvos.
	Agua superficial ingestión	Algunos contaminantes producidos en los hornos ladrilleros son arrastrados hacia cuerpos de agua cercanos.
		Los restos de la combustión son depositados en los pequeños tiraderos alrededor de la ladrillera, que en época de lluvias son arrastrados hacia cuerpos de agua cercanos.
	Subsuelo/agua subterránea	Determinados contaminantes generados en los hornos se adhieren al suelo, pasando al subsuelo y al agua subterránea.
		Los restos de la combustión son llevados a los pequeños tiraderos alrededor de la ladrillera, los cuales pueden llegar al subsuelo y agua subterránea con ayuda de las lluvias.
Comida	Algunos contaminantes producidos en los hornos ladrilleros tienden a bioacumularse y biomagnificarse para ascender a concentraciones más altas o sucesivos niveles tróficos de la cadena alimenticia, adhiriéndose al suelo y a los sedimentos en lagos y ríos; acumulándose en peces en niveles hasta diez mil veces más altos que los que se encuentran en el agua o en sedimentos, y en otros animales como aves y seres humanos que se exponen a ellos a través de los alimentos. El viento produce polvos provenientes de los tiraderos, que llegan a entrar en contacto con los alimentos, principalmente de los ladrilleros.	
Apreciación visual	La presencia de tiraderos en los alrededores de la ladrillera causa un impacto negativo en la estética del sitio y de las poblaciones cercanas.	
8 Enfriamiento	-	No se tienen rutas de exposición identificadas, únicamente existe el peligro de que los menores sufran quemaduras al acercarse al horno.



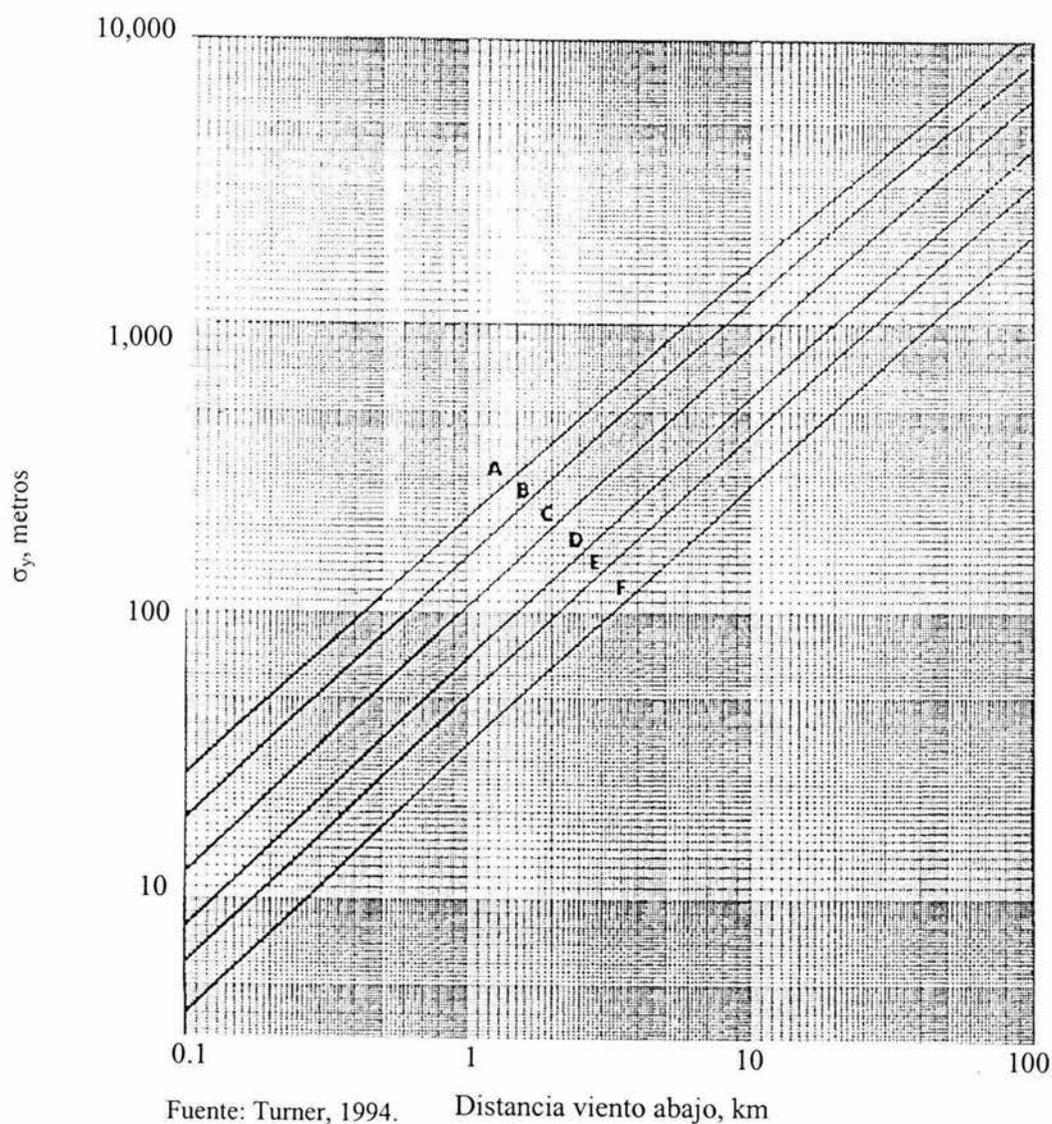
Tabla A2.1 Continuación...

Etapa del proceso	Nombre de la ruta	Comentarios
9 Almacenamiento de producto terminado	Apreciación visual	La presencia del ladrillo almacenado a la intemperie puede dar lugar a un impacto negativo en la estética del sitio, sobre todo si en ésta existen zonas recreativas.
10 Almacenamiento de combustibles	Aire inhalación de partículas	El viento y el almacenamiento de combustibles en polvo (ejemplo: aserrín) al aire libre y descubierto provocan la creación de partículas.
	Agua superficial ingestión	Si el almacenamiento del combustible es al aire libre, sin cubrir, o en caso de existir un derrame el agua de lluvia puede arrastrar éste hacia un cuerpo de agua cercano.
	Subsuelo/agua subterránea	Si el almacenamiento del combustible es al aire libre, de una manera inadecuada o hay un derrame, éste contaminaría el subsuelo y agua subterránea.
	Apreciación visual	El almacenamiento al aire libre de los combustibles tiene un impacto negativo en la estética del sitio.

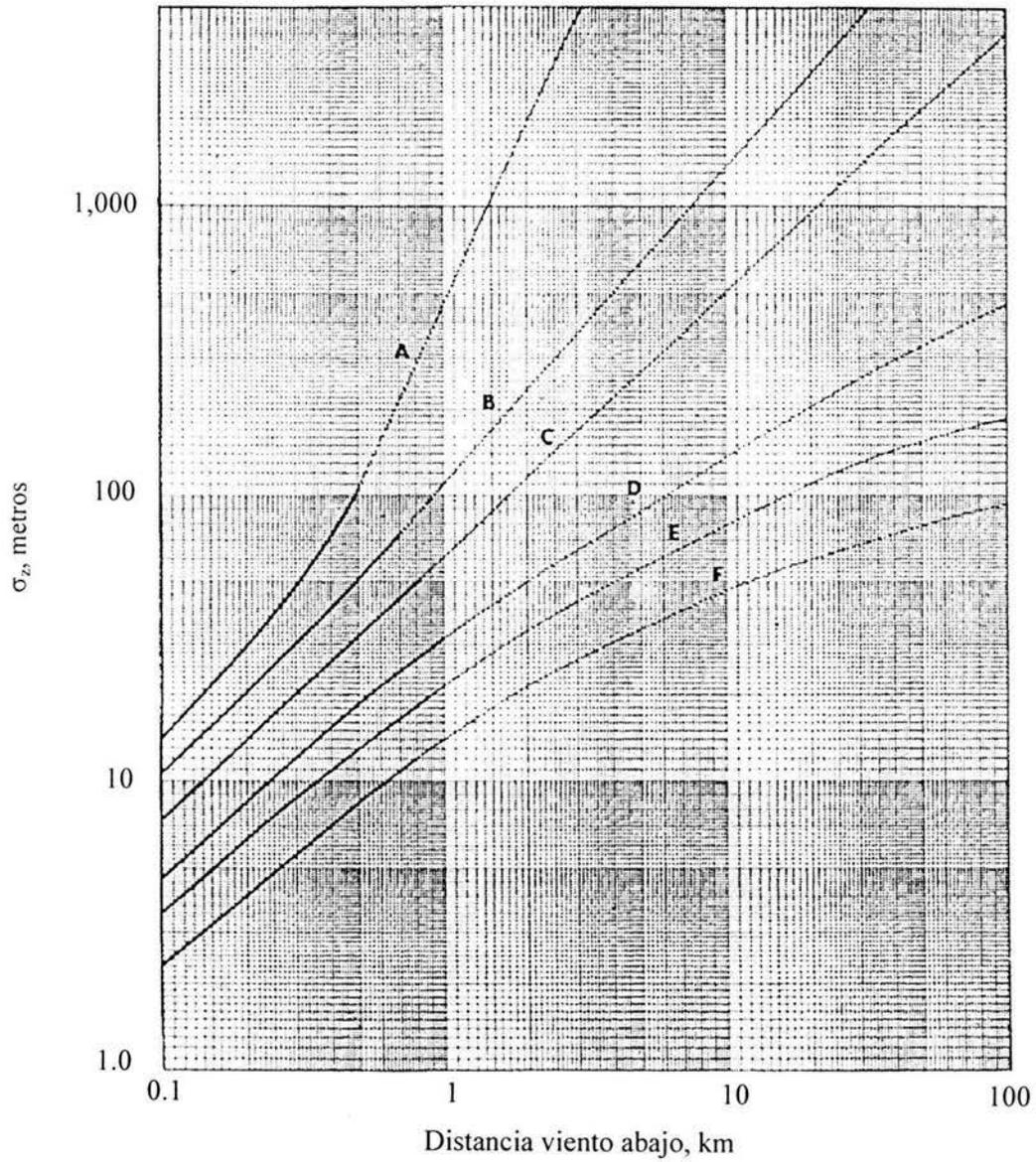


## ANEXO 3

Las figuras siguientes proporcionan los coeficientes de dispersión gaussiana (horizontal y vertical) en función de la estabilidad atmosférica y de la distancia viento abajo.



**Figura A3.1** Coeficientes de dispersión horizontal,  $\sigma_y$ , como función de la estabilidad atmosférica y de la distancia viento abajo



Fuente: Turner, 1994.

**Figura A3.2** Coeficientes de dispersión vertical,  $\sigma_{zs}$ , como función de la estabilidad atmosférica y de la distancia viento abajo



## ANEXO 4

Para la quema de aceites gastados los factores de emisión son los citados en la tabla A4.1.

**Tabla A4.1** Factores de emisión de la quema de aceites gastados

Contaminante	Factor de emisión (lb/10 <sup>3</sup> gal)
Antimonio	ALD
Arsénico	1.1 E-01
Berilio	PLD
Cadmio	9.3 E-03
Cromo	2.0 E-04
Cobalto	2.1 E-04
Manganeso	6.8 E-02
Níquel	1.1 E-02
Selenio	PLD
Fósforo	ND

Los contaminantes mencionados en la tabla son especies que fueron analizadas en la combustión de aceites usados. Otros metales pueden ser emitidos pero sus concentraciones están por debajo de la detección por los métodos analíticos. Las unidades son lb de contaminantes /10<sup>3</sup> galones de aceite quemado. Para convertir de lb/10<sup>3</sup> galones a kg/m<sup>3</sup>, multiplicar por 0.12. PDL = Por debajo del límite de detección. ND = No hay datos.

Fuente: EPA, 1999.

Los factores de emisión de compuestos orgánicos por la quema de residuos de madera se citan a continuación.

**Tabla A4.2** Factores de emisión de compuestos orgánicos por la quema de residuos de madera

Compuestos orgánicos	Factor de emisión (lb/MMBtu)	Compuestos orgánicos	Factor de emisión (lb/MMBtu)
Acenafteno	9.1 E-07	Benzo(j,k)fluorantreno	1.6 E-07
Acenaftileno	5.0 E-06	Benzo(k)fluoranteno	3.6 E-08
Acetaldehído	8.3 E-04	Ácido benzoico	4.7 E-08
Acetona	1.9 E-04	Bromometano	1.5 E-05
Acetofenona	3.2 E-09	2-Butanona	5.4 E-06
Acroleína	4.1 E-03	Carbazol	1.8 E-06
Antraceno	3.0 E-06	Tetracloruro de carbono	4.5 E-05
Benzaldehído	8.5 E-07	Cloro	7.9 E-04
Benceno	4.2 E-03	Clorobenceno	3.3 E-05
Benzo(a)antraceno	6.5 E-08	Cloroformo	2.8 E-05
Benzo(a)pireno	2.6 E-06	Clorometano	2.3 E-05
Benzo(b)fluorantreno	1.0 E-07	2-Cloronaftaleno	2.4 E-09
Benzo(e)pireno	2.6 E-09	2-Clorofenol	2.4 E-08
Benzo(g,h,i)perileno	9.3 E-08	Criseno	3.8 E-08



Tabla A4.2 Continuación...

Compuestos orgánicos	Factor de emisión (lb/MMBtu)	Compuestos orgánicos	Factor de emisión (lb/MMBtu)
Crotonaldehído	9.9 E-06	Hexaclorobifenil	5.5 E-10
Decaclorobifenil	2.7 E-10	Hexanal	7.0 E-06
Dibenzo(a,h)antraceno	9.1 E-09	Heptaclorodibenzo-p-dioxinas	2.0 E-09
1,2-Dibromoetano	5.5 E-05	Heptaclorodibenzo.p.furanos	2.4 E-10
Diclorobifenil	7.4 E-10	Hexaclorodibenzo-p-dioxinas	1.6 E-06
1,2 Dicloroetano	2.9 E-05	Hexaclorodibenzo-p-furanos	2.8 E-10
Diclorometano	2.9 E-04	Cloruro de hidrógeno	1.9 E-02
1,2-Dicloropropano	3.3 E-05	Indeno(1,2,3,c,d)pireno	8.7 E-08
2,4-Dinitrofenol	1.8 E-07	Isobutiraldehídop	1.2 E-05
Etilbenceno	3.1 E-05	Metano	2.1 E-02
Fluorantreno	1.6 E-06	2-Metilnaftaleno	1.6 E-07
Fluoreno	3.4 E-06	Monoclorobifenil	2.2 E-10
Formaldehído	4.4 E-03	Naftaleno	9.7 E-05
Heptaclorobifenil	6.6 E-11	2-Nitrofenol	2.4 E-07
4-Nitrofenol	1.1 E-07	p-Tolualdehído	1.1 E-05
Octaclorodibenzo-p-dioxinas	6.6 E-08	Tolueno	9.2 E-04
Octaclorodibenzo-p-furanos	8.8 E-11	Triclorobifenil	2.6 E-09
Pentaclordibenzo-p-dioxinas	1.5 E-09	1,1,1-Tricloroetano	3.1 E-05
Pentaclorodibenzo-p-furanos	4.2 E-10	Tricloroetano	3.0 E-05
Pentaclorobifenil	1.2 E-09	Triclorofuorometano	4.1 E-05
Pentaclorofenol	5.1 E-08	2,4,6 Triclorofenol	<2.2 E-08
Perileno	5.2 E-10	Cloruro de vinilo	1.8 E-05
Fenantreno	7.0 E-06	o-Xileno	2.5 E-05
Fenol	5.1 E-05	Compuestos orgánicos totales (COT)	0.06
Propanal	3.2 E-06	Compuestos orgánicos volátiles (COV)	0.038
Propionaldehído	6.1 E-05	Dióxido de nitrógeno	0.013
Pireno	3.7 E-06	Dióxido de carbono	195
Estireno	1.9 E-03	Tetraclorodibenzo-p-furanos	7.5 E-10
2,3,7,8-Tetraclorodibenzo-p-dioxinas	8.6 E-12	Tetraclorodifenil	2.5 E-09
Tetraclorodibenzo-p-dioxinas	4.7 E-10	Tetracloroetano	3.8 E-05
2,3,7,8-Tetracloro-p-furanos	9.0 E-11	o-Tolualdehído	7.2 E-06

Las unidades son lb de contaminante/millones de BTU (MMBTU) de calor introducido. Para convertir de lb/MMBTU a lb/ton, multiplicar por (HHV\*2000), donde HHV es el calor mayor del combustible en MMBTU/lb. Para convertir lb/MMBTU a kg/J, multiplicar por 4.3E-10. Fuente: EPA, 1999.



Para los elementos traza los factores de emisión se muestran en la tabla A4.3

**Tabla A4.3** Factores de emisión de elementos traza por la combustión de residuos de madera

Elemento traza	Factor de emisión (lb/MMBTU)	Elemento traza	Factor de emisión (lb/MMBTU)
Antimonio	7.9 E-06	Cromo total	2.1 E-05
Arsénico	2.2 E-05	Cromo hexavalente	3.5 E-06
Bario	1.7 E-04	Cobalto	6.5 E-06
Berilio	1.1 E-06	Cobre	4.9 E-06
Cadmio	4.1 E-06	Fierro	9.9 E-04
Plomo	4.8 E-05	Plata	1.7 E-03
Manganeso	1.6 E-03	Sodio	3.6 E-04
Mercurio	3.5 E-06	Estroncio	1.0 E-05
Molibdeno	2.1 E-06	Estaño	2.3 E-05
Níquel	3.3 E-05	Titanio	2.0 E-05
Fósforo	2.7 E-05	Vanadio	9.8 E-07
Potasio	3.9 E-02	Itrio	3.0 E-07
Selenio	2.8 E-06	Zinc	4.2 E-04

Las unidades son lb de contaminante/millones de BTU (MMBTU) de calor introducido. Para convertir de lb/MMBTU a lb/ton, multiplicar por (HHV\*2000), donde HHV es el calor mayor del combustible en MMBTU/lb. Para convertir lb/MMBTU a kg/J, multiplicar por 4.3E-10. Fuente: EPA, 1999.

En el caso de empleo de gas natural los factores de emisión se citan en la tabla A4.4 y A4.5.

**Tabla A4.4** Factores de emisión de contaminantes orgánicos procedentes de la combustión de gas natural

Contaminante	Factor de emisión (lb/ton)	Contaminante	Factor de emisión (lb/ton)
1,1,1-Tricloroetano	4.7 E-06	Cloroetano	0.00057
1,4 Diclorobenceno	4.8 E-05	Clorometano	0.00067
2-Metilnaftaleno	5.7 E-05	Di-n-butilftalato	0.00014
2-Butanona	0.00022	Dietilftalato	0.00024
2-Hexanona	8.5 E-05	Etilbenceno	4.4 E-05
Acetona*	0.0017	M-/p-Xileno	6.7 E-05
Benceno	0.0029	Yodometano	9.3 E-05
Bis(2.etilhexil)ftalato	0.0020	Naftaleno	6.5 E-05
Butilbencilftalato	1.8 E-05	o-Xileno	5.8 E-05
Disulfuro de carbono	4.3 E-05	Fenol	8.6 E-05
Cloro	0.0013	Estireno	2.0 E-05
Tetracloroetano	2.8 E-06	Tolueno	0.00016

El factor de emisión está en lb de contaminante por tonelada de ladrillo cocido. Para convertir de lb/ton a kg/mg multiplicar por 0.5. \* No reactivo. PDL = por debajo del límite de detección. Fuente: EPA, 1999.

**Tabla A4.5** Factores de emisión de contaminantes metálicos procedentes de la combustión de gas natural

Contaminante	Factor de emisión (lb/ton)
Arsénico	3.1 E-05
Berilio	4.2 E-07
Manganeso	2.9 E-04
Mercurio	7.5 E-06

El factor de emisión está en lb de contaminante por tonelada de ladrillo cocido. Para convertir de lb/ton a kg/mg multiplicar por 0.5. \*No reactivo. PDL = por debajo del límite de detección.

Fuente: EPA, 1999.

Los factores de emisión para la quema de aserrín son los mostrados en la tabla A4.6

**Tabla A4.6** Factores de emisión de contaminantes orgánicos procedentes de la combustión de aserrín

Contaminante	Factor de emisión (lb/ton)	Contaminante	Factor de emisión (lb/ton)
1,1,1-Tricloroetano*	PDL (3.0 E-07)	Bromometano	5.0 E-05
2-Butanona	PDL (6.6 E-06)	Disulfuro de carbono	1.6 E-05
2-Hexanona	PDL (3.0 E-07)	Tetracloruro de carbono	PDL (3.0 E-07)
2 Metilfenol	PDL (2.0 E-09)	Cloroformo	PDL (3.0 E-07)
Acetona*	3.9 E-04	Clorometano	6.8 E-04
Acilonitrilo	1.5 E-05	Di-n-butilftalato	6.1 E-06
Benceno	5.2 E-04	Dibenzofurano	1.5 E-05
Bis(2-etilhexil) ftalato	2.9 E-05	Dimetilftalato	1.0 E-05
Etilbenceno	8.5 E-06	Estireno	PDL (4.4 E-07)
Yodometano	2.0 E-04	Tetracloroetano	PDL (3.0 E-07)
M-/p-xileno	2.9 E-05	Tolueno	1.1 E-04
Cloruro de metileno*	7.5 E-06	Tricloroetano*	PDL (3.0 E-7)
Naftaleno	3.4 E-04	Triclorofluorometano	5.8 E-06
o-Xileno	3.8 E-06	Acetato de vinilo	PDL (3.0 E-07)
Fenol	7.2 E-05		

El factor de emisión está en lb de contaminante por tonelada de ladrillo cocido. Para convertir de lb/ton a kg/mg multiplicar por 0.5. \* No reactivo. PDL = por debajo del límite de detección. Fuente: EPA, 1999.

**Tabla A4.7** Factores de emisión de contaminantes metálicos procedentes de la combustión de aserrín

Contaminante	Factor de emisión (lb/ton)
Arsénico	3.1 E-05
Berilio	4.2 E-07
Manganeso	0.013
Mercurio	7.5 E-06
Fósforo	9.8 E-04

Fuente: EPA, 1999.

Los factores de emisión por la quema de llantas se muestran en las tablas A4.8, A4.9, A4.10 y A4.11.


**Tabla A4.8** Factores de emisión de compuestos orgánicos volátiles por la quema de llantas

Contaminante	Factor de emisión (lb/ton)		Contaminante	Factor de emisión (lb/ton)	
	Trozos grandes	Trozos pequeños		Trozos grandes	Trozos pequeños
Benzaldehído	0.5984	0.660	1,3-Butadieno	0.6168	0.320
Benceno	4.3126	4.410	Ciclopentadieno	0.0972	ND
Benzodiazino	0.0274	0.0348	Dihidroindeno	0.0812	0.0856
Benzofurano	0.0502	ND	Dimetil benceno	1.559	2.156
Benzotiofeno	0.0526	0.0294	Dimetil hexadieno	0.0566	0.182
Dimetil metil propil benceno	ND	0.298	Metil indeno	0.632	0.280
Dimetil dihidroindeno	0.0440	0.0354	Metil naftaleno	0.624	0.394
Etenil benceno	1.88	1.223	Metil tiofeno	0.011	0.025
Etenil ciclohexano	0.0524	0.2152	Metil etenil benceno	0.111	0.153
Etenil dimetil benceno	0.014	0.0474	Metil metil etenil benceno	0.196	1.37
Etenil metil benceno	0.0282	0.0390	Metil metil etil benceno	0.222	0.566
Etenil dimetil ciclohexano	ND	0.7008	Metil metil etil ciclohexano	ND	0.340
Etenil metil benceno	0.4432	0.0818	Metil propil benceno	ND	0.083
Etil benceno	0.9216	0.5902	Metileno indeno	0.097	0.069
Etil metil benceno	0.6690	0.9516	Metil etil benceno	0.270	0.338
Etinil benceno	0.03800	0.2630	Naftaleno	2.26	1.65
Etinil metil benceno	1.061	0.5174	Pentadieno	0.388	2.33
Heptadieno	0.051	0.103	Fenol	0.001	0.029
Isocianobenceno	0.696	0.580	Propil benceno	0.145	0.168
Limoneno	0.055	1.79	Tetrametil benceno	ND	0.512
Metil benceno	3.21	2.26	Tiofeno	0.109	0.056
Metil ciclohexano	0.420	0.080	Triclorofluorometano	0.115	ND
Metil hexadieno	0.143	0.254	Trimetil benceno	0.0938	0.150

ND = no detectado. Fuente: EPA, 1997.

