

001570

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

**RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO DE RESIDUOS
CONTAMINANTES Y DE DESECHOS PELIGROSOS
PRODUCIDOS POR PLANTAS INDUSTRIALES**

SERGIO ADAN DUBON VALDES

Guatemala

2000

**RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO DE RESIDUOS
CONTAMINANTES Y DE DESECHOS PELIGROSOS
PRODUCIDOS POR PLANTAS INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Industrial

**BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO DE RESIDUOS
CONTAMINANTES Y DE DESECHOS PELIGROSOS
PRODUCIDOS POR PLANTAS INDUSTRIALES**

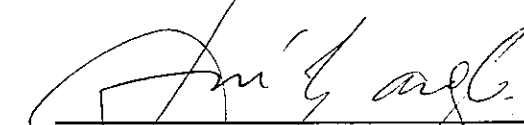
SERGIO ADAN DUBON VALDES

**Trabajo de graduación presentado para optar al título de
Ingeniero Industrial en el grado de licenciado**

Guatemala

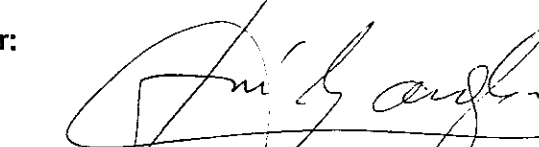
2000

Vo. Bo.:

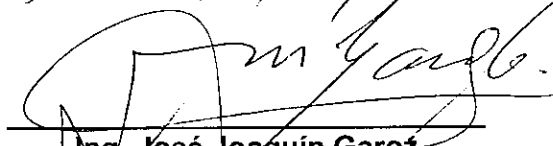


(Por) Ing. Henry Webb Del Valle
Asesor

Tribunal Examinador:



(Por) Ing. Henry Webb Del Valle



Ing. José Joaquín Garoz



Ing. Carlos Paredes

Fecha de Aprobación: Guatemala 30 de octubre del 2000

INDICE

Resumen	
I. Introducción	1
II. Antecedentes	3
A. Manejo de desechos líquidos	6
1. Aguas Residuales	6
2. Desechos de Laboratorio	13
3. Tratamiento de aguas residuales	15
a. Tratamiento físico	15
b. Tratamiento químico	18
c. Tratamiento biológico	19
B. Manejo de residuos sólidos	22
C. Emisiones atmosféricas industriales	27
1. Clasificador de aire seco	28
2. Precipitadores electrostáticos	29
3. Filtros de tela	29
4. Purificador húmedo	30
5. Cámaras de polvos	31
6. Reducción de compuestos orgánicos volátiles	32
a. Absorción de carbón	34
b. Absorción de gas	34
c. Condensación	34
d. Incineración termal y catalítica	35
e. Incineración catalítica	36
f. Incineración termal con recuperación de calor	36
g. Oxigenación biológica	37
D. Sistemas de protección contra derrames	44
1. Capacidad de retención para líquidos inflamables	48

2. Capacidad de retención para líquidos inflamables, con represamiento distante	49
3. Capacidad de retención para líquidos combustibles	50
4. Capacidad de retención para líquidos combustibles, con represamiento distante	50
5. Capacidad de retención para químicos fumantes	51
6. Capacidad de retención de todos los demás líquidos	51
III. Estudio de impacto ambiental para una planta productora de desinfectantes domésticos	53
A. Descripción del problema	53
B. Justificación	54
IV. Resultados	56
A. Descripción del proceso	56
B. Impactos ambientales potenciales	58
1. Aguas residuales	58
2. Desechos sólidos	60
3. Contaminación del aire	61
4. Quejas del vecindario	61
C. Medidas de mitigación actuales	61
1. Aguas residuales	61
2. Desechos sólidos	63
3. Contaminación del aire	63
4. Medidas adicionales recomendadas	64
V. Discusión	65
VI. Conclusiones	67
VII. Recomendaciones	68
VIII. Bibliografía	69

RESUMEN

El presente trabajo de graduación consiste en la implementación de un programa para manejar los sistemas ambientales de una planta industrial en Guatemala. Un sistema ambiental es el proceso para manejar todo residuo líquido, sólido o gaseoso que pueda impactar el medio ambiente.

Se proporciona adicionalmente información general sobre el impacto que puede recibir el medio ambiente con el tratamiento inapropiado de los desechos industriales. Se proponen procedimientos para manejar algunos de estos sistemas y, se hacen propuestas de ley para medición y frecuencia de emisiones a la atmósfera.

Es un estudio de impacto ambiental en una planta productora de desinfectantes domésticos. En este estudio se definió todas las emisiones de aguas residuales, desechos sólidos y emisiones a la atmósfera. También se hizo un estudio de la calidad de aguas residuales descargadas al río cercano a la planta durante un período de seis meses. Se implementaron sistemas para el manejo de estas emisiones y se describieron varias propuestas para tener otras mejoras al proceso.

I. INTRODUCCIÓN

A partir de la propuesta de ley del Acuerdo 68-86, para la protección de los sistemas ambientales de Guatemala, se han hecho muy pocos esfuerzos de parte de las entidades reguladoras para evitar el deterioro ambiental por parte del sector industrial. Esto se ve reflejado en la carencia de leyes para controlar la contaminación del aire por emisiones gaseosas industriales a la atmósfera, parámetros muy generales y poco estrictos para el desecho de aguas residuales e industriales, carencia de manejo de desechos líquidos y sólidos peligrosos, etc. Está la necesidad de establecer procedimientos y adecuar parámetros y estándares de otros países latinoamericanos para llevar un control de los sistemas ambientales de una planta industrial.

Es importante crear en Guatemala una cultura ambiental en el sector industrial. Las leyes actuales dan margen a que las industrias contaminen. Muchos parámetros están fuera de la realidad, y los límites permisibles de contaminación están arriba de lo que puede ser un sistema que considere la protección del medio ambiente.

Debido a que existe presión internacional para que los sistemas ambientales de la industria puedan estar alineados con los demás países emergentes del área, se propone con este trabajo procedimientos y medidas para la conservación del medio ambiente del país. Es más fácil prevenir el impacto ambiental que tratar de corregir las consecuencias de un mal manejo de sistemas.

De la información que se ha obtenido de CONAMA (Comisión Nacional de Medio Ambiente), es fácil detectar un sistema legislativo ambiental con muchas áreas de oportunidad. El problema no sólo recae en la carencia de leyes o de propuestas de leyes, sino que se extiende a la difícil aprobación de una nueva ley por parte del

Congreso de la República. Por otro lado, existe el compromiso con algunos países del área, para llevar los sistemas a un nivel estándar regional. Por último, el compromiso con el país mismo para conservar el medio ambiente hace necesario el establecimiento de normas y objetivos específicos que deben ser alcanzados a corto y largo plazo.

La globalización y la competitividad industrial han llevado al sector industrial a una situación de ir más allá que fabricar productos de buena calidad y a costos competitivos. Hoy se demanda también, la calidad ambiental de los productos o servicios. Hay más campañas de reciclaje, se utilizan más recipientes de materiales reciclados y éstos llevan el símbolo que los identifica como tal, etc. La condición actual de las industrias locales puede verse altamente afectada en el momento en el que los países que importan nuestros productos comiencen también a demandar calidad ambiental. Esto comienza a verse ya en la industria alimenticia.

Los objetivos de este trabajo de graduación son:

- Desarrollar un documento que permita de una manera eficiente y económica, implementar el manejo de los sistemas ambientales de una planta industrial en Guatemala.
- Desarrollar procedimientos para el manejo de desechos líquidos peligrosos, de tal manera que no impacte en el medio ambiente.
- Hacer un estudio de impacto ambiental en una planta industrial productora de desinfectantes domésticos.

II. ANTECEDENTES

El manejo de los sistemas ambientales de una industria consiste en el establecimiento de procedimientos y límites máximos permisibles de emisiones de desechos sólidos, líquidos y gaseosos.

Todas las industrias deben tener un "Estudio de Impacto Ambiental", que consiste en un análisis detallado de la categoría de los productos que se manufacturan en la planta, así como los desechos que se generen en el proceso. En este estudio, el asesor ambiental, propone métodos para que el impacto al ambiente pueda ser reducido y controlado, de tal manera que, le permita a la planta estar en los límites permitidos por la legislación vigente de Guatemala. La responsabilidad de un estudio de impacto ambiental es asegurar el cumplimiento legal.

Para poder verificar el cumplimiento legislativo de una planta, se deben hacer evaluaciones de sus emisiones. La evaluación de emisiones muestra el nivel de cumplimiento con los requisitos y límites legales, por lo que es un condicionante del permiso. La evaluación ofrece la información necesaria para enfocar los esfuerzos necesarios a la reducción de costos ambientales y de desperdicios, así como administrar los efectos ambientales de la planta.

Se deben definir las emisiones de toda la planta. Esto se logra recopilando una lista completa de todas las emisiones existentes en la planta:

- atmosféricas (incluye olores)
- líquidos (incluye agua pluvial)
- ruido

- desperdicio de embarques (líquidos y sólidos)

La lista especificará claramente el origen y el nombre descriptivo de las emisiones. Para mayor precisión pueden combinarse las emisiones que tengan el mismo origen. Establezca un sistema numérico para identificar el origen de cada emisión.

Identificar los límites y los requisitos legales. Todas las plantas deben tener una recopilación de las leyes aplicables. La mayoría de estas leyes han sido propuestas por CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente). Se deben estudiar estas leyes y definir cuáles de ellas se adaptan mejor al producto que se manufactura por su industria. Definir los límites legales y las frecuencias de las evaluaciones de cada salida y parámetros de emisión.

Localizar los orígenes y salidas de las emisiones. Las plantas deben identificar claramente dónde se localizan los orígenes y salidas de todas las emisiones en un mapa de emisiones de la planta. La información sugerida para que aparezca en el mapa es:

- sistemas de alcantarillado con todas las entradas, salidas y drenajes (incluyendo el sistema pluvial);
- recolección de desperdicios, clasificación y áreas de almacenamiento;
- fuentes de ruidos y su distancia hasta los límites de la planta y
- salidas de emisiones atmosféricas

Basados en el mapa de emisiones, deben seleccionarse las salidas que se van a supervisar. Los puntos de evaluación deben instalarse de manera que puedan garantizar muestras representativas y deben ubicarse en los límites reglamentarios existentes o los esperados para los siguientes años. Deben ubicarse también,

conforme a lo establecido para una buena relación comunitaria y, donde existan impactos ambientales potenciales que no estén cubiertos por límites reglamentarios.

Seleccionar métodos de evaluación. El método de evaluación debería estar definido por la misma ley que especifica los límites legales. Sin embargo se propondrán algunos métodos en cada una de los sistemas a estudiar, es decir, de líquidos, sólidos y gaseosos. Es preferible utilizar métodos simples de evaluación cuando sea posible, las muestras deben ser representativas del alcance total de las condiciones del proceso y que reúna la información suficiente dentro del período de evaluación requerida para que sea estadísticamente válida.

Es necesario formalizar y ejecutar un plan de evaluación. Toda la información anterior se debe reducir a un plan de evaluación por escrito. Este plan establece las bases para ejecutar las campañas de evaluación con la frecuencia correcta. Todos los protocolos de evaluación, impresiones y cálculos deben anexarse al plan y conservarse. Esta información puede ser presentada en una visita reguladora de CONAMA o de la Secretaría General del Medio Ambiente.

Para evitar que la información llegue a ser obsoleta, por cambios hechos en la planta y cambios en la legislación, es necesario que se hagan revisiones anuales de todas las emisiones. El plan de evaluación y el mapa tienen que actualizarse cada vez que se realicen cambios mayores en el proceso y antes de que entren en vigencia los nuevos requisitos reglamentarios. Es importante tomar en cuenta la presión internacional para que estemos alineados con los demás países de la región en cuanto al manejo de las emisiones e impactos ambientales.

Si la información de la evaluación muestra la existencia o la posibilidad de que exista un problema de incumplimiento, debe centrarse inmediatamente en reducir las

emisiones para lograr el cumplimiento requerido y aumentar la frecuencia de la evaluación de las mismas. Debe informársele a CONAMA de cualquier anomalía para poder recibir apoyo y evitar problemas de quejas hacia la compañía.

Ahora se estudiarán las emisiones de aguas residuales, residuos sólidos y emisiones al aire.

A. Manejo de desechos líquidos

1. Aguas Residuales

El propósito del tratamiento de las aguas residuales es producir un efluente que no tenga un impacto negativo en el ambiente. El hecho que las aguas residuales se puedan reciclar o no, depende de las demandas de la industria y puede variar de una planta a otra. Sin embargo, el efluente final que se descarga en el ambiente debe cumplir con los límites de calidad que el gobierno establezca con anterioridad.

A las industrias de muchos países europeos, se les permite descargar las aguas residuales del proceso en plantas de tratamiento públicas llamadas POTW. En estas instalaciones las aguas residuales se mezclan con un efluente sanitario, y se tratan antes de descargarlas en un río, lago o mar. Los límites de calidad que tienen que alcanzar las industrias en las POTW conforme a los requerimientos del lugar de tratamiento a menudo son poco estrictos o muy limitados. Las POTW por sí mismas deben cumplir con ciertos límites de descarga. Con el paso del tiempo, esos límites serán más estrictos, dependiendo del aumento del efluente que se reciba en estas plantas de tratamiento de aguas. Como resultado, las POTW exigen a las industrias que las aguas que envíen, estén menos contaminadas y fuerzan a menudo a las industrias a darle un tratamiento previo a sus aguas residuales. En algunos países

como Bélgica a las industrias se les obliga a descargar en aguas abiertas, por lo que, tienen que cumplir con límites muy estrictos.

Cuando existe la necesidad de tener una planta de tratamiento de aguas residuales dentro de la planta, como es el caso de las industrias en Guatemala, es necesario llevar a cabo un estudio profundo de las características de las aguas residuales. Esto implica que no existe un método de tratamiento estándar que trate todo tipo de aguas residuales de forma efectiva. Una vez que se conocen todas las características de las aguas residuales, se pueden investigar la reducción de las fuentes, las oportunidades de reciclaje y re uso. Se asegura también, un costo de tratamiento efectivo, por ejemplo mediante el tratamiento específico por separado de corrientes que necesitan un proceso especial y el tratamiento conjunto de corrientes iguales.

