



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PLAN DE MANEJO AMBIENTAL APLICADO A HORNOS DE
PRODUCCIÓN DE *CLINKER*, EN LA INDUSTRIA CEMENTERA
GUATEMALTECA**

Marelyn Jissel Orellana Moscoso

Asesorado por el Ing. José Vicente Guzmán Shaúl

Guatemala, octubre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE MANEJO AMBIENTAL APLICADO A HORNOS
DE PRODUCCIÓN DE CLINKER, EN LA INDUSTRIA
CEMENTERA GUATEMALTECA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARELYN JISSEL ORELLANA MOSCOSO
ASESORADO POR EL INGENIERO JOSÈ VICENTE GUZMÀN SHÀUL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Rossana Margarita Castillo Rodríguez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL APLICADO A HORNOS DE PRODUCCIÓN DE *CLINKER*, EN LA INDUSTRIA CEMENTERA GUATEMALTECA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Industrial, el 19 de abril de 2005.



Marelyn Jissel Orellana Moscoso

Guatemala 20 de Julio del 2006.

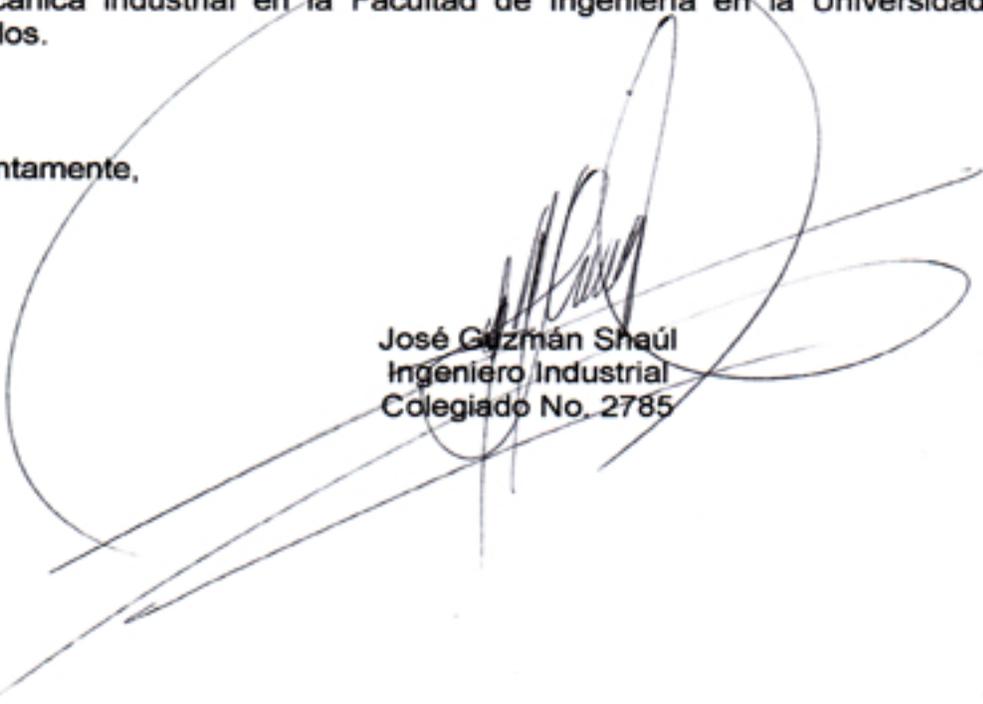
Ingeniero
Francisco Gómez
Director
Escuela Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala.
Presente

Ingeniero Gómez:

Por este medio hago de su conocimiento que he tenido a buen revisar el trabajo de Graduación de la estudiante Marelyn Jissel Orellana Moscoso con carné: 96 - 16025 titulado "Plan de Manejo Ambiental Aplicado a Hornos de Producción de Clinker en la Industria Cementera Guatemalteca", y que a mi parecer cumple con los requisitos establecidos por la Escuela de Mecánica Industrial, motivo por el cual firmo como aceptación del mismo; y lo considero satisfactorio.

Dicha asesoría la realice en mi calidad de Ingeniero Industrial graduado desde 1,987 con número de colegiado activo 2785 y como catedrático de los cursos de Legislación 1 y 2 en el Área Administrativa de la Escuela de Mecánica industrial en la Facultad de Ingeniería en la Universidad de San Carlos.

Atentamente,



José Guzmán Shaúl
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 2785



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PLAN DE MANEJO AMBIENTAL APLICADO A HORNOS DE PRODUCCIÓN DE CLINKER EN LA INDUSTRIA CEMENTERA GUATEMALTECA**, presentado por la estudiante universitaria **Marelyn Jissel Orellana Moscoso**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑADA TODOS

Ing. Frisley Mendizabal
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 6905

Ing. Frisley William Mendizabal Tánchez
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2007.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PLAN DE MANEJO AMBIENTAL APLICADO A HORNOS DE PRODUCCIÓN DE CLINKER EN LA INDUSTRIA CEMENTERA GUATEMALTECA**, presentado por la estudiante universitaria **Marelyn Jissel Orellana Moscoso**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2007.



/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **PLAN DE MANEJO AMBIENTAL APLICADO A HORNOS DE PRODUCCIÓN DE CLINKER, EN LA INDUSTRIA CEMENTERA GUATEMALTECA**, presentada por la estudiante universitaria **Marelyn Jissel Orellana Moscoso**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, Octubre de 2007



AGRADECIMIENTOS A:

Mi país

Mi bella Guatemala, que con la ayuda de Dios pronto seremos un país ejemplar.

Cementos Progreso, S.A.

Distinguida empresa, en especial al Departamento de Medio Ambiente y Optimización.

La Facultad de Ingeniería,

Y a sus catedráticos, que me formaron como profesional, y abrieron mis horizontes.

La Universidad de San Carlos de Guatemala

Por los momentos que viví allí, siempre los recordaré.

El Ingeniero y Abogado José Vicente Guzmán Shaúl

Por el tiempo que me dedicó, aportando conocimientos nuevos.

ACTO QUE DEDICO A

**DIOS PADRE, A DIOS HIJO
Y A DIOS ESPÌRITU SANTO**

Por estar siempre conmigo,
aunque no soy digna de Tu presencia.
Te doy la Gloria sólo a Ti.

MIS PADRES

**Arnulfo Orellana Orellana
Telma Moscoso de Orellana**
Por su amor ilimitado y su apoyo.

MI ESPOSO

Miler Estuardo Estrada Hernández,
Por cuidar de mí siempre, te amo cielo.

MI HIJA

Daniela Sofía,
Porque veniste a cambiar mi vida,
llenándola con alegría, te quiero
gorda.

MIS HERMANOS

Yoly, por sus críticas constructivas,
Omar, por su ejemplo,
Xiomy, por su cariño.

MIS SOBRINOS

**Bayron Eduardo, Luis Fernando,
Rodrigo, Adrián, Fabricio y Adriana**
Con mucho cariño.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÌMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. La fabricación de cemento.....	2
1.2. Etapas en la fabricación de cemento.....	2
1.3. Los efectos de la producción del cemento en el ambiente.....	3
1.4. La crisis mundial del ambiente.....	4
1.4.1. Crecimiento demográfico.....	5
1.4.2. Biodiversidad.....	6
1.4.3. Efecto invernadero.....	7
1.5. Legislación que regula el ambiente en la industria cementera.....	9
1.6. <i>Clinker</i>	17
1.7. Proceso de elaboración de <i>Clinker</i>	18
2. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN HORNOS DE CLINKER.....	21
2.1. Co-procesamiento de residuos en Hornos de <i>Clinker</i>	21
2.2. Bosques energéticos.....	23
2.3. Manejo de desechos.....	24
2.3.1. Residuos sólidos.....	25
2.3.2. Residuos líquidos.....	25

2.3.3. Emisión atmosférica.....	25
2.4. Normas internacionales de la gestión ambiental.....	25
2.5. Legislación ambiental aplicable.....	26
3. GUÍA ESQUEMÁTICA PARA IMPLEMENTAR Y DESARROLLAR UN PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL EN HORNOS DE PRODUCCIÓN DE CLINKER	31
3.1. La industria cementera y su relación con el ambiente.....	38
3.1.1. Desarrollo sostenible.....	40
3.1.2. Calidad ambiental.....	41
3.2. Guía del sistema de gestión ambiental.....	43
3.2.1. Alcance, propósito y uso.....	51
3.2.2. Aspectos ambientales y legales.....	53
3.2.3. Estructura y responsabilidades.....	54
3.2.4. Formación, concientización y competencia profesional.....	54
3.2.5. Acciones correctivas, preventivas y predictivas.....	55
3.2.6. Registros ambientales.....	55
4. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL EN LA INDUSTRIA CEMENTERA GUATEMALTECA.....	57
4.1. Implementación de un plan de monitoreo ambiental en el área de hornos.....	61
4.1.1. Objetivos del monitoreo ambiental.....	61
4.1.2. Niveles de monitoreo ambiental.....	62
4.1.3. Períodos de monitoreo ambiental.....	63
4.1.4. Monitoreo de emisiones atmosféricas.....	64
4.1.5. Plan de manejo de desechos.....	66
4.2. Medidas de mitigación.....	68
4.3. Plan de contingencia.....	69

5. IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE AUDITORÍA AMBIENTAL EN LA INDUSTRIA CEMENTERA GUATEMALTECA.....	77
5.1. Planeación y desarrollo en el campo de la auditoria Ambiental.....	81
5.2. Normas de auditoría.....	83
5.3. Cumplimiento de normas.....	85
5.4. Análisis y evaluación de riesgos.....	85
5.5. Análisis de la auditoría	86
5.6. Registro y reporte de la auditoría ambiental.....	87
5.7. Seguimiento de la auditoria ambiental.....	87
5.8. Supervisión de auditorías ambientales.....	88
CONCLUSIONES.....	91
RECOMENDACIONES.....	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
ANEXOS.....	97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

- 1 Utilización de combustibles alternos y desechos industriales
- 2 Circuito de gases y cenizas, alrededor de Hornos de *Clinker*
- 3 Incineración
- 4 Incineración (Equipo utilizado)
- 5 Características especiales del proceso de fabricación de Cemento
- 6 Planta de tratamiento de agua

LISTA DE SÍMBOLOS

BM	Banco Mundial
°C	Grados Centígrados
CO₂	Dióxido de Carbono
CADI'S	Combustibles Alternos y Desechos Industriales
EPA	Agencia de Protección Ambiental USA.
GEI	Gases de Efecto Invernadero
Ha	Hectáreas
HCl	Ácido Clorhídrico
NO₂	Dióxido de Nitrógeno
PST	Partículas en Suspensión Total
SGA	Sistema de Gestión Ambiental
SO₂	Dióxido de Azufre
VOC	Contenido Orgánico Volátil

GLOSARIO

Ambiente	Entorno en el que una organización opera. Incluye atmósfera, agua, suelo, recursos naturales, flora, fauna, seres humanos y sus interrelaciones.
Auditoría	Revisión y/o evaluación, en un área determinada, realizada por personas con conocimiento de las tareas a realizar, e independientes de las que tienen responsabilidades sobre el área sometida a examen.
Auditoría Ambiental	Examen sistemático e independiente para determinar si el desempeño ambiental de una organización y su sistema de gestión, cumplen con las disposiciones previamente establecidas.
Aspecto Ambiental	Elementos de las actividades, productos y servicios de una organización que probablemente interactúen con el medio ambiente.
Contaminación	La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.
Cemento	Aglomerado hidráulico que mezclado con agregados pétreos y agua, crea una mezcla uniforme, manejable, capaz de fraguar y endurecer al reaccionar con el agua y adquiriendo por ello consistencia pétreo.

Clinker	Mineral sintético producido para la fabricación del cemento.
Clinkerización	Proceso por el cual se fusionan a alta temperatura los componentes químicos del esquisto y la caliza.
Calidad ambiental	Estructuras y procesos ecológicos que permiten el desarrollo sustentable o racional y la conservación de la diversidad biológica.
Contaminación	Grado de concentración de elementos químicos, físicos, biológicos o energéticos por encima del cual se pone en peligro el ambiente
Contaminante del aire	Cualquier sustancia emitida a la atmósfera, por una actividad humana o por un proceso natural, que afecte al ser humano o al ambiente.
Control Ambiental	Medidas legales y técnicas que se aplican para disminuir o evitar la alteración del entorno o consecuencia ambiental producida por las actividades del hombre, o por desastres naturales, y para abatir los riesgos de la salud humana.
Co-procesamiento	Es la utilización de las excelentes condiciones de temperatura del proceso de fabricación del cemento (aproximadamente 2,000° C), para la disposición final de residuos de manera segura y siguiendo las normas ambientales, tanto nacionales como internacionales
Desecho	Cualquier materia líquida, sólida, gaseosa o radiactiva que es descargada, emitida, depositada, entèrada o diluida en volúmenes tales que puedan, tarde o temprano, producir alteraciones en el ambiente.

Desarrollo sostenible	Tipo de desarrollo que satisface necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las nuevas generaciones, de satisfacer sus propias necesidades.
Efluentes	Contaminantes que resultan de la actividad industrial
Estudio de impacto ambiental	Mecanismo científico-técnico que se utiliza para analizar aspectos físicos-biológicos, socio-económicos o culturales del ambiente en el que se desarrolle una acción o un proyecto.
Gestión ambiental	Conjunto de operaciones técnicas y actividades gerenciales que tienen como objetivo asegurar que el proyecto, obra, industria o actividad, opere dentro de las normas legales, técnicas y ambientales exigidas.
Indicadores ambientales	Variable que señala la presencia o condición de un fenómeno que no puede medirse directamente.
Impacto ambiente	Cualquier alteración significativa, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocados por acción del hombre o fenómenos naturales en un área de influencia definida.
Incineración	Proceso de oxidación térmica a alta temperatura, en el cual los residuos peligrosos o no, son convertidos en presencia de oxígeno, en gases y residuos sólidos incombustibles.

ISO	Siglas en inglés de la Organización Internacional para la Estandarización, su fin es el de crear un conjunto común de normas para la manufacturaciòn.
ISO 9000	Conjunto de normas que constituyen un modelo para el aseguramiento de la calidad, en el diseño, el desarrollo, la producción, la instalación y el servicio pos-venta. Esta norma permite desarrollar e implementar un sistema de gestión de calidad en una empresa.
ISO 14000	Serie de estàndares internacionales, que especifica los requerimientos para preparar y valorar un sistema de gestión que asegure que una empresa mantiene la protección ambiental y la prevención de la contaminación, en equilibrio con las necesidades sociales y económicas.
ISO 14001	Norma en la cual se encuentran los requisitos del sistema de gestión, que es aplicable a todo tipo y tamaño de organizaciones.
Manejo	Alguna o el conjunto de las actividades siguientes: producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final de sustancias peligrosas.
Medidas de mitigación	Es el conjunto de medidas destinadas a prevenir, reducir, minimizar, corregir o restaurar, la magnitud de los impactos negativos al ambiente.
Tiempo de residencia	Representa el tiempo de permanencia de una sustancia en la atmósfera, es decir, el tiempo que transcurre para que desaparezca totalmente por reacción o consumo de otro tipo.

Plan de Contingencia	Descripción de las medidas a tomar como contención a situaciones de emergencias derivadas del desarrollo del proyecto, obra, industria o actividad y para situaciones de desastre natural.
Plan de Gestión Ambiental	Conjunto de operaciones técnicas y acciones, que tienen como objetivo asegurar la operación del proyecto, obra, industria o cualquier actividad, dentro de las normas legales, técnicas y ambientales, minimizando los impactos y asegurando a los empresarios buenas relaciones con la comunidad.
Protección	El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y prevenir y controlar su deterioro.
Residuo	Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio o transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo genera.

RESUMEN

La industria cementera guatemalteca se ha desarrollado con el pasar de los años y el ambiente se ha visto afectado, la protección de éste se ha convertido progresivamente en una de las políticas de desarrollo comercial, factor de diferenciación de los productos y de distinción de las empresas.

El *clinker* es un producto intermedio en la fabricación de un adhesivo hidráulico conocido como cemento portland. La fabricación de *clinker* de cemento portland involucra la conversión a altas temperaturas de una mezcla de minerales de origen natural en nueva mezcla de minerales con propiedades hidráulicas en el proceso. Se pueden usar combustibles tradicionales tales como gas, bunker, carbón, coque de petróleo, pero también se pueden utilizar combustibles alternos tales como madera, plásticos, llantas, aceites usados: muchos de estos son residuos de otros procesos industriales.

La industria de la fabricación de cemento se ha involucrado desde hace algunos años en la utilización de materiales sobrantes de otras industrias como materiales de sustitución de combustibles o de materias primas, esto proporciona beneficios ambientales en la utilización de combustibles alternos y desechos industriales, llamados en la industria cementera "CADI's". En los hornos de *clinker*, se muestra los procedimientos relacionados con el manejo de residuos y temas específicos de la industria cementera guatemalteca, como Bosques Energéticos.