**Tabla A4.9** Factores de emisión de compuestos orgánicos semi volátiles por la quema de llantas

Contaminante	Factor de emisión (lb/ton)		Contaminante	Factor de emisión (lb/ton)	
	Trozos grandes	Trozos pequeños		Trozos grandes	Trozos pequeños
1-Metil naftaleno	0.6614	0.4552	2-Metil naftaleno	0.7014	0.8584
1,1' Bifenil, metil	0.0222	ND	Acenaftileno	1.267	1.062
1H Fluoreno	0.4206	0.6168	Benzaldehído	0.4482	0.6678
Benz(b)tiofeno	0.0884	ND	Benzisofiazol	ND	0.3478



**Tabla A4.9** Continuación ...

Contaminante	Factor de emisión (lb/ton)		Contaminante	Factor de emisión (lb/ton)	
	Trozos grandes	Trozos pequeños		Trozos grandes	Trozos pequeños
Bifenil	0.4190	0.6602	Metil indeno	0.02360	0.8014
Cianobenceno	0.4474	1.034	Metil metiletil benceno	0.2558	2.8522
Dimetil benceno	0.6100	1.870	Metiletil benceno	0.0966	0.4582
Dimetil naftaleno	0.082	0.3562	Naftaleno	3.3958	2.2614
Etil benceno	0.4104	0.6752	Fenantreno	0.3674	0.3740
Etil dimetil benceno	ND	0.5448	Fenol	0.7318	1.400
Etinil benceno	0.5516	0.3748	Propenil Naftaleno	0.0470	ND
Hexahidro azepinon	0.150	1.497	Propenil metil benceno	ND	1.047
Indeno	1.007	0.6784	Propil benceno	ND	0.4392
Isociano naftaleno	0.019	ND	Estireno	1.320	1.291
Limoneno	0.112	4.6910	Tetrametil benceno	ND	0.184
Metil benzaldehído	ND	0.173	Trimetil benceno	0.4188	1.502
Metil benceno	2.4244	2.7802	Trimetil naftaleno	ND	0.06316

ND = no detectado. Fuente: EPA, 1997.

**Tabla A4.10** Factores de emisión de compuestos aromáticos polinucleares por la quema de llantas

Contaminante	Factor de emisión (lb/ton)		Contaminante	Factor de emisión (lb/ton)	
	Trozos grandes	Trozos pequeños		Trozos grandes	Trozos pequeños
Naftaleno	1.632	0.9720	Fluoranteno	0.6774	0.9160
Acenaftileno	1.722	1.124	Pireno	0.0676	0.3034
Acenafteno	0.5806	4.8914	Benz(a)antraceno	0.164	0.2048
Fluoreno	0.5210	0.3736	Criseno	0.142	0.183
Fenantreno	0.4750	0.5050	Benzo(b)fluoranteno	0.139	0.177
Antraceno	0.113	0.099	Benzo(k)fluoranteno	0.149	0.199
Benzo(a)pireno	0.170	0.2278	Benzo(g,h,i)perileno	0.132	0.3188
Dibenz(a,h)perileno	0.132	0.3188	Indeno(1,2,3-cd)pireno	0.103	0.171

Fuente: EPA, 1997.

**Tabla A4.11** Factores de emisión de metales por la quema de llantas

Contaminante	Factor de emisión (lb/ton)	
	Trozos grandes	Trozos pequeños
Aluminio	ND	ND
Antimonio	ND	ND
Arsénico	ND	ND
Bario	ND	ND
Calcio	0.0171	0.00960
Cromo	ND	ND
Cobre	ND	ND
Hierro	ND	ND
Plomo	0.0094	0.00020
Magnesio	0.00252	0.0015
Níquel	ND	ND
Selenio	ND	ND
Sodio	0.0190	0.0116
Titanio	ND	ND
Vanadio	ND	ND
Zinc	0.06234	0.04870

ND = no detectado.

Fuente: EPA, 1997.



## ANEXO 5

Los escenarios por etapa del proceso identificados para la industria ladrillera se muestran en la tabla siguiente.

Tabla A5.1 Matriz de escenarios

Etapa del proceso	Escenarios		
	1. Personal	2. Población	3. Ambiente
1 Extracción de la arcilla	1.1.1 Producción de partículas con el viento (que pueden ser inhaladas y/o producir irritación de los ojos). 1.1.2 Ingestión de tierra por parte de los menores. 1.1.3 Ingestión de comida contaminada con tierra. 1.1.4 Contacto dérmico de la tierra al extraer la arcilla. 1.1.5 Trabajo manual y al aire libre.	1.2.1 Modificación del entorno rural. 1.2.2 Ingestión de agua turbia en época de lluvias proveniente de cuerpos de agua superficiales cercanos.	1.3.1 Enturbiamiento de cuerpos de agua superficiales cercanos en época de lluvias. 1.3.2 Erosión eólica del suelo de la ladrillera. 1.3.3 Erosión pluvial del suelo de la ladrillera. 1.3.4 Extracción de tierra para la obtención de arcilla.
2 Almacenamiento de materia prima	2.1.1 Producción de partículas por acción del viento (que pueden ser inhaladas y/o irritar los ojos). 2.1.2 Ingestión de materia prima por parte de los menores. 2.1.3. Ingestión de comida contaminada con materia prima. 2.1.4 Contacto dérmico con la materia prima al manipularla. 2.1.5 El almacenamiento del agua de lluvia es directamente sobre el suelo, constituyéndose como foco de infección.	2.2.1 Impacto negativo en la estética del sitio por la materia prima almacenada al descubierto. 2.2.2 Producción de nubes de polvo por acción del viento.	2.3.1 Arrastre de arcilla y estiércol hacia cuerpos de agua cercanos en época de lluvias. 2.3.2 Infiltración de la materia prima al subsuelo por acción del agua de lluvia. 2.3.3 El almacenamiento se lleva acabo directamente sobre el suelo.



Tabla A5.1 Continuación...

Etapa del proceso	Escenarios		
	1. Personal	2. Población	3. Ambiente
3 Preparación de la pasta	3.1.1 Producción de partículas (pudiendo ser inhaladas y/o producir irritación de los ojos). 3.1.2 Ingestión de pasta por parte de los menores. 3.1.3 Contacto dérmico con la pasta. 3.1.4 Trabajo manual y al aire libre.	3.2.1 Ingestión de agua proveniente de cuerpos superficiales contaminada con restos de pasta arrastrados en época de lluvias.	3.3.1 Arrastre de restos de pasta hacia cuerpos de agua superficiales cercanos por acción del agua de lluvia. 3.3.2. Infiltración de compuestos de la pasta hacia el subsuelo y agua subterránea (por acción del agua de mezclado y lluvia). 3.3.3 Esta etapa se lleva a cabo directamente sobre el suelo.
4 Moldeo	4.1.1 Contacto dérmico con la pasta al realizar el moldeo. 4.1.2 Trabajo manual y al aire libre. 4.1.3 El trabajo se realiza sin algún tipo de calzado.	4.2.1 Ingestión de agua de cuerpos superficiales cercanos contaminados con restos de material de ladrillo crudo arrastrado por la lluvia. 4.2.2 Los moldes desechados son dispuestos en pequeños tiraderos alrededor de la ladrillera.	4.3.1 Arrastre de pasta hacia cuerpos de agua cercanos por acción del agua de lluvia. 4.3.2. Infiltración de compuestos de la pasta hacia el subsuelo y agua subterránea (por acción del agua de mezclado y lluvia). 4.3.3 El moldeo se realiza directamente sobre el suelo.
5 Secado	5.1.1 -	5.2.1 Ingestión de agua contaminada con restos de ladrillo proveniente del arrastre del agua de lluvia. 5.2.2 Impacto negativo sobre la estética del sitio por el secado al aire libre del ladrillo crudo.	5.3.1 Arrastre de restos de ladrillo crudo hacia cuerpos de agua cercanos por acción del agua de lluvia. 5.3.2 Infiltración de restos de ladrillo crudo hacia el subsuelo y agua subterránea por acción del agua de lluvia.
6 Acarreo al horno	6.1.1 Contacto dérmico con el ladrillo crudo seco. 6.1.2 Trabajo manual y al aire libre. 6.1.3 Existencia de andamios y desniveles de suelo hacia los hornos sin protección.	6.2.1. -	6.3.1 -



Tabla A5.1 Continuación...

Etapa del proceso	Escenarios		
	1. Personal	2. Población	3. Ambiente
7 Cocción	7.1.1 El personal alimenta manualmente el combustible a los hornos (respirando los gases de la combustión y pudiendo sufrir quemaduras). 7.1.2 Creación de partículas provenientes de los pequeños tiraderos por acción del viento.	7.2.1 Las poblaciones entran en contacto con las emisiones contaminantes de los hornos ladrilleros. 7.2.2 Impacto negativo en la estética del sitio debido a la acumulación de ladrillos defectuosos, cenizas y residuos sólidos municipales. 7.2.3 Los contaminantes producidos en los hornos llegan a entrar en contacto con sembradíos.	7.3.1 Algunos de los contaminantes producidos en los hornos tienden a adherirse al suelo. 7.3.2 Los restos de producto defectuoso y cenizas son depositadas alrededor de la ladrillera en pequeños tiraderos, generando que se acumulen también residuos sólidos municipales, que en época de lluvias puede provocar infiltración al subsuelo y agua subterránea. 7.3.3 Los restos de la combustión son depositados alrededor de la ladrillera, y en época de lluvias son arrastrados hacia cuerpos de agua superficiales cercanos. 7.3.4 Los contaminantes producidos llegan hasta cuerpos de agua cercanos.
8 Enfriamiento	8.1.1 -	8.2.1. -	8.3.1 -
9 Almacenamiento de producto terminado	9.1.1 -	9.2.1 Impacto negativo en la estética del sitio debido al almacenamiento de producto terminado.	9.3.1 -
10 Almacenamiento de combustibles	10.1.1 El viento crea partículas del combustible almacenado al aire libre (p. ej. aserrín, que pueden ser inhaladas y/o irritar los ojos).	10.2.1 Impacto negativo en la estética del sitio debido al almacenamiento al aire libre de los combustibles. 10.2.2 Ingestión de agua contaminada con combustible derramado.	10.3.1 Arrastre de combustible hacia cuerpos de agua cercanos por acción del agua de lluvia. 10.3.2 Contaminación del suelo por derrame de combustible líquido. 10.3.3 El almacenamiento se realiza directamente sobre el suelo.



## ANEXO 6

En los párrafos siguientes se profundiza más en algunos de los puntos mencionados en la tabla 3.7.

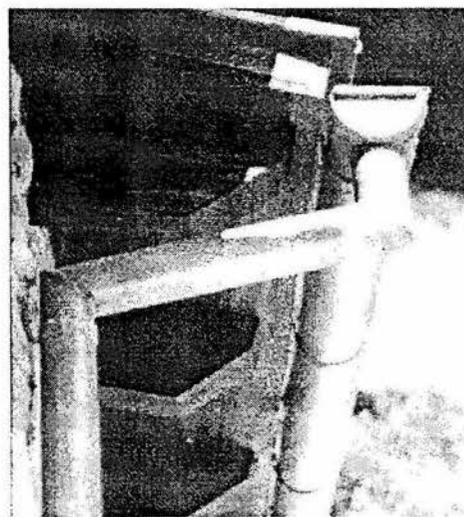
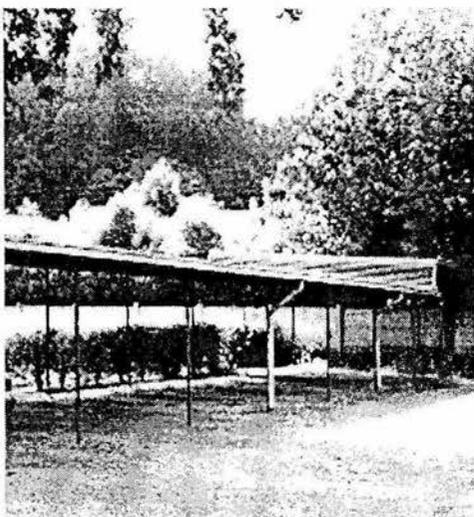
<sup>(1)</sup> La cubierta vegetal es un factor fundamental en la protección del suelo frente a la erosión, frenando la acción directa del agua y ejerciendo soporte mecánico para la retención del suelo. En la tabla A6.1 se muestra el índice de protección cuyo valor oscila de 0 a 1 en función de la mayor o menor cobertura vegetal para los diferentes rangos de pendiente.

**Tabla A6.1** Índice de protección del suelo por la vegetación

Cubierta vegetal	Pendiente				
	< 5%	5 -15%	15-30%	30-45%	> 45%
Arbolado denso	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Arbolado claro	1.0	0.9	0.6	0.5	0.4
Matorral	0.8	0.7	0.4	0.3	0.2
Erial a pastos	0.6	0.5	0.2	0.1	0.0
Cultivos	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0

Fuente: Ayuntamiento de Vitoria Gasteiz, 2004.

<sup>(2)</sup> Para las áreas de de almacenamiento de materia prima, preparación la pasta, moldeo, secado, almacenamiento de producto terminado y almacenamiento de combustibles, la figura A6.1 muestra los tipos de techado encaminados a evitar la exposición directa de los trabajadores al sol y aprovechar el agua de lluvia (como se menciona en el punto 5).



**Figura A6.1** Tipos de techado



(3) El *fuego clase A*, es el producido por los combustibles de material ordinario, tales como: madera, cartón, tela, goma, hule, etc. El extinguidor que más se usa es el de bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) o agua.

El *fuego clase B*, es el producido por los combustibles líquidos y gaseosos como: gasolina, petróleo alcohol, thinner, Gas L. P., etc. Los tipos de extinguidores que son usados con frecuencia son los de bióxido de carbono y polvos secos como el potasio.

(4) Al usar una pala, se deben mover los pies y no girar o doblar tanto el cuerpo; subir y bajar en forma recta doblando las rodillas (figura A6.2).

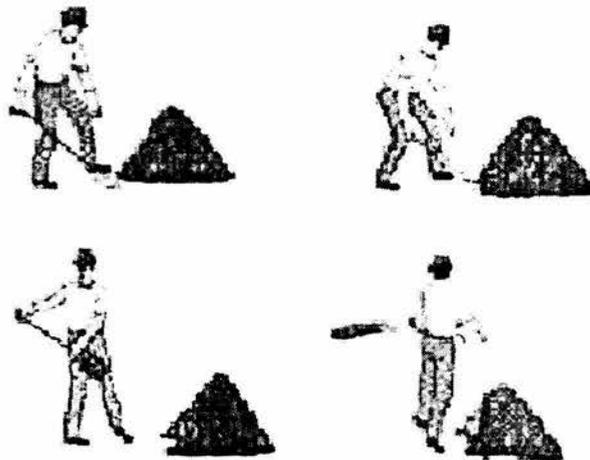
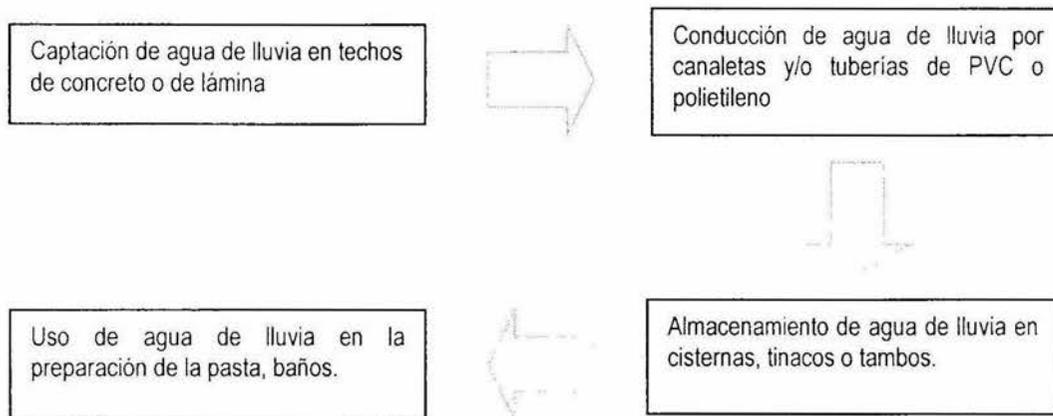


Figura A6.2 Empleo correcto de la pala

(5) Para lograr el aprovechamiento del agua de lluvia se propone, como sistema de captación, el siguiente arreglo (figura A6.3):

- para las construcciones que cuentan con losas de concreto se recomienda, si aún no se tiene, la construcción de un pretil perimetral de tabique, dejando en la zona más baja la salida para la tubería de conducción.
- en el caso de contar con techos de lámina se sugiere la instalación de una canaleta de lámina galvanizada, o cualquier otra que cumpla con la función de captar el agua que escurre por los techos, en la parte baja de los mismos. Además, esta canaleta deberá contar con una ligera pendiente que dirija el flujo hacia el tubo de conducción (Moreno M., 2003).

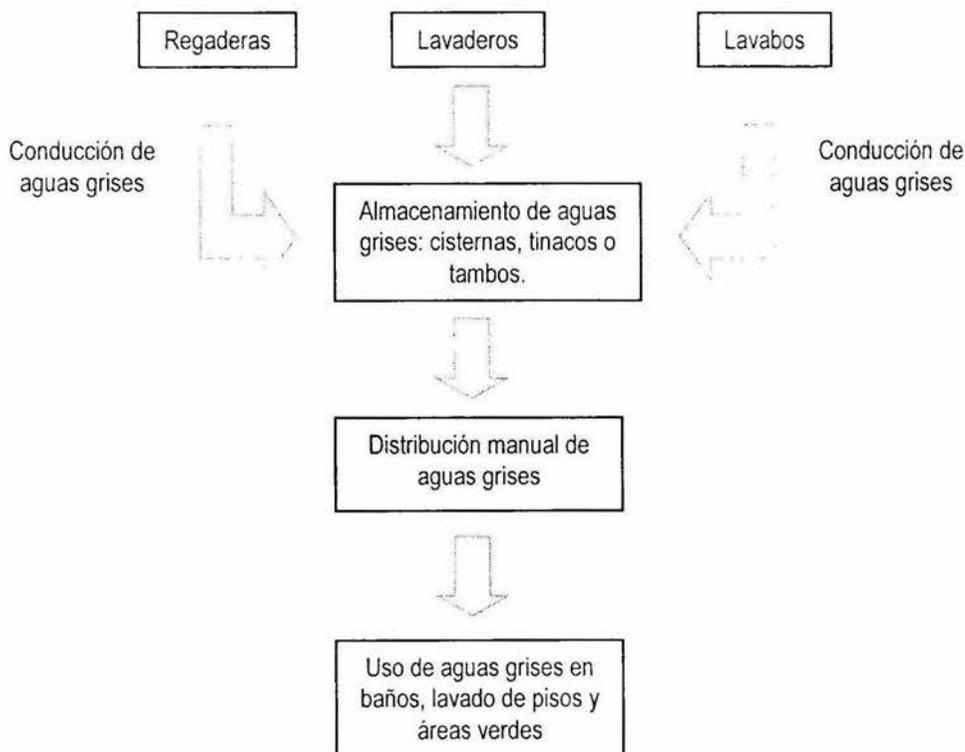
Luego del sistema de captación se prevé la instalación de una tubería de PVC de 3" de diámetro para conducir el agua de lluvia hasta su almacenamiento; su longitud y ubicación dependerá de las características particulares de la ladrillera.



**Figura A6.3** Diagrama de flujo del aprovechamiento de agua de lluvia

<sup>(6)</sup> Para la captación, conducción y almacenamiento del agua gris se propone el siguiente arreglo (figura A6.4):

- captación del agua gris en los sitios de generación: lavadero, lavabo y, cuando sea posible, en la coladera de la regadera,
- conducción a través de mangueras de poliducto de 2 pulgadas de diámetro conectadas a los puntos de generación,
- almacenamiento mediante un tambo metálico de 200 litros de capacidad (Moreno M., 2003).



**Figura A6.4** Diagrama de flujo del reuso de aguas grises



El tambo deberá instalarse en la parte más baja del predio, para permitir que el agua fluya por gravedad. Una vez en el tanque de almacenamiento, el agua se tomará manualmente por los trabajadores para su reuso en la preparación de la pasta o en alguna otra actividad.

(7) Al conducir la pasta mediante una carretilla o al levantar los botes llenos de material el trabajador debe seguir las siguientes indicaciones (figura A6.5):

- Establecer el balance adecuado y separar los pies levemente.
- Al agacharse, doblar las caderas y rodillas, no la espalda. Mantener la espalda lo más derecha posible.
- Utilizar las piernas para levantarse. Mantener la espalda lo más derecha posible.
- En vez de torcer o girar la espalda, girar todo el cuerpo. Utilizar los pies para llevar a cabo el movimiento.



Fuente: CDC, 2001.

**Figura A6.5** Prevención de las lesiones de espalda

No se recomienda el uso de correas para la espalda o cintura para prevenir lesiones ya que el *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, siglas en inglés)*, luego de revisar y analizar la literatura existente, concluyó que no existe evidencia científica suficiente que demuestre la efectividad de las correas en la prevención de lesiones.

(8) El aprovechamiento de los gases del horno para el secado del ladrillo se puede hacer construyendo dos hornos con domo conectados por canales, uno de ellos se utilizará para llevar a cabo la cocción de los ladrillos secos y el segundo será en donde se encuentren los ladrillos húmedos a través de los cuales pasará el gas sirviendo a la vez de filtro de los gases provenientes de la quema. Este sistema es el mismo que el mencionado en el punto 14.

(9) El tipo de banda transportadora dependerá de la inclinación, pudiendo ser:

- Lisa, para transporte horizontal
- Rugosa, para transporte horizontal e inclinado
- Nervada, para transporte inclinado, puede llegar hasta 45° de inclinación



<sup>(10)</sup> En el estado de Coahuila COMIMSA (*Corporación Mexicana de Investigación en Materiales S.A. de C.V.*), desarrolló el proyecto *Adecuación Tecnológica a las Ladrilleras* que permite quemar el aceite y diseñó hornos para aplicar la reconversión. Los paquetes que se manejan son:

- equipos fijos:
  - tanque de almacenamiento
  - turboatomizador
  - pirómetro y termopares
  - refractario
  - capacitación
  - costo: 40,000 pesos
- equipos móviles:
  - tanque remolque
  - turboatomizador
  - pirómetro y termopares
  - refractario
  - capacitación
  - costo: 70,000 pesos (COMINSA, 2003)

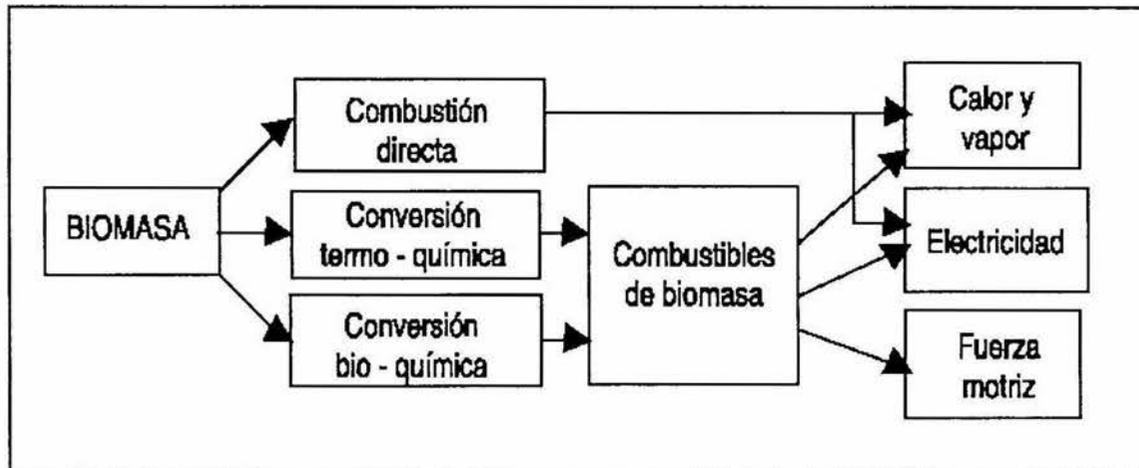
Asimismo, el Gobierno del estado aportó un millón de pesos, Fonaes otro más y el municipio 500 mil pesos para integrar un fideicomiso que permite a los productores sumarse a la reconversión. Los ladrilleros cubren el pago de los equipos con efectivo y producto.

<sup>(11)</sup> El envase Tetra Pak, después de haber cumplido su ciclo de vida útil, como todos los envases, se convierte en un residuo, lo que lo transforma en un contaminante potencial del ambiente. La Universidad Nacional (PIRS) de Colombia por petición de la empresa incluyó en el Proyecto de Investigación de Residuos Sólidos una investigación de pregrado que permitiera ubicar las alternativas de aprovechamiento del residuo técnica, económica y ambientalmente viables a un corto, mediano y largo plazo, teniendo en cuenta los actuales volúmenes de generación del residuo en Colombia.

Se realizaron pruebas piloto sobre el aprovechamiento energético del residuo en hornos de cocción de ladrillo tipo zig-zag, durante la segunda etapa del proceso de cocción de ladrillos, etapa donde se alimenta el combustible mediante el uso del sistema de turboinyección (carbojet), y se manejan temperaturas superiores a los 850°C. Para estas pruebas se utilizó una mezcla carbón/RTBA (Tetra Brik Aseptico) del 90/10 en relación en peso (93/7 en energía), alimentando dicha mezcla a una razón de 2.5 Kg/min. La evolución de temperatura dentro del horno fue normal y de similares características a la evolución que se registró usando solo carbón. La calidad del ladrillo fue homogénea y no se presentaron diferencias significativas respecto a la calidad obtenida usando como combustible carbón (CECODES, 2003).

<sup>(12)</sup> El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía, o las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz), del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros). Esta es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, pues ha sido usada desde que nuestros ancestros descubrieron el secreto del fuego (FOCER, 2002).

Los procesos en los que la biomasa es empleada se muestran en la figura A6.6.



Fuente: FOCER, 2002.