El objetivo del estudio de las características de las aguas residuales es obtener conocimientos sobre la reducción, recuperación o tratamiento de las corrientes residuales individuales de cada corriente residual de una planta, lo que le ayudará a identificar:

- Las oportunidades para reciclar y re usar las aguas residuales
- Las oportunidades de reducción de la fuente
- Las opciones en el costo de tratamiento efectivo

Las corrientes que necesitan el mismo tratamiento se pueden tratar juntas, y las que necesiten tratamiento específico se deben tratar por separado. Por ejemplo las aguas de desechos sanitarios deben tratarse por separado. Esto reducirá el consumo de químicos, el tamaño de las bombas y tanques, etc.

Se debe llevar a cabo un estudio sobre las características de las aguas residuales teniendo en mente el proceso de producción. Las características de una corriente las

determinan los químicos que se usan en cada proceso de producción, las variaciones en la concentración de estos químicos, la descarga de aguas residuales continua o intermitente, etc. Por lo anterior es importante tener disponible cierta información al inicio de un estudio sobre las características de las aguas residuales. La forma más efectiva de reunir esta información es mediante la formación de un equipo, quienes deben seleccionar de tal forma que puedan proporcionar información sobre:

- Leyes aplicables (locales y por aprobarse por el congreso)
- El proceso de fabricación que está generando las aguas residuales
- Los químicos que se usan en las operaciones y que pueden ir a parar a las corrientes de agua
- Técnicas de reducción de las fuentes
- Métodos de re uso, reciclaje y tratamiento

Los pasos sugeridos en este trabajo son los siguientes:

1. Identifique todas las corrientes de aguas residuales en la planta
2. Desarrolle un diagrama funcional
3. Tome como base la información del proceso de fabricación y los rangos del flujo, decida qué contaminantes son importantes para una corriente residual en particular, así como dónde y cuándo se deben medir estos contaminantes.
4. Hacer una campaña de medición

La duración de un estudio sobre las características de las aguas residuales depende de la operación. Se debe tener cuidado en recolectar información durante el proceso de producción de todos los diferentes tipos de productos y marcas. También las variaciones en la producción de temporada de mayor demanda de la planta son

importantes, ya que pueden tener como resultado diferentes rangos en el flujo y diferentes características en las aguas residuales.

Un resultado sobre las características de las aguas residuales ofrece información sobre el tipo y concentración del contaminante que se descargó. Esto hará posible decidir los pasos necesarios en el tratamiento para cumplir con los límites de descarga. También las variaciones de calidad y cantidad de los diferentes flujos; algunos tipos de corrientes residuales, como las purgas de los calentadores de agua, pueden no necesitar algún tratamiento y se pueden descargar de forma directa. Esto da como resultado la necesidad de tanques, bombas, tuberías, etc., más pequeños y por consiguiente, un ahorro en los costos. Otro resultado es que nos permite conocer qué tipo de corrientes se pueden tratar juntas y qué tipo de corrientes requieren de un tratamiento específico antes de mezclarlas con otras; los metales pesados se pueden eliminar mejor de la corriente antes de que ésta se mezcle con otras corrientes. Esto reducirá la cantidad de químicos necesarios y el tamaño de tanques, mezcladoras, etc.

Los buenos resultados de la prueba de características del agua residual dependen en gran medida de la forma en que se tomó, almacenó y preservó la muestra antes de ser analizada. Es necesario establecer de forma clara los objetivos antes de tomar y analizar una muestra. La muestra tomada debe ser representativa para la corriente residual que se desea analizar, se debe tomar donde la corriente residual se mezcle bien. Por ejemplo: si un ingenio de la Costa Sur inicia operaciones a las 8:00 hrs. y termina dichas operaciones a las 16:00 hrs., una muestra que se tome a las 8:00 pm no será representativa para es estudio.

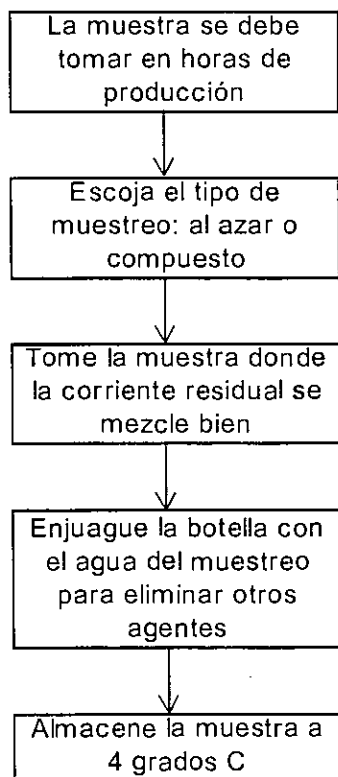
El almacenamiento y preservación de las muestras también es muy importante. Se deben tomar las muestras en botellas limpias. Primero se debe enjuagar la botella con

agua residual para eliminar cualquier agente limpiador y posible residuo de agua que haya quedado en la botella. También el hecho de usar una botella de plástico o de vidrio puede influir en la prueba ya que algunos contaminantes se pueden absorber dentro del plástico o vidrio. Las bajas temperaturas y el pH pueden causar ciertas reacciones químicas y alterar los resultados de la prueba. En la mayoría de las veces se recomienda almacenar las muestras a 4°C.

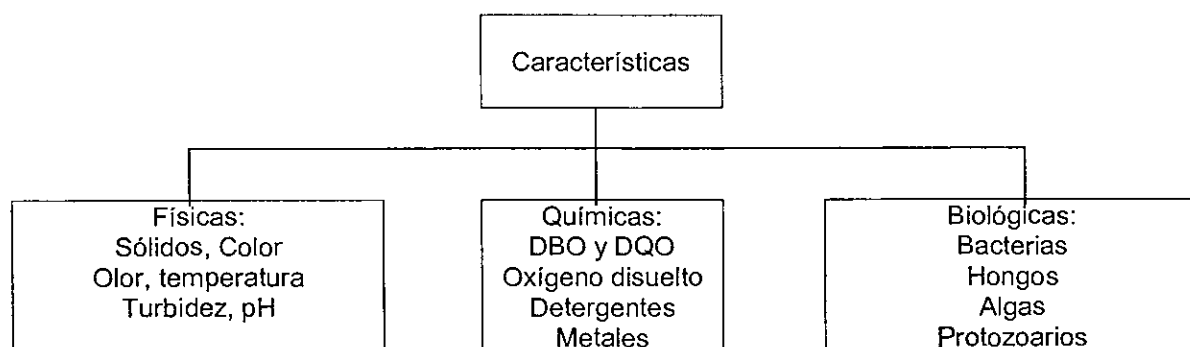
La toma de muestras se puede hacer al azar y muestras compuestas. Las muestras al azar se toman por medio de una inmersión dentro de la corriente residual. Estas ofrecen una vista momentánea de las características de las aguas residuales en el momento de la toma de las muestras y no proporcionan una idea de las características promedio de la corriente residual. Una muestra tomada al azar puede ser muy útil cuando se quiere tener la idea de la variación de las características de las aguas residuales. En ese caso, las muestras se deben tomar cada cinco minutos o cada hora, dependiendo de la corriente residual.

Si las muestras al azar se toman en cierto lugar y se mezclan en cierto intervalo de tiempo, éstas formarán una muestra compuesta. Por ejemplo si se toman 200ml de muestras de agua de una torre de enfriamiento cada hora del día y se mezclan, éstas forman una muestra compuesta. La muestra compuesta da una idea de las características promedio del agua residual, si embargo, no proporciona información sobre la variación grande de las características de las aguas residuales y también si el flujo de agua no es continuo.

El siguiente diagrama ilustra el procedimiento para toma de muestras:

Diagrama 1. Diagrama de flujo de muestreo de aguas residuales

Las características de las aguas residuales se pueden dividir en características físicas, químicas y biológicas. Las características biológicas son las bacterias, hongos, algas y protozoarios.

Diagrama 2. Características de los desechos líquidos

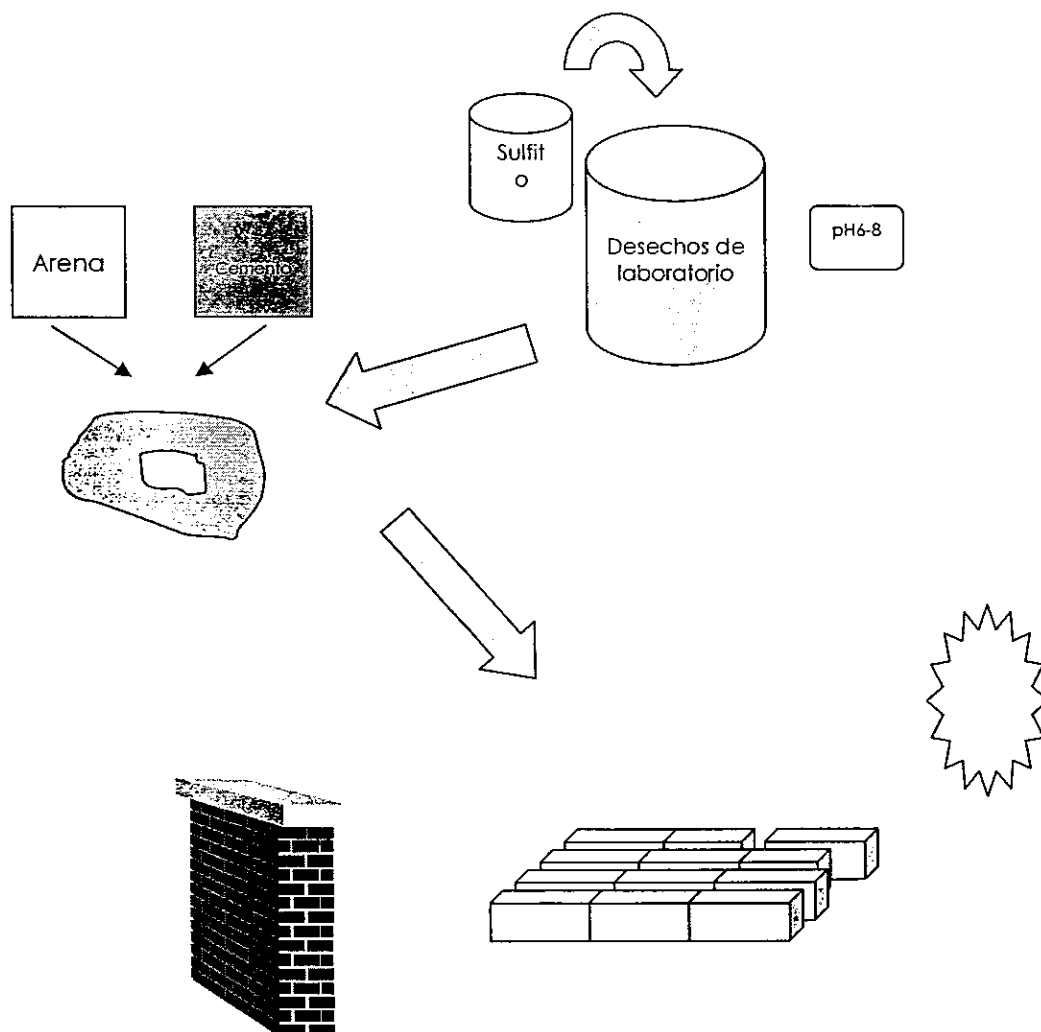
En Guatemala hay muy pocas plantas que cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales. CONAMA podría establecer una propuesta de ley para que toda industria en Guatemala deba construir una planta de tratamiento, adecuada a sus necesidades presentadas en el estudio de caracterización de las aguas. Sin embargo, como esta es una inversión demasiado fuerte para muchas industrias, existen ya empresas encargadas para el tratamiento de algunos desechos líquidos. Una de estas empresas se encuentra ubicada en el municipio de Tecún Umán, San Marcos. Además existe un programa de recolección de desechos orgánicos para ser incinerados por Cementos Progreso, este programa fue lanzado y sostenido por CONAMA a principios del año 2000. En distintos puntos de la ciudad existen centros de acopio de diesel, gasolina, aceite, etc. que son luego trasladados a las instalaciones de Cementos Progreso para ser incinerados en las calderas.

2. Desechos de Laboratorio.

Los desechos de laboratorio, son por lo general, los desechos más difíciles de tratar. Algunas personas los desechan en pozos subterráneos sin recubrimiento. Esto daña directamente los mantos acuíferos subterráneos, por lo que no es funcional. A continuación propongo un procedimiento que puede ser utilizado para cualquier laboratorio industrial. Este procedimiento ya ha sido consultado con CONAMA y puede ser llevado a cabo sin restricciones.

Este procedimiento es utilizado actualmente por el laboratorio de la Universidad del Valle de Guatemala. Consiste en hacer blocks de cemento y arena como los hechos por los albañiles, sólo que el agua de la mezcla son los desechos de laboratorio. Los pasos son los siguientes:

1. Regularle el pH a la solución con Sulfito de Calcio hasta llevarla a un pH entre 6 y 8
2. Revolver arena con cemento, tal como lo hacen los albañiles
3. Luego se agrega la solución neutralizada a la mezcla de cemento y arena, se revuelve completamente hasta dejar una masa color gris
4. Se vierte la masa en moldes de madera del tamaño deseado y se dejan secar
5. Estos blocks pueden ser enterrados, guardados en una galera o bien, ser utilizados como piso o adoquines en las calles

Figura 1. Procedimiento para tratar desechos de laboratorio

Los desechos de laboratorio pueden ser tratados en plantas de tratamiento para químicos. Sin embargo, en la mayoría de los casos, las soluciones son tan complejas y variables que hacer un estudio de caracterización se hace casi imposible. Otro problema es el riesgo que puede generar una reacción violenta de alguno de los componentes de estos desechos .

3. Tratamiento de aguas residuales.

El tratamiento de aguas residuales por lo general se lleva a cabo en tres etapas: primaria, secundaria y terciaria o tratamiento avanzado. Cada etapa puede consistir en uno o más procesos unitarios. El número de procesos unitarios que se necesitan para tratar las aguas residuales depende del tipo de contaminante y del grado de purificación que se quiera obtener.