Para minimizar impactos al ambiente se debe implementar un sistema de Gestión Ambiental, en el cual se formula una guía esquemática compatible en su desarrollo con la industria cementera guatemalteca aplicado a hornos de

producción de *clinker*, desarrollando lineamientos generales sobre principios, sistemas y técnicas administrativas de apoyo.

Se expone un plan de manejo ambiental en el área de hornos de *clinker*, describiendo los pasos que debe contener dicho plan, así también las medidas de mitigación y el plan de contingencia, el cual es un instrumento normativo general de organización, entrenamiento y control de procedimientos y acciones que conforman un método rápido de movilización y control del personal y equipo necesario para hacer frente a incidentes que afecten al personal, población vecina, instalaciones del proyecto y al ambiente, ya sean de origen natural o motivadas por las actividades de la propia industria cementera.

Las auditorías ambientales son un proceso de verificación sistemático y documentado para evaluar el grado de cumplimiento de los Planes de Gestión Ambiental y determinar criterios para garantizar su cumplimiento, el cual consta de un reporte que contiene el resultado de las evaluaciones, verificaciones, determinaciones y análisis de la información recabada durante el desarrollo de la auditoría, en relación con la minimización de riesgos, cumplimiento de la legislación, normatividad ambiental y los requisitos aplicables. Por lo tanto, la Auditoría Ambiental determina si el sistema es efectivo o no para proteger el ambiente, en caso de no serlo, se establecen las medidas correctivas o preventivas, que deberá realizar el auditado, para asegurar idoneidad a través de las acciones, obras, proyectos, estudios, programas o procedimientos recomendados por el auditor o dispuestos por el auditado.

En el último capítulo se presenta una implementación de un programa de auditoría ambiental en la industria cementera guatemalteca. Describiendo la planeación y el desarrollo, recalcando la importancia de los registros, seguimiento y supervisión de las auditorías ambientales para proporcionar esta herramienta técnica a las personas interesadas en el tema.

OBJETIVOS

General

Aportar al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, a la Universidad de San Carlos de Guatemala y a las personas interesadas en el tema ambiental, un documento que contenga los aspectos generales basados en las normas internacionales, que les permitan tener una base con la cual se pueda formular un reglamento sobre plan de manejo ambiental aplicado a hornos de producción en la industria cementera guatemalteca.

Específicos

1. Establecer un plan de monitoreo para minimizar los riesgos de contaminación al ambiente, en los hornos de *clinker*.
2. Mitigar el impacto ambiental al sustituir recursos no renovables en hornos de *clinker*.
3. Determinar los beneficios que origina la utilización de recursos no renovables en hornos de *clinker*.
4. Implementar una herramienta de control y seguimiento ambiental de los instrumentos de evaluación ambiental.
5. Desarrollar programas de acciones para minimizar riesgos de alteración al entorno.

INTRODUCCIÓN

El tema ambiental es un ámbito de máxima relevancia para el bienestar humano actual, como para el de las generaciones futuras. Del adecuado o inadecuado uso de los recursos naturales disponibles del que dependerán las generaciones venideras.

Un plan de manejo ambiental es un conjunto de medidas o consideraciones ordenada y sistemáticamente establecidas en forma de planes descriptivos y operativos que integra y da continuidad a las acciones a tomar para prevenir, controlar, mitigar, rehabilitar y compensar de manera adecuada, los posibles efectos negativos causados durante el desarrollo de las actividades, para establecer la adecuada conservación, protección y control, de la calidad ambiental del área de influencia del mismo.

Actualmente, no existe en el país una política ambiental enfocada a la industria cementera, careciendo de normas nacionales definidas, por lo que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales no cuenta con instrumentos técnicos y administrativos para la calificación y supervisión en proyectos de este tipo. Parte del trabajo de graduación tiene como objetivo el estudio del análisis de normas y estándares internacionales para el desarrollo de la industria cementera.

1. ANTECEDENTES GENERALES

Cementos Progreso nace en 1899, su historia está ligada a episodios económicos, sociales y políticos que determinaron el nacimiento, desarrollo y consolidación de una de las más modernas plantas de América Latina con una capacidad de producción de tres millones de toneladas métricas anuales y una inversión estimada en US\$ 500 millones.

En 1899, El Ing. Carlos F. Novella funda la empresa “Carlos. F. Novella y Cía.”, con una producción de 100 sacos. En 1915 se establece “Novella Cemento Co.” Con sede en Nueva York y capital norteamericano. Su capacidad de producción es de 500 sacos diarios. En 1953 se cambia la razón social de la empresa a “Cementos Novella S.A.” su capacidad de producción aumenta a 6,000 sacos diarios. En 1958 se instala un nuevo horno en la pedrera y su capacidad aumenta a 12,000 sacos diarios. En 1964 se instala otro horno en la pedrera aumentando su capacidad a 22,000 sacos diarios. En 1974, inicia la producción de la planta San Miguel. La empresa produce 31,000 sacos diarios. En 1978 la empresa cambia su razón social a “Cementos Progreso S.A.”, con dos plantas incrementa la capacidad a 45,000 sacos diarios. En 1980 inicia producción la segunda línea de producción en San Miguel, la capacidad aumenta a 61,000 sacos diarios. En 1998 inicia la producción de la tercera línea de producción en San Miguel incrementa la producción a 155,000 sacos diarios. En el 2000 aumenta su producción a 195,000 sacos diarios.

Con 105 años de operaciones, Cementos Progreso es una empresa convencida de la necesidad de adaptar el liderazgo como industria cementera a las tendencias contemporáneas que exigen: alta tecnología, optima producción

y satisfacción total del cliente. Estas metas se consolidan al crear una alianza estratégica con el Grupo Multinacional HOLCIM de Suiza, uno de los líderes en la producción mundial de cemento.

1.1. La fabricación de cemento

El cemento es una mezcla de caliza quemada, hierro, sílice y alúmina, las fuentes más comunes, donde se pueden obtener estos materiales son el barro, la piedra caliza, esquisto y mineral de hierro. Sus primeros usos datan de los inicios de 1800; desde entonces, el cemento Pórtland se ha convertido en el cemento más usado en el mundo. Su inventor le dio ese nombre porque el concreto ya curado es del mismo color que una piedra caliza, que se obtiene cerca de Pórtland, Inglaterra.

El cemento se dividen en varias categorías que se utilizan para la fabricación del concreto en los llamados **hidráulicos**, es decir, que fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua, aun estando inmersos en ella; èsta es una característica que los distingue de los cementos **aéreos**, que solamente fraguan y endurecen en contacto con el aire.

1.2. Etapas en la fabricación de cemento

En las etapas del proceso de la fabricación de cemento para su elaboración, primero se extrae de las canteras piedra caliza y esquisto. Las canteras son áreas mineras a cielo abierto, donde, según un estudio realizado, existen nacimientos de estas dos clases de minerales, que son base para la formulación del cemento.

Estos materiales se trituran y se analizan en línea con rayos gamma, luego se prehomogenizan en grandes almacenes. Posteriormente son dosificados en proporciones adecuadas hacia los molinos en donde son pulverizados.

La calidad de la mezcla que sale de los molinos se verifica, a cada hora, con el envío automático de una muestra al laboratorio, la cual se analiza por medio de rayos X, para asegurar la composición química requerida.

El producto del proceso anterior es un polvo fino llamando mezcla o harina cruda, que es homogeneizado para eliminar las variaciones propias de los materiales naturales, antes de ser procesado en hornos rotativos que alcanzan temperaturas hasta de 1,400 grados centígrados.

El producto que se obtiene del horno se llama ***clinker***, el cual es un material gris oscuro que, junto con una pequeña cantidad de yeso, se muele finamente para obtener el cemento Pórtland, para que después, al utilizar un sistema de llenado automático, se paletiza (se ordena) en tarimas para su despacho final.

1.3. Los efectos de la producción del cemento en el ambiente

La producción convencional de cemento puede ocasionar algunos problemas ambientales:

- Erosión del área de las canteras por la extracción continua de la piedra caliza y otros materiales.

- Producción de polvos provocados por el triturado de la piedra en la planta.
- Emisión de contaminantes al aire (monóxido de carbono, monóxido de nitrógeno, dióxido de azufre y partículas muy finas) dependiendo del tipo de combustible y proceso empleado durante la calcinación en el horno (combustión).
- El polvo de los residuos del horno forma el llamado *clinker*, que puede contener metales pesados y otros contaminantes. Si el polvo del *clinker* se desecha en las canteras donde se extrajo la piedra caliza o en un relleno sanitario puede contaminar los mantos de aguas subterráneas.