**Figura A6.6** Procesos de conversión y formas de energía

En los hornos ladrilleros la biomasa que se podría emplear es la siguiente:

- residuos de la industria forestal
  - restos de aserrín: corteza, aserrín, astillas.
  - restos de ebanistería: aserrín, trozos, astillas.
  - restos de plantaciones: ramas, corteza, raíces.
- residuos agropecuarios
  - cáscara y pulpa de frutas y vegetales
  - cáscara y polvo de granos secos (arroz, café)
  - estiércol
  - residuos de cosechas: tallos y hojas, cáscaras, maleza, pastura.
- residuos urbanos
  - desechos domésticos urbanos (cáscaras de vegetales)
  - papel
  - cartón
  - madera
- residuos industriales
  - pulpa y cáscara de frutas y vegetales

Por ejemplo la Secretaría de Ecología del Estado de México, propone el uso de aserrín como combustible y el empleo de:

- un molino para madera, para producir el aserrín a partir de pedacería de madera.
- dosificador de aserrín, que utiliza aserrín mezclado con aire a fin de lograr una mejor combustión para reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera.

Al aprovechar estos residuos se evita la sobre fertilización de los suelos y la contaminación de las cuencas hidrográficas por el exceso de residuos agropecuarios; el problema del almacenamiento y disposición de los residuos forestales. Además la mayoría de los países centroamericanos carecen de sistemas adecuados para el procesamiento de los residuos sólidos que generan grandes



problemas de contaminación de suelos y cuencas; sobre todo por la inadecuada disposición y por los sistemas de recolección y tratamiento con costos elevados de operación.

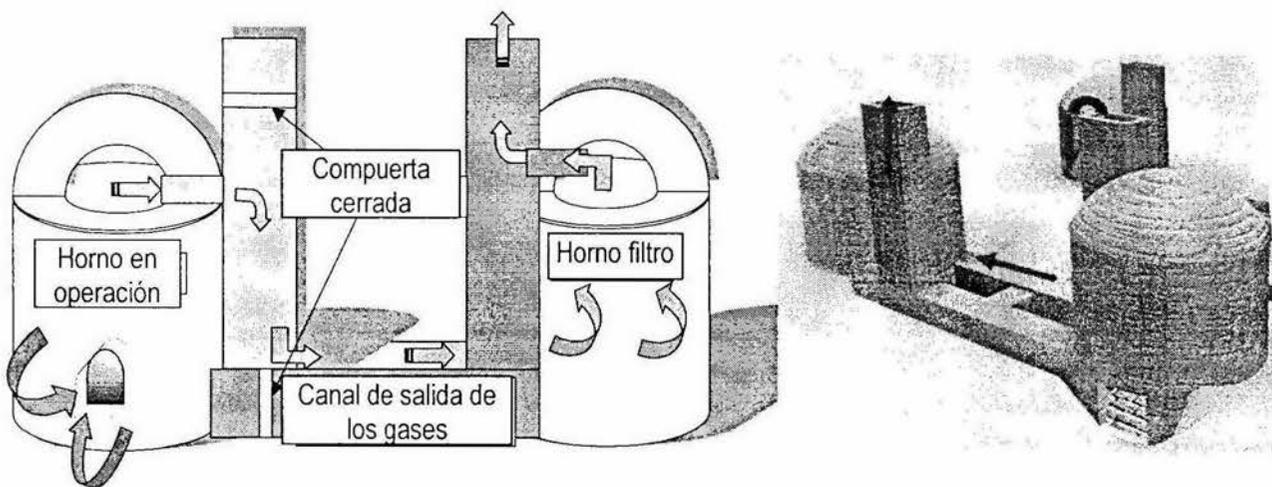
(13) Para el empleo de combustibles como combustóleo, diesel, gas L.P. que usan quemadores, se deben seguir las siguientes indicaciones:

- El equipo de almacenamiento y manejo de gas L.P. deberá apearse a lo que indican las normas NOM-018-SCFI-1993, NOM-021-SCFI-1993 y NOM-069-SCFI-1994 emitidas por la SECOFI para el manejo de gas L.P.
- El combustóleo y/o diesel no podrán ser almacenados en aljibes fosas ni tanques abiertos. Solo podrán almacenarse en tambos o tanques metálicos cerrados herméticamente.
- La dirección de los vientos deberá ser tomada en cuenta para la ubicación de los tanques estacionarios de gas L.P.
- El área destinada a la colocación de los tanques deberá estar cercada con malla ciclón de 2.5 m de altura con una puerta de acceso, además deberá contar con señales de seguridad para la prevención de riesgos.
- La base para colocar los tanques será de concreto armado, de 3 x 5 m con un espesor de 20 cm, armado con varillas de 3/8" a cada 20 cm en ambos sentidos de concreto con una resistencia de 200 kg/cm<sup>2</sup>.
- El almacenamiento de gas L.P. será en tanques estacionarios con capacidades que van de 1000 a 5000 kg, dependiendo de la capacidad de producción.
- La distancia entre el tanque estacionario y los hornos será de 15 m.
- La trayectoria que sigan las mangueras del tanque estacionario al horno, debe ser completamente limpia, libre de basura, objetos cortantes, etc. y no deberán circular vehículos sobre ellas.
- Las mangueras para conectar el quemador serán de uso rudo a prueba de flama, para operación a 350 lb de presión y 1500 libras de ruptura.
- Las características técnicas en términos generales para el horno son:
  - Ser de ladrillo pegado con cemento
  - Tener dimensiones según capacidad de producción
  - El hogar deberá estar conformado por arcos y piso plano
  - Constar de una o dos aberturas en su base para la colocación del (los) quemador(es)
  - Poseer un cuerpo de cocido
- El equipo de quemado con gas L.P. contará como mínimo con los siguientes elementos:
  - Tanque de gas estacionario
  - Válvula de globo de alta presión
  - Válvula de servicio en latón forjado
  - Reducción Bushing
  - Manguera de alta presión para 350 lb de presión y 1500 lb de reventón para uso rudo
  - Quemador que sea capaz de soportar altas temperaturas.
  - Coples, nipples, brazaderas, reducciones, puntas pool, tees y tubo negro, para altas presiones.
- Como el gas L.P. se encuentra en estado líquido, el encendido de los quemadores debe hacerse con mucha precisión, teniendo los mecheros prendidos cerca de los quemadores y abrir lentamente las válvulas de servicio de gas L.P. hasta obtener la flama requerida.
- Dar mantenimiento periódico a quemadores y espreas debiendo registrar y reportar estos eventos en la bitácora de operación del horno (NTE-IEG-001/98, 1998).



(14) Al conectar en serie los hornos ladrilleros, se busca aprovechar el calor de los gases provenientes de la quema y utilizar uno de los hornos como filtro. Los hornos tendrán domo y estarán conectados a través de canales subterráneos, en uno de ellos se llevará a cabo la quema y el segundo se empleará como filtro.

El principio de este sistema (hornos MK) se presenta en la figura A6.7. Los dos hornos se llenan de ladrillos crudos, uno para la quema y el otro como filtro. El domo controla la combustión y elimina la salida de emisiones y contaminantes a la atmósfera. La chimenea del primer horno se cierra. La chimenea del segundo horno y el canal se usan para guiar las emisiones al segundo horno antes de salir a la atmósfera. Los ladrillos del segundo horno se usan como filtro. Después de que los ladrillos en el primer horno están cocidos, se descarga. Este horno se vuelve a llenar con ladrillos crudos que ahora servirán como filtro revirtiéndose el proceso.



Fuente: Congreso Internacional de Ingeniería Ambiental, 2003.

**Figura A6.7** Principios del Sistema MK

Esta tecnología conocida como *sistema MK*, en honor a su inventor el Dr. Márquez Kiln se está implementando en la ciudad de Juárez, Chihuahua. En la tabla A6.2 se muestra la disminución de los gases contaminantes al emplear este sistema.

**Tabla A6.2** Reducción de contaminantes empleando el sistema MK

Tipo de horno	Horno tradicional de 2-4 quemas promedio en lb	Horno MK de 6-7 quemas promedio (lb)	Reducción de contaminantes (lb)	Porcentaje aproximado de reducción de cada contaminante
<b>Contaminante</b>				
NOx (NO <sub>2</sub> )	10.5	3.82	6.64	63
CO	617.0	334.00	283.00	46
Partículas	98.9	16.60	82.30	83
COV's	136.0	42.40	93.30	69
Total (lb/quema)	863.0	397.00	466.00	54

Fuente: Congreso Internacional de Ingeniería Ambiental, 2003.



La Dra. Alba Yadira Corral Avitia de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto de Ciencias Biomédicas, lleva seis años trabajando en este sistema y menciona que está diseñado para que lo puedan construir en cualquier ladrillera. En Ciudad Juárez tienen 27 construidos, y los han estado evaluando por un año entero, por lo que los recomienda ampliamente como solución para el problema de la contaminación atmosférica.

La implementación de un proceso continuo para esta industria está todavía lejos de llevarse a la práctica, aunque es una alternativa que no debe descartarse. Ya que para ello sería necesario que la zona contara en primer lugar con todos los servicios públicos, personal preparado y sobre todo de un apoyo económico.

Otro de los problemas al que debe dársele solución y que no tiene que ver directamente con el proceso, es el hecho de que en algunas zonas en donde se encuentran estas industrias no cuentan con drenaje, por lo que la defecación al aire libre es una práctica frecuente que afecta al ambiente y que puede provocar también enfermedades. Las alternativas de solución a este problema son:

- Instalación de fosas sépticas prefabricadas.
  - Actividades involucradas: instalación de fosas sépticas prefabricadas. Utilización de letrinas (si es que existen) como pozos de absorción.
- Instalación de baños secos.
  - Actividades involucradas: instalación de sanitarios secos conformados por dos fosas, caseta y asiento móviles, o construcción de éstos con materiales económicos.
- Implementación de humedales artificiales.
  - Actividades involucradas: utilización de letrinas (si es que existen) como unidades de pretratamiento. Construcción de humedales artificiales. Construcción de pozos de absorción (Moreno M, 2003).



## ANEXO 7

Los riesgos a la salud y al ambiente identificados para La Compañía son los descritos en el siguiente formato. Las sustancias mencionadas en la etapa siete son las reportadas por la EPA (en los factores de emisión) como producto de la quema de aserrín.

**Formato A7.1** Riesgos ambientales identificados en la ladrillera La Compañía

Ladrillera	La Compañía				
Sitio	San Gregorio Cuautzingo, Municipio de Chalco, Estado de México.				
Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
1	Arcilla (1, 33, 79)	La extracción de este material produce polvos que al penetrar en los pulmones y depositarse, dan origen a padecimientos cardiacos y respiratorios crónicos, como enfisema pulmonar y bronquitis, así como enfermedades gastrointestinales. El contacto con la arcilla puede producir enfermedades estomacales o gastrointestinales.	La eliminación de la capa edáfica del suelo provoca la degradación acelerada de nutrientes y de la cubierta vegetal, reduciendo el crecimiento de plantas. Exposición del suelo a la insolación excesiva, viento, lluvia, lo que acelera la erosión. Modificación de los patrones naturales de recarga de aguas y drenajes subterráneos, con posible disminución del recurso.	Tamaño pequeño de partícula (inferior a 2µm) Elevada superficie específica <sup>(a)</sup> Capacidad de intercambio iónico Alta capacidad de adsorción y absorción Material plástico cuando se encuentra hidratado y rígido cuando se encuentra seco.	No existen medidas de prevención, mitigación y restauración; no cuentan con la autorización para llevar a cabo esta actividad. Los efectos en salud son más notorios, si están en combinación con otros contaminantes (p. ej. SO <sub>2</sub> ). Impactos negativos a la estética del sitio, que al encontrarse cerca de un centro recreativo toma mayor importancia.



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
1	Polvo (33, 79, 90)	En general los efectos por inhalación de partículas afectan el sistema respiratorio, es decir penetran y se depositan en los pulmones, dando lugar a padecimientos cardiacos y respiratorios crónicos, como enfisema pulmonar y bronquitis.	Las partículas son el resultado del proceso de erosión acelerada del suelo por la explotación de la capa edáfica, que deja al suelo sin cubierta vegetal y lo expone al viento y a la lluvia.	Las contribuciones de partículas por tormentas de polvo o los vientos fuertes, que soplan sobre terrenos secos (pueden incluir polen) dan origen a grandes cantidades de partículas en suspensión. Algunas de estas contribuciones son demasiado grandes para que permanezcan en suspensión durante periodos largos.	No existen medidas de prevención, mitigación y restauración. Los efectos en salud son más notorios, si están en combinación con otros contaminantes (p. ej. SO <sub>2</sub> ). Impactos negativos a la estética del sitio, que al encontrarse cerca de un centro recreativo toma mayor importancia.
2	Agua (79, 105)	El estancamiento del agua de lluvia y la acumulación de desechos crean condiciones antihigiénicas porque permiten proliferar a insectos y roedores. Que transmiten enfermedades, como la malaria, fiebre amarilla, tífus, tularemia y las infecciosas diarreicas. Además como la ladrillera no cuenta con drenaje, la defecación al aire libre es una práctica común, con lo que al agua de lluvia se contamina con heces fecales pudiendo contagiarse de: salmonelosis, shigelosis, cólera, hepatitis infecciosa, amibiasis, giardiasis y la esquistosomiasis.	Al almacenar el agua de lluvia en los huecos del terreno se propicia la erosión del suelo.	Gran cantidad de gases disueltos, pH ácido, bajos valores de color y turbiedad.	La práctica de emplear el agua de lluvia es una buena opción para reducir el consumo de agua potable o de agua de río, que está en malas condiciones y además no cuentan con el permiso para hacer uso de ella.



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
2	Arcilla (1, 33, 79)	La acción del viento sobre la arcilla produce polvos que al penetrar en los pulmones y depositarse, dan origen a padecimientos cardíacos y respiratorios crónicos (enfisema pulmonar y bronquitis). El contacto puede producir enfermedades estomacales o gastrointestinales.	Al estar almacenada directamente sobre el suelo, al agua de lluvia arrastra este material que aumenta la erosión del suelo.	Tamaño pequeño de partícula (inferior a 2µm) Elevada superficie específica <sup>(1)</sup> Capacidad de intercambio iónico Alta capacidad de adsorción y absorción Material plástico cuando se encuentra hidratado y rígido cuando se encuentra seco.	Los efectos en salud son más notorios, si los materiales particulados están en combinación con otros contaminantes (p. ej. SO <sub>2</sub> ). Por otro lado se encuentran los impactos negativos a la estética del sitio, que al encontrarse cerca de un centro recreativo toma mayor importancia. Además, al existir arrastre de los materiales por el viento o la lluvia hay pérdidas económicas por la disminución de la cantidad de materia prima.
	Estiércol (32, 79)	La acción del viento sobre el estiércol seco produce partículas que al penetrar en los pulmones y depositarse, dan origen a padecimientos cardíacos y respiratorios crónicos. Inhalar o entrar en contacto con éste puede contagiar de zoonosis (b).	Emisiones de amoníaco, óxidos de nitrógeno y metano. Lavado de nitratos y fósforo al agua subterránea, contribuyendo a la contaminación de éstas.	Emisión de gases (NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> y NO <sub>2</sub> ), olores. La mayor parte del nitrógeno, carbono y azufre se pierden durante la combustión.	
3	Agua	Si emplean agua de lluvia ésta puede contener bacterias del suelo que produzcan enfermedades estomacales o gastrointestinales. Así como insectos que actúan como vectores Si el agua es del río San Rafael, como se observó en la figura 4.7 ésta contiene gran cantidad de residuos domésticos, que son una fuente perfecta para que proliferen bacterias y organismos que ocasionen enfermedades al hombre tales como diarrea, fiebre tifoidea.	Cuando existe agua de lluvia almacenada en algún hueco del terreno, la mezcla de todos los constituyentes de la pasta se realiza en ese sitio, propiciando la erosión del suelo.	Gran cantidad de gases disueltos, pH tiende a ser ácido, bajos valores de color y turbiedad.	La práctica de emplear el agua de lluvia es una buena opción para reducir el consumo de agua potable o de agua de río, que está en malas condiciones y además no cuentan con el permiso para hacer uso de ella, sin embargo el hecho de preparar la pasta en el mismo sitio donde queda almacenada la pasta propicia la erosión.



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
3	Arcilla (1, 79)	Antes de mezclar con agua los polvos que se producen pueden penetrar en los pulmones y depositarse, dando origen a padecimientos cardiacos y respiratorios crónicos (enfisema pulmonar y bronquitis). El contacto con la arcilla puede producir enfermedades estomacales o gastrointestinales.	El hecho de preparar la pasta directamente sobre el suelo convierte a la arcilla en un agente más que propicia la erosión del suelo.	Tamaño pequeño de partícula (inferior a 2µm) Elevada superficie específica. Capacidad de intercambio iónico Alta capacidad de adsorción y absorción Material plástico cuando se encuentra hidratado y rígido cuando se encuentra seco.	Los efectos en salud son más notorios, si los materiales particulados están en combinación con otros contaminantes (p. ej. SO <sub>2</sub> ).
	Estiércol (32, 79)	Al igual que con la arcilla la acción del viento con el estiércol seco produce partículas que al penetrar en los pulmones y depositarse ahí, dan origen a padecimientos cardiacos y respiratorios crónicos, (enfisema pulmonar y bronquitis). Inhalar o entrar en contacto con éste se pueden contagiar de zoonosis.	Lavado de nitratos y fósforo al agua subterránea, contribuyendo a la contaminación de éstas.	Emisión de gases (NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> y NO <sub>2</sub> ), olores. La mayor parte del nitrógeno, carbono y azufre se pierden durante la combustión.	
4	Pasta (32)	El contacto con la pasta que contiene estiércol puede ocasionar contagio de zoonosis. A través de la arcilla que contiene la pasta se pueden producir enfermedades estomacales o gastrointestinales.	Con ayuda del agua contenida en la pasta y el estiércol que ésta contiene se produce lavado de nitratos y fósforo al agua subterránea, contribuyendo a la contaminación de éstas. Además de que al trabajar sobre el suelo que no cuenta con ningún tipo de cubierta se propicia la erosión.	Material plástico, presenta elevados contenidos de hierro.	El contacto de los trabajadores con la pasta es inevitable, emplean sus manos para enrazar el molde, y aumenta cuando éstos por comodidad realizan el moldeo descalzos.



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
5	Ladrillo crudo (32)	-	La acción del agua de lluvia propicia el lavado de nitratos y fósforo al agua subterránea, contribuyendo a la contaminación de éstas.	Material rígido, con alto contenido de hierro, de color café oscuro cuando se encuentra húmedo y grisáceo cuando se encuentra seco.	Como parte de otros impactos se encuentra el efecto negativo a la estética del sitio, que cobra mayor importancia para el caso de esta ladrillera en particular por encontrarse cerca de un centro recreativo.
6	Ladrillo crudo seco (32)	El contacto con el ladrillo crudo que contiene estiércol puede ocasionar contagio de zoonosis. Además de enfermedades estomacales y gastrointestinales.	-	Material rígido, de color grisáceo, con alto contenido de hierro.	Aunado a los riesgos de contraer alguna enfermedad por entrar en contacto con el ladrillo crudo, se sitúa el hecho de que en esta etapa existen riesgos laborales.
7	Partículas (PM, PM-10 y PM-2.5) (41, 63, 79, 90, 111)	Agravación de las enfermedades pulmonares crónicas y del asma. Aumento de la tos, molestias torácicas y restricción de la actividad. Bronquitis crónica y muerte prematura.	Interfieren en la fotosíntesis. En los mamíferos provoca reacciones patógenas sobre todo en vías respiratorias y aumenta el riesgo de cáncer con humedad elevada y temperaturas bajas.	La materia particulada inhalable o inspirable, constituida por las partículas que pueden inhalarse y son peligrosas si se depositan en algún lugar del tracto respiratorio. Su diámetro aerodinámico es inferior a 50 µm.	El efecto sobre los materiales es suciedad y daños químicos cuando transportan sustancias corrosivas. Además de que las partículas suspendidas disminuyen la visibilidad, y favorecen la formación de nubes.



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades físico-químicas	Otros datos relevantes
7	Partículas (PM, PM-10 y PM-2.5) (cont.)	Las personas con afecciones pulmonares o cardiovasculares crónicas obstructivas, influenza o asma, los ancianos y los niños son los más sensibles.	<p>Pueden ser transportadas a grandes distancias y depositarse en el suelo o agua. Los efectos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- acidifican los cuerpos de agua</li> <li>- modifican el balance de los nutrientes</li> <li>- reducen los nutrientes en el suelo</li> <li>- dañan los bosques, selvas, etc. y cosechas</li> </ul>	<p>PM-10 (partículas menores a 10 micras), son parte de las partículas suspendidas, que penetran en la laringe y son peligrosas si se depositan en algún lugar del tórax (tráquea, bronquios y alvéolos). Una vez que se respiran no salen del organismo, sino que se acumulan.</p> <p>PM-2.5, constituida por partículas de diámetro aerodinámico inferior a 2.5 µm, que penetran en los bronquios terminales y son peligrosas si se depositan en la región de intercambio de gases de los pulmones.</p>	
	SO <sub>2</sub> Dióxido de azufre (7, 79, 90)	Broncoconstricción. Cambio significativo en la función pulmonar. Aumento en la incidencia a resfriados con la exposición al virus y de bronquitis. La formación de ácido sulfúrico a través de este compuesto, causa quemaduras en la piel, ojos, pulmones y tubo digestivo. Las personas sensibles son los asmáticos y quienes padecen enfermedades pulmonares crónicas o afecciones cardiovasculares. Los ancianos y los niños son los más afectados.	Penetra en el suelo, pero no se sabe cómo se mueve en él. Se forma trióxido de azufre cuando reacciona con agua en el aire, y éste a su vez forma ácido sulfúrico, el cual puede permanecer suspendido en el aire por periodos de tiempo variables, siendo removido por acción de la lluvia, contribuyendo así a la lluvia ácida	Gas incoloro de olor acre, es líquido cuando está bajo presión y se disuelve en medios acuosos muy fácilmente. Una vez disuelto en agua puede formar ácido sulfuroso.	La penetración de este compuesto es mayor cuando se respira por la boca, por lo que se ve estimulada durante el ejercicio físico. La IARC lo ha clasificado en el grupo 3, no clasificable en relación a carcinogenicidad en seres humanos. Reacciona en la atmósfera para formar compuestos ácidos que atacan las superficies metálicas.



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
7	SO <sub>3</sub> Trióxido de azufre (10)	Inhalar este compuesto puede producir erosión de los dientes e irritación de la vía respiratoria.	Contribuye a la lluvia ácida, que provoca áreas muertas de las hojas, clorosis (cambio de coloración de las hojas).	El anhídrido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ) es generalmente un líquido incoloro. También puede existir en forma de cristales parecidos al hielo o a fibras o en forma de gas.	En gente que ha respirado grandes cantidades de este compuesto en el trabajo se ha observado un aumento en la tasa de cáncer de la laringe. Sin embargo, la mayoría de esta gente eran fumadores que estaban expuestos a otros productos químicos al mismo tiempo. La posibilidad de que produzca cáncer en animales de laboratorio no se ha estudiado. La IARC ha determinado que la exposición ocupacional a vapores de ácidos inorgánicos fuertes que contienen ácido sulfúrico es carcinogénico para seres humanos. La IARC no lo ha clasificado en cuanto a carcinogenicidad. La EPA limita la cantidad de anhídrido sulfúrico que puede liberarse al aire. De esta manera se limita la cantidad de ácido sulfúrico que se forma de anhídrido sulfúrico en el aire. La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) y el Instituto de Seguridad Ocupacional y Salud (NIOSH) limitan la cantidad de ácido sulfúrico en el aire del trabajo a 1 mg/m <sup>3</sup> .