El objetivo del tratamiento primario es preparar el efluente para el tratamiento secundario. Esto implica eliminar rápidamente los asientos sólidos, aceites de la superficie de la solución y contaminantes tóxicos para el tratamiento biológico. El tratamiento secundario elimina los contaminantes de las corrientes residuales que no se pueden eliminar con los métodos físicos simples. El tratamiento terciario es el paso donde se perfeccionan los últimos detalles del sistema de tratamiento de aguas residuales. Se usa para aislar impurezas específicas que no se pueden aislar en el tratamiento primario o secundario.

Además de las tres etapas de tratamiento de aguas residuales, existen cuatro tipos de tecnologías: física, química, biológica y termal. Los diferentes procesos en un sistema de tratamiento de aguas residuales usan una o más de estas tecnologías para eliminar los contaminantes.

a. Tratamiento físico

Separación por gravedad. Se usa para eliminar el aceite libre y los sedimentos sólidos rápidos. El mecanismo consiste en que las partículas más ligeras del agua suben a la superficie y después se pueden recoger en forma de nata. Los sólidos más pesados que el agua se acumulan en el fondo de un tanque donde se recolectan como sedimentos. Este sedimento y nata se deben retirar de forma periódica para evitar que

las capas se hagan muy gruesas y espesas. Los sólidos y aceites se lavan con agua clara.

Flotación de aire disuelto. El propósito de la flotación de aire disuelto es eliminar finos aceites emulsificados y sólidos que no se pueden sedimentar fácilmente. En el proceso de flotación, se generan e inyectan grandes cantidades de pequeñas burbujas de aire. Las burbujas de aire se unen a la gota de aceite emulsificado y a las partículas suspendidas en las aguas residuales. Después, las burbujas y las partículas suben a la superficie de donde se retiran. Se pueden agregar químicos al agua para incrementar la efectividad del proceso. Los componentes de un proceso de flotación de aire disuelto son un tonel con aire presurizado, un tanque de flotación de aire y un tanque de efluente. El agua residual fluye dentro del fondo del tanque donde se lleva a cabo el proceso de flotación. El agua tratada fluye hacia el tanque de efluente y después se manda a un tratamiento posterior. Parte del agua se recicla desde el tanque de efluente hacia el tonel de aire presurizado. Aquí, el aire se disuelve con la corriente de agua, después el agua presurizada se bombea dentro del tanque a través de pequeños orificios. El aire disuelto se libera y sube a la superficie arrastrando las gotas de aceite y los sólidos suspendidos hacia la superficie. Todo el proceso se puede comparar a destapar un agua gaseosa un poco agitada, al abrir la botella el gas disuelto en el agua se libera y sube a la superficie.

Filtración. El propósito de la filtración es retirar las partículas suspendidas que no se eliminan con la sedimentación debido a que son muy pequeñas. Los filtros usan diferentes tipos de medios de filtración para atrapar a las partículas. Un solo elemento de filtración contiene un solo medio de filtración como puede ser la arena. Un filtro con diferentes medios, tiene capas de diferentes medios tales como arena, carbón, tierra

diatomácea; un ejemplo de estos filtros son los filtros domésticos. El agua y los sólidos disueltos pasan a través del filtro. Cada medio de filtración tiene poros de diferentes tamaños que atrapan partículas con dimensiones más grandes que las del tamaño de su poro. En un filtro de diferentes medios la capa superior del filtro tiene los poros más grandes y retendrá las partículas más grandes. Las partículas más pequeñas quedarán atrapadas en otras partes del filtro.

Filtración a través de membrana. El propósito de los procesos de filtración a través de membrana consiste en eliminar las partículas suspendidas y disueltas de una solución. Al aplicar presión a la membrana, se obliga a las moléculas a pasar a través de los poros de la membrana y se retendrán los sólidos. La solución se bombea a través de la superficie de la membrana bajo presión. El agua en la solución de alimentación se ve forzada a pasar a través de la membrana y se recolecta en el otro lado como permeable. Al pasar el agua a través de la membrana, las impurezas se recolectan en forma de concentrado. Este es uno de los medios más fáciles para hacer la separación de los sólidos sedimentados de una solución. En Internet se puede encontrar una diversidad de filtros prensa para cualquier uso que se le quiera dar. Estos filtros pueden venir equipados con accesorios tales como: bomba, manifold, bandeja para recolección de los sólidos, etc. Puede buscarse como "press filter".

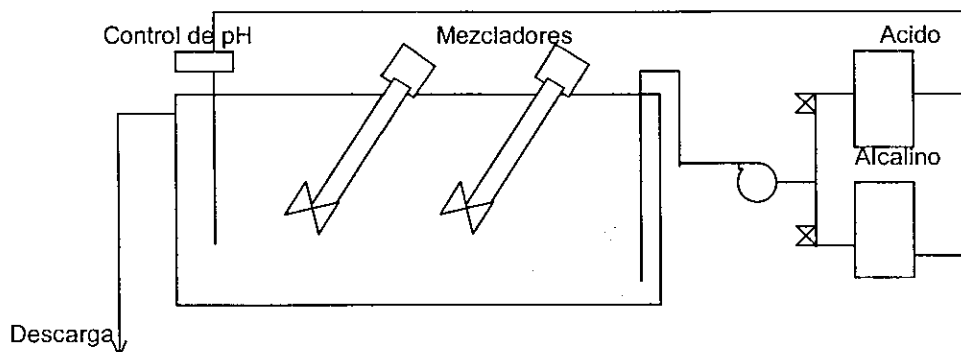
Absorción por carbón activado. En algunas ocasiones se le da tratamiento posterior al efluente de los tratamientos secundarios por medio de la absorción por carbón activo para retirar las partículas orgánicas que tengan. También se pueden eliminar algunas sales metálicas disueltas. La absorción es un proceso en el que los sólidos disueltos se pegan a la superficie de un material; en la absorción por carbón activado, las impurezas se pegan a la superficie de las partículas del carbón activado. La capacidad de

absorción del carbón activado es limitada y después de cierto tiempo el carbón activado se satura con orgánicos, por lo que será necesario retirar el carbón saturado y reemplazarlo por un carbón activo fresco. La regeneración con calor y el re uso del carbón saturado es posible en la mayoría de los casos.

b. Tratamiento Químico

Control del pH. Depende de los contaminantes que estén presentes, el pH de las aguas residuales puede variar desde ácidas a muy alcalinas. Algunas operaciones, como las plantas de tratamiento biológicas no pueden sobrevivir con un pH diferente de 6-9 porque las bacterias se mueren. El pH de las aguas residuales se puede ajustar con ácidos o alcalinos. Los ácidos o alcalinos se agregan a un tanque de agitación separado que tenga mezcladores o un sistema de burbujeo para asegurarse que los químicos se mezclen perfectamente con las aguas residuales. Después, las aguas residuales se mantienen en un tanque más grande para permitir que se ajuste el pH y que se logre el pH adecuado. Los ácidos y alcalinos también se pueden agregar en una tubería y así un mezclador en línea asegura el mezclado adecuado. Es importante tomar en cuenta que la escala de pH no es lineal y que la cantidad de ácido que se necesita para disminuir el pH de 8 a 7 no es igual a la cantidad que se necesita para disminuir el pH de la misma agua residual de 6 a 5.

Figura 2. Tratamiento químico por medio del control de pH



Precipitación química. El propósito de la precipitación química es eliminar los contaminantes disueltos al incluir los metales pesados como el níquel y el zinc. La precipitación química se forma en tres pasos. Para retirar los contaminantes disueltos, ciertos químicos como el cloruro ferroso, sulfato de aluminio y la cal se mezclan rápidamente con el agua. Estos químicos ayudan a los sólidos disueltos a precipitar y a formar un precipitado. Otros químicos como los polímeros se mezclan lentamente con el agua. Estos polímeros ayudan a los sólidos precipitados a pegarse unos con otros y formar grandes precipitados que se colocan al fondo y forman una capa de sedimento o fango. El agua clara ya se puede tratar.

c. Tratamiento biológico

Las aguas residuales que ya pasaron por el tratamiento primario y por la precipitación química, es posible que todavía tengan materia orgánica soluble. Algunas veces esta materia orgánica se debe eliminar antes de descargar el agua. El propósito del tratamiento biológico es de biodegradar la materia orgánica.

Algunos métodos de tratamiento biológicos son anaerobios, es decir que el proceso se lleva a cabo sin la presencia de oxígeno. Otros son aeróbicos y se necesita la presencia de oxígeno. Este segundo método es el más común en Guatemala y Centro América.

El proceso aeróbico más usado es el procedimiento de sedimentación activa. También se pueden eliminar el nitrógeno orgánico y el fósforo durante el tratamiento secundario por medio de una secuencia de tratamiento aeróbico y anaerobio.

Proceso de sedimento activo. Este proceso activa los microorganismos que se suspenden en las aguas residuales. Estos descomponen la materia orgánica que quedó después del tratamiento primario. El sistema incluye una fuente de ventilación, un clarificador secundario, una línea de entrada de agua, una salida del efluente, una línea de regreso de sedimento activado y una línea de desecho de sedimento activado. En el tanque de ventilación, los microorganismos degradan la materia orgánica al usar parte de la materia como fuente de energía; los microorganismos bien alimentados se reproducen y por lo tanto aumenta el número de organismos en el tanque de ventilación. En el clarificador los microorganismos se separan del agua clarificada y se sitúan en el fondo; el agua clara se envía a un tratamiento posterior o se desecha al drenaje. Debido a que los microorganismos se reproducen, algunos de ellos se tienen que retirar como parte de la sedimentación activa para mantener la cantidad constante de microorganismos en el tanque de ventilación.

Reactor de agua secuencial. Es una variación del principio de sedimentación activa: tanto la biodegradación como la clarificación se realizan en un tanque. En el tanque de ventilación, el agua residual y los microorganismos se mezclan por un período de tiempo específico. Durante este tiempo, la materia orgánica se degrada y los

microorganismos se multiplican. Después de este período de tiempo, se detiene la ventilación y los microorganismos se van al fondo. Entonces el agua tratada y clarificada se transporta al otro tanque y el tanque se vuelve a llenar con aguas residuales no tratadas, en este momento se repite el proceso. De forma periódica parte del sedimento asentado se retira para asegurarse de que la cantidad de microorganismos sea constante.

Cualquiera de los métodos de tratamiento de aguas residuales descrito anteriormente puede ser implementado en Guatemala. Hay ya varias industrias encargadas de construir plantas de tratamiento según sea la necesidad y CONAMA ha hecho una propuesta para los próximos 8 años para poder alcanzar límites máximos permisibles de DQO (demanda química de oxígeno), DBO (demanda bioquímica de oxígeno), sólidos sedimentables, sólidos en suspensión, etc. A pesar de esto, no se ve un claro seguimiento al cumplimiento de estos parámetros de descargas de aguas residuales.

B. Manejo de residuos sólidos

El principio fundamental del manejo de desechos sólidos es el cumplir con las leyes y regulaciones que sean aplicables a la planta. Proteger la salud pública y el medio ambiente, eliminar la generación de residuos en la medida posible y reducir la cantidad de residuos que se descargan al medio ambiente.

Los residuos sólidos se clasifican como no peligrosos, peligrosos y especiales. El objetivo de clasificar los residuos es para definir qué tipo de manejo se les da a cada uno de ellos pues puede variar según su naturaleza.

Los residuos peligrosos son los que tienen la propiedad de ser inflamables, corrosivos, reactivos, tóxicos, radiactivos o biológico infecciosos. Los residuos no peligrosos son los residuos de cualquier actividad industrial que no presentan las condiciones propias de residuos peligrosos. Por último, los residuos especiales pueden ser residuos peligrosos o no, pero por sus características particulares requieren un tratamiento especial. Los residuos especiales pueden presentar un riesgo de seguridad por su identidad, composición u otros factores, algunos ejemplos son:

- Producto espirado
- Producto a granel fuera de especificación
- Producto de reclamo
- Producto remanente después de un período de distribución
- Producto regresado por clientes
- Producto scrap

El primer principio que se debe observar para el manejo de residuos sólidos identificar los lugares específicos en los que se deben segregar dichos residuos. No

hacerlo puede ocasionar riesgos de explosión, reacciones no controladas o descargas al medio ambiente.

Para residuos no peligrosos, la segregación representa un mejoramiento en la planta, ya que el reciclaje o el re uso interno se ve facilitado al tener separados los residuos en áreas diferentes en el basurero o un área específica para desechos. Además, cualquier residuo peligroso en contacto con uno no peligroso, adquiere también la denominación de peligroso. Toneles o cualquier contenedor que haya tenido residuos peligrosos, se considera peligroso también.

La tabla siguiente es un esquema sugerido para un área de residuos (peligrosos y no peligrosos). Para cada caso se debe tener sistemas de protección contra derrames y contra incendios para evitar cualquier accidente y daño a la planta.

Tabla 1. Contenedores para almacenamiento en planta de Residuos Peligrosos

Residuo	Contenedor	Capacidad	Equipo Auxiliar
Inflamable	Toneles de metal Tanques	55 galones hasta 5000 galones	Ventilación de vapores y control de temperatura
Corrosivo	Toneles con recubrimiento epóxico o de fibra de vidrio	55 galones	Generales
Reactivo	Contenedores que absorban ondas de choque	Varias	Control de temperatura
Tóxico	Toneles de metal Tanques	55 galones hasta 5000 galones	Generales
Biológico infeccioso	Bolsas de plástico selladas Toneles de metal recubiertos	32 galones	Bolsas especiales de alta resistencia y esterilización térmica
Radiactivo	Contenedor de plomo encerrado en concreto Toneles metálicos recubiertos	Puede variar	Edificio aislado

No se debería mantener en almacenamiento en la planta, residuos peligrosos por un tiempo mayor a seis meses.