1.4. La Crisis Mundial del Ambiente

El interés por la protección de las especies, flora y fauna del mundo se ha intensificado en los últimos 20 años. Tanto los científicos como el público en general, se han dado cuenta de que vivimos en una época de extinción masiva de especies sin precedentes, comparable a la de algunas épocas del pasado geológico. A menos que se invierta la tendencia, las especies emblemáticas que simbolizan la vida salvaje, tales como elefantes, tigres, osos, etc., podrían desaparecer de la naturaleza.

La causa principal responsable de la extinción de las especies es la destrucción de los hábitats que se deriva de actividades humanas, tales como la tala de bosques templados y tropicales, sobre pastoreo, desecación de humedales y contaminación de las aguas marinas y continentales. Un segundo

grupo de causas de extinción proviene de la explotación intensiva de animales y plantas, con moderna tecnología, para suministro de mercados nacionales e internacionales. Incluso en el interior de espacios protegidos, como parques nacionales o reservas naturales, se requieren medidas extremas de vigilancia para evitar la extinción o la reducción de las poblaciones. La fragmentación de los hábitats a partir de su estado primitivo, también constituye una amenaza para el futuro de muchas especies.

1.4.1. Crecimiento demográfico

El crecimiento exponencial de la población que reside en el mundo, ha hecho de gran necesidad la presencia de este producto (el cemento) para la creación de infraestructura, con esto se refiere a: vivienda, industrias, comercio, pavimentos, etc. Por consiguiente, el consumo de cemento en el mundo crece constantemente, lo cual tiene consecuencias en el ambiente.

Estas consecuencias residen en: para extraer mayor cantidad de los minerales se necesita el consumo de extensiones de tierras, lo cual representa: tala de árboles, deterioro composicional del terreno, deterioro estructural del terreno (erosión), disminución en los niveles de absorción y adsorción de agua pluvial, principalmente.

Se debe tomar en cuenta que al construir, al buscar los recursos minerales y explotar la tierra, se desplazan gran cantidad de especies, flora y fauna y la muerte de la especie en sí.

Al construir con este producto, se construyen casas, industrias y hasta gigantescas ciudades, las cuales ocupan un área territorial, que disminuye la absorción del agua de lluvia en los suelos, lo cual afecta directamente a la

industria agrícola y ganadera. La disminución en la vegetación permite torrenciales de agua llovida que arrastra con animales, cosechas hasta personas y viviendas. El caudal de los ríos crece sin estimación de los pobladores y las inundaciones de las tierras circundantes por las fuentes acuíferas (ríos, lagos, lagunas, etc.) Resultan lamentables para los pobladores.

1.4.2. Biodiversidad

La preocupación sobre la extinción masiva de especies se fundamenta en varias consideraciones. Primera, las amenazas actuales sobre la biodiversidad no tienen precedentes. Nunca en la historia de la biosfera, la amenaza de extinción ha afectado a tantas especies en tan corto período de tiempo.

En segundo lugar, las amenazas sobre la biodiversidad se están acelerando debido al incremento de la población humana y a los avances tecnológicos. Esta dramática situación aparece exacerbada por la desigual distribución mundial de la pobreza y la enfermedad, en los países tropicales, que albergan la mayor riqueza de especies.

En tercer lugar, los científicos se están dando cuenta que muchas de las amenazas sobre la diversidad biológica tienen efectos sinérgicos, es decir, que determinados factores independientes tales como la lluvia ácida, la explotación forestal y la caza, tienen efectos aditivos que empeoran la situación. Finalmente, la gente está tomando conciencia de que los procesos que amenazan la biodiversidad también son nefastos para el futuro de la humanidad puesto que afectan negativamente a las materias primas de las que dependen los alimentos, las medicinas, el agua y otros bienes y servicios fundamentales.

Los esfuerzos actuales para proteger nuevas áreas para la conservación determinarán que especies serán preservadas. En el futuro se recordarán los años finales del siglo XX como una época en la que un puñado de personas salvaron la extinción numerosas especies.

La legislación ambiental suministra la base legal para la protección de especies y hábitat amenazados. La ética ambiental proporciona racionalidad. Ciencias sociales tales como la antropología, sociología y geografía suministran conocimiento de las perspectivas de protección desde ámbitos más locales. La economía ambiental proporciona métodos de valoración de la diversidad biológica. La ecología de ecosistemas y la climatología desarrollan modelos que predicen los cambios ambientales en el futuro.

Las decisiones sobre conservación se toman a diario, a veces, en condiciones forzadas. Los biólogos y científicos de la conservación deben suministrar argumentos rigurosos que orienten las decisiones de los gobiernos y del público en general.

1.4.3. Efecto invernadero

El Efecto invernadero describe el papel que desempeña la atmósfera en el calentamiento de la superficie terrestre. La atmósfera es prácticamente transparente a la radiación solar de onda corta, absorbida por la superficie de la Tierra gran parte de esta radiación se vuelve a emitir hacia el espacio exterior con una longitud de onda correspondiente a los rayos infrarrojos, pero es reflejada de vuelta por gases como el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso, los clorofluorocarbonos (CFC) y el ozono, presentes en la atmósfera.

El contenido en dióxido de carbono de la atmósfera se ha incrementado aproximadamente un 30% desde 1750, como consecuencia del uso de combustibles fósiles como el petróleo, el gas y el carbón; la destrucción de bosques tropicales por el método de cortar y quemar también ha sido un factor relevante que ha influido en el ciclo del carbono. El efecto neto de estos incrementos podría ser un aumento global de la temperatura, estimado entre 1,4 y 5,8 °C entre 1990 y 2100. Este calentamiento puede originar importantes cambios climáticos, afectando a las cosechas y haciendo que suba el nivel de los océanos.

La quema de combustibles fósiles es la causa de contaminación atmosférica más importante y la fuente principal de emisiones antropógenas de CO₂.

El 5% de las emisiones globales de dióxido de carbono relacionadas con la energía se originan en la producción de cemento. Alrededor de la mitad de estas emisiones proviene de la calcinación y la otra mitad de los procesos de combustión. Existe una amplia gama de alternativas para reducir considerablemente las emisiones de CO₂.

La producción de cemento es un proceso que demanda mucha energía, según estimaciones, la industria del cemento consume 2% del consumo global de energía primaria o casi 5% del consumo global total de energía para fines industriales.

Debido al uso predominante de combustibles fósiles intensivos en carbono, como por ejemplo el carbón, la industria cementera emite grandes cantidades de CO₂. Además del consumo de energía, como la producción de *clinker*.

1.5. Legislación que regulan el ambiente en la industria cementera.

Para el presente trabajo de investigación se realizó una recopilación de las siguientes leyes guatemaltecas:

La Constitución Política de la República de Guatemala, en su Artículo 97, declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la Nación, regulando que, el estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico.

Asimismo, el Artículo 121 de la norma consitucional establece que son bienes del Estado: las aguas de la zona marítima que ciñe las costas de su territorio, los lagos, ríos navegables y sus riberas, los ríos, vertientes y arroyos que sirven de límite internacional de la República, las caídas y nacimientos de agua de aprovechamiento hidroeléctrico, las aguas subterráneas y otras que sean susceptibles de regulación por la ley y las aguas no aprovechadas por partículas en la extensión y termino que fije la ley; así como el subsuelo, los yacimientos de hidrocarburos y los minerales, así como cualquier otra sustancia orgánica o inorgánica del subsuelo.

Otros Artículos a tomar en cuenta para el presente trabajo son los Artículos 125, 126, 127 y 128 de la normativa constitucional, en los cuales se declara de utilidad y necesidad pública la explotación técnica y racional de hidrocarburos, minerales y demás recursos naturales no renovables, ordenando al Estado propiciar las condiciones necesarias para su exploración y explotación. Declara de urgencia nacional y de interés social, la reforestación del país y la conservación de los bosques. En lo relacionado al agua, indican

que son bienes de dominio público inalienables e imprescriptibles. Su aprovechamiento, uso y goce, se otorgan en la forma establecida por la ley, de acuerdo con el interés social. El aprovechamiento de lagos y ríos, para fines agrícolas, agropecuarios, turísticos o de cualquier otra naturaleza, que contribuya al desarrollo de la economía nacional, está al servicio de la comunidad y no de persona particular alguna, pero los usuarios están obligados a reforestar las riberas y los causes correspondientes, así como a facilitar las vías de acceso.