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
7	NO <sub>x</sub> Óxidos de nitrógeno (6, 25, 79, 90)	<p>Irritan ojos, nariz, garganta y pulmones, causando tos y una sensación de falta de aliento, cansancio y náusea. Producen cambios en el sistema respiratorio, incluyendo edema pulmonar, bronquitis, pneumonitis, enfisema y posiblemente metahemoglobinemia.</p> <p>La población sensible a estos compuestos incluye a personas asmáticas y aquellas con enfermedades del corazón y obstrucciones crónicas.</p> <p>La exposición al NO<sub>2</sub> parece causar un aumento de la susceptibilidad humana a las infecciones bacterianas y víricas.</p> <p>El monóxido de nitrógeno inhalado pasa al torrente sanguíneo, donde forma nitrosilhemoglobina (NOHb), lo que produce un fuerte descenso en la capacidad de transporte de oxígeno.</p>	<p>Son degradados rápidamente en la atmósfera al reaccionar con otras sustancias. Con sustancias químicas producidas por la luz solar, y su combinación con agua, lleva a la formación de ácido nítrico, principal constituyente de la lluvia ácida.</p> <p>También reacciona con la luz solar formando ozono y smog.</p> <p>En las plantas disminuye la tasa de fotosíntesis.</p> <p>Irritación de las mucosas de las vías respiratorias, tos, irritaciones de las conjuntivas y disminución de la resistencia a los microorganismos patógenos en los mamíferos.</p> <p>Estos compuestos han producido alteraciones en el material genético de células de animales.</p>	<p>Son una mezcla de gases compuestos de nitrógeno y oxígeno. El monóxido y el dióxido de nitrógeno constituyen dos de los óxidos de nitrógeno más importantes toxicológicamente; ninguno de los dos son inflamables y son incoloros a pardo en apariencia a temperatura ambiente. El monóxido de nitrógeno es un gas de olor dulce penetrante a temperatura ambiente, muy soluble en agua en pequeñas cantidades, mientras que el dióxido de nitrógeno tiene un fuerte olor desagradable. Este último es un líquido a temperatura ambiente, pero se transforma en un gas pardo-rojizo a temperaturas sobre 70°F. Muy soluble en agua para formar mezclas de ácido nítrico y nitroso. Los estudios realizados sobre el efecto conjunto de los óxidos de nitrógeno y otros compuestos, como el ozono, muestran un comportamiento sinérgico, como un aumento de los efectos tóxicos cuando la mezcla contiene partículas y ácidos inorgánicos, o éstos se producen por reacción de los compuestos de dichas mezclas.</p>	<p>Dentro de los óxidos de nitrógeno, el monóxido y dióxido de nitrógeno, son los más importantes toxicológicamente, aunque el monóxido se oxida rápidamente en el aire para formar el dióxido de nitrógeno.</p> <p>Ni el Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS), la IARC y la EPA han clasificado a los óxidos de nitrógeno en cuanto a su carcinogenicidad.</p> <p>El ejercicio físico potencia los efectos tóxicos de las mezclas complejas que contienen inorgánicos fuertes.</p> <p>Los óxidos de nitrógeno en la atmósfera reaccionan para formar compuestos ácidos que atacan las superficies metálicas.</p>



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
7	CO Monóxido de carbono (58, 65, 79, 116)	Forma carboxihemoglobina, con la consecuente disminución de oxihemoglobina, que implica disminución del transporte de oxígeno al organismo ocasionando bajo rendimiento, cansancio, desmayo, pudiendo llegar hasta la muerte. En personas con enfermedades del corazón, una exposición a niveles bajos, causa dolor en el pecho, reduciendo la habilidad de la persona para el ejercicio, repetidas exposiciones contribuyen a otros efectos cardiovasculares. Todo el CO inspirado pasa al torrente sanguíneo y se enlaza con la hemoglobina. Afecta a en mayor medida a quienes padecen enfermedades cardiovasculares.	Contribuye a la formación de ozono a nivel del suelo. En los mamíferos provoca síntomas hasta que la concentración alcanza niveles que provocan hipoxia de los tejidos o disminución de oxígeno disponible, sobre todo en el corazón y SNC <sup>(c)</sup> .	Gas incoloro, inodoro, que se forma cuando el carbón del combustible no es quemado completamente. Ligeramente soluble en agua, soluble en alcohol y benceno.	Este compuesto está clasificado toxicológicamente como un asfixiante químico por reacción con la hemoglobina.
	CO <sub>2</sub> Dióxido de carbono (90, 53)	Impidiendo la adecuada oxigenación de la sangre en los pulmones.	Es un importante gas de invernadero, contribuye al calentamiento global.	Gas incoloro, inodoro e insípido (algunas personas perciben un olor ligeramente agrio y sabor picante). Es un producto normal de la combustión.	Clasificado como un asfixiante simple.
	1,1,1 Tricloroetano (29)	Respirar aire con altos niveles de este compuesto por 14 días o menos, produce mareos, pérdida del equilibrio. Desaparecen si se deja de respirar aire contaminado. Respirar niveles mucho más altos puede producir pérdida del conocimiento, disminución de la presión sanguínea.	Puede movilizarse a la capa de ozono, donde la luz solar lo degrada a compuestos químicos que la destruyen. No se acumula en plantas y animales	A temperatura ambiente es un líquido incoloro con aroma dulce penetrante. También se le conoce como metil cloroformo, metiltriclorometano y triclorometilmetano.	No hay ninguna información disponible que demuestre que produce cáncer. La IARC ha determinado que no es clasificable en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos. No se sabe si esta sustancia química afecta la reproducción o el desarrollo de seres humanos.



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
7	2-Butanona (15)	Irritación de la nariz, la garganta, la piel y los ojos. Nadie ha muerto al respirar tan solo 2-butanona. Si se inhala 2-butanona junto con otros productos que dañan la salud, el daño producido puede ser mayor.	En animales se han observado efectos graves solamente con niveles de sumamente altos. En ratones que respiraron brevemente bajos niveles de ésta se observaron efectos transitorios sobre el comportamiento. No se adhiere a partículas en el suelo y se mueve del suelo al agua subterránea. No se deposita en el fondo de ríos o lagos. Ni se acumula en peces o en los tejidos de animales que se encuentran más arriba en la cadena alimentaria.	A temperatura ambiente es un líquido incoloro con un fuerte aroma dulce. También se le conoce como metil etil cetona (MEK). Se disuelve en el agua, y es degradada más lentamente a una sustancia química más simple en aproximadamente 2 semanas.	El Departamento de Salud y Servicios Humanos de Estados Unidos no ha clasificado a la 2-butanona en cuanto a su carcinogenicidad en seres humanos. La IARC y la EPA tampoco han clasificado a la 2-butanona en cuanto a su carcinogenicidad en seres humanos. No hay ningún estudio disponible en animales que haya evaluado la posibilidad de que la 2-butanona produzca cáncer.
	2-Hexanona (22)	Respirar 2-hexanona puede causar daño en el sistema nervioso. Trabajadores que estuvieron expuestos a la 2-hexanona por casi un año tuvieron síntomas de debilidad, pérdida de sensaciones y hormigueo en las manos y los pies. No se sabe si respirar 2-hexanona afecta la reproducción o causa defectos de nacimiento en seres humanos.	Debilidad, pérdida de sensaciones y hormigueo en patas, son efectos en animales que comieron o respiraron altos niveles de ésta. Puede ser degradada en la atmósfera a otros productos o removida por la lluvia o la nieve, y degradada por microorganismos en agua o suelo. Generalmente no se adhiere a partículas en el suelo o a sedimentos. Por lo general no se acumula en plantas ni en animales.	La 2-hexanona se conoce también como metil n-butil cetona (MBK) o propil acetona. Es un líquido incoloro de aroma penetrante. Se disuelve fácilmente en el agua, y se evapora fácilmente al aire.	El DHHS no la han clasificado en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos. La IARC y la EPA tampoco la han clasificado en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos. No hay ninguna información disponible acerca de los posibles efectos carcinogénicos de la 2-hexanona en seres humanos o en animales.



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades físico-químicas	Otros datos relevantes
7	2-Metilfenol (92)	Efectos sobre el SNC; depresión, fallos respiratorios; respiración rápida irregular, pulso débil; daños a pulmones, hígado, riñones; piel, quemaduras en ojos.	En ratones ha causado tumores en la piel y apéndice. Por inhalación causa irritación. En ratas por inhalación causa somnolencia y lagrimeo.	Sólido o líquido ligeramente amarillo con dulce olor alquitranado. También conocido como 2-cresol, 1-hidroxi-2-metilbenceno, o-metilfenol, 2-metilfenol, 2-hidroxitolueno, o-hidroxitolueno.	En el aire la Mine Safety and Health Administration (MSHA) ha establecido que la concentración máxima en aire es de 22 mg/m <sup>3</sup> .
	Acetona (90)	En exposiciones agudas a elevadas concentraciones causa depresión del sistema nervioso central, insuficiencia cardiorrespiratoria y muerte.	La acetona es transportada al suelo por la lluvia. No presenta tendencia alguna a la bioconcentración en organismos acuáticos.	Tiene una presión de vapor muy alta (231 mmHg a 25°C) y es totalmente miscible en agua, y muy soluble en lípidos. Se degrada en el aire por fotólisis directa y por reacción con radicales hidroxilos generados por vía fotoquímica. Alta movilidad en suelos.	La acetona está clasificada por la EPA en el grupo D, no clasificable respecto a sus efectos cancerígenos en personas.
	Acrilonitrilo (9)	Respirar altas concentraciones de acrilonitrilo producirá irritación de la nariz y la garganta, opresión en el pecho, dificultad para respirar, náusea, mareo, debilidad, dolor de cabeza, alteraciones de las facultades mentales y convulsiones. Estos síntomas generalmente desaparecen cuando la exposición termina. Hay evidencia de que los niños son mucho más susceptibles al acrilonitrilo que los adultos.	Por inhalación estudios en animales han descrito: irritación de las fosas nasales, pulmones, alteraciones en el ritmo respiratorio, acumulación de líquido en los pulmones, debilidad y parálisis. Disminución de fertilidad y defectos de nacimiento en algunos animales de laboratorio expuestos a altas concentraciones en el aire o en el agua de beber. En el aire, se degrada rápidamente. En el agua superficial es degradado por bacterias. No se acumula en la cadena alimentaria.	A temperatura ambiente es un líquido sintético, incoloro, de olor penetrante parecido a cebolla o a ajo. Puede disolverse en agua y se evapora rápidamente.	El DHHS ha determinado que es razonable predecir que es carcinogénico en seres humanos. Estudios en seres humanos no han sido definitivos, en tanto estudios en animales han demostrado cáncer del cerebro y las glándulas mamarias.



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
7	Benceno (12, 90)	Su principal efecto tóxico es la actividad cancerígena, como agente causal de la leucemia. Por otra parte el efecto tóxico no cancerígeno más importante sobre el sistema hematopoyético es la anemia aplásica <sup>(d)</sup> . Posee efectos depresores sobre el SNC, produciendo mareo, debilidad, euforia, náuseas y dolores de cabeza en exposiciones moderadas. Agente irritante de la piel, causa la disolución de lípidos del estrato córneo de la epidermis con formación de eritema, vesículas y dermatitis. Respirar niveles de benceno muy altos puede causar la muerte, mientras que niveles altos pueden causar somnolencia, mareo, aceleración del latido del corazón, dolores de cabeza, temblores, confusión y pérdida del conocimiento.	Estudios en animales que respiraron benceno durante la preñez han descrito bajo peso de nacimiento, retardo en la formación de hueso y daño en la médula de los huesos. No se acumula en plantas o en animales	El benceno a temperatura ambiente es un líquido incoloro de aroma dulce, muy volátil, soluble en agua, con alta movilidad en el suelo y poca tendencia a adsorberse en el suelo y sedimentos.	La IARC clasifica al benceno en el grupo 1, es decir cancerígeno para personas. El DHHS ha determinado que el benceno es un reconocido carcinógeno en seres humanos. La exposición de larga duración a altos niveles de benceno en el aire puede producir leucemia, un cáncer a los tejidos que fabrican las células de la sangre.
	Bis(2-etilhexil) ftalato (56)	No existe información disponible sobre efectos en la reproducción y desarrollo en humanos, ni de exposiciones crónicas y agudas por inhalación.	Aumenta la incidencia de tumores en ratas y ratones. Causa defectos en los pájaros, ratas y ratones por exposición oral. Decremento en la fertilidad, proporción de nacimientos de crías vivas, y atrofia tubular, en exposiciones orales. No se han observado efectos en la reproducción por inhalación.	También llamado di(2-etilhexil)ftalato o DEHP. Es un líquido de incoloro casi inodoro.	No existe información sobre los efectos carcinogénicos del DEHP en humanos. La EPA lo ha clasificado en el grupo 2B, probable carcinogénico para el hombre. La EPA de California ha determinado que el nivel de exposición crónica es de 0.01 mg/m <sup>3</sup> por debajo del cual no hay efectos adversos en la salud.



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
7	Bromometano (14)	<p>Respirarlo produce dolor de cabeza, debilidad y náusea varias horas más tarde. Respirar grandes cantidades, puede ocasionar acumulación de líquido en sus pulmones, lo que dificulta la respiración. Causa temblores musculares, convulsiones, daño del riñón y de los nervios, y aun la muerte. Los niveles en el aire que pueden ser letales varían de 1,600 a 60,000 partes por 1 millón de partes de aire dependiendo de la duración de la exposición. Estos niveles son mucho más altos que aquellos a los que se está normalmente expuesto. Más importantes son los efectos respiratorios, renales y neurológicos. No se han descrito casos de efectos graves sobre el sistema nervioso en exposiciones a bajos niveles por largo tiempo. Ingerirlo puede causar irritación del estómago. El contacto con la piel puede causar picazón, enrojecimiento y ampollas. Estos efectos son producidos por niveles más altos que los que se está normalmente expuesto. No se sabe si afecta la habilidad para reproducirse en seres humanos. Estudios sugieren que no produce defectos de nacimiento ni interfiere con la reproducción.</p>	<p>En conejos y monos se observaron lesiones de carácter moderado a grave en el sistema nervioso. Entra rápidamente al aire cuando se libera al ambiente o cuando se encuentra en el suelo o el agua. Se degrada lentamente en el aire; puede tomar varios años. Pero en el suelo tarda pocos días. Pequeñas cantidades pueden pasar del suelo al agua subterránea. En el agua se demora meses en degradarse. No se acumula en plantas ni en animales.</p>	<p>Es un gas incoloro, no inflamable, sin olor característico. Se le conoce también como bromuro de metilo, mono-bromometano y gas de metilo. Algunos nombres comerciales incluyen Embafume® y Terabol®.</p>	<p>La EPA ha determinado que el bromometano no es clasificable en cuanto a su carcinogenicidad en seres humanos. No hay estudios disponibles que indiquen que el bromometano es carcinogénico en seres humanos. La evidencia obtenida en estudios en animales no es definitiva. La OSHA ha establecido un límite ocupacional de 20 ppm de bromometano en el aire del trabajo durante una jornada de 8 horas diarias, 40 horas semanales, y además recomienda que la exposición se reduzca al mínimo posible.</p>



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades físico-químicas	Otros datos relevantes
	Disulfuro de carbono (57)	Provoca náuseas, vómito, dolores de cabeza, fatiga general, dolores musculares con exposiciones crónicas a trabajadores en el aire. Afecta el sistema nervioso, la vista. En estudios con trabajadores expuestos por inhalación a este compuesto y otros solventes han incrementado la incidencia a leucemia linfática. Disminuye la tasa de espermias y el lívido en los varones, produce desajustes en el ciclo menstrual de la mujer.	Malformaciones de huesos y vísceras, toxicidad en los embriones y disturbios funcionales, conductuales, en animales. Afecciones en el SNC.	El disulfuro de carbono en la naturaleza se presenta como un líquido incoloro, no muy soluble en agua, el disulfuro de carbono impuro es de color amarillento. El disulfuro de carbono puro es dulce, agradable, de olor parecido al cloroformo.	La concentración de referencia (RfC) para este compuesto es 0.7 mg/m <sup>3</sup> basada en los efectos neurológicos en humanos. La EPA no lo ha clasificado como carcinogénico humano.
7	Tetracloruro de carbono (26, 90)	Tiene efectos depresores sobre el SNC, produce esteatosis y lesiones en las células de los túbulos proximales del riñón. Las personas expuestas pueden sentirse intoxicadas y sufrir dolores de cabeza, mareo, somnolencia, náusea y vómitos. Estos efectos pueden desaparecer si la exposición cesa, pero en casos graves, pueden llevar a coma y aun a la muerte. No se han estudiado los efectos del tetracloruro de carbono en niños, pero es probable que sean similares a los observados en adultos expuestos a esta sustancia.	Es muy estable en el aire (vida media de 30-100 años). Puede ser degradado o transformado en el suelo en varios días. Cuando se degrada, forma sustancias químicas que pueden destruir la capa de ozono en la parte superior de la atmósfera. No se acumula en animales. No se sabe si se acumula en plantas.	Es un líquido transparente de olor dulce que puede ser detectado a bajos niveles. Se llama también cloruro de carbono, tetracloruro de metano, perclorometano, tetracloroetano o benciformo. Se encuentra con más frecuencia en forma de gas incoloro. No es inflamable y no se disuelve en agua muy fácilmente.	La IARC clasifica al tetracloruro de carbono en el grupo 2B de agentes cancerígenos para personas. El DHHS ha determinado que es razonable predecir que el tetracloruro de carbono es carcinogénico. La EPA ha determinado que el tetracloruro de carbono es probablemente carcinogénico en seres humanos.



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
7	Cloroformo (16, 90)	Respirar cloroformo puede causar mareo, cansancio y dolor de cabeza. Respirar aire, ingerir alimentos, o tomar agua que contiene suficiente cloroformo por largo tiempo puede dañar el hígado y los riñones. El contacto de la piel con grandes cantidades de cloroformo puede producir ulceración. No se sabe si produce efectos en el sistema reproductivo o si causa defectos de nacimiento en seres humanos.	Presenta escasa tendencia a la bioconcentración en organismos acuáticos y a adsorberse en suelos y sedimentos. No parece acumularse en grandes cantidades en plantas o en animales. Los productos de degradación en el aire incluyen fosgeno (oxicloruro de carbono) y ácido clorhídrico; ambos son tóxicos.	El cloroformo a temperatura ambiente es un líquido incoloro de aroma agradable no irritante y de sabor ligeramente dulce. Es muy volátil, en el aire reacciona con radicales hidroxilo generados por vía fotolítica. También se le llama triclorometano y tricloruro de metilo.	El cloroformo está clasificado por la IARC en el grupo 2B. El DHHS ha determinado que es razonable predecir que el cloroformo es carcinogénico. Ratas y ratones que comieron alimentos o tomaron agua con cloroformo por largo tiempo contrajeron cáncer al hígado y a los riñones.
	Clorometano (17)	Respirar niveles muy altos, aun por corta duración, puede causar serios efectos al sistema nervioso, incluyendo convulsiones y coma. Niveles más bajos pueden producir tambaleo, visión doble o borrosa, mareo, fatiga, cambios en personalidad, temblor, náusea o vómitos. Estos síntomas pueden durar meses o años. Puede dañar el hígado y los riñones. También puede perjudicar el latido del corazón y la presión sanguínea. No hay estudios acerca de los efectos sobre la salud de niños causados por exposición al clorometano. No se sabe si el clorometano es perjudicial para el feto o para niños pequeños.	Algunos estudios en animales han demostrado que animales que respiraron bajos niveles de clorometano sufrieron retardo del crecimiento y daño al cerebro. En otros estudios, machos expuestos a clorometano fueron menos fértiles, o aun estériles o exhibieron esperma con daño. Hembras que fueron preñadas por estos machos perdieron las crías. No se acumula en plantas o en animales. Se degrada muy lentamente en el aire y lentamente en el agua, pero ciertos microorganismos pueden degradarlo más rápido.	El clorometano también se conoce como cloruro de metilo. Es un gas transparente incoloro. Tiene un leve aroma dulce detectable solamente a niveles que pueden ser tóxicos. Es más pesado que el aire, y es sumamente inflamable.	No hay ninguna evidencia de que el clorometano produzca cáncer en seres humanos. En estudios en animales, ratones machos que respiraron aire contaminado por 2 años desarrollaron tumores en los riñones, sin embargo esto no se observó en ratones hembras o en ratas, tanto hembras como machos. La EPA ha determinado que el clorometano es posiblemente carcinogénico en seres humanos.



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
7	Di-n-butilftalato (19)	<p>Parece exhibir relativamente poca toxicidad. No se han descrito efectos adversos en seres humanos expuestos al di-n-butil ftalato. No se sabe si efectos similares ocurrirían en seres humanos.</p> <p>Es probable que los efectos sobre la salud de niños expuestos a altos niveles de di-n-butil ftalato sean similares a los observados en adultos. No se sabe si los niños son más susceptibles que los adultos a los efectos del di-n-butil ftalato. Tampoco si la exposición al di-n-butil ftalato producirá defectos de nacimiento u otros efectos sobre el desarrollo en seres humanos.</p>	<p>En el aire reacciona con otras sustancias y es degradado en pocos días. Puede adherirse a partículas en el aire que eventualmente se depositan en el suelo o el agua. En el agua se adhiere al sedimento, se deposita fuera de ella o es degradado por bacterias. No hay evidencia de que se acumule en la cadena alimentaria. Estudios en animales demuestran que su ingestión en grandes cantidades puede afectar la reproducción. La producción de espermatozoides disminuye, pero vuelve a niveles normales cuando cesa la exposición. La aplicación repetida de grandes cantidades en la piel por largo tiempo puede causar leve irritación. En animales expuestos durante el desarrollo a altos niveles del compuesto se han observado defectos de nacimiento. En animales expuestos durante el desarrollo se han observado fatalidades, bajo peso.</p>	<p>Es un líquido aceitoso sin olor, incoloro a ligeramente amarillo. Es poco soluble en agua y no se evapora fácilmente.</p>	<p>No hay estudios de cáncer en seres humanos y el único estudio en animales de laboratorio es inadecuado. Así la EPA ha determinado que no es clasificable en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos.</p> <p>La OSHA ha establecido un límite de 5 miligramos de di-n-butil ftalato por metro cúbico de aire (5 mg/m<sup>3</sup>) en el trabajo durante jornadas de 8 horas diarias, 40 horas semanales.</p>



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
7	Dibenzofurano (59)	No existe información disponible sobre sus efectos en la reproducción o desarrollo en humanos o animales, ni sobre sus efectos crónicos y agudos en humanos y animales. Es un contaminante persistente en el ambiente, potencialmente bioacumulable y tóxico para el humano y el ambiente. La EPA ha determinado que sus efectos varían con los cloro dibenzofuranos.		Aromático polinuclear. Se presenta en la naturaleza como cristales blancos o sólidos cristalinos. Soluble en agua alrededor de 3mg/L a 25°C.	No se han establecido dosis ni concentraciones de referencia. No existe información sobre sus efectos como carcinogénico en humanos o animales. La EPA lo clasifica en el grupo D, no clasificable como carcinogénico humano.
	Dimetiltalato (60)	Exposiciones agudas por inhalación en humanos causaron irritación de ojos, nariz y garganta. No existe información sobre sus efectos en la reproducción o desarrollo en humanos. Ni de efectos crónicos.	Estudios en ratas mostraron una moderada toxicidad en exposiciones orales y dérmicas. Estudios en animales han reportado ligeros efectos en los riñones y crecimiento por exposiciones crónicas orales.	Es un líquido incoloro, con olor ligeramente dulce. Ligeramente soluble en agua.	No existe información sobre los efectos carcinogénicos de este compuesto en humanos o animales. La EPA lo ha clasificado en el grupo D, no clasificable como carcinogénico humano. La EPA no ha establecido la dosis y concentración de referencia de este compuesto.
	Etilbenceno (90)	Presenta baja toxicidad en el hombre, sus principales efectos tóxicos son depresor del SNC, agente irritante de mucosas, sistema respiratorio y ojos.	No tiende a bioconcentrarse en organismos acuáticos. Presenta baja toxicidad en animales, es irritante de mucosas, sistema respiratorio y ojos.	Es un compuesto volátil, se biodegrada en el ambiente en condiciones aerobias. Movilidad en el suelo moderada.	Se encuentra clasificado por la IARC en el grupo 2B, posiblemente cancerígeno para el hombre.
	Yodometano (85)	Afecta el SNC. Causa irritación en piel, ojos y tracto respiratorio. Por inhalación causa vértigo, delirio y disturbios mentales, vómito, náusea.	Cuando se libera al suelo se evapora rápidamente. En el agua permanece más de 30 días. Tiene un factor de bioconcentración menor de 100. En el aire es degradado por fotólisis.	Líquido incoloro, de olor acre. Soluble en agua 14 g/100 g a 20°C (68F).	La NIOSH considera esta sustancia como un carcinogénico potencial.