Para residuos no peligrosos, se debe seguir la jerarquía de

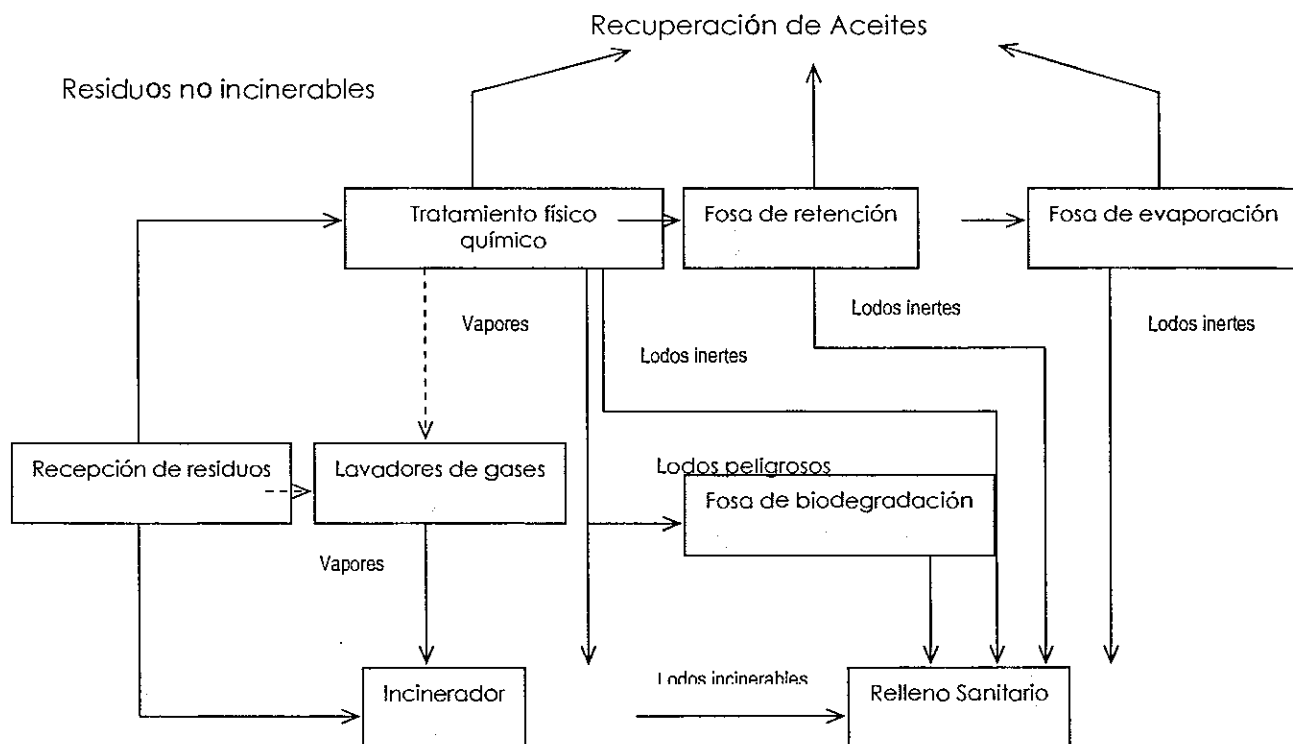
1. Reducir la generación en la fuente
2. Re usar dentro de la planta con posible obtención de energía
3. Reciclar externamente con posible ganancia económica y
4. Eliminación final a un relleno sanitario.

Nunca se debe enviar a un relleno sanitario los residuos en estado líquido con un porcentaje de humedad mayor al 30%, aun si está el residuo en contenedores.

Los residuos peligrosos se tratan en una manera diferente, ya que un mal manejo de éstos, puede ocasionar severos problemas a la salud pública y al medio ambiente. Estos riesgos pueden ser: filtración de líquidos tóxicos al agua subterránea, disolución de sólidos tóxicos y percolación al agua subterránea, y reacciones que pueden descargar gases tóxicos o explosivos al ambiente. Por lo tanto, ningún residuo peligroso puede ser enviado a un relleno sanitario sin haber sido tratado previamente.

El diagrama de flujo siguiente muestra sistemas de tratamiento y manejo de residuos peligrosos de tal manera que no contamine el ambiente al cual se van a depositar finalmente.

Diagrama 3. Tratamiento y eliminación de residuos peligrosos



Con este procedimiento se puede asegurar que los desechos sólidos peligrosos de una planta puedan ser llevados a un relleno sanitario sin peligro de dañar a la comunidad y al medio ambiente. Hay en Guatemala muchas empresas que reciclan plástico, cartón, papel, vidrio etc., además de ser una fuente de ingresos nueva para la empresa, la compañía se asegura que sus residuos van a ser debidamente tratados.

Si en el proceso de producción se generan lodos, se debe quitar la mayor humedad posible. Como ya se mencionó en la sección de manejo de desechos líquidos, las plantas pueden adquirir filtros prensa que son construidos según la necesidad del proceso de producción. Antes de ingresar al proceso de filtrado de lodos, éstos deben

ser neutralizados o regulados del pH de 6-8. Los lodos extraídos ya son inertes y pueden ser depositados en bolsas en el área de desechos de la planta.

El área de desechos de una planta o basurero, debe contar con un sistema de contención de derrames en caso que se almacenen desechos líquidos. Es preferible que se separen e identifiquen las áreas para que el manejo de los desechos sea más seguro y eficiente.

El decreto de ley 68-86 establece que Guatemala no permite el ingreso de desechos peligrosos al territorio nacional, así como al área oceánica que le pertenece. México cuenta con grandes extensiones de terreno en el desierto en el que confinan desechos sólidos peligrosos, estos terrenos no podrán ser utilizados nunca más como vivienda o para la agricultura. Industrialmente esto no es rentable, por lo que nuevamente el mejor método de ahorro es el de reducir, re usar y reciclar. El IGSS y el Hospital Nacional tienen procedimientos de incineración de los desechos peligrosos biológicos infecciosos, estos procedimientos pueden ser aplicados para las plantas que cuentan con clínicas o enfermerías que de alguna manera generan agujas, gasas, algodón, etc.

C. Emisiones atmosféricas industriales

Una emisión atmosférica es toda sustancia sólida, líquida o gaseosa que altera la composición natural del aire. Esta composición es de un 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y 1% de argón. Existen dos tipos de emisiones: gases y partículas.

Las partículas son conocidas como de polvo de corcho, polvo fino y los aerosoles. Las partículas de polvo de corcho (10-200 μm) pueden segregarse fácilmente y no son realmente tóxicas para el ser humano. Las partículas de polvo fino (1-10 μm) necesitan una tecnología más sofisticada para su disminución; representan aquella fracción de partículas que debe considerarse tóxica para los humanos ya que, una cantidad de 10 mm o menos de partículas pueden alojarse en el pulmón humano. Los aerosoles (<1 μm) son la fracción más difícil de partículas por disminuir, los aerosoles pueden tener partículas sólidas y líquidas. Algunos ejemplos de aerosoles pueden ser el humo del tabaco y las emisiones de hollín.

La siguiente tabla puede ser utilizada para un mejor entendimiento de cuáles son las fuentes de las emisiones al aire, incluso en algunas industrias guatemaltecas.

Tabla 2. Fuentes de emisiones atmosféricas

Contaminante	Fuente de la emisión
CO	Calderas y tráfico mal ajustados (ejemplo camiones)
CO ₂	Cualquier proceso de combustión
SO ₂	Unidades de sulfonación y operación
Nox	Tráfico y operación de calderas (ejemplo camiones)
VOC	Solventes, procesamiento orgánico
Partículas	Escapes, extractores de polvo, filtros inservibles y limpiadores

Existen diferentes formas para el control de emisiones de partículas:

1. Clasificador de aire seco.

Los clasificadores de aire seco son dispositivos de limpieza de gas inerte, los cuales separan el polvo de la corriente de unión por espiral de transición de gas, a través de la acción de fuerzas centrífugas. Estos clarificadores pueden alcanzar eficiencias de más del 80% y son adecuados para la recolección de partículas con diámetros mayores de 10 μm . Los clasificadores de aire seco son compactos, baratos y necesitan un mínimo mantenimiento, pueden operar a temperaturas de más de 540°C.

Los clasificadores de polvos secos están diseñados para desempeñar una alta eficiencia y un alto rendimiento. Su eficiencia aumenta debido al número de diferentes factores como lo son:

- La densidad de las partículas
- Velocidad de entrada
- Longitud del recolector de polvos secos
- El número de revoluciones de gas
- El radio del cuerpo hacia el diámetro de salida
- Diámetro de las partículas
- Volumen del polvo
- Lo liso de la pared del clasificador de polvos secos y
- Las características del gas

En principio, los clasificadores de polvos secos que se diseñan con pequeños diámetros y altas caídas de presión son muy eficientes, sin embargo también generar altos costos de operación. Los diseñados para un alto rendimiento total, por lo general son menos eficientes y es más cara su instalación.

2. Precipitadores electrostáticos.

Los precipitadores electrostáticos se usan por lo general para limpiar las corrientes de gas en combustión y para los procesos de fabricación. También se usan las unidades más pequeñas para limpiar los ambientes internos, como oficinas y fábricas. Estos pueden alcanzar eficiencias de hasta un 99%.

Existen tres tipos de precipitadores electrostáticos: placa cableada, placa plana, tubular. Cada una se diferencia por las variaciones en el tipo y configuración de los electrodos.

Tabla 3. Tipos de precipitadores electrostáticos

Tipo de electrodo	Velocidad del flujo de gas	Tamaño de las partículas
Placa cableada	Rápida	> 1 μm
Placa plana	Lenta	1-2 μm
Tubular	Muy lenta	< 1 μm

3. Filtros de tela

Los filtros de tela comprenden un medio de filtrado a través del cual no puede pasar material por encima de un tamaño crítico. Por lo general el filtro en sí es adecuado para recolectar partículas más grandes que 1 μm , y la eficiencia en el filtrado puede alcanzar un 99%.

En un principio, la tela actúa como filtro. Al acumularse el polvo en la superficie de la bolsa, se forma una masa que retira las finas partículas de la corriente de gas. Por último, la masa de polvo crece a tal grado que impide el paso del flujo de gas, y causa un aumento en la caída de presión, por lo que se necesita retirar y limpiar el filtro.

Existe una gran variedad de filtros, la selección de la tela depende de la temperatura y de otras propiedades de la corriente de gas (humedad, acidez, alcalinidad, etc.) y el método de limpieza de la tela. Es importante evaluar muy de cerca la temperatura de la corriente del gas. Debe estar lo suficientemente fría para proteger la tela del filtro, pero lo suficientemente tibia para evitar que se presente una condensación. En caso de que el polvo se humedezca, provocará la interrupción del proceso de filtración.

4. Purificador húmedo

La limpieza húmeda de gases es un proceso en el que se eliminan las partículas de la corriente de gas al entrar en contacto con un líquido. Muchos factores determinan la selección del purificador, principalmente los requisitos de energía y la eficacia de reducción necesaria, además de las diferentes propiedades de la corriente de gas cargada de partículas.

Para purificadores de partículas de gas se deben distinguir dos tipos de procesos de recolección de partículas: un desempolvador de superficie húmeda, en donde las partículas se recolectan en una superficie sólida que después se lava con el líquido purificador; y un desempolvador de líquido distribuido, donde el líquido del purificador actúa por sí mismo como medio de recolección. La velocidad de la corriente de gas se usa para separar el líquido y crear una regadera que después se usa para capturar las partículas.

5. Cámaras de polvos

Las cámaras de polvos son el tipo de dispositivos de recolección de partículas más sencillos. Comprende una cámara grande con tolvas recolectoras de polvo en el techo. Al entrar la corriente de gas se aumenta el volumen en forma comparativa con la cámara de polvos, su velocidad adelantada se reduce y las fuerzas gravitacionales y de fricción precipitan las partículas dentro de las tolvas de recolección. Se necesita diseñar el tamaño de la cámara de tal forma que la velocidad de avance de las partículas se reduzca lo suficiente para permitir salir a las partículas presentes en la corriente de gas. Si se da por hecho que se fijaron las dimensiones de la cámara, la eficacia de recolección depende de la velocidad del flujo de gas y de las características de las partículas que entran en la cámara, por ejemplo tamaño y densidad.

Las cámaras de polvos tienen una construcción sencilla, tienen bajas caídas de presión, por lo que son bajos los costos de operación y mantenimiento. La temperatura de operación y presión sólo se encuentra limitada por las especificaciones del diseño de la cámara. La principal desventaja con las cámaras de polvos es que son unidades voluminosas y sólo son adecuadas o económicas para recolectar partículas más grandes a $50\ \mu\text{m}$. Por lo regular las cámaras de polvo se usan para eliminar material de grano grueso en una etapa previa al uso del dispositivo de captura de partículas. Su aplicación se encuentra muy difundida entre las industrias de procesamiento de combustión y de minerales.

6. Reducción de compuestos orgánicos volátiles.

Los compuestos orgánicos volátiles o VOC son una familia de solventes que se evaporan fácilmente bajo las condiciones de uso. Algunos son altamente cancerígenos y se cree que algunos otros causan daño cerebral después de una exposición prolongada. Una vez liberados en la atmósfera, estos reaccionan con los óxidos de nitrógeno y con la presencia de los rayos solares para formar ozono al nivel de suelo. Se han clasificado todos los cancerígenos conocidos y sustancias altamente tóxicas, sin embargo, los químicos orgánicos que aún se usan con mucha frecuencia pueden producir náuseas, dolores de cabeza y otros desórdenes si no se les da el tratamiento indicado. Se debe usar la ropa protectora adecuada siempre que se manejen estos compuestos, y todas las operaciones se deben llevar a cabo en áreas bien ventiladas.

Una estrategia efectiva para reducir las emisiones de VOC debe estar enfocada inicialmente en la forma potencial

- La eliminación del uso de solventes orgánicos
- La sustitución de solventes orgánicos por sistemas acuosos o no solventes
- El uso de técnicas mejoradas de química e ingeniería las cuales minimizan las emisiones en masa y volumen.

Se deben aceptar estas opciones previo al manejo del extremo de la tubería de detención o de los métodos de tratamiento de acuerdo con la siguiente jerarquía en el control de contaminantes:

1. Eliminación
2. Substitución
3. Minimización
4. Detención

5. Dispersión y disolución

El primer paso es establecer información sobre el uso general de solventes orgánicos en fábrica y en las áreas en que se pueda reducir su uso.