Este conjunto de garantías y derechos constitucionales, relacionados con el medio ambiente, están desarrollados por varias leyes de carácter ordinario y disposiciones reglamentarias, tales como el Decreto No, 68-86, emitido por el Congreso de la República, el cual contiene la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Dicha ley en su Artículo 1 regula entre otras cosas que el Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Por lo tanto, la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, suelo, subsuelo y el agua, deberán realizarse racionalmente.

En su Artículo 13 establece que el medio ambiente comprende: los sistemas atmosféricos (aire); hídrico (agua); lítico (roca y minerales); edáfico (suelos); biótico (animales y plantas); elementos audiovisuales y recursos naturales y culturales.

Asimismo, el Artículo 14 de dicho cuerpo legal indica que para prevenir la contaminación atmosférica y mantener la calidad del aire, el Gobierno, deberá emitir los reglamentos correspondientes y dictará las disposiciones que sean necesarias para: a) Promover el empleo de métodos adecuados para reducir las emisiones contaminantes; b) Promover en el ámbito nacional e internacional las

acciones necesarias para proteger la calidad de la atmósfera; c) Regular las substancias contaminantes que provoquen alteraciones inconvenientes de la atmósfera; d) Regular la existencia de lugares que provoquen emanaciones; e) Regular la contaminación producida por el consumo de los diferentes energéticos; f) Establecer estaciones o redes de muestreo para detectar y localizar las fuentes de contaminación atmosférica; g) Investigar y controlar cualquier otra causa o fuente de contaminación atmosférica.

La Ley arriba indicada, en su Artículo 15 le impone al gobierno la obligación de velar por el mantenimiento de la cantidad del agua para el uso humano y otras actividades cuyo empleo sea indispensable, por lo que emitirá las disposiciones que sean necesarias y los reglamentos correspondientes para: a) Evaluar la calidad de las aguas y sus posibilidades de aprovechamiento, mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas; b) Ejercer control para que el aprovechamiento y uso de las aguas no cause deterioro ambiental; c) Revisar permanentemente los sistemas de disposición de aguas servidas o contaminadas para que cumplan con las normas de higiene y saneamiento ambiental y fijar los requisitos; d) Determinar técnicamente los casos en que debe producirse o permitirse el vertimiento de residuos, basuras, desechos o desperdicios en una fuente receptora, de acuerdo a las normas de calidad del agua; e) Promover y fomentar la investigación y el análisis permanente de las aguas interiores, itorales y oceánicas, que constituyen la zona económica marítima de dominio exclusivo; f) Promover el uso integral y el manejo racional de cuencas hídricas, manantiales y fuentes de abastecimiento de aguas; g) Investigar y controlar cualquier causa o fuente de contaminación hídrica para asegurar la conservación de los ciclos; h) Propiciar en el ámbito nacional e internacional las acciones necesarias para mantener la capacidad reguladora; i) Velar por la conservación de la flora, principalmente los bosques, para el mantenimiento y el

equilibrio del sistema; j) Prevenir, controlar y determinar los niveles de contaminación de los ríos, lagos mares de Guatemala; k) Investigar, prevenir y controlar cualesquiera otras causas o fuentes de contaminación hídrica.

La entidad del gobierno encargada para tales efectos, según el Artículo 16 de ésta normativa, será el Organismo Ejecutivo, quien emitirá la reglamentación para: a) impedir el deterioro de los sistemas líticos (o de las rocas y minerales), y edáficos (o de los suelos), que provengan de actividades industriales, minerales, petroleras, agropecuarias, pesqueras u otras; b) La descarga de cualquier tipo de sustancias que puedan alterar la calidad física, química o mineralógica del suelo o del subsuelo que le sean nocivas a la salud o a la vida humana, la flora, la fauna y a los recursos o bienes; c) la explotación dañina de los recursos minerales y combustibles fósiles, y la adopción de las normas de evolución del impacto de estas explotaciones sobre el medio ambiente a efecto de prevenirlas o minimizarlas; d) La conservación, salinización, laterización, desertificación y acidificación del paisaje, así como la pérdida de transformación de energía; e) El deterioro cualitativo y cuantitativo de los suelos; f) Cualquiera otras causas o procesos que puedan provocar deterioro de estos sistemas.

Éste Decreto, en sus Artículos 29, 30 y 37, en cuanto las infracciones y sanciones, indica que toda acción u omisión que contravenga estas disposiciones, efectuando así de manera negativa la cantidad y calidad de los recursos naturales y los elementos que conforman el ambiente, se considerará como infracción y se sancionará administrativamente de conformidad con los procedimientos de la presente ley, sin perjuicios de los delitos que contemplan el Código Penal. Permite a la población en general a través de la acción popular denunciar ante la autoridad, todo hecho, acto u omisión que genere

contaminación y deterioro o pérdida de recursos naturales o que afecte los niveles de calidad de vida.

Es importante indicar que, éste Decreto (el 68-86, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente), regulaba que el ente encargado de velar por su cumplimiento era la Comisión Nacional del Medio Ambiente, lo cual fue derogado a través del Decreto número 90-2000, emitido por el Congreso de la República, el cual creó al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, como ente encargado de velar por tal normativa.

Otro cuerpo legal que regula el tema es el Decreto 48-97 emitido por el Congreso de la República, el cual contiene la Ley de Minería. Ésta norma en su Artículo 1 regula toda actividad minera, incluyendo reconocimiento, exploración, explotación y cualquier otra operación relacionada a la industria minera que constituya depósitos o yacimientos naturales del subsuelo. El Artículo 2 indica que el Ministerio de Energía y Minas es la institución encargada de velar por la aplicabilidad y cumplimiento de ésta ley y su reglamento, mediante la formulación y coordinación de políticas, planes y programas en el sector.

En su Artículo 5, está ley regula que, en el caso de la explotación sin fines comerciales o industriales de arcillas superficiales, arenas, rocas no decorativas y demás materiales de construcción, son las municipalidades las encargadas de velar por la explotación racional de estos materiales. Para que una persona individual o jurídica, ya sea nacional o extranjera, pueda realizar actividades mineras de carácter comercial en el país, requiere obtener una licencia del Ministerio de Energía y Minas. La licencia Minera es el instrumento legal que respalda al titular en la ejecución de sus operaciones mineras.

Existe también el Decreto 47-69, emitido por el Congreso de la República, que contiene la Ley de Canteras. Ésta ley establece que son canteras los yacimientos de rocas naturales que se emplean para trabajos de artesanía, ornamentación y construcción, tales como: granitos, basalto escoriaáceo, lajas, arenas, piedras pómez, obsidiana, lavas, puzolanas, calizas, mármoles, yesos, barita y otros empleados en artesanía. También quedan incluidas las piedras semi preciosas, tales como jaspe, cuarzo, citrino, jaditas, ónix, sardonix, aventurita. Se exceptúan las piedras preciosas, los que se explotarán de acuerdo con la Ley de Minería.

Regula lo concerniente a las Canteras de explotación, unidad de medida, derecho de tiempo, obligaciones de los titulares de un derecho, sanciones, régimen tributario y sus disposiciones generales; y a través de ello declara de utilidad pública la exploración y explotación de canteras. Además, establece requisitos para la obtención de la licencia para la exploración y explotación de canteras, la cual será dada por el Ministerio de Economía, previo informe a la Dirección General de Minería e Hidrocarburos.

La Dirección General de Minería e Hidrocarburos, cuidará por todos los medios a su alcance, de que la exploración explotación se someten estrictamente a las prevenciones actuales establecidas en esta ley. En circunstancias especiales por existir colindancias con otra cantera o concesión minera, la Dirección General de Minería e Hidrocarburos podrá exigir la medida y amojonamiento del área de una cantera, lo cual se llevará a cabo con arreglo a las prescripciones legales de las operaciones de agrimensura, por cuanta del interesado. Los caso no previstos por esta ley, serán resueltos por el Ministerios de Economía, por analogía por la Ley de Minería.

Otra Ley importante a tomar en cuenta para la realización del presente trabajo es el Decreto 90-97, emitido por el Congreso de la República, que contiene el Código de Salud, el cual en el Artículo 68 entre otras cosas indica que, el Ministerio de Salud, en colaboración con la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada, promoverán un ambiente saludable que favorezca el desarrollo pleno de los individuos, familias y comunidades.