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
7	Xilenos (30, 90)	<p>La exposición aguda a los xilenos produce depresión del sistema nervioso central, con mareos, náuseas y dolores de cabeza a dosis bajas y confusión, depresión respiratoria y coma a dosis elevadas.</p> <p>No se sabe si dañan al feto humano si la madre se expone a niveles de xileno bajos durante el embarazo.</p>	<p>Los xilenos presentan baja tendencia a la bioconcentración en el medio acuático.</p> <p>En el aire, son degradados por la luz solar en otros productos químicos menos peligrosos.</p> <p>En el suelo y el agua es degradado por microorganismos.</p>	<p>Líquido incoloro, de aroma dulce, que se inflama fácilmente</p> <p>Los xilenos son básicamente insolubles en agua. En fase vapor reaccionan con los radicales hidroxilos generados por mecanismos fotoquímicos. Movilidad en suelos moderada.</p>	<p>Los xilenos están clasificados en el grupo 3 por la IARC, no clasificables respecto a su comportamiento cancerígeno.</p>
	Cloruro de metileno (18)	<p>El cloruro de metileno causa efectos adversos en el sistema nervioso central. Respirar grandes cantidades de cloruro de metileno produce que se las personas se sientan vacilantes, mareadas, con náuseas y un cosquilleo o adormecimiento de los dedos de las manos y los pies. Respirar menores cantidades de cloruro de metileno puede causar pérdida de la atención y de precisión en tareas que requieren coordinación entre los ojos y las manos. El contacto de la piel con cloruro de metileno produce quemaduras y enrojecimiento de la piel.</p> <p>Es probable que los efectos sobre la salud de niños expuestos a grandes cantidades de cloruro de metileno sean similares a los efectos observados en adultos.</p>	<p>El cloruro de metileno reacciona en el aire con los radicales hidroxilo generados por vía fotolítica, con un tiempo de vida media para esta reacción de 119 días.</p> <p>Es improbable que el cloruro de metileno se acumule en plantas o en animales.</p>	<p>El cloruro de metileno a temperatura ambiente es un líquido incoloro de leve aroma dulce. Se conoce también como diclorometano. El cloruro de metileno no ocurre en forma natural en el medio ambiente.</p>	<p>La Organización Mundial de la Salud ha determinado que el cloruro de metileno puede causar cáncer en seres humanos.</p> <p>El DHHS ha determinado que es razonable predecir que el cloruro de metileno es una sustancia química que produce cáncer.</p> <p>La EPA ha determinado que el cloruro de metileno es un agente químico que probablemente produce cáncer en seres humanos.</p>



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
7	Naftaleno (64)	Exposiciones crónicas han causado cataratas y hemorragias en la retina. Inflamación crónica de los pulmones, nariz, hiperplasia del epitelio de la nariz. Metaplasma del epitelio olfativo, en exposiciones crónicas por inhalación. Una continua inhalación de este compuesto aumenta el riesgo de cáncer. Hay signos de toxicidad materna, pero no efectos en el feto.	En ratas, conejos y ratones en exposiciones crónicas por ingestión han causado cataratas y degeneración de la retina. Diarrea, letargo, encorvamiento de la postura, disminución de peso y lesiones fueron observadas en ratas y ratones con exposiciones crónicas de este compuesto en estudios de laboratorio. Aumenta el número de adenomas y carcinomas en ratones hembras en exposición por inhalación.	En estado natural es sólido o polvo, insoluble en agua. Con un fuerte olor a naftalina.	La EPA ha calculado la concentración de referencia (RfC) como 0.003 mg/m <sup>3</sup> basada en los efectos nasales de los ratones. La dosis de referencia (RfD) es de 0.02 miligramos por kilogramos de peso del cuerpo por día (mg/kg/d) basada en el descenso del peso del cuerpo en ratas macho. La EPA lo ha clasificado en el grupo C, posible carcinogénico para el humano.
	Fenol (21)	En seres humanos, los efectos de respirar fenol en el aire no se conocen. Gente cuya piel fue expuesta a altos niveles de fenol sufrió daño al hígado, diarrea, obscurecimiento de la orina y anemia hemolítica. Los niños están expuestos a fenol del mismo modo que los adultos. Los efectos de exposición al fenol sobre el feto en seres humanos no se conocen.	En animales, respirar aire con altos niveles de fenol produjo irritación a los pulmones. Las exposiciones repetidas produjeron temblores musculares y pérdida de coordinación. La exposición a altos niveles de fenol por varias semanas causó parálisis y serias lesiones al corazón, hígado, riñones y pulmones, y en ciertos casos, la muerte.	En forma pura, el fenol es un sólido blanco-incoloro. El producto comercial es un líquido. Tiene un olor repugnantemente dulce y alquitranado. Se puede detectar el sabor y el olor del fenol a niveles más bajos que los asociados con efectos nocivos. El fenol se evapora más lentamente que el agua y una pequeña cantidad puede formar una solución con agua. El fenol se inflama fácilmente.	No se sabe si el fenol produce cáncer en seres humanos. Ratones a los que se les aplicó fenol en la piel varias veces a la semana de por vida contrajeron cáncer. El fenol no produjo cáncer en ratones o ratas que tomaron agua conteniendo fenol por 2 años. La IARC ha determinado que el fenol no se puede clasificar en relación a carcinogenicidad en seres humanos.



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
7	Estireno (20, 90)	<p>El estireno presenta efectos tóxicos sobre los sistemas nerviosos central y periférico, así como efectos irritantes sobre piel, ojos, garganta y sistema respiratorio.</p> <p>Respirar brevemente altos niveles de estireno provoca trastornos del sistema nervioso, como por ejemplo depresión, dificultad para concentrarse, debilidad muscular, cansancio y náusea, y posiblemente irritación de los ojos, la nariz y la garganta.</p> <p>No hay ninguna información sobre los efectos que respirar, ingerir o tocar estireno pueden tener sobre el desarrollo del feto o la reproducción en seres humanos.</p>	<p>El estireno tiende a adsorberse a la fracción sólida de suelos y sedimentos. Su tendencia a la bioconcentración en organismos acuáticos es baja.</p> <p>Se degrada rápidamente en el aire, por lo general en uno o dos días.</p> <p>Es degradado por bacterias en el suelo y el agua.</p> <p>No parece acumularse en animales.</p> <p>En estudios de corta duración en animales que respiraron vapores de estireno se observó daño de la mucosa nasal. La exposición de larga duración produjo daño en el hígado.</p> <p>En animales expuestos brevemente a niveles de estireno muy altos se observaron algunos efectos sobre la reproducción y el desarrollo.</p>	<p>Se conoce también como vinilbenceno, etenilbenceno, cinameno o feniletileno. Es un líquido incoloro de aroma dulce que se evapora fácilmente.</p> <p>Se disuelve en algunos líquidos, pero no se disuelve muy fácilmente en agua.</p> <p>Reacciona en el aire con los radicales hidroxilos generados por vía fotoquímica. Presenta una movilidad moderada en suelos.</p>	<p>El estireno se encuentra clasificado por la IARC en el grupo 2B.</p> <p>Varios estudios de trabajadores han demostrado que respirar estireno puede producir leucemia.</p> <p>No hay información acerca de la carcinogenicidad del estireno en gente que lo tragó o que tuvo contacto con la piel. Los estudios en animales que respiraron o tragarón estireno sugieren que es carcinogénico, aunque de poca potencia.</p>
	Tetracloroetano (27)	<p>Respirar altos niveles de tetracloroetano puede producir fatiga, vómitos, mareo y posiblemente pérdida del conocimiento. Sin embargo, la mayoría de la gente se recupera de estos efectos una vez que respiran aire fresco.</p>	<p>No se adhiere a partículas en el suelo.</p> <p>No se acumula en forma significativa en peces o en otros organismos.</p>	<p>Sustancia incolora, que no se quema fácilmente. Es volátil y tiene aroma dulce.</p>	<p>No se sabe si produce cáncer en seres humanos. La IARC ha determinado que no puede clasificarse en cuanto a su habilidad para producir cáncer en seres humanos. La EPA ha determinado que el 1,1,2,2-tetracloroetano es posiblemente carcinogénico.</p>



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
7	Tolueno (28, 90)	<p>El tolueno puede afectar al sistema nervioso. Niveles bajos o moderados pueden producir cansancio, confusión, debilidad, pérdida de la memoria, náusea, pérdida del apetito y pérdida de la audición y la vista. Estos síntomas generalmente desaparecen cuando la exposición termina.</p> <p>Inhalar niveles altos de tolueno por un período breve puede hacerlo sentirse mareado o somnoliento. También puede causar pérdida del conocimiento, y aun la muerte.</p> <p>El tolueno produce depresión del sistema nervioso central, ataxia, convulsiones y anestesia general.</p>	<p>El tolueno presenta una moderada tendencia a la concentración en organismos acuáticos.</p> <p>El tolueno generalmente no permanece mucho tiempo en el ambiente.</p>	<p>El tolueno a temperatura ambiente es un líquido incoloro con un olor característico, volátil. Reacciona en el aire con los radicales hidroxilo generados por vía fotoquímica. Posee una movilidad alta en suelos y no tiende a absorberse a la fracción sólida de suelos y sedimentos.</p>	<p>El tolueno se encuentra en el grupo 3 de la IARC, no clasificable respecto a sus efectos cancerígenos en personas. La EPA ha determinado que el tolueno no puede clasificarse en base a carcinogenicidad.</p>
	Triclorofluorometano (49)	<p>Por contacto causa enrojecimiento, dolor.</p> <p>Efectos agudos por inhalación: confusión mental, somnolencia, jadeo, pérdida del conocimiento. La exposición podría causar arritmia cardiaca y asfixia.</p> <p>Efectos por ingestión no hay información disponible.</p> <p>Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. La alerta por el olor es insuficiente.</p>	<p>Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno.</p> <p>Daña la capa de ozono estratosférica que produce un aumento de las radiaciones UV solares que alcanzan la superficie de la Tierra.</p>	<p>Gas incoloro o líquido altamente volátil. Con olor característico. Sus sinónimos son freón 11/ fluorotriclorometano.</p>	



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
	Acetato de vinilo (8)	Los efectos principales de respirar altos niveles de acetato de vinilo por poco tiempo son irritación de los ojos, la nariz y la garganta. No se sabe cuáles son los efectos de respirar bajos niveles de acetato de vinilo por largo tiempo.	Se sabe poco sobre los efectos de este compuesto en el ambiente, pero se sabe que se degrada fácilmente en el ambiente. La mitad del acetato de vinilo en el aire se degrada en aproximadamente 6 horas. La mitad del acetato de vinilo en el agua se degrada en aproximadamente 7 días. No se sabe cuanto tiempo permanece el acetato de vinilo en el suelo.	A temperatura ambiente es un líquido transparente incoloro con aroma dulce a frutas. Es sumamente inflamable. Puede encenderse por alta temperatura, chispas o llamas al aire libre.	No se observaron defectos de nacimiento en las crías de animales expuestos a este compuesto en el agua durante la preñez. Estudios de larga duración en ratas y ratones han demostrado una reducción en la capacidad para combatir infecciones cuando los animales ingirieron altos niveles de esta sustancia química. La IARC ha determinado que no es posible clasificarlo en cuanto a su carcinogenicidad en seres humanos.
7	Arsénico (11)	Respirar niveles altos puede causar dolor de garganta o irritar los pulmones. Ingerir o respirar niveles bajos de arsénico por largo tiempo puede producir oscurecimiento de la piel y la aparición de pequeños callos o verrugas en las palmas de las manos, las plantas de los pies y el torso. No se sabe si la exposición al arsénico producirá defectos de nacimiento u otros efectos sobre el desarrollo en seres humanos. Es probable que los efectos sobre la salud de niños expuestos a grandes cantidades de arsénico serán similares a los efectos observados en adultos.	El arsénico no puede ser destruido en el ambiente. Solamente puede cambiar de forma. El arsénico en el aire se deposita en el suelo o es removido del aire por la lluvia. Muchos de los compuestos de arsénico pueden disolverse en agua. Los peces y mariscos pueden acumular arsénico, pero el arsénico en peces está en una forma que no es perjudicial. En animales expuestos a arsénico inorgánico se han observado defectos de nacimiento.	El arsénico es un elemento natural ampliamente distribuido en la corteza terrestre. En el medio ambiente, el arsénico se encuentra combinado con oxígeno, cloro y azufre formando compuestos inorgánicos de arsénico. El arsénico en animales y en plantas se combina con carbono e hidrógeno formando compuestos orgánicos de arsénico.	Varios estudios han demostrado que el arsénico inorgánico puede aumentar el riesgo de cáncer del pulmón, la piel, la vejiga, el hígado, el riñón y la prostata. La Organización Mundial de la Salud, el DHHS y la EPA han determinado que el arsénico inorgánico es carcinógeno en seres humanos. La OSHA ha establecido límites de 10 µg/m³ de aire en el trabajo urante jornadas de 8 horas diarias, 40 horas a la semana.



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
7	Berilio (13)	<p>Puede producir daño si se respira. Los efectos dependen de la cantidad a la que se expone, la duración de la exposición, y la susceptibilidad individual. La exposición a niveles de berilio en el aire suficientemente altos (mayores que 1,000 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>) puede producir una condición aguda. Esta condición es similar a pulmonía y se llama enfermedad aguda de berilio. Las normas ocupacionales y comunales para berilio en el aire previenen el daño agudo del pulmón. Cierta gente que ha adquirido sensibilidad al berilio puede no tener ningún síntoma. Es improbable que la población general desarrolle enfermedad crónica de berilio porque los niveles de berilio en el aire ambiental son normalmente muy bajos (0.00003-0.0002 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>).</p> <p>Es probable que los efectos del berilio sobre la salud de niños sean similares a los observados en adultos. No se sabe si los niños difieren de los adultos en su susceptibilidad al berilio.</p> <p>No se sabe si la exposición al berilio producirá defectos de nacimiento u otros efectos sobre el desarrollo en seres humanos. Los estudios con berilio en animales no han sido definitivos.</p>	<p>Los polvos de berilio al entrar al aire eventualmente se pueden depositar sobre el suelo y el agua.</p> <p>La mayor parte del berilio en el suelo no se disuelve en agua y permanece adherido al suelo.</p> <p>No se acumula en la cadena alimentaria.</p> <p>En perros que ingirieron berilio con los alimentos se han observado úlceras.</p>	<p>El berilio es un metal grisáceo duro que ocurre naturalmente en rocas, carbón, el suelo y en polvo volcánico.</p>	<p>La exposición prolongada al berilio puede aumentar la posibilidad de desarrollar cáncer del pulmón en seres humanos.</p> <p>El DHHS y la IARC han determinado que es carcinogénico en seres humanos. La EPA ha determinado que es probablemente carcinogénico en seres humanos. La EPA ha determinado que la exposición de por vida a 0.04 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> está asociada con una probabilidad de uno en mil de desarrollar cáncer.</p> <p>La EPA limita la cantidad de berilio que las industrias pueden liberar al aire a 0.01 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>, como promedio durante un periodo de 30 días.</p> <p>La OSHA establece un límite de 2 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>, medido como muestra personal, durante una jornada de 8 horas diarias.</p>



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
7	Manganeso (23)	<p>Ciertos individuos expuestos a niveles de manganeso muy altos por largo tiempo en el trabajo sufrieron perturbaciones mentales y emocionales y exhibieron movimientos lentos y faltos de coordinación (<i>manganismo</i>). Los trabajadores no exhiben síntomas de manganismo a menos que hayan estado expuestos a manganeso por meses o años. La exposición a altos niveles del metal también puede causar problemas respiratorios y alteración en la función sexual. Los niños y adultos que pierden la capacidad para remover exceso de manganeso del cuerpo desarrollan problemas del sistema nervioso. Ya que los niños a ciertas edades ingieren más manganeso que los adultos, hay preocupación de que los niños pueden ser más susceptibles a los efectos tóxicos del exceso de manganeso.</p> <p>Estudios en animales indican que la exposición a altos niveles del metal puede causar defectos de nacimiento. No hay información acerca de si madres expuestas a niveles excesivos pueden transferir el exceso al feto durante el embarazo o a niños que lactan la leche materna.</p>	<p>Puede entrar al agua y al suelo desde depósitos naturales, a través de la disposición de residuos o por deposición desde el aire.</p> <p>El manganeso existe naturalmente en ríos, lagos y en agua subterránea.</p> <p>Las plantas acuáticas pueden incorporar un poco de manganeso del agua y así concentrarlo.</p>	<p>Es un metal que ocurre naturalmente y que se encuentra en muchos tipos de rocas. El manganeso puro es de color plateado, pero no ocurre naturalmente en esta forma. Se combina con otras sustancias tales como oxígeno, azufre o cloro. El manganeso también puede combinarse con carbono para producir compuestos orgánicos de manganeso.</p>	<p>No hay información disponible acerca del manganeso y cáncer en seres humanos. La exposición a altos niveles de manganeso en los alimentos produjo un pequeño aumento en la tasa de tumores del páncreas en ratas machos y de tumores de la tiroides en ratones machos y hembras.</p> <p>La EPA ha determinado que el manganeso no es clasificable en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos.</p> <p>La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite de 5 miligramos de manganeso por metro cúbico de aire (5 mg/m<sup>3</sup>) en el aire del trabajo como promedio durante una jornada de 8 horas diarias, 40 horas semanales.</p>



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
7	Mercurio (24)	<p>El sistema nervioso es muy susceptible a todas formas de mercurio. La exposición a altos niveles de mercurio metálico, inorgánico u orgánico pueden dañar en forma permanente a los riñones, cerebro y al feto. Los efectos sobre la función cerebral se manifiestan como irritabilidad, timidez, temblores, alteración de la vista, audición y problemas de memoria. La exposición por corto tiempo a altos niveles de vapores de mercurio metálico causa lesiones en el pulmón, náusea, vómitos, diarrea, aumento de la presión sanguínea o pulso, salpullido e irritación a los ojos.</p> <p>Niños muy pequeños son más sensibles al mercurio que adultos. El mercurio en el cuerpo de la madre pasa al feto, en donde puede acumularse. También puede pasar al niño a través de la leche materna.</p> <p>Efectos nocivos del mercurio que puede pasar de la madre al feto incluyen daño cerebral, retardo mental, incoordinación, ceguera, convulsiones e incapacidad para hablar. Niños con envenenamiento de mercurio pueden desarrollar problemas al sistema nervioso y sistema digestivo y lesiones al riñón.</p>	Envenenamiento de plantas y animales.	<p>Metal que ocurre en forma natural en el ambiente y que tiene varias formas químicas. Es un líquido inodoro, de color blanco-plateado brillante. Al calentarlo se transforma en un gas inodoro e incoloro.</p> <p>Se combina con otros elementos, por ejemplo cloro, azufre u oxígeno para formar compuestos de mercurio inorgánicos o sales, las que son generalmente polvos o cristales blancos. También se combina con carbono para formar compuestos de mercurio orgánicos. El más común, metilmercurio, es producido principalmente por organismos microscópicos en el suelo y en el agua. Mientras mayor es la cantidad de mercurio en el medio ambiente, mayor es la cantidad de metilmercurio que estos organismos producen.</p>	<p>El cloruro mercúrico produjo un aumento en varios tipos de tumores en ratas y ratones, y el metilmercurio produjo tumores del riñón en ratones machos. La EPA ha determinado que el cloruro mercúrico y el metilmercurio son posiblemente carcinogénicos en seres humanos.</p> <p>La OSHA ha establecido límites de 0.1 miligramos de mercurio orgánico por metro cúbico de aire (0.1 mg/m<sup>3</sup>) en el aire del trabajo y 0.05 mg/m<sup>3</sup> para vapor de mercurio metálico en jornadas de 8 horas diarias y 40 horas semanales.</p>



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
7	Fósforo (62)	<p>No hay información sobre si afecta en la reproducción o desarrollo en humanos. Estudios en animales han reportado incremento en la mortalidad maternal de la rata con exposición oral a este compuesto.</p> <p>La exposición crónica a este compuesto en humanos provoca necrosis de la mandíbula. Los síntomas progresivos empiezan con una inflamación o irritación local, seguida por hinchazón, ulceración y destrucción de la mandíbula con perforación de los senos y en las cavidades nasales. En un estudio ocupacional se observaron anemia y leucemia.</p> <p>Exposiciones agudas a altos niveles de este compuesto en humanos se caracterizan por tres escenarios: el primero consiste en efectos gastrointestinales, el segundo por síntomas durante tres días, el último consiste en un rápido decline de la condición con severos daños gastrointestinales (vómito, calambres y dolor), en el riñón, hígado, daños cardiovasculares y efectos en el sistema nervioso central.</p> <p>Inhalar fósforo irrita el tracto respiratorio y tos.</p>	<p>Estudios en animales han reportado efectos en la sangre por inhalación.</p>	<p>En estado puro es un cristal volátil blanco o amarillo, a veces incoloro. Cuando se expone a la luz se enciende formando un humo blanco y una luz gas verdoso. Tiene un olor parecido al ajo.</p>	<p>No existe información acerca de los efectos carcinogénicos del fósforo en humanos o animales.</p> <p>La EPA lo ha clasificado en el grupo D, no clasificable como carcinogénico para los humanos.</p> <p>La ATSDR ha calculado el nivel mínimo de riesgo por inhalación (MRL) de 0.02 mg/m<sup>3</sup> para los humos de fósforo basado en los efectos respiratorios en humanos.</p> <p>La dosis de referencia para el fósforo blanco es de 0.00002 mg/kg/día basados en los efectos reproductivos. La EPA no establece la concentración de referencia (RfC) para este compuesto.</p>



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades fisico-químicas	Otros datos relevantes
7	Cenizas y residuos de la quema (75, 76, 116)	El mayor riesgo para la salud humana asociada con las cenizas es la inhalación de éstas transportadas por el aire, sobre todo cuando se maneja como producto seco.	El depósito de las cenizas presenta graves problemas ambientales. Son frecuentemente dispuestas al aire libre, pudiendo los contaminantes disolverse y filtrarse a las aguas subterráneas. En algunos casos, se ha documentado la contaminación de las aguas subterráneas por compuestos que han lixiviado desde los residuos, en particular metales pesados.	Son materiales que resultan de quemar madera, carbón, coque y otros desechos combustibles en casas, tiendas, instituciones industriales y municipales para calefacción, cocción y disposición de desechos combustibles, se clasifican como cenizas y residuos. Se componen de materiales finos, polvorientos, escorias y pequeñas cantidades de materiales quemados total o parcialmente.	Cuando el combustible es sólido las cenizas pueden ocupar hasta un 29% del volumen inicial. En algunos países de Europa existe una tendencia reciente que utiliza las cenizas de fondo o las cenizas volantes para proyectos de construcción, en especial para carreteras y caminos. Esta práctica reduce los costes económicos que implica un relleno de seguridad para las cenizas, pero no impide la liberación de las sustancias químicas persistentes por la acción de la erosión.
8	Ladrillo dentro del horno (1)	-	-	Material rígido, de color rojo, presenta un alto contenido de hierro que al oxidarse le confiere dicha tonalidad.	Aunque en esta etapa no se identificaron riesgos a la salud y al ambiente, sí existe el riesgo de sufrir quemaduras.
9	Ladrillo fuera del horno (1)	-	-	Material rígido, de color rojo, presenta un alto contenido de hierro que al oxidarse le confiere dicha tonalidad.	En esta etapa no se identificaron riesgos al ambiente o a la salud, únicamente el hecho de que el producto terminado se almacene fuera del horno en la intemperie provoca impactos negativos en la estética del sitio, al encontrarse cerca de un centro recreativo.



## Formato A7.1 Continuación...

Etapa	Sustancias o materiales involucrados	Riesgos a la salud	Riesgos al ambiente	Propiedades físico-químicas	Otros datos relevantes
10	Aserrín (79)	La acción del viento sobre el aserrín produce partículas que al penetrar en los pulmones y depositarse ahí, dan origen a padecimientos cardiacos y respiratorios crónicos, como enfisema pulmonar y bronquitis.		Los polvos de diferentes maderas tienen distintos efectos sobre los trabajadores. Las maderas duras, tales como el hayayel, roble, están listadas como peligrosas a la salud, más graves que los de las maderas blandas. El cedro rojo occidental (western red cedar) está en una categoría aparte por ser especie de madera alérgica.	Al estar el aserrín almacenado a la intemperie provoca que se moje en época de lluvias disminuyendo la eficiencia de la combustión, además de que al dispersarse hay pérdidas de éste lo que implica pérdidas económicas. Además de causar impactos negativos en la estética del sitio. Los efectos en salud son más notorios, si los materiales particulados están en combinación con otros contaminantes (p. ej. SO <sub>2</sub> ).

Nota: los números que aparecen debajo de las sustancias o materiales involucrados se corresponden a la referencia bibliográfica.

<sup>(a)</sup> se define como el área de la superficie externa más el área de la superficie interna (en el caso de que esta exista)

<sup>(b)</sup> Enfermedades infecciosas y parasitarias del ganado, que pueden ser transmitidas al hombre. Son zoonosis de amplia repercusión en el mundo la tuberculosis, brucelosis, hidatidosis, fiebre Q. Que en su forma aguda provocan fiebre alta (40°- 41°C), dolores articulares y musculares, tos, dolor general sobre todo en el pecho, entre otros; y en forma crónica, fiebre, pérdida de peso, sudoración, insuficiencia cardíaca.

<sup>(c)</sup> SNC: sistema nervioso central

<sup>(d)</sup> La anemia aplásica tiene una alta tasa de mortalidad, del orden del 50% de las personas afectadas (Moreno G., 2003).

*Exposición aguda*, con una duración inferior a veinticuatro horas, consiste por lo general en una única administración del compuesto. Según la ruta de administración pueden existir distintas modalidades de exposición aguda. En la ruta por inhalación, consiste en la administración continua del compuesto durante un periodo de duración inferior a 24 h, normalmente cuatro horas. En la vía oral, suele consistir en la administración de una sola dosis por alimentación forzada de los animales de ensayo, mientras que en la vía cutánea consiste en la aplicación directa sobre la piel del agente estudiado.

*Exposición repetida*, de la sustancia de ensayo, cuando se administra más de una vez durante un periodo de tiempo variable, en función del cual puede distinguirse entre las categorías de exposición *subaguda*, *subcrónica* y *crónica*. La primera corresponde a la repetición de la exposición de la sustancia de ensayo durante un periodo de tiempo relativamente breve, de una duración de un mes o inferior. La *exposición subcrónica* tiene lugar durante un periodo de tiempo de uno a tres meses, mientras que la *exposición crónica* tiene una duración superior a tres meses. Estas definiciones se refieren a condiciones de exposición de animales en ensayos de laboratorio. Para trasladar estos términos a la exposición de personas suele hablarse de exposiciones agudas para indicar aquellas correspondientes a un hecho aislado, mientras que la exposición crónica y subcrónica se refiere a exposiciones repetidas en un periodo de duración superior e inferior a siete años, respectivamente (Moreno G., 2003).

Fuentes: 1, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 41, 49, 53, 56, 57, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 75, 76, 79, 85, 90, 92, 105, 111, 116.



## ANEXO 8

Los riesgos laborales identificados en La Compañía se citan a continuación.