El análisis profundo de los procedimientos de operación puede revelar las áreas de mejora. Existen muchas preguntas que se pueden hacer ¿se están sellando de forma adecuada los contenedores después de usarlos? ¿Se están usando los sistemas de operación cercanos? ¿Cómo se compran los solventes orgánicos? Comprar en volumen y después transferirlos a contenedores más pequeños puede ser lo más económico al principio pero puede ser lo más peligroso cuando se toman en cuenta las pérdidas de transferencia. Las buenas prácticas de almacenamiento y de manejo de sí mismo pueden proporcionar reducciones substanciales en las pérdidas de solventes e incrementar el beneficio agregado del ahorro de costos.

Para algunas técnicas de recuperación de solventes se debe ver si se pueden recuperar solventes o se pueden reciclar. La recuperación y reuso de los solventes orgánicos reducen el consumo de materia prima nueva y puede proporcionar importantes ahorros en costos para el usuario final. Por ejemplo, puede ser posible eliminar mezclas sencillas de solventes del desecho de gas por medio de la absorción al usar carbón activo u otro medio seguido de la recuperación del solvente a través de la regeneración de la placa de carbón.

Como alternativa se pueden recuperar los solventes por medio de la absorción del gas dentro de un medio líquido mediante un sistema de transferencia de masa. Una tercera técnica de recuperación es la condensación, al usar ya sea nitrógeno líquido (condensación criogénica) o salmuera fría. La elección del fluido refrigerante depende

de la volatilidad del solvente. Este es un método de recuperación altamente eficaz, y en el caso de la condensación criogénica es muy caro.

a. Absorción de carbón

La absorción de carbón elimina los VOC de una salida de corriente de gas por medio de la absorción sobre la superficie de los poros activados por el carbón. Aun cuando el carbón es el absorbente más usado, también se pueden usar los polímeros.

Para volúmenes bajos de gas o flujos variables, con bajas concentraciones de VOC, los filtros de carbón activado desechables son más económicos. Por otra parte con volúmenes de gas más altos y concentraciones de VOC, la recuperación de solventes efectuada por la regeneración de la capa de carbón se convierte en una mejor opción.

b. Absorción de gas (purificador de gas con aceite)

La limpieza de gases con aceite se ha desarrollado para solventes orgánicos no solubles en agua que se pueden transferir de forma selectiva. La eficiencia de un purificador con aceite depende de tener las condiciones que mejoran la velocidad de masa transferida, y esto se puede lograr al diseñar un purificador con aceite que proporcione un óptimo contacto entre las fases del gas y del líquido.

c. Condensación

La condensación es una técnica muy adecuada para la eliminación eficaz de altos puntos de ebullición y por lo tanto regular de hidrocarburos altamente concentrados en mezclas simples. Los gases con bajas presiones de vapor, poca volatilidad, a temperatura ambiente se pueden controlar en forma satisfactoria al usar agua o condensadores de aire frío. Para solventes más volátiles, se necesitan dos etapas de

condensación, se usa agua en la primer etapa y refrigerante en la segunda. Las técnicas convencionales de condensación no son prácticas para la recuperación de solventes orgánicos altamente volátiles como la acetona o metil etil keton, debido a que las emisiones residuales son muy altas.

d. Incineración termal y catalítica

La incineración termal convierte a los vapores orgánicos en bióxido de carbono y agua a través de la combustión a temperaturas que van desde 600-1200°C. Esta es una técnica bien establecida que ofrece la destrucción eficaz de VOC (se pide una reducción de eficacia de más de 99.5%). La incineración es una opción altamente preferida en procesos de operación que usan mezclas de solventes complejos donde la recuperación del solvente no es práctica tanto económica como técnicamente. Sin embargo, se deben considerar los costos de capital de operación, aunque los costos de manejo pueden disminuir con la instalación de unidades de recuperación de calor residual.

Otra de las desventajas importantes es la necesidad de una alta entrada de energía. Se necesita un combustible adicional como gas natural o petróleo, combinado con aire para mantener las condiciones óptimas de combustión. Esta demanda de energía se puede controlar en cierta forma al agregar un intercambiador de calor primario que calienta previamente los gases de desecho antes que entren al incinerador.

e. Incineración catalítica

La incineración catalítica se diferencia de la incineración termal, en que la catalítica permite temperaturas más bajas de combustión desde 350-600°C. A estas temperaturas, la eficiencia de reducción de VOC es de 95%. Los costos de mantenimiento para los sistemas catalíticos son mucho más altos en algunas ocasiones en comparación con los incineradores termales de tamaño equivalente dependiendo de su condición. Pero los costos de operación e instalación son menores de forma invariable. Una ventaja adicional de los sistemas catalíticos es que producen menores emisiones de óxidos de nitrógeno.

f. Incineración termal con recuperación de calor

Hay dos tipos de sistemas de recuperación de calor que se pueden complementar con los incineradores termales: de recuperación y de regeneración.

En un sistema de recuperación, la corriente de efluente de gas se usa a partir del incinerador para calentar previamente las corrientes de gas entrante por medio del intercambiador de calor. La cantidad de combustible que se necesita para oxidar el VOC presente se puede reducir hasta un 65%. Este sistema en particular es adecuado para corrientes de gas con bajas velocidades de flujo y altas concentraciones de VOC y olores.

En un sistema regenerativo, los gases calientes que salen del incinerador pasan a través de diversos lechos de cerámica de intercambiadores de calor que a su vez calientan previamente y oxidan los gases que entran. El sistema se opera en un ciclo de tal forma que las capas se alternen entre el calentado, enfriado y purga. El sistema es indicado para corrientes de gas en velocidades de flujo altas y bajos niveles de VOC

u olores. Si las concentraciones de VOC en la corriente de gas residual exceden un cierto valor, los gases residuales actuarán como fuente de combustible primaria y el sistema se auto apoya por sí solo. No necesita ninguna fuente de energía externa, como combustible auxiliar, para mantener el proceso de combustión.

g. Oxidación biológica

Los VOC y los olores se pueden eliminar de las corrientes de gas efluente por medio de oxidación biológica. Una tecnología comprobada que es muy económica para gases en gran volumen que contienen baja concentración de contaminantes. Hoy en día este procedimiento ha alcanzado gran popularidad a nivel mundial debido a su bajo costo de operación y por ser tecnologías limpias, con un mínimo de energía, materia prima y producción de desechos. Existen tres tipos principales de procesos de tratamiento biológico: biofiltración, filtración bioescurrimiento y biolavado de gases

Biofiltración. La biofiltración se usa a menudo para reducir el olor de los gases malolientes, sin embargo, en los últimos años el campo de aplicación se ha expandido en forma considerable y ahora incluye la eliminación de muchos otros compuestos biodegradables y volátiles que se usan en la industria. Entre estos se incluyen el alcohol, metil etil keton, destilados del petróleo y otra serie de solventes orgánicos. Dentro del biofiltro, el gas a tratar se fuerza a través de un lecho saturado con material de apoyo como podrían ser trozos de madera sobre los cuales se pegan los microorganismos en forma de una película húmeda.

El material aglomerado y la biopelícula, que después se oxida biológicamente en forma de sustancias menos peligrosas como bióxido de carbón y agua, absorben los compuestos volátiles biodegradables que pasan por la corriente de gas. Este es un

proceso de tratamiento aeróbico. En general los microorganismos tratarán mayor tiempo en degradar los compuestos químicos más complejos que los compuestos simples. Se necesita un cierto tiempo de residencia más grande, que se traduce en una cantidad mayor de material de filtro, y la cantidad de material de filtro por último, determina el tamaño y costo de la instalación. Una de las ventajas del biofiltro es que los microorganismos no crean sedimento residual como en las plantas de tratamiento de agua.

Biopurificador. El biopurificador es una combinación de una torre compacta y un bioreactor. El gas contaminado pasa hacia la torre en contra de una corriente de agua que contiene una población suspendida de microbios. El contacto del elemento aglomerado de la torre da como resultado la absorción de los componentes del gas maloliente dentro de la fase acuosa. La solución resultante después se orienta hacia un bioreactor donde por medio de la degradación biológica se lleva a cabo el tratamiento.

El purificador se debe diseñar en tal forma que permita un tiempo de contacto de alrededor de un segundo, sin embargo, esta cifra varía de acuerdo con el contenido del gas entrante. La fase acuosa se recicla continuamente sobre las unidades separadas, en contraste con los biofiltros, y su estado móvil les permite condiciones de reacción mucho más fáciles de controlar.

Un biopurificador requiere más energía que un biofiltro, ya que lo que se está recirculando es agua y no aire. Sin embargo, se necesita mucho menos espacio lo cual puede ser una consideración importante. El purificador también tiene la ventaja de descargar en altura en lugar de hacerlo a nivel del suelo.

En la parte negativa se encuentra que la biomasa se puede acumular dentro del purificador y, provocar el taponamiento de agua circulante. Necesita un fácil acceso al purificador para retirar cualquier sedimento que se acumule. Se debe tener cuidado para evitar contaminar el licor del purificador con químicos y desinfectantes, puesto que se pueden envenenar los microorganismos.

La siguiente tabla resume las ventajas y desventajas de las distintas técnicas de recuperación de solventes.

Tabla 4. Ventajas y desventajas de los sistemas de recuperación de solventes

Técnica	Ventajas	Desventajas
Absorción de carbón	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alta recuperación de rendimientos posibles ▪ Alta eficiencia (95% + reducción) ▪ Costos económicos de operación ▪ Variedad de velocidades de flujo de gas y de concentraciones 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mayor costo de capital que la incineración ▪ La eficiencia del absorbente disminuye con el uso ▪ Regeneración y reemplazo del carbón
Limpieza de gases con aceite	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proceso continuo ▪ Bajos costos de operación ▪ Alta recuperación de posible rendimiento ▪ Alta eficacia (<99%) dependiendo del solvente 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El licor de aceite necesita regeneración o desecho ▪ Sólo es efectivo el costo con altas concentraciones de VOC
Incinerador termal	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Muchas aplicaciones ▪ Eficiencia arriba de 99.5% ▪ Capacidad múltiple del solvente ▪ Sistemas de recuperación de calor residual 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alto costo de capital ▪ Alto costo de operación ▪ Alta entrada de energía ▪ Generación de CO₂, CO y NO_x
Incineración catalítica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costo menor que incineración termal ▪ Menor consumo de combustible ▪ Capacidad múltiple del solvente ▪ Menores emisiones de NO_x que la incineración termal 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costos de mantenimiento mayores ▪ Aplicaciones limitadas debido a los venenos ▪ Se necesita reemplazar en forma periódica el catalizador
Bio filtración	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costos muy bajos de operación ▪ Fácil operación y arranque ▪ Alta área superficial de gas y líquido ▪ Tecnología limpia ▪ No se necesita energía adicional 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sólo para concentraciones bajas de gas ▪ Lenta adaptación para cualquier tipo de concentración fluctuante de gas ▪ Poco control de condiciones de reacción
Bio purificador	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Equipo compacto ▪ Baja caída de presión ▪ Mejor control de condiciones de reacción como el pH y nutrientes ▪ Se puede prevenir la acumulación de biomasa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Poca área superficial de líquido y gas ▪ Desecho de sedimento en exceso ▪ Complicado proceso de arranque ▪ No es ideal para procesos intermitentes ▪ Mayor inversión en costos de operación que la bio filtración

Hay muchos más métodos para limpieza de las emisiones que no están descritos aquí. La siguiente es una propuesta de medición y análisis de gases de combustión para ser implementada en Guatemala.

Tabla 5. Medición y análisis de gases de combustión

Capacidad del equipo de combustión Mj/h	Parámetro	Frecuencia mínima de medición	Tipo de evaluación	Tipo de combustible
Hasta 5,250	Densidad de humo	1 vez cada 3 meses	Puntual (3 muestras); Mancha de hollín	Líquido y gas
	CO ₂ , CO, O ₂ , N ₂	1 vez cada 3 meses	Puntual (3 muestras)	Líquido y gas
	SO ₂	1 vez cada 3 meses	Medición indirecta a través de certificados de calidad de combustibles que emita el proveedor	Líquido
De 5,250 a 43,000	Partículas suspendidas totales	1 vez por año	Isocinético (mínimo durante 60 minutos); 2 muestras definitivas	Líquido
	NO _x	1 vez por año	Continuo; quimiluminiscencia o equivalente	Líquido y gas
	SO ₂	1 vez por año	Medición indirecta a través de certificados de calidad de combustibles que emita el proveedor	Líquido
	CO ₂ , CO, O ₂	Diario	Puntual (3 muestras)	Líquido y gas
De 43,000 a 110,000	Partículas suspendidas totales	1 vez por año	Isocinético (mínimo durante 60 minutos); 2 muestras definitivas	Líquido
	NO _x	1 vez cada 6 meses	Continuo; quimiluminiscencia o equivalente	Líquido y gas
	SO ₂	1 vez por año	Medición indirecta a través de certificados de calidad de combustibles que emita el proveedor	Líquido
	CO ₂ , CO, O ₂	1 vez por año	Puntual (3 muestras)	Líquido y gas
Mayor de 110,000	Partículas suspendidas totales	1 vez cada 6 meses	Isocinético (mínimo durante 60 minutos); 2 muestras definitivas	Sólido, líquido
	NO _x	Permanente	Continuo; quimiluminiscencia o equivalente	Sólido, líquido y gas
	O ₂	Permanente	Continua; campo magnético o equivalente, con registrador como mínimo o equivalente	Líquido y gas
	SO ₂	1 vez por año	Medición indirecta a través de certificados de calidad de combustibles que emita el proveedor	Sólido, líquido

Los métodos equivalentes a que se refiere la tabla, serán otros métodos que demuestren la misma precisión que el mencionado aquí. La evaluación continua es el que se realiza con equipo automático con un mínimo de 15 lecturas en un período no menor a 60 minutos y no mayor a 360 minutos. El resultado de la evaluación es el promedio del período muestreado.

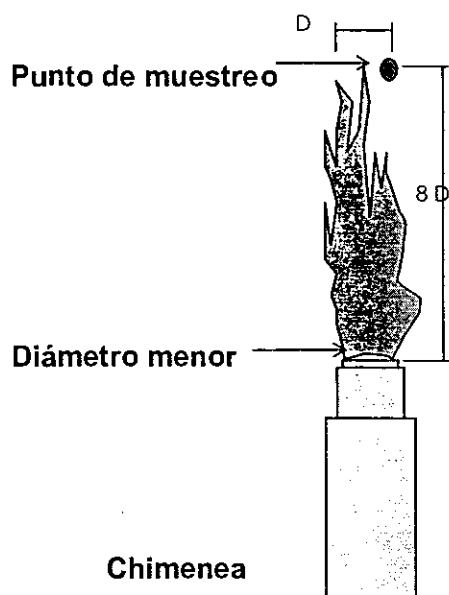
Estas mediciones son para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o, cualquiera de sus combinaciones. Deberían ser observadas para el uso de equipo de calentamiento indirecto por combustión, así como para equipos de generación eléctrica que utilizan la tecnología de ciclo combinado. También para emisiones de dióxido de azufre, para el uso de los equipos de calentamiento directo por combustión.