Este cuerpo legal, en su Artículo 103, prohíbe arrojar o acumular desechos sólidos de cualquier tipo en lugares no autorizados, alrededor de zonas habitadas y en lugares que puedan producir daños a la salud a la población, al ornato o al paisaje, utilizar medios inadecuados para su transporte y almacenamiento o proceder a su utilización, tratamiento y disposición final, sin la autorización municipal correspondiente, la que deberá tener en cuenta el cumplimiento de las medidas sanitarias establecidas para evitar la contaminación del ambiente, específicamente de los derivados de la contaminación de los afluentes provenientes de los botaderos de basura legales o clandestinos.

Para el almacenamiento, transporte, reciclaje y disposición de residuos y desechos sólidos, así como de residuos industriales peligrosos, las empresas industriales o comerciales, establece que deberán contar con sistemas adecuados según la naturaleza de sus operaciones, especialmente cuando la peligrosidad según la naturaleza de sus operaciones, especialmente cuando la peligrosidad y volumen de los desechos, no permitan la utilización del servicio ordinario para la disposición de los desechos generales. El Ministerio de Salud y la municipalidad correspondiente dictaminarán sobre la base del reglamento específico sobre esta materia. Artículo 107 del Código de Salud.

Asimismo, el Artículo 226 de dicha normativa, regula que constituyen casos especiales de infracciones contra la prevención de la salud, las acciones siguientes: Descargar contaminantes de origen industrial o usar aguas residuales no tratadas sin el dictamen favorable de la autoridad competente, en ríos, riachuelos, lagos, lagunas, manantiales o fuentes de agua. Descargar aguas residuales no tratadas, en ríos, lagos, riachuelos y lagunas u ojos de agua, ya sean éstos superficiales o subterráneos.

Otra Ley a tomar en cuenta para el presente trabajo es el Decreto 17-73, del Congreso de la República, que contiene el Código Penal, regulando en su Artículo 346 que, quien explote los recursos minerales, materiales de construcción, rocas y recursos naturales contenidos en el mar territorial, plataforma submarina, ríos y lagos nacionales, sin contar con la licencia o autorización respectiva, o quien teniéndola, incumpla o se exceda en las condiciones previstas en la misma, será sancionado con prisión de dos a cinco años y el comiso de los útiles, herramientas, instrumentos y maquinaria que hubiere sido utilizado en la comisión del delito. Si este delito fuere cometido por empleados o representantes legales de una persona jurídica o una empresa, buscando beneficio para ésta, además de las sanciones aplicables a los participantes del delito, se impondrá a la persona jurídica o empresa una multa de cinco mil a veinticinco mil quetzales. Si se produce reincidencia, se sancionara la persona jurídica o empresa con su cancelación definitiva.

Otro delito relacionado con el tema es el de contaminación, el cual está establecido en el Artículo 347 "A" de dicho cuerpo legal, en el que se indica que será sancionado con prisión de uno o dos años, y multa de trescientos a cinco mil quetzales, el que contaminare el aire, el suelo o las aguas, mediante emanaciones tóxicas, ruidos excesivos vertiendo sustancias peligrosos o desechando productos que puedan perjudicar a las personas, a los animales,

bosques o plantaciones. Si la contaminación se produce en forma culposa, se impondrá multa de doscientos a mil quinientos quetzales.

Asimismo el Artículo 347 “B”, que trata lo relacionado con la Contaminación Industrial, regula que se impondrá prisión de dos a diez años y multa de tres mil a diez mil quetzales, al Director, Administrador, Gerente, Titular o Beneficiario de una explotación industrial o actividad comercial que permitiere o autoricé, en el ejercicio de la actividad comercial o industrial, la contaminación del aire, el suelo o las aguas, mediante emanaciones tóxicas, ruidos excesivos, vertiendo sustancias peligrosas o desechando productos que puedan perjudicar a las personas, a los animales, bosques o plantaciones. Si la contaminación fuere realizada en una población, o en sus inmediaciones, o afectare plantaciones o aguas destinadas al servicio público, se aumentará el doble del mínimo y un tercio del máximo de la pena de prisión. Si la contaminación se produjere por culpa, se impondrá prisión de uno a cinco años y multa de mil a cinco mil quetzales. En los Artículos anteriores, la pena se aumentará en un tercio si a consecuencia de la contaminación resultare una alteración permanente de las condiciones ambientales o climáticas.

1.6. *Clinker*

El *clinker* es un producto intermedio en la fabricación de un adhesivo hidráulico conocido como cemento Portland. Mediante el tratamiento térmico en una etapa, una mezcla de minerales naturales no hidráulicos, calcita, cuarzo, arcillas y feldespatos; es transformada en una mezcla activa de minerales hidráulicos; alita, belita, aluminato y ferrita, llamada *clinker* de cemento Pórtland. Como los materiales cerámicos y refractarios, el *clinker* puede considerarse como una roca sintética. El tratamiento térmico de calentamiento y enfriamiento responsable de esta “metamorfosis” se conoce como **clinkerización**. La

clinkerización se realiza usualmente en hornos rotativos. Solamente las mezclas en un rango pequeño y específico de minerales calcáreos y arcillosos puede ser transformada en *clinker* de cemento Pórtland.

1.7. Proceso de elaboración de *Clinker*

La harina cruda proveniente de los silos es alimentada a hornos rotatorios en los que el material es calcinado y semi-fundido al someterlo a altas temperaturas (1450 °C). Aquí se llevan a cabo las reacciones químicas entre los diferentes óxidos de calcio, sílice, aluminio y hierro, que se combinan para formar compuestos nuevos que son enfriados rápidamente en la parte final del horno. En el sistema de horno de cemento, los materiales circulan en contracorriente con el flujo caliente de los gases de combustión. La materia prima -mayoritariamente cal básica- absorbe muchos componentes de los gases de combustión, provenientes de los combustibles o de la transformación de la propia materia prima, y se incorporan al clínker.

A diferencia de las calderas, en que se deben inyectar absorbentes para limpiar los gases, en el horno de clínker no son necesarios procedimientos de este tipo, ya que tiene dentro del sistema este absorbentes. Dependiendo de la condición física y química de la materia prima, varía su capacidad de absorción; la máxima se da al final de la etapa de calcinación, con el mayor contenido de óxido de calcio hábil para retener las sustancias ácidas, como HCl (Cloruro de Hidrogeno) y HF (Fluoruro de Hidrogeno), o el SO₂ (Dióxido de Azufre).

Al producto enfriado de los hornos se le da el nombre de *clinker* y normalmente es granulado, de forma redondeada y de color gris oscuro.

Muchas características importantes distinguen al proceso de formación del *clinker*. La clinkerización (proceso del *clinker*) ocurre mediante la sucesión de diversos mecanismos complejos. La transformación requiere energía mecánica, térmica y eléctrica. La velocidad de reacción es lenta en comparación con la reacción de materiales homogéneos (reacciones en estado gaseoso o en fase líquido). Esto conlleva a la necesidad de alcanzar altas temperaturas, tiempos de reacción extensos y materiales muy finos en dispersión. Los minerales activos hidráulicamente del *clinker* no son estables a temperatura ambiente, por ello el *clinker* debe enfriarse rápidamente. La calidad del *clinker* producido está determinada por: Composición química del *clinker* y Microestructura del *clinker*.

El *clinker* se muele con un agregado de 4-5% de yeso hasta obtener un cemento Portland de una finura específica. Si se le adicionan materiales puzolánicos, escoria de altos hornos, cenizas volantes o fillers calizos se obtienen cementos mezclados.

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN HORNOS DE *CLINKER*

Los hornos cementeros constituyen una tecnología única, no comparable a las utilizadas por otros procesos industriales, ni por incineradores industriales, ya que tienen una capacidad de destrucción y de absorción irreversible de todo elemento contaminante.

Esto lo hace un proceso compatible con un desarrollo de producción limpia, permitiendo a otros eliminar residuos en forma total y no parcial, generando un valor agregado a la minería, industria y la agricultura de nuestro país.

2.1. Coprocesamientos de residuos en Hornos de *Clinker*

Los coprocesamientos son básicamente la utilización de los desechos resultado de los procesos de fabricación del cemento como combustibles alternativos, (Combustibles Alternos y Desechos Industriales), los combustibles alternativos utilizados en los hornos de *clinker* no solo se basan en el autoconsumo de los desechos, sino en la búsqueda de otras alternativas de combustible, proceso sustentable.

El coprocesamiento de residuos industriales en la industria cementera es una solución adecuada al manejo de residuos, que satisface exigencias de control ambiental.

La industria de la fabricación de cemento se ha involucrado desde hace algunos años en la utilización de materiales de desecho de otras industrias como materiales de sustitución de combustibles o de materias primas, (véase Figura 1).