**Formato A8.1** Riesgos laborales identificados en la ladrillera La Compañía

Ladrillera: La Compañía		Riesgos laborales	
Etapa del proceso	Agentes mecánicos	Agentes físicos	Carga de trabajo
1 Extracción de la arcilla	Caidas, tropiezos y resbalones con la tierra mojada que pueden provocar contusiones de cabeza, tronco y extremidades, microtraumatismos y heridas inciso-contusas. Heridas con el azadón Abrasiones de la córnea y conjuntivitis	-	Agotamiento por calor, deshidratación, insolación, calambres Lesiones de espalda (trabajo con azadón), contracturas musculares Envejecimiento prematuro Dolores músculo-esqueléticos, lesiones en cuello, hombros, codos y manos Bursitis, tendinitis
2 Almacenamiento de materia prima	Tropiezos, caídas y resbalones, que pueden provocar contusiones de cabeza, tronco y extremidades, microtraumatismos y heridas inciso-contusas. Abrasiones de la córnea y conjuntivitis	Incendio de estiércol seco	-
3 Preparación de la pasta	Heridas con las herramientas de trabajo Resbalones que pueden provocar contusiones de cabeza, tronco y extremidades, microtraumatismos	-	Agotamiento por calor, deshidratación, insolación, calambres Lesiones de espalda Contracturas musculares Envejecimiento prematuro Hernias discales Dolores músculo-esqueléticos, lesiones en cuello, hombros, codos y manos, bursitis, tendinitis
4 Moldeo	Resbalones que pueden provocar contusiones de cabeza, tronco y extremidades, microtraumatismos	-	Agotamiento por calor, deshidratación, insolación, calambres. Bursitis, tendinitis, dolores músculo-esqueléticos, contracturas musculares Lesiones de espalda



## Formato A8.1 Continuación...

Etapa del proceso	Riesgos laborales		
	Agentes mecánicos	Agentes físicos	Carga de trabajo
5 Secado	-	-	Agotamiento por calor, deshidratación, insolación, calambres Lesiones de espalda Contracturas musculares Dolores muscoesqueléticos Lesiones en cuello, hombros, codos y manos Inflamación de músculos y tendones (bursitis, tendinitis)
6 Acarreo al horno	Caidas de las rampas, tropezos y resbalones que pueden provocar contusiones de cabeza, tronco y extremidades, microtraumatismos y heridas inciso-contusas.	-	Agotamiento por calor, deshidratación, insolación, calambres Lesiones de espalda Contracturas musculares Dolores músculo-esqueléticos Lesiones en cuello, hombros, codos y manos Inflamación de músculos y tendones (bursitis, tendinitis)
7 Cocción	-	Incendio	Agotamiento por calor, deshidratación, insolación, calambres Lesiones de espalda Quemaduras
8 Enfriamiento	-	-	-
9 Almacenamiento de producto terminado	Caidas, tropezos y resbalones que pueden provocar contusiones de cabeza, tronco y extremidades, microtraumatismos y heridas inciso-contusas.	-	Agotamiento por calor, deshidratación, insolación, calambres Lesiones de espalda (trabajo con azadón) Contracturas musculares Envejecimiento prematuro Dolores muscoesqueléticos Lesiones en cuello, hombros, codos y manos Inflamación de músculos y tendones (bursitis, tendinitis)
10 Almacenamiento de combustible	Tropezos, caídas y tropezos Abrusiones de la córnea y conjuntivitis	Incendio Explosiones por el aserrín	-



## ANEXO 9

Las rutas de exposición en La Compañía se mencionan en el siguiente formato.

**Formato A9.1** Rutas de exposición en La Compañía

Nombre de la ruta	Fuente de contaminación del aire, agua, suelo, visual, etc.	Factor ambiental	Punto de exposición	Población receptora	Población pasada, presente o futura	Población completa o potencial
Aire Inhalación de gases	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horno ladrillero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aire de la comunidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los miembros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Completa</li> </ul>
Aire Inhalación de partículas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horno ladrillero</li> <li>• Lugar de almacenamiento de materias primas</li> <li>• Sitio de preparación de la pasta</li> <li>• Lugar almacenamiento de combustibles</li> <li>• Sitio de extracción de la arcilla</li> <li>• Tiraderos de material defectuoso, moldes, restos de la combustión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aire de la comunidad</li> <li>• Aire de la ladrillera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Principalmente miembros de la ladrillera y población cercana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencial</li> </ul>
Agua superficial ingestión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiraderos de material defectuoso, moldes, restos de la combustión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua del río San Rafael</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Miembros consumidores del agua del río San Rafael</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencial</li> </ul>



## Formato A9.1 Continuación...

Nombre de la ruta	Fuente de contaminación del aire, agua, suelo, visual, etc.	Factor ambiental	Punto de exposición	Población receptora	Población pasada, presente o futura	Población completa o potencial
Subsuelo/agua subterránea	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lugar de almacenamiento de materias primas</li><li>• Suelo del horno</li><li>• Sitio de preparación de la pasta</li><li>• Sitio de moldeo</li><li>• Área de secado del ladrillo crudo</li><li>• Horno ladrillero</li><li>• Tiraderos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Subsuelo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cuerpos de agua</li></ul>	-	<ul style="list-style-type: none"><li>• Futura</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Potencial</li></ul>
Comida	<ul style="list-style-type: none"><li>• Horno ladrillero</li><li>• Lugar de almacenamiento de materia prima</li><li>• Lugar de almacenamiento de combustibles</li><li>• Sitio de extracción de la arcilla</li><li>• Tiraderos de material defectuoso, moldes, restos de la combustión.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aire</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alimentos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Miembros consumidores de alimentos contaminados</li><li>• Miembros de la ladrillera</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Presente</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Potencial</li></ul>
Apreciación visual	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiraderos</li><li>• Lugar de almacenamiento de materia prima</li><li>• Lugar de almacenamiento de combustibles</li><li>• Lugar de extracción de la arcilla</li><li>• Lugar de almacenamiento de producto terminado</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estética</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zona ladrillera y áreas cercanas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Población cercana a la ladrillera</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Presente</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Potencial</li></ul>



**Formato A9.1** Continuación...

Nombre de la ruta	Fuente de contaminación del aire, agua, suelo, visual, etc.	Factor ambiental	Punto de exposición	Población receptora	Población pasada, presente o futura	Población completa o potencial
Contacto dérmico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sitio de extracción de la arcilla.</li> <li>• Lugar de almacenamiento de la materia prima</li> <li>• Sitio de preparación de la pasta</li> <li>• Sitio de moldeo</li> <li>• Ladrillo crudo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo</li> <li>• Aire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zona ladrillera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal de la ladrillera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencial</li> </ul>

La relación entre las rutas de exposición identificadas en la Compañía se establecen en la tabla siguiente.

**Tabla A9.1** Relación entre las rutas de exposición y las etapas del proceso

Etapas del proceso	Nombre de la ruta	Comentarios
1 Extracción de la arcilla	Aire inhalación de partículas	Al extraer la arcilla se producen polvos inhalables. Además de que al estar el suelo sin cubierta vegetal se propicia esta situación.
	Comida	El viento dispersa polvos del suelo sin cubierta vegetal, que pueden entrar en contacto con los alimentos.
	Contacto dérmico	Por la manipulación de la tierra directamente con las manos se da el contacto dérmico.
	Apreciación visual	La Compañía se encuentra cerca de un centro recreativo.
2 Almacenamiento de materia prima	Aire inhalación de partículas	La materia prima está almacenada al aire libre sin cubrir o mal cubierta, el viento crea partículas de arcilla y estiércol seco.
	Subsuelo/agua subterránea	El almacenamiento se lleva a cabo directamente sobre el suelo y sin cubrir, provocando que en época de lluvias el agua ayude a que la materia orgánica (estiércol) se infiltre en el subsuelo.
	Comida	El almacenamiento al descubierto y el viento pueden provocar que el estiércol y arcilla lleguen a entrar en contacto con los alimentos de los residentes de la ladrillera principalmente.
	Apreciación visual	El almacenamiento del estiércol al descubierto, provoca a parte de ser foco de infección impacto en la estética del sitio.
	Contacto dérmico	A través del viento o por la manipulación de la arcilla y estiércol directamente con las manos se da el contacto dérmico.



Tabla A9.1 Continuación...

Etapa del proceso	Nombre de la ruta	Comentarios
3 Preparación de la pasta	Aire inhalación de partículas	Al realizar el mezclado de la materia prima hay creación de partículas del material seco (arcilla y estiércol)
	Subsuelo/agua subterránea	La preparación de la pasta se realiza en el suelo directamente, en época de lluvias y por la acción del agua de la pasta se produce la infiltración de sus constituyentes al subsuelo y agua subterránea.
	Contacto dérmico	Puede llegar a existir contacto con la pasta durante su preparación.
4 Moldeo	Subsuelo agua subterránea	Esta actividad se realiza sobre el suelo directamente, originando que los restos de pasta y el propio material del ladrillo crudo lleguen al subsuelo y agua subterránea por la acción del agua en época de lluvias.
	Apreciación visual	Los moldes desechados pueden llegar a disponerse en los pequeños tiraderos alrededor de la ladrillera, aunque lo más común es que sean empleados como combustible en los hornos.
	Contacto dérmico	No existe duda de éste, el enrase del ladrillo en el molde es con la mano, algunos trabajadores realizan esta actividad sin ningún tipo de calzado.
5 Secado	Subsuelo/agua subterránea	Si el ladrillo crudo no se cubre con plástico (cuando se encuentra a la aire libre directamente sobre el suelo) el agua de lluvia arrastra material de éste hacia el subsuelo y agua subterránea.
6 Acarreo al horno	Contacto dérmico	Durante el acarreo de los ladrillos secos al horno, el trabajador entra en contacto con éstos al acomodarlos para cargar el horno.



Tabla A9.1 Continuación...

Etapa del proceso	Nombre de la ruta	Comentarios
7 Cocción	Aire inhalación de gases	El horno en donde se lleva a cabo la cocción de los ladrillos genera gases que viajan a través de la atmósfera.
	Aire inhalación de partículas	Uno de los contaminantes emitidos en los hornos ladrilleros son partículas.
		Los restos de la combustión y de material defectuoso son dispuestos en los alrededores de la ladrillera que con la acción del viento crean polvos.
	Agua superficial ingestión	Los restos de la combustión son depositados en los pequeños tiraderos alrededor de la ladrillera, que en época de lluvias son arrastrados hacia cuerpos de agua cercanos.
	Subsuelo/agua subterránea	Determinados contaminantes generados en los hornos se adhieren al suelo, pasando al subsuelo y al agua subterránea.
		Los restos de la combustión son llevados a los pequeños tiraderos alrededor de la ladrillera, los cuales pueden llegar al subsuelo y agua subterránea con ayuda de la lluvia.
	Comida	Algunos contaminantes producidos en los hornos ladrilleros tienden a bioacumularse y biomagnificarse para ascender a concentraciones más altas o sucesivos niveles tróficos de la cadena alimenticia, adhiriéndose al suelo y a los sedimentos en lagos y ríos; acumulándose en peces en niveles hasta diez mil veces más altos que los que se encuentran en el agua o en sedimentos, y en otros animales como aves y seres humanos que se exponen a ellos a través de los alimentos.
El viento produce polvos provenientes de los tiraderos, que llegan a entrar en contacto con los alimentos, principalmente de los ladrilleros.		
Apreciación visual	La presencia de tiraderos en los alrededores de la ladrillera causa un impacto negativo en la estética del sitio y de las poblaciones cercanas. Sobre todo por la presencia de un parque recreativo.	
8 Enfriamiento	-	No se tienen rutas de exposición identificables, únicamente existe el peligro de sufrir quemaduras por descuido.
9 Almacenamiento de producto terminado	Apreciación visual	La presencia del ladrillo almacenado a la intemperie puede dar lugar a un impacto negativo en la estética del sitio, sobre todo porque existe una zona recreativa.
10 Almacenamiento de combustibles	Aire inhalación de partículas	El viento, el almacenamiento del aserrín al aire libre y descubierto provocan la creación de partículas.
	Apreciación visual	El almacenamiento al aire libre del aserrín tiene un impacto en la estética del sitio.





**Microsoft Excel - GAUSTRANO**

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

Arial 10

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2	Q =	259361805 $\mu\text{g/s}$ ESTABILIDAD D												
3														
4														
5	v =	6,34 m/s												
6														
7	H =	10 m												
8														
9	h =	m												
10														
11														
12	Estabilidad C													
13	a =	104												
14														
15	x < 1km													
16	c =	61												
17	d =	0,911												
18	f =	0												
19														
20	x > 1km													
21	c =	61												
22	d =	0,911												
23	f =	0												
24														
25														
26	Estabilidad D													

x (m)	$\sigma_y$	$\sigma_z$	C [x,0]	x (Km)
10	1,11	-0,52	0,00	0,01
20	2,06	0,25	0,00	0,02
30	2,96	0,91	0,00	0,03
40	3,83	1,52	0,00	0,04
50	4,67	2,08	12,19	0,05
60	5,50	2,62	562,87	0,06
70	6,31	3,13	3653,98	0,07
80	7,11	3,62	10196,99	0,08
90	7,90	4,09	18664,54	0,09
100	8,68	4,55	27062,92	0,1
110	9,45	5,00	34170,63	0,11
120	10,22	5,44	39563,27	0,12
130	10,97	5,86	43287,59	0,13
140	11,73	6,28	45591,01	0,14
150	12,47	6,69	46769,03	0,15
160	13,21	7,09	47095,88	0,16
170	13,95	7,49	46800,61	0,17
180	14,68	7,88	46064,22	0,18
190	15,41	8,26	45025,13	0,19
200	16,13	8,64	43787,00	0,2
210	16,85	9,01	42426,27	0,21
220	17,56	9,38	40998,64	0,22

y (m) x=0,16	C [0,16,y]	y (m) x=0,16	C [0,16,y]
0	47095,88	0	47095,88
10	36194,61	-10	36194,61
20	18209,76	-20	18209,76
30	6762,96	-30	6762,96
40	2022,71	-40	2022,71
50	519,24	-50	519,24

Conc. Max. / Conc. eje y / Estabilidad C / Estabilidad D / Conc. eje y2 / Es

Listo

Inicio Microsoft Excel - GAUS... 14:47

Figura A10.2 Hoja de cálculo empleada para el cálculo del área de afectación para la estabilidad D.



## ANEXO 11

Las emisiones de cada horno ladrillero calculadas con los factores de emisión de las tablas 3.3, A4.6 y A4.7 son las siguientes.

**Tabla A11.1** Emisión de contaminantes provenientes de los hornos, en quema normal

Contaminante	Emisión del horno de 20 millares (µg/s)	Emisión del horno de 40 millares (µg/s)	Emisión total de los cuatro hornos (µg/s)
PM	162 719.4088	325 438.8175	488 158.2263
PM-10	148 722.0403	297 444.0805	446 166.1208
PM 2.5	131 225.3296	262 450.6593	393 675.9889
SO <sub>2</sub>	117 227.9611	234 455.9223	351 683.8834
SO <sub>3</sub>	19 246.38168	38 492.76336	57 739.14504
NO <sub>x</sub>	64 737.82929	129 475.6586	194 213.4879
CO	279 947.3699	559 894.7398	839 842.1097
CO <sub>2</sub>	85 733 882.03	171 467 764.1	257 201 646.1
1.1.1. Tricloroetano	0.052490132	0.104980264	0.157470396
2-Butanona	1.154782901	2.309565802	3.464348702
2-Hexanona	0.052490132	0.104980264	0.157470396
2 Metilfenol	0.000349934	0.000699868	0.001049803
Acetona	68.23717141	136.4743428	204.7115142
Acrlonitrilo	2.624506593	5.249013186	7.873519778
Benceno	90.98289522	181.9657904	272.9486856
Bis(2-etilhexil) ftalato	5.074046079	10.14809216	15.22213824
Bromometano	8.748355309	17.49671062	26.24506593
Disulfuro de carbono	2.799473699	5.598947398	8.398421097
Tetracloruro de carbono	0.052490132	0.104980264	0.157470396
Cloroformo	0.052490132	0.104980264	0.157470396
Clorometano	118.9776322	237.9552644	356.9328966
Di-n-butilftalato	1.067299348	2.134598695	3.201898043
Dibenzofurano	2.624506593	5.249013186	7.873519778
Dimetilftalato	1.749671062	3.499342124	5.249013186
Etilbenceno	1.487220403	2.974440805	4.461661208
Yodometano	34.99342124	69.98684247	104.9802637
M-/p-xileno	5.074046079	10.14809216	15.22213824
Cloruro de metileno	1.312253296	2.624506593	3.936759889
Naftaleno	59.4888161	118.9776322	178.4664483



Tabla A11.1 Continuación...

Contaminante	Emisión del horno de 20 millares (µg/s)	Emisión del horno de 40 millares (µg/s)	Emisión total de los cuatro hornos (µg/s)
o-Xileno	0.664875003	1.329750007	1.99462501
Fenol	12.59763165	25.19526329	37.79289494
Estireno	0.076985527	0.153971053	0.23095658
Tetracloroetano	0.052490132	0.104980264	0.157470396
Tolueno	19.24638168	38.49276336	57.73914504
Tricloroetano	0.052490132	0.104980264	0.157470396
Triclorofluorometano	1.014809216	2.029618432	3.044427648
Acetato de vinilo	0.052490132	0.104980264	0.157470396
Arsénico	5.423980292	10.84796058	16.27194088
Berilio	0.073486185	0.146972369	0.220458554
Manganeso	2274.57238	4 549.144761	6 823.717141
Mercurio	1.312253296	2.624506593	3.936759889
Fósforo	171.4677641	342.9355281	514.4032922
<b>TOTAL</b>	<b>86 660 601.57</b>	<b>173 321 203.1</b>	<b>259 981 804.7</b>



## ANEXO 12

Las tablas siguientes muestran la concentración de los contaminantes viento abajo en quema normal para las estabilidades C y D. Las filas en negritas corresponden a la concentración máxima.

**Tabla A12.1** Concentración de los contaminantes viento abajo para la estabilidad C

Distancia viento abajo x (m)	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (x, 0)	Distancia viento abajo x (m)	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (x, 0)
10	0.00	1350	1085.02
20	0.12	1400	1016.59
30	354.21	1450	954.63
40	5505.43	1500	898.33
50	17901.91	1550	847.02
60	31410.38	1600	800.12
70	41380.96	1650	757.12
80	47026.00	1700	717.61
<b>90</b>	<b>49243.20</b>	1750	681.21
100	49173.08	1800	647.59
150	37686.75	1850	616.48
200	26678.34	1900	587.63
250	19401.44	1950	560.83
300	14639.70	2000	535.87
350	11415.84	2050	512.60
400	9148.86	2100	490.86
450	7499.30	2150	470.51
500	6263.18	2200	451.45
550	5313.38	2250	433.56
600	4567.78	2300	416.75
650	3971.62	2350	400.92
700	3487.31	2400	386.01
750	3088.35	2450	371.95
800	2755.68	2500	358.66
850	2475.26	2550	346.10
900	2236.61	2600	334.21
950	2031.75	2650	322.94
1000	1854.53	2700	312.25
1050	1700.13	2750	302.10
1100	1564.77	2800	292.45
1150	1445.39	2850	283.28
1200	1339.56	2900	274.54
1250	1245.26	2950	266.21
1300	1160.87	3000	258.27



Tabla A12.1 Continuación...

Distancia viento abajo x (m)	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (x, 0)	Distancia viento abajo x (m)	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (x, 0)
3050	250.69	4550	121.90
3100	243.46	4600	119.52
3150	236.54	4650	117.21
3200	229.92	4700	114.97
3250	223.58	4750	112.80
3300	217.51	4800	110.69
3350	211.70	4850	108.64
3400	206.12	4900	106.65
3450	200.77	4950	104.71
3500	195.63	5000	102.83
3550	190.69	5050	101.00
3600	185.94	5100	99.22
3650	181.38	5150	97.49
3700	176.98	5200	95.81
3750	172.75	5250	94.17
3800	168.67	5300	92.57
3850	164.75	5350	91.02
3900	160.96	5400	89.50
3950	157.30	5450	88.03
4000	153.77	5500	86.59
4050	150.37	5550	85.19
4100	147.08	5600	83.82
4150	143.90	5650	82.48
4200	140.82	5700	81.18
4250	137.85	5750	79.91
4300	134.97	5800	78.68
4350	132.19	5850	77.47
4400	129.49	5900	76.29
4450	126.88	5950	75.13
4500	124.35	6000	74.01

Tabla A12.2 Concentración de los contaminantes viento abajo para la estabilidad D

Distancia viento abajo x (m)	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (x, 0)	Distancia viento abajo x (m)	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (x, 0)
10	0.00	120	39563.27
20	0.00	130	43287.59
30	0.00	140	45591.01
40	0.00	150	46769.03
50	12.19	<b>160</b>	<b>47095.88</b>
60	562.87	170	46800.61
70	3653.98	180	46064.22
80	10196.99	190	45025.13
90	18664.54	200	43787.00
100	27062.92	250	36660.14
110	34170.63	300	30163.58



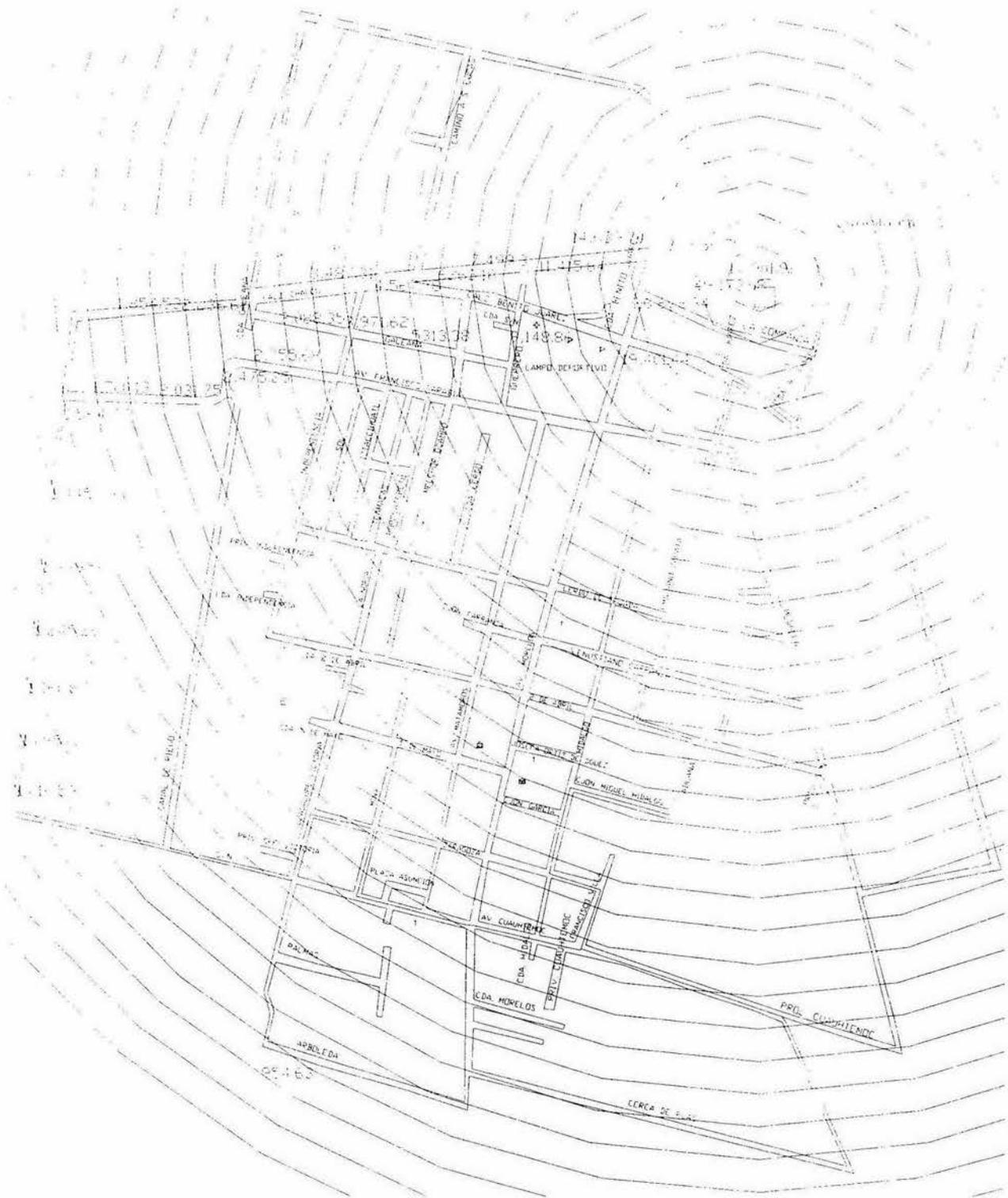
Tabla A12.2 Continuación...

Distancia viento abajo x (m)	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (x, 0)	Distancia viento abajo x (m)	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (x, 0)
350	24973.95	2600	1229.54
400	20933.11	2650	1194.82
450	17778.27	2700	1161.71
500	15287.01	2750	1130.12
550	13292.63	2800	1099.96
600	11673.93	2850	1071.12
650	10343.03	2900	1043.54
700	9235.65	2950	1017.14
750	8304.24	3000	991.84
800	7513.10	3050	967.59
850	6835.14	3100	944.32
900	6249.46	3150	921.98
950	5739.80	3200	900.52
1000	5293.33	3250	879.89
1050	4908.10	3300	860.04
1100	4567.31	3350	840.94
1150	4264.15	3400	822.55
1200	3993.07	3450	804.82
1250	3749.56	3500	787.73
1300	3529.85	3550	771.24
1350	3330.82	3600	755.33
1400	3149.86	3650	739.96
1450	2984.77	3700	725.12
1500	2833.65	3750	710.77
1550	2694.93	3800	696.89
1600	2567.21	3850	683.47
1650	2449.32	3900	670.48
1700	2340.24	3950	657.90
1750	2239.06	4000	645.71
1800	2145.02	4050	633.90
1850	2057.42	4100	622.45
1900	1975.67	4150	611.35
1950	1899.23	4200	600.58
2000	1827.63	4250	590.12
2050	1760.45	4260	588.07
2100	1697.33	4270	586.03
2150	1637.92	4280	584.00
2200	1581.92	4290	581.98
2250	1529.08	4300	579.97
2300	1479.13	4350	570.11
2350	1431.88	4400	560.53
2400	1387.11	4450	551.22
2450	1344.65	4500	542.17
2500	1304.33	4550	533.37
2550	1266.01	4600	524.80



Tabla A12.2 Continuación...