Se exceptúan los equipos domésticos de calentamiento de agua, de calefacción y las estufas utilizados en casas de habitación, escuelas, hospitales y centros recreativos, en las industrias cuando estos equipos sean utilizados en las áreas de servicios al personal.

Se sugiere que los muestreos se deben hacer a 8 diámetros arriba del último diámetro del escape o chimenea. Esto ayuda a que la muestra sea más representativa de la emisión que si se hiciera a una distancia muy grande de la chimenea o, en la base de la misma. A esta altura, los gases emitidos de la fuente de contaminación (en este caso una chimenea industrial o un escape) ya se han dispersado lo suficiente en el aire como para tomar la muestra.

La figura siguiente describe este sistema de medición de forma gráfica. Debe tomarse en cuenta que muchas chimeneas reducen o aumentan su diámetro de salida de aire.

Figura 3. Toma de muestras de emisiones al aire



D. Sistemas de protección contra derrames

Todas las áreas de descarga, proceso y almacenamiento en donde se almacenen o se manejen productos químicos necesitan un contenedor. La protección contra derrames debe tener la capacidad para evitar que los materiales almacenados lleguen al medio ambiente o trastornen el flujo del proceso (plantas internas y externas de tratamiento de aguas residuales).

Debe asegurarse, por lo menos durante dos días completos, sobre las condiciones en que se encuentra la protección contra derrames para verificar que funcionen adecuadamente en caso de una emergencia. El diseño debe facilitar la rápida y fácil detección de los derrames, esto se logra por medio de inspecciones periódicas a las áreas protegidas contra derrames o bien, la instalación de sensores conectados a un sistema de alarmas de sobre flujo o ruptura de tanques. Existe una gran diversidad de dispositivos de identificación de derrames.

La contención del derrame debe ser preferentemente local y cercana al área afectada. Esto permite que cualquier derrame pueda ser controlado dentro del área de manera fácil y eficiente. En casos especiales es posible permitir una planta central de protección contra derrames (ni para inflamables ni para ácidos fumantes). La metodología preferida para protección contra derrames en muchas plantas es el represamiento distante. Un ejemplo de esto se ilustra más adelante.

Se debe evitar el almacenamiento de productos químicos incompatibles en la misma área acanalada así como tuberías subterráneas. En el caso de químicos incompatibles, puede suceder que haya un derrame y la sustancia derramada reaccione con otras sustancias incompatibles dentro del área protegida. Las tuberías subterráneas pueden

ser peligrosas pues, al haber una fuga, es muy difícil de detectarla para poderla controlar. El producto fugado en una tubería subterránea es imposible de recuperar.

Los diques subterráneos deben estar contruidos a no más de 1.80m de profundidad para que sea fácil su acceso para limpieza e inspección y deben contar con dos entradas para cualquier emergencia. Los diques no deben tener penetraciones, desagües ni agujeros para tornillos. Tampoco deben tener muros de tabique sino de concreto y si es posible recubrirlos con fibra de vidrio resistente al material que se contendrá en el dique. El recubrimiento debe ser realizado con material resistente a la corrosión, la determinación de este material se logra con la caracterización de los desechos del dique.

Seguidamente se dan dos ejemplos de sistemas de protección contra derrames: sistema de protección contra derrames en la planta central y represamiento distante. Ambos sistemas son eficientes pero muchas veces el costo de la construcción de ellos puede ser el factor determinante para la elección de cuál es el que se construirá. Luego de ésto, se hará una clasificación de los químicos según su grado de peligro y los sistemas sugeridos a utilizar para la protección de posibles derrames en su manejo y operación.

Figura 4. Sistema de protección contra derrames en la planta central, ejemplo del principio

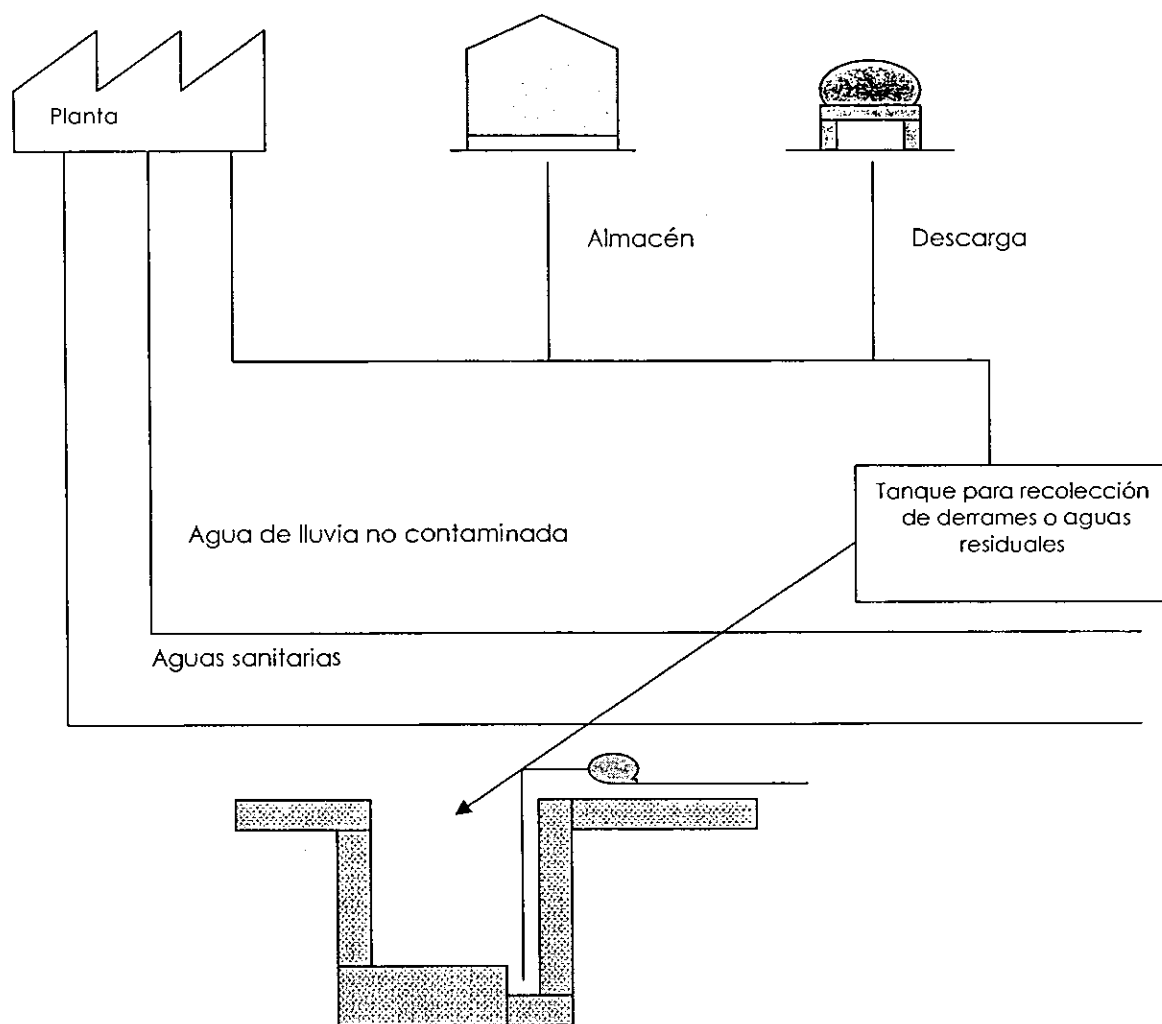
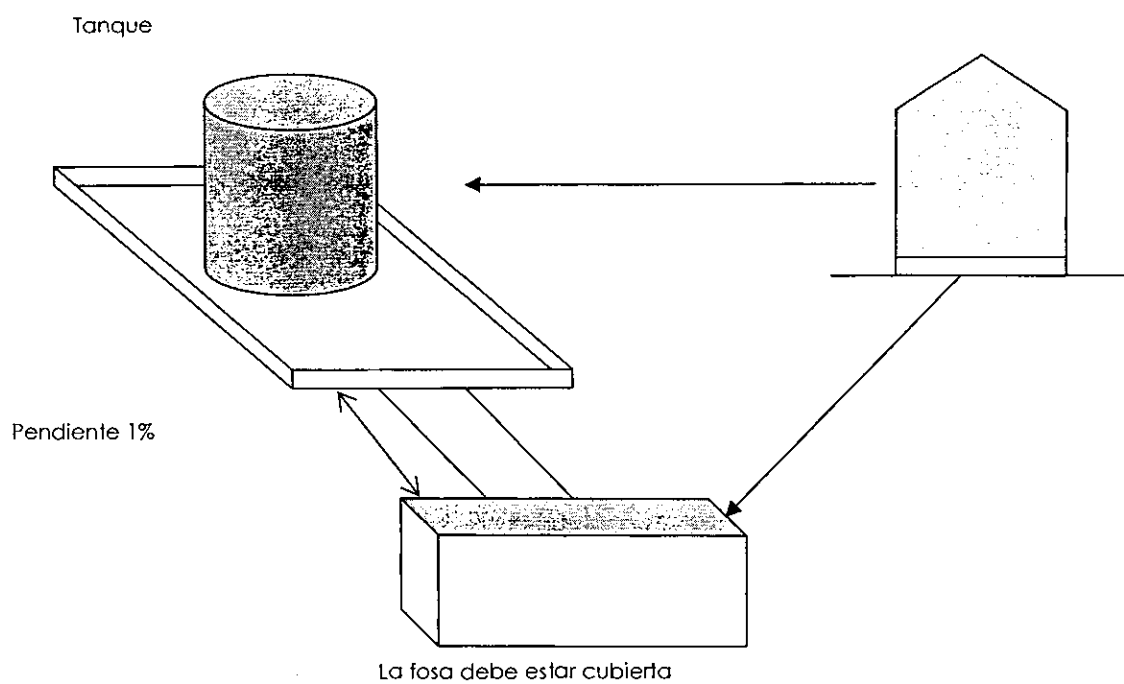


Figura 5. Sistema de protección contra derrames de represamiento distante



1. Capacidad de retención para líquidos inflamables C1.

Si sólo hay agua disponible para protección contra incendios

Los diques deben estar contruidos para almacenar 150% del volumen del tanque contenido (en caso de ser sólo uno) o 150% de dos de los tanques más grandes en la misma área protegida contra derrames.

En áreas de descarga debe haber un dique que contenga 150% del furgón o camión más grande que descargue en el área.

Si hay hidrantes u orificios de evaluación con espuma para combatir incendios

Los diques deben estar contruidos para almacenar 125% del volumen del tanque contenido (en caso de ser sólo uno) o 110% de dos de los tanques más grandes en la misma área protegida contra derrames.

En áreas de descarga debe haber un dique que contenga 125% del furgón o camión más grande que descargue en el área. Para áreas de proceso se recomienda el reprocesamiento distante, de lo contrario se debe seguir el mismo procedimiento de las áreas de almacenamiento.

En algunos casos se almacenan estos líquidos en toneles, bolsas o cubitainers, en estos casos se debe proteger el área con un sistema que contenga 150% del volumen del contenedor más grande.

Para áreas del país como la Costa Sur, donde se presentan tormentas copiosas, se debe hacer una corrección en el diseño de la precipitación pluvial. Para esto considere la cifra mayor del volumen calculado arriba y el total de volumen acumulado en el área de protección contra derrames de un período de 24 horas una vez en 25 años de tormenta (en 25 años de tormentas, normalmente hay entre 75 y 200mm por m²).

2. Capacidad de retención para líquidos inflamables C1, con represamiento distante.

Si sólo hay agua disponible para protección contra incendios

Los patios de tanques deben contar con un represamiento distante que contenga 150% del volumen del tanque más grande en la misma zona acanalada. En las áreas de descarga, el represamiento distante debe contar con 150% del volumen del furgón o camión más grande.

Si hay hidrantes u orificios de evaluación con espuma para combatir incendios

Los patios de tanques deben estar contruidos con un represamiento distante que contenga 125% del volumen del tanque más grande en la misma zona acanalada. En las áreas de descarga, el represamiento distante debe contar con 125% del volumen del furgón o camión más grande.

En las áreas de proceso, cualquier derrame debe ser conducido hacia el represamiento distante que tenga 125% del volumen del tanque más grande del área de contención, lo suficiente para asegurar que los líquidos inflamables no lleguen a algún alcantarillado público.

Los toneles, bolsas o cubitainers, deben estar protegidos con el 150% del volumen del contenedor más grande en el represamiento distante.

3. Capacidad de retención para líquidos combustibles C2.

Si sólo hay agua disponible para protección contra incendios

Los diques deben estar contruidos para almacenar 150% del volumen del tanque más grande contenido en el área.

En áreas de descarga debe haber un dique que contenga 150% del furgón o camión más grande que descargue en el área.

Si hay hidrantes u orificios de evaluación con espuma para combatir incendios

Los diques deben estar contruidos para almacenar 125% del volumen del tanque más grande contenido en el área.

En áreas de descarga debe haber un dique que contenga 125% del furgón o camión más grande que descargue en el área.

Se debe recordar que áreas como la costa sur, son áreas donde se presentan tormentas copiosas y se debe hacer una corrección en el diseño de la precipitación pluvial, tal como se describió anteriormente.

4. Capacidad de retención para líquidos combustibles C2, con represamiento distante.

Si sólo hay agua disponible para protección contra incendios

Los patios de tanques deben contar con un represamiento distante que contenga 150% del volumen del tanque más grande en la misma zona acanalada. En las áreas de descarga, el represamiento distante debe contar con 150% del volumen del furgón o camión más grande. Las distancias de separación entre los tanques y los represamientos distantes son distintos que para los líquidos inflamables.