Beneficios económicos de la utilización de Combustibles Alternos y Desechos Industriales en hornos de *clinker*.

- Normalmente se necesitan inversiones menores para obtener soluciones ambientalmente compatibles y eficientes financieramente en las plantas de cemento,
- El beneficio económico no está solamente en la energía o material recuperado sino también en los costos para disposición ambientalmente de dichos materiales.

Una de las ventajas de la utilización de CADI's, (Combustibles Alternos y Desechos Industriales) se describe a continuación.

- Llama principal con temperatura de 1800 a 2000 °C, atmósfera oxidante y tiempo de residencia mayor a 8 seg. a 1200 °C.
- Limpieza de gases en la torre de ciclones precalentadores y molino de crudo
- Absorción de tóxicos por baja temperatura de gases de escape
- Equipo de despolvamiento altamente eficiente
- Absorción de minerales (cenizas) en el *clinker*, cemento y concreto (incluyendo metales pesados).

2.2. Bosques energéticos

Desde 1933 Cementos Progreso apoya programas de reforestación en todo el país. En 1993 estableció el Programa de Reforestación Comunitaria, para varios municipios y aldeas del departamento de El Progreso; éste consiste en dar asesoría técnica y donación de plantas a agricultores en sus comunidades para que tengan bosques energéticos propios. También impulsa la campaña de Educación Ambiental para las escuelas del departamento de El Progreso, a través del cual se proporciona material educativo sobre ecología a cada alumno.

Con el objeto de revertir positivamente el impacto causado por la restricción en el uso del suelo en el área de servidumbres, y para garantizar el mantenimiento de la zona libre de vegetación alta, en lugares específicos se podrá diseñar y establecer programas de plantación de bosques energéticos, lo que además de generar empleo local, mejorará la disponibilidad de leña en la región.

A la fecha se han reforestado más de 1000 Ha desde 1985, la idea es utilizarlo como bosques energéticos utilizando árboles de crecimiento rápido, estos árboles fijan el CO₂ (Dióxido de Carbono) de la atmósfera generando O₂. A los 5 años disminuye considerablemente la fijación de CO₂ y deben de ser cortados para que empiecen de nuevo su crecimiento. En la planta de cemento son usados como Combustible Alterno.

En 1985 se funda Agro bosques S.A. el cual es un Vivero que tiene como objetivo: la reforestación en finca San Miguel, la reforestación comunitaria– Reforestamóvil, Plan de educación ambiental y combate a incendios. Lo cual a generado los siguientes resultados: Más de 2.5 millones de árboles sembrados,

1150 Ha de bosque sembrado en finca San Miguel, el Reforestamóvil ha servido como instrumento para sembrar y manejar más de 450 hectáreas de bosques energéticos, plan de educación ha alcanzado a más de 25,395 alumnos en 108 aldeas y se ha capacitado a más de 2,850 agricultores y más de 5,461 trabajadores.

2.3. Manejo de desechos

Hay diferentes tipos de residuos industriales que pueden ser coprocesados en el proceso del cemento, como por ejemplo, Pintura (cenizas de incineradores, plásticos, solventes); Celulosas y papel (residuos de molino, ceniza de incineración); Agricultura (plásticos); Automotriz (residuos de pintura, neumáticos usados); Refinación de petróleo (arcilla, aceites, catalizadores gastados); Electricidad (cenizas volantes, polvo, yeso); Químicas (solventes, plásticos, catalizadores); Acero (escorias, cenizas, polvo de presipitador); Productos alimenticios (plásticos, productos de destilación, vidrio); Actividades locales (lodo orgánico, lodos de purificación de agua, cenizas de incineración de basura domestica); Fundición (escoria de cobre, aluminio); Construcción y materiales de construcción (tableros de moldaje, yeso).

Sin embargo, se prohíbe el uso de ciertos residuos en el proceso de cemento, como por ejemplo, Residuos hospitalarios anatómicos, Residuos que contengan asbestos, Residuos biológicamente peligrosos, Desechos electrónicos, Baterías enteras, Explosivos, Residuos con alta concentración de cianuro, Ácidos minerales, Residuos radioactivos, Residuos domésticos sin clasificar.

2.3.1. Residuos sólidos

En el proceso de elaboración de cemento se produce polvo en las etapas de: Molienda y mezclado de la materia prima, Cocción del cemento y Molienda del cemento. Pero en los Hornos de clínker no genera residuos sólidos.

2.3.2. Residuos líquidos

Las fábricas de cemento son grandes consumidores de agua, pero el proceso tecnológico no produce contaminación del agua. Ni en la etapa de Hornos de *Clinker* genera residuos líquidos.

2.3.3. Emisión Atmosférica

Los gases de la combustión y las cenizas son neutralizadas por la materia prima, de naturaleza alcalina, y se incorporan al *clinker*, en forma inocua. No se generan nuevos residuos que deban ser tratados posteriormente, ni se afectan negativamente las emisiones a la atmósfera.

Con la utilización de CADI's. Se reemplaza procesos de combustión sin recuperación de energía por procesos con alta recuperación de energía, reduciendo las emisiones globales de gases que contribuyen al efecto de invernadero (véase Figura 2).

2.4. Normas Internacionales de la gestión ambiental

La industria cementera ha llevado a cabo programas de modernización de sus instalaciones que apuntan a una protección más eficaz del ambiente,

destacan la reducción del consumo de energía conseguida en los últimos decenios, las mejoras en los niveles de emisión, y la introducción de mejores sistemas de gestión medioambiental y códigos de buenas prácticas.

El factor medioambiental se está convirtiendo en eje estratégico y de competitividad. No es sólo la presión de la legislación, sino la del mercado, la que exige que toda actividad industrial se desarrolle con respeto para el entorno, lo que implica, más allá del mero cumplimiento de la legislación, un proceso de mejora continua. Existen algunas normativas de Gestión Medioambiental en nuestro país (véase capítulo 1), aunque por razones de aceptación internacional y prestigio, se está imponiendo como sistema más utilizado el regulado por ISO en sus normas 14.001.

2.5. Legislación Ambiental aplicable.

A Nivel Internacional

Cambio Climático y Comercio de Emisiones

La lucha contra el cambio climático se ha convertido en la cuestión medioambiental más importante en los últimos años. La comunidad científica internacional considera que existe una relación entre las emisiones de dióxido de carbono de las actividades energéticas (generación eléctrica, transporte, calefacción, procesos térmicos) y los cambios en el clima observados en las últimas décadas.

En 1992 la Organización de Naciones Unidas (ONU) estableció el Convenio Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, firmado por

más de 140 países. La Convención establece las líneas básicas de actuación a nivel internacional, con especial hincapié en el estudio de las consecuencias del cambio climático y los medios para luchar contra él.

El Protocolo de Kyoto del año 1997 se estableció en el marco de la Convención, y se convierte en la primera herramienta de ámbito internacional para la lucha contra el cambio climático en la que se establecen objetivos cuantitativos concretos de reducción de las emisiones.

El Protocolo de Kyoto establece, como una de las herramientas, el comercio de emisiones. La Unión Europea ha decidido poner en marcha a partir del año 2005 un mercado de ámbito europeo para la comercialización de derechos de emisiones de dióxido de carbono. El mercado afecta exclusivamente a las actividades industriales intensivas en energía, entre las que se incluye la fabricación de clínker.

El Protocolo de Kyoto

El Protocolo de Kyoto de 1997 toma el nombre de la ciudad japonesa en la que se celebró la Conferencia de las Partes de la Convención a finales de dicho año.

En el Protocolo de Kyoto se establece un reparto internacional de reducciones de emisión de gases de efecto invernadero para treinta y ocho países, con el fin de alcanzar el objetivo de que las emisiones conjuntas de dichos países se reduzcan en al menos el 5 % de lo emitido en 1990 en el periodo de compromiso comprendido entre el año 2008 y el 2012 (establece

que el cumplimiento debe acreditarse a lo largo de los años 2008 a 2012 como medio de las emisiones del quinquenio).

Los gases de efecto invernadero contemplados en el Protocolo de Kyoto son seis:

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxido nitroso (N₂O)
- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Perfluorocarbonos (PFC)
- Hexafluoruro de azufre (SF₆)

De ellos, ocupan un papel preponderante el dióxido de carbono (CO₂), generado mayormente en procesos de combustión (centrales térmicas, calderas, vehículos, calefacción, etc.); y el metano (CH₄), que proviene de la descomposición de la materia orgánica (fermentación en vertederos de residuos urbanos, explotaciones ganaderas, etc.)