Distancia viento abajo x (m)	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (x, 0)	Distancia viento abajo x (m)	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (x, 0)
4500	542.17	5250	431.65
4550	533.37	5300	425.65
4600	524.80	5350	419.80
4650	516.47	5400	414.07
4700	508.36	5450	408.48
4750	500.46	5550	397.68
4800	492.77	5600	392.45
4850	485.27	5650	387.35
4900	477.97	5700	382.35
4950	470.85	5750	377.46
5000	463.90	5800	372.68
5050	457.13	5850	368.00
5100	450.53	5900	363.41
5150	444.08	5950	358.93
5200	437.79	6000	354.53



Nota: La concentración de contaminantes está en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  cada 50 metros.

**Figura A12.1** Concentración de contaminantes viento abajo en San Gregorio Cuautzingo para la estabilidad C, en quema normal



Nota: La concentración de contaminantes está en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  cada 50 metros.

**Figura A12.2** Concentración de contaminantes viento abajo en San Gregorio Cuautzingo para la estabilidad D, en quema normal



## ANEXO 13

Las tablas siguientes muestran la concentración de la nube de contaminantes en la dirección  $y$ , para las estabilidades C y D.

**Tabla A13.1** Concentración de los contaminantes en dirección  $y$  para la estabilidad C, en quema normal

Distancia $y$ (m) para $x = 0.09$ km	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (0.09, $y$ )	Distancia $y$ (m) para $x = 0.09$ km	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C(0.09, $y$ )
0	49243.20	0	49 243.20
10	37025.89	-10	37 025.89
20	18327.44	-20	18 327.44
30	7207.76	-30	7 207.76
40	2511.45	-40	2 511.45
50	827.13	-50	827.13
60	267.71	-60	267.71
70	87.19	-70	87.19
80	28.98	-80	28.98
90	9.91	-90	9.91
100	3.51	-100	3.51
110	1.28	-110	1.28
120	0.49	-120	0.49
130	0.19	-130	0.19
130	0.19	-130	0.19
140	0.08	-140	0.08
150	0.03	-150	0.03
160	0.01	-160	0.01
170	0.01	-170	0.01
180	0.00	-180	0.00
190	0.00	-190	0.00

**Tabla A13.2** Concentración de los contaminantes en dirección y para la estabilidad D, en quema normal

Distancia y(m) para x = 0.160 km	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (0.160, y)	Distancia y(m) para x = 0.160 km	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C(0.160, y)
0	47095.88	0	47 095.88
10	36194.61	-10	36 194.61
20	18209.76	-20	18 209.76
30	6762.96	-30	6 762.96
40	2022.71	-40	2 022.71
50	519.24	-50	519.24
60	119.92	-60	119.92
70	25.80	-70	25.80
80	5.31	-80	5.31
90	1.07	-90	1.07
100	0.21	-100	0.21
110	0.04	-110	0.04
120	0.01	-120	0.01
130	0.00	-130	0.00
140	0.00	-140	0.00
150	0.00	-150	0.00



## ANEXO 14

Las siguientes imágenes muestran la programación en Maple de las ecuaciones 3.1, 3.2 y 3.3 para las estabildades C y D respectivamente.

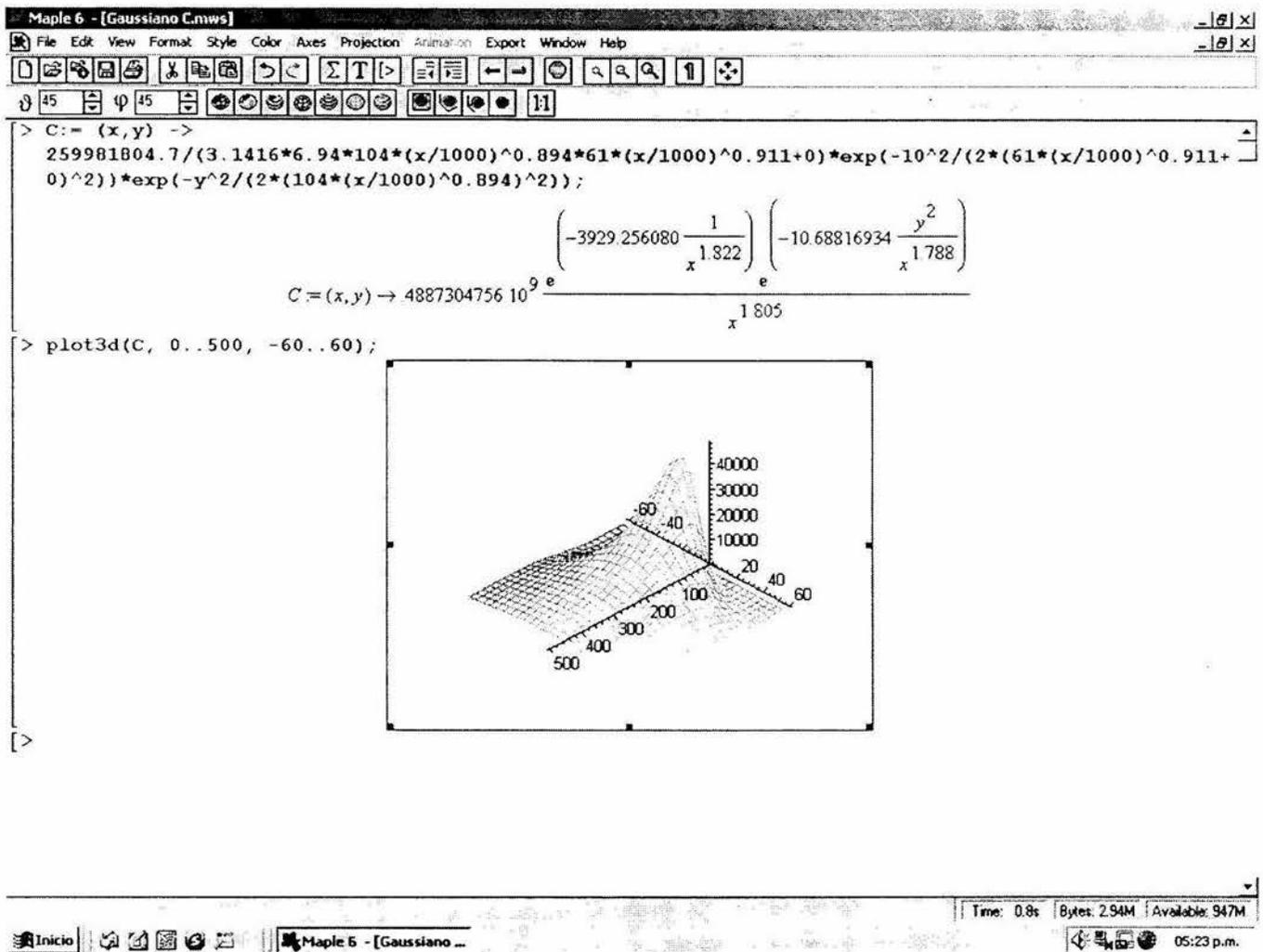


Figura A14.1 Programación en Maple del modelo gaussiano para la estabilidad C

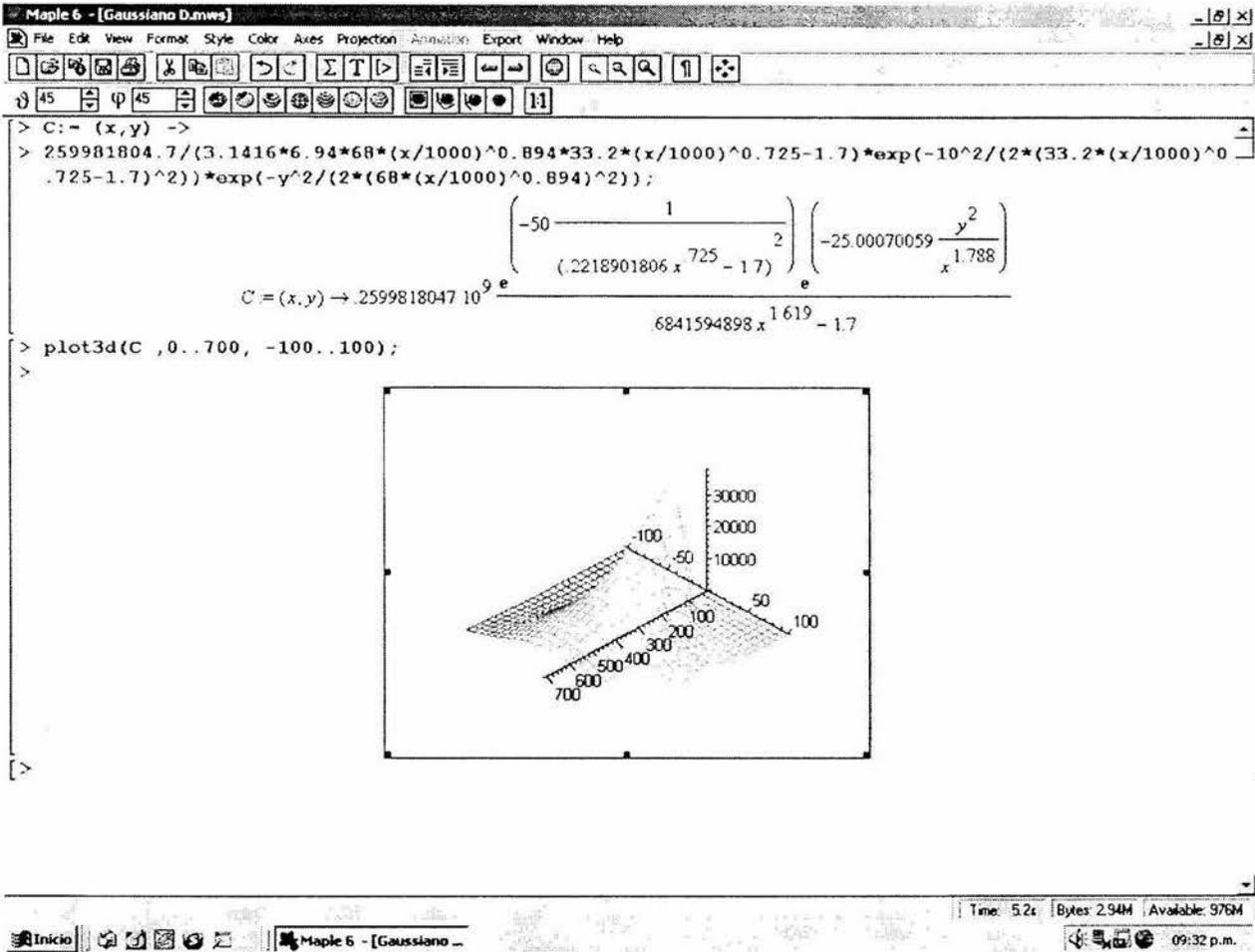


Figura A14.2 Programación en Maple del modelo gaussiano para la estabilidad D



## ANEXO 15

El formato siguiente muestra la relación dosis-respuesta de los compuestos emitidos de los hornos ladrilleros de La Compañía por la quema de aserrín.

**Formato A15.1** Relación dosis-respuesta de los compuestos emitidos por la quema de aserrín

Contaminantes producidos	Cancerígeno	No cancerígeno	Efectos en el desarrollo	Otros datos
Partículas (PM, PM-10 y PM-2.5)		X	-	Personas sensibles: ancianos, niños, personas con afecciones pulmonares o cardiovasculares.
SO <sub>2</sub> Dióxido de carbono		X	-	La IARC lo clasifica en el grupo 3, no clasificable en relación a carcinogenicidad en seres humanos. Ancianos y niños son los más afectados. Personas sensibles: asmáticos, quienes padecen enfermedades pulmonares y crónicas.
SO <sub>3</sub> Trióxido de azufre		X	-	La IARC no lo ha clasificado en cuanto a carcinogenicidad.
NO <sub>x</sub> Óxidos de nitrógeno		X	-	Ni el DHHS, la IARC y la EPA han clasificado a los óxidos de nitrógeno en cuanto a su carcinogenicidad. Entre las personas sensibles a estos compuestos están los asmáticos y aquellas con enfermedades del corazón y obstrucciones crónicas.
CO Monóxido de carbono		X	-	Clasificado como asfixiante químico
CO <sub>2</sub> Bióxido de carbono		X	-	Clasificado como asfixiante simple.
1,1,1 Tricloroetano		X	-	La IARC ha determinado que no es clasificable en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos.
2-Butanona		X	-	El DHHS no ha clasificado a la 2-butanona en cuanto a su carcinogenicidad en seres humanos. La IARC y la EPA tampoco la han clasificado en cuanto a su carcinogenicidad en seres humanos.
2-Hexanona		X	-	El DHHS no la ha clasificado en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos. La IARC y la EPA tampoco han clasificado a la 2-hexanona en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos.
2-Metilfenol		X	-	-
Acetona		X	-	Clasificada por la EPA en el grupo D, no clasificable respecto a sus efectos cancerígenos en personas.



## Formato A15.1 Continuación...

Contaminantes producidos	Cancerígeno	No cancerígeno	Efectos en el desarrollo	Otros datos
Acilonitrilo	X		-	Los niños son mucho más susceptibles que los adultos. El DHHS ha determinado que es razonable predecir que el acilonitrilo es carcinogénico en seres humanos.
Benceno	X		-	La IARC clasifica al benceno en el grupo 1 (cancerígeno para personas). El DHHS ha determinado que el benceno es un reconocido carcinógeno en seres humanos.
Bis (2-etilhexil) ftalato	X		-	La EPA lo clasifica en el grupo 2B, probable carcinogénico para el hombre.
Bromoetano		X	-	La EPA ha determinado que el bromoetano no es clasificable en cuanto a su carcinogenicidad en seres humanos.
Disulfuro de carbono		X	-	La EPA no lo ha clasificado como carcinogénico humano
Tetracloruro de carbono	X		-	La IARC clasifica al tetracloruro de carbono en el grupo 2B de agentes cancerígenos para personas. El DHHS ha determinado que es razonable predecir que el tetracloruro de carbono es carcinogénico. La EPA ha determinado que el tetracloruro de carbono es probablemente carcinogénico en seres humanos.
Cloroformo	X		-	El cloroformo está clasificado por la IARC en el grupo 2B. El DHHS ha determinado que es razonable predecir que el cloroformo es carcinogénico.
Clorometano	X		-	La EPA ha determinado que el clorometano es posiblemente carcinogénico en seres humanos.
Di-n-butilftalato		X	-	La EPA ha determinado que no es clasificable en cuanto a carcinogenicidad en humanos.
Dibenzofurano		X	-	La EPA lo clasifica en el grupo D, no clasificable como carcinogénico humano.
Dimetilftalato		X	-	La EPA lo clasifica en el grupo D, no clasificable como carcinogénico humano.
Etilbenceno	X		-	La IARC lo clasifica en el grupo 2B.
Yodometano	X		-	La NIOSH lo considera como carcinogénico potencial.
Xilenos		X	-	Están clasificados en el grupo 3 por la IARC,(no clasificables respecto a su comportamiento cancerígeno).



## Formato A15.1 Continuación...

Contaminantes producidos	Cancerígeno	No cancerígeno	Efectos en el desarrollo	Otros datos
Cloruro de metileno	X		-	La OMS ha determinado que puede causar cáncer en seres humanos. El DHHS ha determinado que es razonable predecir que el cloruro de metileno es una sustancia química que produce cáncer. La EPA ha determinado que es un agente químico que probablemente produce cáncer en seres humanos.
Naftaleno	X		-	La EPA lo ha clasificado en el grupo C, posible carcinógeno para el humano.
Fenol		X	-	La IARC ha determinado que el fenol no se puede clasificar en relación a carcinogenicidad en seres humanos.
Estireno	X		-	Se encuentra clasificado por la IARC en el grupo 2B.
Tetracloroetano	X		-	La IARC ha determinado que el tetracloroetano no puede clasificarse en cuanto a su habilidad para producir cáncer en seres humanos, en tanto la EPA ha determinado que es posiblemente carcinogénico en seres humanos.
Tolueno		X	-	Se encuentra en el grupo 3 de la IARC. La EPA ha determinado que el tolueno no puede clasificarse en base a carcinogenicidad.
Triclorofluorometano		-	-	-
Acetato de vinilo		X	-	La IARC ha determinado que no es posible clasificar al acetato de vinilo en cuanto a su carcinogenicidad en seres humanos.
Arsénico		X	-	La OMS, el DHHS y la EPA han determinado que el arsénico inorgánico es carcinógeno en seres humanos.
Berilio	X		-	El DHHS y la IARC han determinado que es carcinogénico en seres humanos. La EPA ha determinado que es probablemente carcinogénico en seres humanos.
Manganeso		X		La EPA ha determinado que el manganeso no es clasificable en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos.
Mercurio	X		X	El mercurio en el ambiente se combina con carbono para formar metilmercurio. La EPA ha determinado que el cloruro mercúrico y el metilmercurio son posiblemente carcinogénicos en seres humanos.
Fósforo		X	-	La EPA lo ha clasificado en el grupo D, no clasificable como carcinogénico para los humanos.
Cenizas y residuos de la quema		X	-	-



## ANEXO 16

El reporte de riesgos para La Compañía es el siguiente.

## Formato A16.1 Reporte de riesgos

No. Etapa	Escenario	Frecuencia	Consecuencia	Valor del riesgo
<b>Personal</b>				
1.1	1. Producción de partículas (por acción del viento o por la propia actividad) que son inhaladas por el personal.	5	4	I
	2. Producción de partículas (por acción del viento o por la propia actividad) que entran en contacto con los ojos y garganta.	5	3	I
	3. Ingestión de comida contaminada con tierra.	5	3	I
	4. Contacto dérmico de la tierra al extraer la arcilla.	4	3	I
	5. El trabajo es manual y al aire libre	4	2	II
2.1	1. Inhalación de partículas de arcilla y estiércol (descubiertos) por acción del viento.	5	4	I
	2. Producción de partículas (por acción del viento) que entran en contacto con los ojos y garganta.	5	3	I
	3. Ingestión de comida contaminada con materia prima.	5	3	I
	4. Contacto dérmico de la materia prima al manipularla.	2	3	II
	5. El almacenamiento de agua de lluvia es directamente sobre el suelo constituyéndose como foco infección.	2	3	II
3.1	1. Inhalación de partículas de arcilla y estiércol durante la preparación de la pasta.	4	4	I
	2. Contacto con los ojos y garganta de partículas creadas durante esta etapa.	4	3	I
	3. Contacto dérmico con la pasta.	4	3	I
	4. Trabajo manual y al aire libre.	4	4	I
4.1	1. Contacto dérmico con la pasta al realizar el moldeo.	3	3	II
	2. Trabajo manual y al aire libre.	3	3	II
	3. Trabajo realizado sin ningún tipo de calzado.	3	3	II
5.1	1. -	-	-	-
6.1	1. Contacto dérmico con el ladrillo crudo seco.	5	3	I
	2. Trabajo manual y al aire libre.	5	4	I
	3. Existencia de andamios hacia los hornos sin protección.	1	5	II
7.1	1. El personal alimenta manualmente el combustible a los hornos pudiendo sufrir quemaduras.	1	4	II
	2. El personal alimenta manualmente el combustible a los hornos pudiendo inhalar los gases de combustión.	1	4	II
	3. Producción de partículas provenientes de los tiraderos alrededor de la ladrillera que pueden ser inhaladas por el personal.	5	4	I



## Formato A16.1 Continuación...

No. Etapa	Escenario	Frecuencia	Consecuencia	Valor del riesgo
<b>Personal</b>				
7.1	4. Producción de partículas provenientes de los tiraderos alrededor de la ladrillera que pueden entrar a los ojos y garganta del personal.	5	3	I
8.1	1. -	-	-	-
9.1	1. -	-	-	-
10.1	1. Inhalación de partículas de combustible almacenado al aire libre	5	4	I
	2. Contacto de partículas de combustible almacenado al aire libre con los ojos y garganta.	5	3	I
<b>Población</b>				
1.2	1. Modificación del entorno rural	5	3	I
2.2	1. Impacto negativo en la estética del sitio por la materia prima almacenada al descubierto.	5	3	I
	2. Producción de nubes de polvo.	2	3	II
3.2	1. -	-	-	-
4.2	1. Los moldes son dispuestos en los pequeños tiraderos alrededor de la ladrillera.	1	3	III
5.2	1. Impacto negativo en la estética del sitio por el secado al aire libre del ladrillo crudo.	5	2	I
6.2	1. -	-	-	-
7.2	1. Los contaminantes entran en contacto con San Gregorio Cuautzingo en concentraciones que rebasan/no rebasan los valores citados en las normas de calidad del aire.	1	2	III
	2. Los contaminantes entran en contacto con San Martín Cuautlalpan en concentraciones que rebasan/no rebasan los valores citados en las normas de calidad del aire.	-	-	-
	3. Los contaminantes entran en contacto con Cocotitlán en concentraciones que rebasan/no rebasan los valores citados en las normas de calidad del aire.	-	-	-
	4. Los contaminantes entran en contacto con Chalco Díaz de Covarrubias en concentraciones que rebasan/no rebasan los valores citados en las normas de calidad del aire.	-	-	-
	5. Los contaminantes entran en contacto con San Marcos Huixtoco en concentraciones mínimas que rebasan/no rebasan los valores citados en las normas de calidad del aire.	-	-	-
	6. Los contaminantes entran en contacto con Santa María Huexoculco en concentraciones que rebasan/no rebasan los valores citados en las normas de calidad del aire.	-	-	-
	7. Los contaminantes entran en contacto con San Mateo Tezoquipan en concentraciones que rebasan/no rebasan los valores citados en las normas de calidad del aire.	-	-	-
	8. Impacto negativo en la estética del sitio debido a la acumulación de ladrillos defectuosos, cenizas y residuos sólidos municipales.	5	3	I
8.2	1. -	-	-	-
9.2	1. Impacto negativo en la estética del sitio por el almacenamiento de producto terminado.	1	1	III



## Formato A16.1 Continuación...

No. Etapa	Escenario	Frecuencia	Consecuencia	Valor del riesgo
<b>Población</b>				
10.2	1. Impacto negativo en la estética del sitio debido al almacenamiento al aire libre de los combustibles.	5	2	I
<b>Ambiente</b>				
1.3	1. Erosión eólica del suelo de la ladrillera.	5	3	I
	2. Erosión pluvial del suelo de la ladrillera.	2	3	II
	3. Extracción de tierra para la obtención de arcilla.	4	4	I
2.3	1. Infiltración al subsuelo de la materia prima por acción del agua de lluvia.	2	4	II
	2. El almacenamiento se lleva directamente sobre el suelo.	5	3	I
3.3	1. Infiltración de compuestos de la pasta hacia el subsuelo y agua subterránea (por acción del agua de mezclado y lluvia)	4	4	I
	2. La preparación de la pasta se realiza directamente sobre el suelo.	4	3	I
4.3	1. Infiltración de compuestos de la pasta hacia el subsuelo y agua subterránea.	3	4	I
	2. El moldeo se realiza directamente sobre el suelo.	3	3	II
5.3	1. Infiltración de restos de ladrillo crudo hacia el subsuelo y agua subterránea por acción del agua de lluvia.	2	4	II
6.3	1. -	-	-	-
7.3	1. Algunos de los contaminantes producidos en los hornos tienden a adherirse al suelo.	1	4	II
	2. Los restos de producto defectuoso y cenizas son depositados alrededor de la ladrillera en pequeños tiraderos, generando que se acumulen también residuos sólidos municipales, que en época de lluvias puede provocar infiltración al subsuelo y agua subterránea.	2	4	II
	3. Los restos de la combustión son depositados alrededor de la ladrillera, y en época de lluvias pueden ser arrastrados hacia cuerpos de agua superficiales cercanos.	1	3	III
	4. Los contaminantes producidos llegan hasta El río San Rafael.	-	-	-
8.3	1. -	-	-	-
9.3	1. -	-	-	-
10.3	1. El almacenamiento se realiza directamente sobre el suelo.	5	4	I



La siguiente tabla muestra la forma en cómo se calificó la frecuencia de cada escenario tomado para La Compañía.