Si hay hidrantes u orificios de evaluación con espuma para combatir incendios

Los patios de tanques deben estar contruidos con un represamiento distante que contenga 125% del volumen del tanque más grande en la misma zona acanalada. En las áreas de descarga, el represamiento distante debe contar con 125% del volumen del furgón o camión más grande.

En las áreas de proceso, cualquier derrame debe ser conducido hacia el represamiento distante que tenga 125% del volumen del tanque más grande del área de contención, lo suficiente para asegurar que los líquidos inflamables no lleguen a algún alcantarillado público.

5. Capacidad de retención para químicos fumantes C3.

Debe haber capacidad para la supresión del humo las 24 horas:

Los patios de tanques deben contar con sistemas de contención de derrames de 130% del volumen del tanque más grande. Estos diques deben estar recubiertos con una membrana o capa de fibra de vidrio que sea capaz de soportar la corrosión del químico que contenga. En áreas de proceso los sistemas de derrame deben contener 130% del tanque más grande.

6. Capacidad de retención de todos los demás líquidos C4.

Los patios de tanques deben contar con sistemas de contención de derrames de 110% del volumen del tanque más grande. En áreas de proceso deben ser también de 110% del tanque más grande.

Los toneles, bolsas y cubitainers deben estar protegidos con sistemas que contengan 110% del volumen del contenedor más grande. En áreas de descarga, se debe proteger con 110% del volumen del furgón o camión más grande.

Los productos químicos incompatibles no pueden almacenarse en el mismo canal. Otras alternativas para el área acanalada son tanques superficiales con doble recubrimiento y con detección de goteo. Debido a que las conexiones de bombas y drenajes son puntos débiles, los tanques deben tener:

- Solamente drenajes con brida ciega
- Una bomba auto-cebante con válvula automática de cierre, colocada en una pequeña área con protección contra derrames. Esta bomba succionará desde la parte alta del tanque.
- Equipo de seguridad para prevenir el vaciado del tanque por el efecto de sifón (ejemplo: válvula de cierre automático directamente en la salida de la parte alta del tanque).

Una solución ideal para el derrame de los contenedores en un área inflamable del proceso es un drenaje con sifones que lleven a una fosa de recolección de derrames separada (represamiento distante). La fosa debe tener la capacidad de volumen y debe estar a una distancia segura de cualquier otra construcción, patio de tanques, etc. Una fosa puede usarse para diversas áreas de proceso, siempre y cuando su capacidad de volumen corresponda a la gran demanda. El sifón de líquidos evita la explosión en los sistemas de drenaje y actúa como una barrera contra el fuego.

III. Estudio de impacto ambiental para una planta productora de desinfectantes domésticos

A. Descripción del problema

Se hizo una recopilación de todo el sistema legislativo ambiental de Guatemala y se analizaron las propuestas de ley más recientes de parámetros de aguas residuales e industriales. Se establecieron contactos con los encargados de manejo de desechos industriales de CONAMA y de la Secretaría Nacional del Medio Ambiente para conocer de las nuevas propuestas y dirección de los sistemas ambientales industriales.

Se investigaron los procedimientos para manejar desechos peligrosos, principalmente desechos de laboratorio. Se adquirieron procedimientos y parámetros de países como México y Brasil, adaptándolos a la situación actual de Guatemala.

Se adaptaron procedimientos de manejo de desechos líquidos peligrosos utilizados por la Universidad del Valle de Guatemala, los cuales fueron presentados a CONAMA y fueron aprobados para ser implementados.

Se hizo un estudio de impacto ambiental en una planta de productos de consumo masivo. Se distribuyeron las emisiones ambientales en tres grupos para hacer un estudio más eficiente. Estos grupos son las emisiones al aire, desechos sólidos y desechos líquidos. Posteriormente se elaboró un compendio de toda la información contenida en este estudio y se registraron las emisiones de aguas residuales por seis meses. Se implementaron sistemas para manejar los desechos de la planta y de dejan recomendaciones para futuras mejoras en el proceso.

B. Justificación

La información contenida anteriormente fue recopilada con base en la inquietud de establecer la manera en la que las industrias manejan sus desechos actualmente. En vista de que la mayoría de las industrias guatemaltecas no tienen sistemas para manejar sus desechos y existe ya la presión de calidad ambiental en los productos a nivel mundial, se elaboró este estudio. A partir de esto se obtuvieron procedimientos y métodos para manejar los sistemas ambientales de una planta industrial.

En los últimos años las normas ISO han cobrado mucha importancia dentro de las industrias a nivel internacional. La mayoría de las empresas se están moviendo a trabajar en función de ellas. Como existe una norma específica para el cuidado del medio ambiente de parte del sector industrial, que es la ISO 14000, es notable la vulnerabilidad de la industria guatemalteca respecto de esta norma. La carencia de cultura ambiental se refleja en el proceso rápido de eutrofización de los ríos y lagos del país sin planes de acción específicos para menguar este hecho.

Para iniciar la implementación de cultura ambiental en el país, se elaboró este estudio, el cual brinda información de fácil implementación para el control de emisiones ambientales en industrias. Muchos de los sistemas propuestos son accesibles económicamente para la mayor parte del sector industrial. Esto permite que su ejecución sea atractiva para una compañía competitiva, que busca las mayores utilidades hoy en día y entregar productos de calidad ambiental.

De la información que se ha obtenido de CONAMA (Comisión Nacional de Medio Ambiente), es fácil detectar un sistema legislativo ambiental con muchas áreas de oportunidad. El problema no sólo recae en la carencia de leyes o de propuestas de leyes, sino que se extiende a la difícil aprobación de una nueva ley de parte del

Congreso de la República. Por otro lado, existe el compromiso con algunos países del área para llevar los sistemas a un nivel estándar regional. Por último el compromiso con el país mismo para conservar el medio ambiente hace necesario el establecimiento de normas y objetivos específicos que deben ser alcanzados a corto y largo plazo.

La globalización y la competitividad industrial nos han llevado a una condición de ir más allá que fabricar productos de buena calidad a costos competitivos. Hoy se demanda también, la calidad ambiental de los productos o servicios. Hay más campañas de reciclaje, se utilizan más recipientes de materiales reciclados y éstos llevan el símbolo que los identifica como tales, etc. La condición actual de las industrias locales, puede verse altamente afectada en el momento en el que los países que importan nuestros productos inicien también a demandar calidad ambiental. Esto comienza a verse ya, en la industria alimenticia.

Se hizo un estudio de impacto ambiental en una planta productora de desinfectantes domésticos para pisos, losas, agua, etc. El propósito de haber hecho este estudio fue poder identificar todas las fuentes de contaminación que tiene esta planta. Se implementaron muchos procedimientos de manejo de desechos y se establecieron planes para poder mejorar los sistemas que tienen aún áreas de oportunidad.

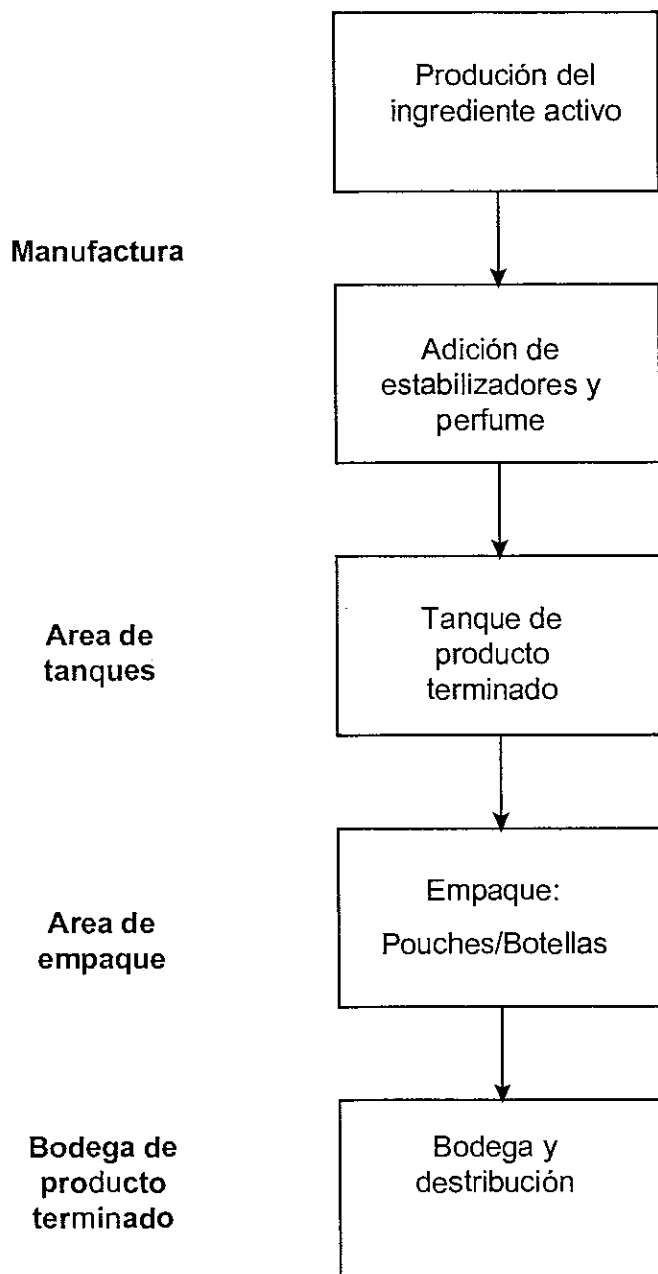
IV. RESULTADOS

A. Descripción del proceso

La planta estudiada se encarga de producir desinfectantes para pisos, losas, agua, etc. Se encuentra ubicada en un área industrial apartada de cualquier población como aldeas o pueblos. No existe presencia de bosques cercanos sino que se encuentra rodeada de fincas agrícolas.

El proceso de producción es el siguiente. El ingrediente activo del desinfectante es almacenado en un área de tanques con un sistema de protección de derrames que tiene la capacidad de contener más del 150% del volumen del tanque más grande. En el área de manufactura se agregan estabilizadores y perfumes, luego el producto pasa por un filtro para tener mayor pureza y calidad. El producto filtrado se almacena en tanques de producto terminado, estos tanques están ubicados en la misma área de tanques protegida contra derrames.

El producto terminado es empacado en pouches de polietileno y en botellas de 1 y 3.75 litros. Tanto los pouches como las botellas son estibadas en cajas de cartón. El producto es llevado a una bodega en donde se carga a los camiones distribuidores. El desinfectante puede ser reciclado en el proceso de producción y, tanto el film de los pouches, como las botellas y los corrugados pueden ser reciclados por empresas locales.

Diagrama 4. Proceso de elaboración de Desinfectante Doméstico

B. Impactos ambientales potenciales

1. Aguas Residuales

Se hizo un estudio de todas las fuentes de aguas residuales de la planta. Estas provendrán de los servicios sanitarios y cafetería, residuos peligrosos generados en el laboratorio, filtración del producto terminado, lavado de patios de tanques y aguas pluviales. Todos estos desechos son descargados al río cercano mencionado anteriormente. Se hizo un estudio de la calidad del agua que contenía este río, antes de que iniciara el estudio, para saber qué impacto se ha tenido sobre el mismo. Los datos que resultaron del estudio son los siguientes

Tabla 6. Calidad del agua del río contiguo a la planta

Parámetros	Aguas Arriba	Aguas Abajo
Sólidos totales (mg/l)	128	496
Sólidos sedimentables (mg/l)	< 0.1	< 0.1
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)	1.5	1.8
Demanda química de oxígeno (mg/l)	25.0	33.3
Potencial de hidrógeno	7.5	7.45

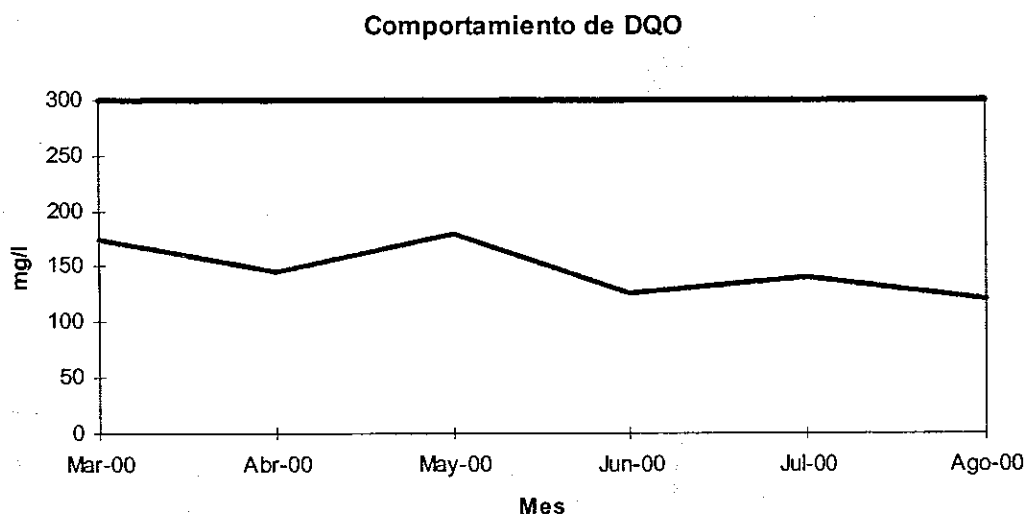
Las mediciones aguas arriba se toman unos diez metros corriente arriba del punto de descarga de la planta. Las mediciones aguas abajo, se hacen diez metros abajo de la descarga. Las aguas residuales van compuestas de sólidos sedimentables que son los que se asientan en el agua, también van compuestas de sólidos en suspensión que son

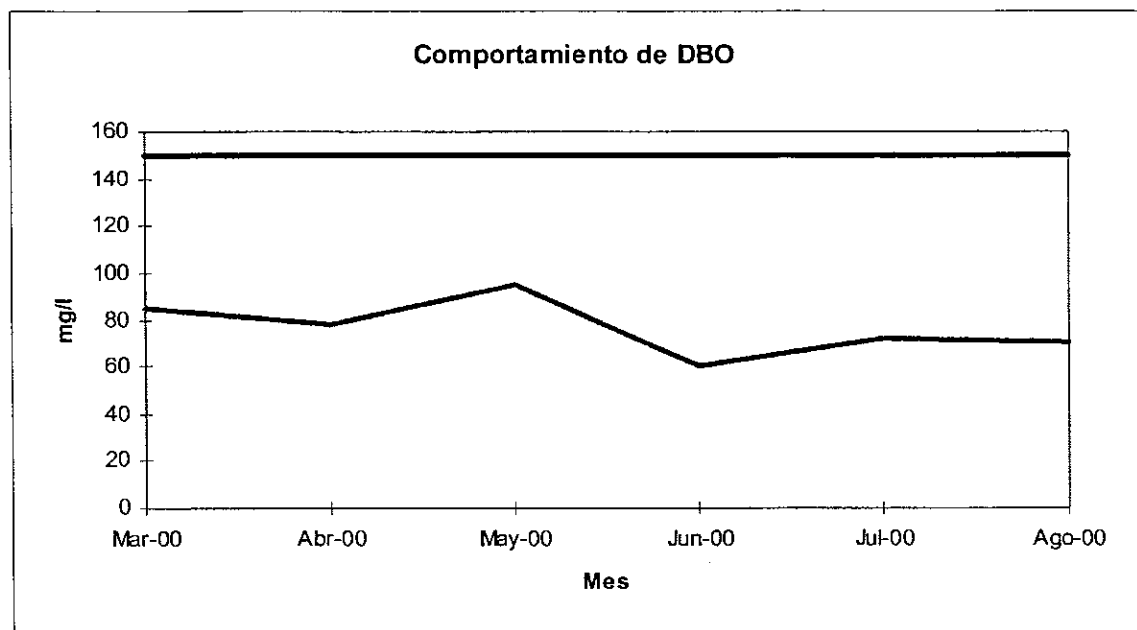
los que flotan sobre el agua. El conjunto de estos sólidos son lo que se conoce como sólidos totales.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) son medidas para determinar la cantidad de oxígeno que se necesita para degradar la materia orgánica de las aguas que se están investigando.