**Tabla A16.1** Comentarios sobre la calificación de las frecuencias

Escenario	Comentario
1.1.1	Considerando que siempre existe suelo descubierto por la extracción de material, entonces prácticamente todos los días el personal estará en contacto con partículas que inhalará, irritarán sus ojos y garganta.
1.1.2	
1.1.3	El personal realiza al menos una comida al día en la instalación, y aunque no se realice diariamente la extracción, sí existe suelo sin cubierta vegetal por esta actividad, así que prácticamente todos los días sus alimentos se verán contaminados con arcilla de la ladrillera.
1.1.4	Durante la extracción de arcilla resulta inevitable el contacto dérmico, y siendo que se realiza al menos tres veces por semana, se consideró este hecho muy frecuente.
1.1.5	La extracción de material se realiza al aire libre y manualmente al menos tres veces por semana, por lo que se consideró una actividad muy frecuente.
2.2.1	Considerando que siempre existe ya sea materia prima almacenada al aire libre y sin cubrir o mal cubierta, entonces prácticamente todos los días el personal estará en contacto con partículas que inhalará, irritarán sus ojos y garganta.
2.2.2	
2.2.3	El personal realiza al menos una comida al día en la instalación, y siempre existe materia prima almacenada al aire libre sin cubrir o mal cubierta, así que prácticamente todos los días sus alimentos se verán contaminados con dichos materiales.
2.2.4	Durante el almacenamiento resulta inevitable el contacto dérmico, se consideró este hecho ocasional.
2.2.5	Como la temporada de lluvias es en verano (tres meses), transformando los 90 días a días por semana se tiene, que éste ocurre hasta una vez por semana.
3.1.1	Siendo que la preparación de la pasta se realiza al menos tres veces por semana, entonces la inhalación de partículas y contacto con los ojos y garganta es muy frecuente.
3.1.2	
3.1.3	Como la preparación de la pasta se realiza manualmente resulta inevitable no entrar en contacto con ésta.
3.1.4	La preparación de la pasta se lleva a cabo siempre al aire libre y manualmente.
4.1.1	El moldeo se realiza de dos a tres veces por semana, por lo que el contacto dérmico con la pasta se realiza frecuentemente.
4.1.2	El moldeo siempre se lleva a cabo al aire libre, de dos a tres veces por semana.
4.1.3	Los trabajadores efectúan el moldeo descalzos.
5.1.1	-
6.1.1	Como tardan de tres a seis días en cargar los hornos dependiendo de la capacidad de éstos, consideraremos que continuamente los trabajadores están en contacto con el ladrillo crudo.
6.1.2	La carga de los hornos se realiza siempre manualmente y al aire libre, por lo que se considera esta actividad continua.
6.1.3	Como los hornos se encuentran en un nivel más alto de donde están los ladrillos crudos, los trabajadores tienen que subir a través de andamios sin protección. Tomando el criterio de que cuando la consecuencia es muy grave (contusiones de cabeza, etc.) entonces la frecuencia con que ocurre dicho evento es muy baja, este escenario es raro que ocurra.
7.1.1	El personal alimenta manualmente el combustible a los hornos, pero es raro que sufran quemaduras.



Tabla A16.1 Continuación...

Escenario	Comentario
7.1.2	Al alimentar el combustible a los hornos, el personal inhala los gases producto de la combustión, como dicha actividad se realiza una vez a l mes, entonces esto ocurre raramente.
7.1.3	Como siempre existen tiraderos alrededor de la ladrillera, se considera que continuamente los trabajadores están inhalando partículas provenientes de éstos.
7.1.4	Como siempre existen tiraderos alrededor de la ladrillera, se considera que continuamente pueden entrar a los ojos y garganta de los trabajadores partículas provenientes de éstos.
8.1.1	-
9.1.1	-
10.1.1	Como diariamente hay combustible almacenado sin cubrir en la ladrillera, entonces continuamente los trabajadores estarán inhalando partículas de éste.
10.1.2	Al igual que en el escenario anterior continuamente los ojos y garganta de los trabajadores estarán entrando en contacto con los polvos del combustible.
6.2.1	-
7.2.1	Únicamente los días de quema hay emisión de contaminantes proveniente de los hornos.
7.2.2	La dirección del viento es contraria a San Martín Cuautlalpan.
7.2.3	La concentración mínima en dirección y no llega a Cocotitlán.
7.2.4	La concentración mínima en dirección y no llega a Chalco Díaz de Covarrubias.
7.2.5	La dirección del viento es contraria a San Marcos Huixtoco.
7.2.6	La dirección del viento es contraria a Santa María Huexoculco..
7.2.7	La dirección del viento es contraria a San Mateo Tezoquipan.
7.2.8	Siempre existen pequeños tiraderos alrededor de la ladrillera que producen un impacto negativo en la estética del lugar.
8.2.1	-
9.2.1	En general después de que se enfrían los ladrillos ya cocidos, se pasan directamente a los camiones que los llevarán a las tiendas de materiales o a alguna obra, por lo que es raro ver producto terminado almacenado en la ladrillera.
10.2.1	Como siempre existe combustible almacenado al aire libre en la ladrillera, entonces continuamente hay un impacto negativo en la estética del lugar.
1.3.1	El suelo de la ladrillera no cuenta con ningún tipo de protección, por lo que continuamente está expuesto a la acción del viento.
1.3.2	La erosión pluvial solo actúa en verano, esto es ocasionalmente.
1.3.3	La extracción de la arcilla como se había mencionado antes se efectúa muy frecuentemente.
2.3.1	Como la materia prima no se cubre, entonces consideramos que en época de lluvias, existe infiltración de ésta al subsuelo.
2.3.2	El almacenamiento de los materiales para elaborar el ladrillo siempre es sobre el suelo.
3.3.1	Como la preparación de la pasta se efectúa muy frecuentemente, entonces se supone que en esa medida existirá infiltración de compuestos de ésta hacia el subsuelo.
3.3.2	La preparación de la pasta siempre se realiza directamente sobre el suelo.
4.3.1	El moldeo se realiza frecuentemente, de esta forma se espera que exista en la misma medida infiltración de compuestos de la pasta al subsuelo.
4.3.2	La preparación de la pasta siempre se realiza directamente sobre el suelo.
5.3.1	Como siempre hay ladrillos crudos secándose al sol o cargados en los hornos, en época de lluvias, existirá un lavado de éstos y la consecuente infiltración de restos de ladrillo al subsuelo.
6.3.1	-



Tabla A16.1 Continuación...

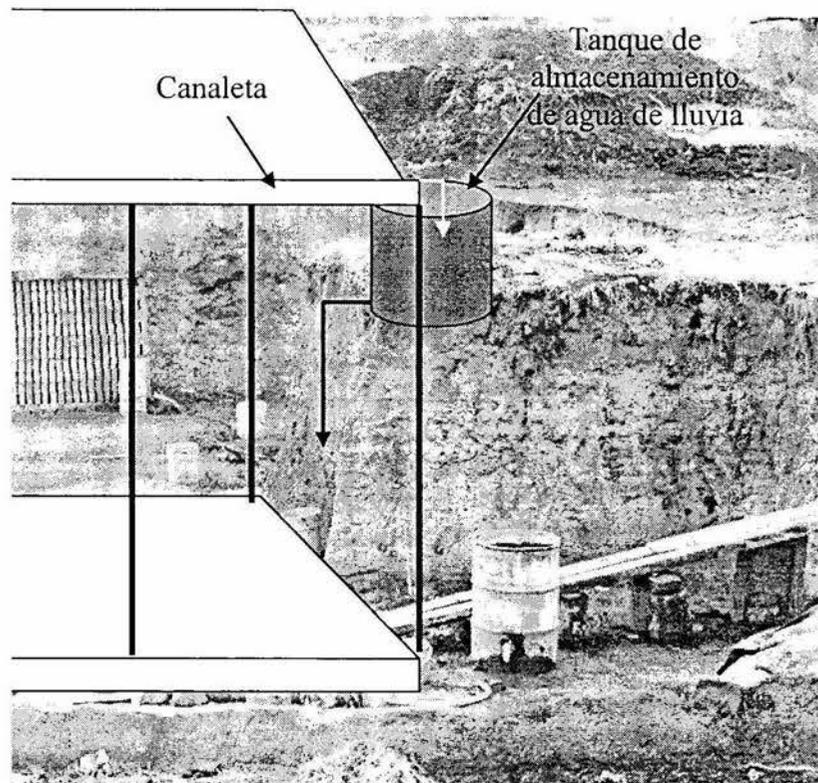
Escenario	Comentario
7.3.1	Son pocos los compuestos generados en los hornos ladrilleros que se adhieren al suelo, ocurriendo cada vez que los hornos son encendidos.
7.3.2	Los restos de la quema y producto defectuoso son acumulados en los alrededores, y en época de lluvias se infiltran al subsuelo.
7.3.1	Aunque este escenario se considera factible no es muy probable que suceda, porque las pendientes del lugar no favorecen este hecho, así que se considerará raro que ocurra.
7.3.4	La río San Rafael se encuentra en dirección contraria al viento, así como el resto de cuerpos de agua cercanos (figura 4.6).
8.3.1	-
9.3.1	-
10.3.1	Siempre existe aserrín almacenado directamente sobre el suelo de la ladrillera.



## ANEXO 17

Algunos comentarios respecto a las soluciones propuestas para La Compañía se citan a continuación:

- (1) En este punto compete a la Secretaría de Ecología del Estado de México, aplicar la reglamentación a este aspecto. Por los informes recibidos en las visitas a la ladrillera, no cuentan con el estudio de impacto ambiental correspondiente. La región Texcoco-Chicoloapan-Ixtapaluca, es la que abastece de material pétreo a la zona oriente del Estado de México y parte del Distrito Federal.
- (2) Son recomendables las especies nativas para el suelo desprotegido, que en Chalco son el pirúl, capulín, tejocote, cactus y árboles frutales como durazno, granada, higuera, nogal, habacano, naranjo y ciruelo. Para los taludes se ha comprobado que es más efectivo la plantación continua de pastos y plantas herbáceas. También está la alternativa de empadrización y recubrimiento del talud con concreto o riesgo asfáltico.
- (3) El sitio de almacenamiento de la materia prima, deberá tener paredes, para evitar la acción del viento y dispersión de partículas, que conlleva a la pérdida de material. Además siguiendo lo propuesto en la figura 3.11 se captará el agua de lluvia. La conducción de ésta se hará hasta el área de preparación de la pasta, en donde será almacenada. Además aprovechando el desnivel de la ladrillera provocado por la extracción de material se podría hacer lo que se muestra en la figura A17.1 Además este sitio deberá contar con un extinguidor para fuego clase A.



**Figura A17.1** Aprovechamiento del desnivel de la ladrillera en el almacenamiento del agua de lluvia

- (4) Este sitio destinado para la preparación de la pasta, no es necesario que cuente con paredes, lo que se busca es evitar la exposición directa del personal al sol.
- (5) La mezcladora de barro facilita la combinación de los componentes del ladrillo, disminuye el esfuerzo físico e incrementa la productividad
- (6) Este lugar tampoco es necesario que cuente con paredes.
- (7) En la sección 3.6 del capítulo tres, en el punto de aclaración 14 del anexo 6 se detallada la información de este sistema.
- (8) Como el transporte es inclinado la banda transportadora tendrá que ser nervada. De no ser posible la compra e instalación de la banda transportadora. Se recomienda que los andamios y/o rampas empleadas para llegar a los hornos sean modificadas, haciéndolas de carácter permanente y con protección contra caídas (con barandales). Además de que los trabajadores encargados de transportar los ladrillos al horno deberán seguir las indicaciones que se harán del conocimiento de éstos por medio de pláticas y carteles (punto 12).
- (9) Empleando el sistema de hornos interconectados, las emisiones que se obtendrían (empleando los porcentajes de reducción de los contaminantes citados en la tabla A6.2) serían las siguientes.

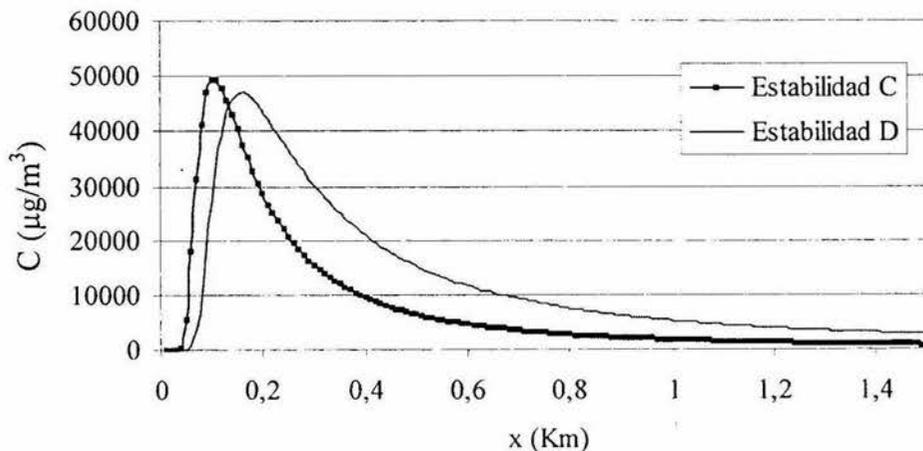
**Tabla A17.1** Emisiones contaminantes provenientes de los hornos empleando el sistema MK

Contaminante	Emisión de contaminantes con quema tradicional ( $\mu\text{g/s}$ )	Reducción en la emisión de contaminantes ( $\mu\text{g/s}$ )	Emisión de contaminantes empleando el sistema MK ( $\mu\text{g/s}$ )
Compuestos orgánicos volátiles	1 313.220	906.1219	407.098
Óxidos de nitrógeno	194 213.487	1 223.544	192 989.942
Monóxido de carbono	839 842.109	3 863.273	835 978.836
Partículas	1 328 000.336	11 022.402	1 316 977.933
Berilio	0.2204	-	0.2204
Mercurio	3.9367	-	3.9367
Dibenzofurano	7.8735	-	7.8735
Arsénico	16.2719	-	16.2719
Fósforo	514.4032	-	514.4032
Manganeso	6 823.7171	-	6 823.7171
Trióxido de azufre	57 739.1450	-	57 739.1450
Bióxido de azufre	351 683.8834	-	351 683.8834
Bióxido de carbono	257 201 646.1	-	257 201 646.1
<b>Total</b>	<b>259 981 804.7</b>	<b>17 015.343</b>	<b>259 964 789.4</b>

Nota: Solo se consideró que los contaminantes citados en la tabla A6.2 disminuyen, aunque es muy probable que con los demás ocurra lo mismo.

El bióxido de carbono representaría el 98.93% de las emisiones, y el monóxido de carbono el 0.321%, considerando que solo los COV's, partículas, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno disminuyen al usar este sistema, que son para los contaminantes para los cuales se han realizado mediciones, por lo que resulta lógico esperar que los demás contaminantes también puedan disminuir, lo cual no se ha comprobado porque no se han hecho mediciones de éstos.

Empleando el modelo gaussiano se obtuvieron las siguientes gráficas, la primera (figura A17.2) muestra concentración máxima de contaminantes viento abajo.

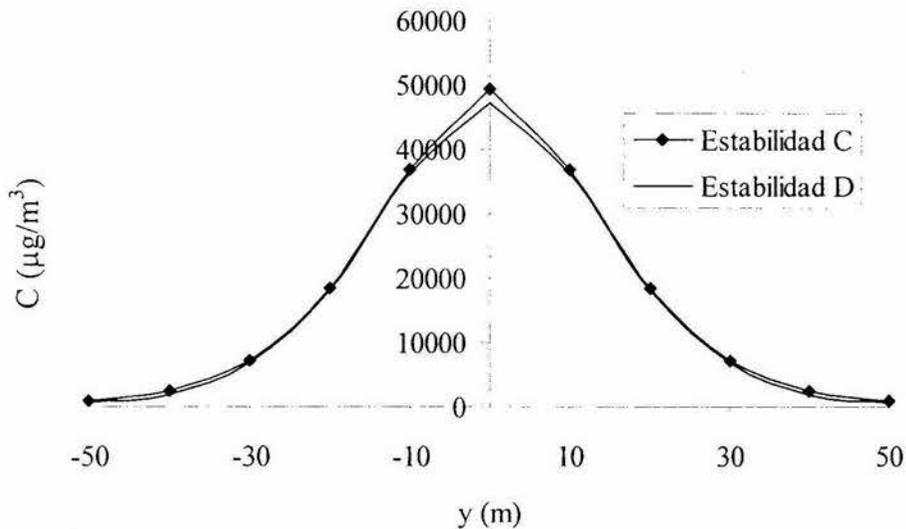


Nota: Los valores con los que se hizo esta gráfica se muestran en el anexo 18.

**Figura A17.2** Distribución de la concentración de los contaminantes viento abajo empleando hornos con domo interconectados



La figura A17.3 es la gráfica de la distribución de contaminantes en la dirección  $y$ , cuando se emplean hornos con domo interconectados.



NOTA: Los valores con los que se hizo esta gráfica se muestran en el anexo 18.

**Figura A17.3** Distribución de la concentración de los contaminantes en la dirección  $y$  empleando hornos con domo interconectados

Analizando los datos mostrados en el anexo 18 se observa que el área de mayor afectación seguiría siendo la misma que la mostrada en las figuras 4.16 y 4.17, solamente que al emplear esta tecnología los niveles de concentración de los contaminantes serían mucho menores.

- (10) El sitio de almacenamiento se ubicará en la parte alta de la ladrillera, debiendo contar con paredes para evitar la acción del viento y dispersión de partículas, que conlleva a la pérdida de material. Además deberá contar con un extinguidor para fuego clase A.
- (11) El dosificador utiliza aserrín mezclado con aire a fin de lograr una buena combustión para reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera.
- (12) La bitácora de operaciones permanecerá en el lugar de operación del horno y contendrá como mínimo la siguiente información: datos generales del propietario, datos generales de los proveedores de materias primas, capacidad del horno, tipo de combustible y consumo utilizados, tipos de quemador y frecuencia de su mantenimiento, horas de quemado, días de quema al mes
- (13) Las pláticas y carteles informativos tienen como finalidad hacer del conocimiento de los trabajadores que las acciones a implantar en la ladrillera son para mejorar la eficiencia de la misma desde el punto de vista ambiental y que esto implica una mejora también en su situación laboral.



Los temas que se tratarán en las pláticas y carteles serán:

- Empleo correcto de la pala como lo muestra la figura A6.2.
- Forma de prevenir las lesiones de la espalda (figura A6.5).
- Cómo usar un extinguidor.
- Recomendaciones para tratar la insolación y evitarla.
- Uso de calzado con suelas antideslizantes.
- Empleo de guantes.
- Empleo de cubre bocas al manipular materiales que puedan producir polvos.
- Disposición de los residuos en el sitio destinado a ello.



## ANEXO 18

Las tablas A18.1 y A18.2 muestran la concentración de los contaminantes viento abajo empleando hornos con domo interconectados para las estabilidades C y D respectivamente. Las filas en negritas corresponden a la concentración máxima.

**Tabla A18.1** Concentración de los contaminantes viento abajo para la estabilidad C (empleando hornos con domo interconectados)

Distancia viento abajo x (m)	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (x, 0)	Distancia viento abajo x (m)	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (x, 0)
10	0.00	1200	1339.47
20	0.12	1250	1245.18
30	354.19	1300	1160.79
40	5505.07	1350	1084.95
50	17900.74	1400	1016.53
60	31408.32	1600	800.07
70	41378.25	1650	757.08
80	47022.92	1700	717.57
<b>90</b>	<b>49239.98</b>	1750	681.16
100	49169.86	1800	647.55
150	37684.28	1850	616.44
200	26676.60	1900	587.60
250	19400.17	1950	560.79
300	14638.74	2000	535.84
350	11415.09	2050	512.56
400	9148.26	2100	490.82
450	7498.81	2150	470.48
500	6262.77	2200	451.42
550	5313.03	2250	433.53
600	4567.48	2300	416.72
650	3971.36	2350	400.90
700	3487.08	2400	385.99
750	3088.15	2450	371.93
800	2755.50	2500	358.64
850	2475.10	2550	346.08
900	2236.47	2600	334.19
950	2031.62	2650	322.92
1000	1854.41	2700	312.23
1050	1700.02	2750	302.08
1100	1564.67	2800	292.43
1150	1445.30	2850	283.26



Tabla A18.1 Continuación...

Distancia viento abajo x (m)	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (x, 0)	Distancia viento abajo x (m)	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (x, 0)
2900	274.52	4550	121.89
2950	266.19	4600	119.51
3000	258.25	4650	117.20
3050	250.68	4700	114.96
3100	243.44	4750	112.79
3200	229.90	4800	110.68
3250	223.57	4850	108.63
3300	217.50	4900	106.64
3350	211.69	4950	104.70
3400	206.11	5000	102.82
3450	200.75	5050	100.99
3500	195.62	5100	99.21
3550	190.68	5150	97.48
3600	185.93	5200	95.80
3650	181.36	5250	94.16
3700	176.97	5300	92.56
3750	172.74	5350	91.01
3800	168.66	5400	89.50
3850	164.73	5450	88.02
3900	160.95	5500	86.58
3950	157.29	5550	85.18
4000	153.76	5600	83.81
4050	150.36	5650	82.48
4100	147.07	5700	81.18
4150	143.89	5750	79.91
4200	140.82	5800	78.67
4250	137.84	5850	77.46
4300	134.97	5900	76.28
4350	132.18	5950	75.13
4400	129.48	6000	74.00
4450	126.87		

Tabla A18.2 Concentración de los contaminantes viento abajo para la estabilidad D (empleando hornos con domo interconectados)

Distancia viento abajo x (m)	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (x, 0)	Distancia viento abajo x (m)	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (x, 0)
10	0.00	100	27061.15
20	0.00	110	34168.39
30	0.00	120	39560.68
40	0.00	130	43284.76
50	12.19	140	45588.03
60	562.83	150	46765.97
70	3653.74	160	47092.79
80	10196.32	170	46797.55
90	18663.31	180	46061.21



Tabla A18.2 Continuación...

Distancia viento abajo x (m)	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (x, 0)	Distancia viento abajo x (m)	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (x, 0)
190	45022.19	2400	1387.02
200	43784.14	2450	1344.56
250	36657.74	2500	1304.24
300	30161.61	2550	1265.92
350	24972.32	2600	1229.46
400	20931.74	2650	1194.74
450	17777.11	2700	1161.64
500	15286.01	2750	1130.05
550	13291.76	2800	1099.89
600	11673.17	2850	1071.05
650	10342.35	2900	1043.48
700	9235.05	2950	1017.07
750	8303.69	3000	991.78
800	7512.61	3050	967.53
850	6834.69	3100	944.26
900	6249.05	3150	921.92
950	5739.42	3200	900.46
1000	5292.98	3250	879.83
1050	4907.78	3300	859.99
1100	4567.01	3350	840.89
1150	4263.87	3400	822.49
1200	3992.81	3450	804.77
1250	3749.31	3500	787.68
1300	3529.62	3550	771.19
1350	3330.60	3600	755.28
1400	3149.66	3650	739.91
1450	2984.57	3700	725.07
1500	2833.47	3750	710.72
1550	2694.75	3800	696.85
1600	2567.04	3850	683.43
1650	2449.16	3900	670.44
1700	2340.09	3950	657.86
1750	2238.92	4000	645.67
1800	2144.88	4050	633.86
1850	2057.29	4100	622.41
1900	1975.54	4150	611.31
1950	1899.10	4200	600.54
2000	1827.51	4250	590.08
2050	1760.34	4300	579.93
2100	1697.22	4350	570.08
2150	1637.81	4400	560.50
2200	1581.82	4450	551.19
2250	1528.98	4500	542.14
2300	1479.04	4550	533.33
2350	1431.78	4600	524.77



Tabla A18.2 Continuación...

Distancia viento abajo x (m)	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (x, 0)	Distancia viento abajo x (m)	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (x, 0)
4650	516.44	5350	419.77
4700	508.33	5400	414.05
4750	500.43	5450	408.46
4800	492.73	5500	402.99
4850	485.24	5550	397.65
4900	477.94	5600	392.43
4950	470.82	5650	387.32
5000	463.87	5700	382.32
5050	457.10	5750	377.44
5100	450.50	5800	372.65
5150	444.05	5850	367.97
5200	437.76	5900	363.39
5250	431.62	5950	358.90
5300	425.63	6000	354.51

Las tablas A18.3 y A18.4 muestran los valores de concentración de los contaminantes en la dirección y para las estabildades C y D empleando hornos con domo interconectados.

**Tabla A18.3** Concentración de los contaminantes en la dirección y, para la estabilidad C (empleando hornos con domo interconectados)

Distancia y(m) para x = 0.09 km	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C (0.09, y)	Distancia y(m) para x = 0.09 km	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) C(0.09, y)
0	49239.98	0	49239.98
10	37023.47	-10	37023.47
20	18326.24	-20	18326.24
30	7207.29	-30	7207.29
40	2511.29	-40	2511.29
50	827.07	-50	827.07
60	267.70	-60	267.70
70	87.18	-70	87.18
80	28.98	-80	28.98
90	9.91	-90	9.91
100	3.51	-100	3.51
110	1.28	-110	1.28
120	0.49	-120	0.49
130	0.19	-130	0.19
140	0.08	-140	0.08
150	0.03	-150	0.03
160	0.01	-160	0.01
170	0.01	-170	0.01
180	0.00	-180	0.00



**Tabla A18.4** Concentración de los contaminantes en la dirección  $y$ , para la estabilidad D (empleando hornos con domo interconectados)

Distancia $y$ (m) para $x = 0.16$ Km	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) $C(0.16, y)$	Distancia $y$ (m) para $x = 0.16$ km	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) $C(0.16, y)$
0	47092.79	0	47092.79
10	36192.24	-10	36192.24
20	18208.57	-20	18208.57
30	6762.52	-30	6762.52
40	2022.58	-40	2022.58
50	519.21	-50	519.21
60	119.91	-60	119.91
70	25.80	-70	25.80
80	5.31	-80	5.31
90	1.07	-90	1.07
100	0.21	-100	0.21
110	0.04	-110	0.04
120	0.01	-120	0.01
130	0.00	-130	0.00
140	0.00	-140	0.00