Se hizo un estudio para determinar el nivel de cumplimiento legal que se estaba teniendo de la descarga de aguas residuales durante los últimos seis meses en la planta. Los resultados son los siguientes.

Gráfica 1. Variación del DQO en los últimos seis meses vrs. el límite permisible



Gráfica 2. Variación del DBO en los últimos seis meses vrs. el límite permisible

Ambas gráficas muestran que las descargas de aguas residuales se encuentran constantemente en cumplimiento con las regulaciones vigentes para la categoría del producto. Es decir que el manejo del sistema ambiental de aguas residuales es confiable y seguro.

2. Desechos Sólidos

Los desechos sólidos provienen del producto terminado rechazado por el departamento de calidad o por el consumidor final. Esto es: el film de los pouches, las botellas plásticas y las cajas de corrugado. También se genera basura por las actividades de limpieza y mantenimiento de la planta. Eventualmente se genera papel de oficina, costales y toneles plásticos. Otro de los desechos sólidos generados en el proceso son los lodos del proceso de filtrado del producto terminado, estos lodos son

inertes y almacenados en bolsas para luego ser tirados junto con la basura de las actividades de limpieza.

3. Contaminación del Aire

Las únicas emisiones al aire son generadas por una chimenea de hidrógeno que se encuentra ubicada a una altura de 5.5 metros, esta chimenea cuenta actualmente con sensores de medición de hidrógeno y nitrógeno para cualquier emergencia que pueda presentarse. Las otras emisiones son de CO₂, de dos calentadores de agua a 95°C. Estas emisiones no son realmente significativas porque no generan un gran volumen de contaminación y tampoco son emisiones concentradas.

4. Quejas del Vecindario

Como se mencionó anteriormente, la planta no se encuentra ubicada en un área poblada por lo que en un radio de más de 200 metros no existen vecinos que puedan quejarse por daños o contaminación. Los vecinos más cercanos son los guardianes de las fincas agrícolas que rodean la planta que, sin embargo, viven a gran distancia de las instalaciones de la planta.

C. Medidas de mitigación actuales

1. Aguas Residuales

El agua de los servicios sanitarios y de la cafetería debe ser tratada por medio de un sistema biológico de tratamiento de aguas. La planta actualmente cuenta con este tipo de planta de tratamiento y es una planta biológica aeróbica. Esta planta de tratamiento fue construida por una empresa guatemalteca encargada de la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales y tiene una eficiencia de hasta 90%. Es

similar a la planta descrita en los antecedentes como tratamiento de aguas por medio de un método biológico.

Los desechos de laboratorio se están almacenando en un área recientemente construida por recomendación de este estudio. Luego serán tratados con el procedimiento descrito en los antecedentes bajo el título "Desechos de Laboratorio". Debe tomarse en cuenta que estos desechos son peligrosos y se deben tomar medidas de seguridad industrial utilizadas por la planta. Otros desechos peligrosos pero no comunes son los desechos de diesel y aceite, estos han sido manejados a partir de un programa de reciclaje que promueve CONAMA en el que se llevan los desechos a centros de acopio y luego son incinerados en calderas de otras empresas.

Los líquidos que provienen del filtrado del producto terminado, son neutralizados con sulfito de calcio para hacer una separación de sales y agua. Este procedimiento se hace para evitar que se altere el pH del río al que se envían estos desechos. Este pH debe estar entre los rangos de 6-8.

Las aguas de lavado de patios son analizadas en el laboratorio para saber si llevan residuos de algún posible derrame. En caso que haya presencia de algún químico del proceso, se hace una caracterización de las aguas y se regula el pH ya sea con Soda Cáustica o con Ácido Clorhídrico. Cuando el pH se encuentre entre 6-8, las aguas pueden descargarse. En caso de que las aguas no tengan presencia de ningún contaminante, pueden ser descargadas inmediatamente.

Las aguas pluviales no reciben ningún tratamiento, a menos que se mezclen con un derrame, en caso que suceda así, se debe seguir el procedimiento anterior con el lavado de patios.

2. Desechos Sólidos

Actualmente se están vendiendo los pouches de film y botellas defectuosas a una empresa recicladora local. Esta empresa tritura y derrite el film para luego hacer platos, vasos, pelotas, etc.

El corrugado de desecho se le vende a una empresa recicladora de cartón. Esta empresa construye pacas de cartón que son enviadas a Ecuador donde hacen el proceso de reciclaje. Esta empresa también compra todo el papel de oficina que ya no se utiliza.

Los desechos como toneles, sacos de costal y cubetas plásticas son vendidos y regalados a empleados de la compañía y otros clientes, para ser re usados. Los toneles son muchas veces donados a las escuelas de la comunidad para ser utilizados como basureros.

Los desechos de actividades de limpieza y mantenimiento de la planta son recogidos a diario por la municipalidad local y llevados a un relleno sanitario que se encuentra a 10 kilómetros de distancia de la ciudad.

3. Contaminación del Aire

A pesar que no es requerido por la legislación local. Se han hecho mediciones periódicas de emisiones de hidrógeno y de CO₂. Como recomendación, estas mediciones se han estado realizando anualmente. Una desventaja de este sistema de medición es que hay que adquirir el equipo propio para hacerlas ya que en Guatemala no hay una empresa que mida emisiones de hidrógeno.

4. Medidas adicionales recomendadas

Para el tratamiento de los lodos del proceso se necesitó la compra de un filtro prensa con el propósito de poder descargar los lodos como sólidos en bolsas y no como descargas de aguas residuales al río. Esto trajo como resultado un manejo más eficiente de estos desechos y un claro impacto favorable para el río. Muchos procesos pueden requerir de la utilización de filtros prensa.

Para tomar las muestras de agua de las descargas finales como río arriba y río abajo, primero se debe enjuagar la botella con agua residual para eliminar cualquier agente limpiador y posible residuo de agua que haya quedado en la botella. También el hecho de usar una botella de plástico o de vidrio puede influir en la prueba ya que algunos contaminantes se pueden absorber dentro del plástico o vidrio.

El tratamiento de los desechos de laboratorio consiste básicamente en hacer blocks de cemento y arena como los hechos por los albañiles sólo que el agua de la mezcla son los desechos de laboratorio. Los pasos son los siguientes:

1. Regularle el pH a la solución con Sulfito de Calcio hasta llevarla a un pH entre 6 y 8
2. Revolver arena con cemento tal como lo hacen los albañiles
3. Luego se agrega la solución neutralizada a la mezcla de cemento y arena, se revuelve completamente hasta dejar una masa color gris
4. Se vierte la masa en moldes de madera del tamaño deseado y se dejan secar
5. Estos blocks pueden ser enterrados, guardados en una galera o bien, ser utilizados como piso o adoquines en las calles

V. DISCUSIÓN

El proceso de hacer un estudio de impacto ambiental para esta industria permite visualizar detalladamente cuáles son las emisiones que ella tiene. En función de erradicar los posibles incidentes ambientales es que se han propuesto las contramedidas anteriores. Esto garantiza que los sistemas ambientales de esta planta productora de desinfectantes domésticos puedan estar manejados de manera eficiente y que la compañía pueda entregar productos con calidad ambiental.

Se menciona el hecho que hay muchos desechos que pueden ser reciclados en lugar de ser tirados a un relleno sanitario, por ejemplo: el film, botellas plásticas, papel, corrugado, desechos combustibles, toneles y costales. Esto trae varios beneficios a la compañía, algunos de ellos son que se tiene un ingreso con el que no se contaba anteriormente, lo que hace verse financieramente atractivo; se mantiene el buen nombre de la compañía al no encontrarse cantidades exuberantes de sus desechos en los rellenos sanitarios y; por último, se mantiene un nivel de contaminación ambiental mucho menor al que podría haber si no se llevara a cabo ninguna campaña como ésta.

Se recomienda a la empresa estudiada que realice mediciones mensuales de demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos totales y sólidos sedimentables. Esto a pesar que la ley vigente exige que se haga trimestralmente; el propósito de que estas mediciones se hagan constantes, es para saber con qué nivel de confiabilidad se descargan aguas residuales amigables al río. Además le garantiza a la compañía que no se encuentra en problemas de incumplimiento legal.

La implementación del procedimiento para tratar desechos de laboratorio, ha sido exitosa. Se han llegado a construir bloques de concreto que pueden ser utilizados para distintos usos. Este procedimiento es eficiente y puede ser aplicado en otras industrias que generen desechos de laboratorio, esto es: fábricas, universidades y laboratorios médicos de diagnóstico. Los desechos de laboratorio son de los desechos que más pueden impactar los recursos naturales, es por eso que se necesita realizar procedimientos apropiados para su tratamiento.

Se construyó un área de desechos peligrosos en la planta para poder almacenar allí los desechos de laboratorio, desechos combustibles y otros desechos peligrosos como lo son gases con sangre o agujas de tratamiento médico. El IGSS tiene un proceso de incineración de equipo médico muy eficiente.

Para plantas que sí tienen emisiones de productos químicos de proceso, es necesario que se construya una planta de tratamiento de aguas residuales. La planta de tratamiento que tiene la planta del estudio, es una planta biológica con tres etapas. La primeras dos etapas son de aireación y es donde se produce la mayor reproducción de las bacterias que degradan la materia orgánica. La tercera etapa es la de sedimentación, en la que los lodos se asientan y, el agua cristalina permanece arriba y al pasar por unos filtros puede ser descargada. Esta agua posee niveles de demanda química y bioquímica de oxígeno bastante bajas en relación a las características con las que ingresaron a la planta de tratamiento.

VI. CONCLUSIONES

1. El "Estudio de Impacto Ambiental" consiste en un análisis detallado de la categoría de los productos que se manufacturan en una planta así como los desechos que se generen en el proceso. Propone métodos para que el impacto al ambiente pueda ser reducido y controlado, de tal manera que, le permita a la planta estar en los límites permitidos por la legislación vigente de Guatemala.
2. Las aguas residuales constituyen uno de los mayores contaminantes actuales de Guatemala. Esto se debe a que los residuos líquidos industriales contienen altos niveles de DBO, DQO, sólidos sedimentables y sólidos en suspensión.
3. Los desechos de laboratorio son generalmente los desechos líquidos más difíciles de manejar. Estos desechos pueden ser confinados en pozos aislados o bien pueden hacerse bloques de concreto luego de neutralizarlos.
4. La globalización ha conducido actualmente a las industrias de todo el mundo a demandar productos y servicios competitivos aún en calidad ambiental. Un ejemplo de esto es la fuerte aceptación de las normas ISO 14000.
5. Actualmente, en Guatemala, no existen leyes que regulen las emisiones a la atmósfera. Esto permite que el sector industrial desequilibre muchos sistemas naturales sin repercusión para él.

VII. RECOMENDACIONES

1. Todas las plantas industriales de Guatemala deben tener un Estudio de Impacto Ambiental aprobado por CONAMA o por la Secretaría Nacional del Medio Ambiente.
2. Toda industria guatemalteca, que genere aguas residuales, debe tener un sistema de tratamiento ya sea físico, químico o biológico. En caso que no pueda ser construido este sistema por razones financieras, debe buscar a una empresa externa que lo haga. Esto debido a que se están generando propuestas de ley con límites máximos de contaminación más exigentes que los vigentes.
3. Empezar campañas de reciclaje de residuos industriales. Esto llega a ser lucrativo para las compañías, ya que hay actualmente muchas empresas encargadas de comprar y procesar desechos reciclables.
4. Las empresas que tengan emisiones a la atmósfera deben seguir las recomendaciones de medición descrita en la tabla 5.
5. Todas las áreas de descarga, proceso y almacenamiento en donde se almacenen o se manejen productos químicos necesitan un contenedor. La protección contra derrames debe tener la capacidad para evitar que los materiales almacenados lleguen al medio ambiente o trastornen el flujo del proceso (plantas internas y externas de tratamiento de aguas residuales).

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Reglamento de Requisitos Previos para la Descarga de Aguas Residuales. Versión preliminar para aprobación final Organismo Ejecutivo. Última revisión: Octubre 1998.

Reglamento de Requisitos Mínimos y sus Límites Máximos Permisibles de Contaminación para la Descarga de Aguas Servidas. Acuerdo Gubernativo 60-89.

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. 12 de febrero de 1994.

Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Decreto 68-86, Guatemala, Noviembre de 1991.

Escuela de Control Ambiental. PG, Santiago, Chile. Agosto 1999.