A Nivel Nacional

Inventario Nacional de gases de efecto invernadero

La atmósfera de la Tierra como parte de un proceso natural recibe continuamente energía del Sol y a su vez refleja una parte enviándola de nuevo al espacio. En la atmósfera existen varios gases que desempeñan una función importante en la formación del clima de la Tierra ya que absorben gran parte de la radiación solar reflejada por la superficie del planeta. Estos gases re-emiten este calor absorbido de nuevo a la superficie terrestre contribuyendo a su

calentamiento y dando origen a las condiciones climáticas y ambientales conocidas; a este fenómeno se le llama efecto invernadero natural.

Gases de Efecto Invernadero

Las actividades humanas dan origen a emisiones adicionales de gases que se acumulan en la atmósfera de la Tierra produciéndose gases de efecto invernadero por las actividades humanas. En la cuantificación de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) producidos en Guatemala se tomaron en cuenta las actividades energéticas, los procesos industriales, las actividades de agricultura (agrícolas y pecuarias), el cambio de uso de la tierra y selvicultura y la disposición de los desechos (sólidos y líquidos). Los GEI reportados en el inventario nacional incluyen al dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), como principales gases naturales y que son conocidos como gases de efecto invernadero directos. También se incluye la estimación de emisiones de otros gases que son precursores de GEI o modificadores de su concentración en la atmósfera tales como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM); y los precursores de aerosoles como el dióxido de azufre (SO₂). Las emisiones de GEI se calcularon siguiendo la metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) contenida en las Guías Revisadas de 1996 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (IPCC/OECD, IEA 1997) utilizando la información nacional disponible y valores predeterminados en la metodología mencionada. No se incluyeron las emisiones de solventes por no existir métodos específicos en las guías metodológicas. De acuerdo con la resolución correspondiente de la Conferencia de las Partes (COP2, 1996) se utilizó 1990 como año base para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI. La unidad de medida de gas

emitido o absorbido es el gigagramo (Gg) que equivale a 109 gramos o a 1000 toneladas.

Emisiones y Absorciones Nacionales de Gases de Efecto Invernadero

En 1990, Guatemala emitió 7,489.619 Gg de dióxido de carbono, 199.556 Gg de metano, 20.709 Gg de óxido nitroso, 43.792 Gg de óxidos de nitrógeno, 961.655 Gg de monóxido de carbono, Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 105.949 Gg de compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano y 74.497 Gg de dióxido de azufre . A través de la cobertura boscosa y el suelo del país se absorbieron 42,903.727 Gg de dióxido de carbono; la absorción neta de CO₂ para 1990 ascendió a 35,414.108 Gg.

3. GUÍA ESQUEMÁTICA PARA IMPLEMENTAR Y DESARROLLAR UN PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL EN HORNOS DE PRODUCCIÓN DE CLINKER

Una guía esquemática es la organización del contenido de una obra o informe en partes, componiendo un texto o figura gráfica y visualmente sencilla que deja claro las relaciones que hay establecidas en dicha obra.

Un plan de gestión ambiental es un conjunto de acciones encaminadas al uso, conservación o aprovechamiento ordenado del medio ambiente en general. Implica la conservación de especies amenazadas, el aprovechamiento cinegético, el aprovechamiento piscícola, la ordenación forestal, la gestión ambiental e, incluso, la gestión doméstica. El concepto de gestión lleva implícito el objetivo de eficiencia, por lo que la gestión ambiental implica aprovechar los recursos de modo racional y rentable aplicando criterios de materia y energía. Se debe tender a una filosofía de ahorro y aprovechamiento sostenible.

En la industria, la gestión ambiental implica tanto aquellas acciones encaminadas a hacer el medio ambiente laboral más sano y seguro para los trabajadores, mediante la prevención por ejemplo de riesgos laborales, como las que tienen por objeto la reducción del consumo de energía y de materias primas haciéndolo óptimo en relación con la producción. Así, el ahorro de energía que se puede obtener por el empleo de maquinaria más eficiente, o el ahorro de agua que se conseguiría por el reciclado de la misma en los procesos productivos, deben considerarse como objetivos de la gestión ambiental de la empresa. Por ello, en muchas empresas se están instaurando sistemas de

gestión ambiental destinados, en los casos más sencillos, al ahorro de recursos tan habituales como el papel o la electricidad, consiguiéndose efectos significativamente positivos económica y ambientalmente. En definitiva, se siguen los preceptos que marca la norma ISO 9000.

La gestión de aquellos espacios protegidos por su valor natural se encuentra dentro de lo que podríamos definir como la aceptación más pura de la gestión ambiental. Así, es labor encomendada a los gestores ambientales el cuidado y preservación de los espacios naturales y sus recursos biológicos y geológicos. La conservación de las especies amenazadas, la organización de los usos dentro de los espacios naturales, son objetivos de este tipo de gestión ambiental.

Los conceptos de conservación y gestión del medio ambiente están indudablemente ligados, y esta conservación se ha convertido en objetivo prioritario de las sociedades desarrolladas, como queda reflejada en el Acta Única Europea y en los más recientes documentos constitucionales de los distintos países, como la Constitución Española; así, la gestión ambiental, en su más amplio sentido, es una herramienta fundamental para la consecución de este objetivo. Este sentido prioritario queda patente en el importante desarrollo habido en las últimas décadas en lo relativo a instrumentos legislativos (normas) y ejecutivos (administrativos) con esa función específica (por ejemplo, normativas sobre impacto ambiental y la creación de ministerios y consejerías de ambiente a nivel estatal y autonómico respectivamente).

Actualmente el tema del cuidado del ambiente es un reto para los gobiernos, del cual nuestro país no es la excepción. Con el Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos, las empresas que no estén preparadas para el cambio no podrán entrar en este nuevo mercado que exige que estas estén certificadas.

Evaluación del Desempeño Ambiental

La Evaluación del desempeño ambiental es un proceso para facilitar las decisiones de gestión con respecto al desempeño ambiental por medio de indicadores recopilando información, analizando datos, evaluando información con base en criterios de desempeño ambiental, reportando, comunicando, revisando periódicamente y mejorando el proceso productivo.

Criterios del Desempeño Ambiental:

Las fuentes para determinar criterios de desempeño ambiental en una organización pueden ser:

- El historial del desempeño de la empresa en años anteriores.
- Los requerimientos legales con los que debe cumplir.
- Códigos reconocidos, estándares y las mejores prácticas.
- Datos de desempeño e información desarrollados por la industria y por otras organizaciones sectoriales.
- Revisiones de la gestión y auditorías
- El punto de vista de las partes interesadas.
- Investigaciones científicas.

A continuación podemos listar algunos indicadores de desempeño ambiental:

IDG: Indicadores de Desempeño de la Gestión: Provee información acerca de los esfuerzos en la gestión para influenciar el desempeño ambiental de las operaciones de la organización.

IDO: Indicadores de Desempeño Operacional. Provee información acerca del desempeño ambiental de las operaciones de la organización.

ICA: Indicadores de la Condición Ambiental: Provee información acerca de las condiciones del ambiente.

Normas Internacionales, gestión del medio ambiente.

Estas son reglas que se deben seguir para proteger el ambiente. En la actualidad las diferentes industrias que existen alrededor del mundo se están preocupando por obtener una certificación que las acredite como empresas de clase mundial.

Cada país puede establecer sus normas con respecto del ambiente. En Guatemala no se tiene claros los requisitos para poder tener una especie de certificación nacional. Por lo mismo, se adopta las normas ISO. En el caso de la protección del ambiente será la categoría de las ISO 14,000. Además de está existe el SGA (Sistema de Gestión Ambiental).

Planificación de la Gestión Ambiental

La planificación es una de las etapas del ciclo de actividades propio de los sistemas de gestión que se complementa con las fases de ejecución del plan de trabajo, verificación y acción correctiva y nueva revisión/auditoría ambiental constituyendo así la espiral del proceso de mejoramiento continuo característica de aquellos.

Realizada la revisión ambiental o la auditoría ambiental, la dirección superior conoce en qué estado se encuentra el desempeño ambiental de la organización

y puede preparar el plan de trabajo que mejor se adapte para introducir los cambios, tecnologías y procedimientos para alcanzar la práctica adecuada de Gestión Ambiental que le asegure satisfacer las preocupaciones ambientales de las distintas partes interesadas al nivel más económico.

Con base en las deficiencias señaladas por la auditoría ambiental la Dirección desarrollará un Plan de Gestión y de Desempeño Ambiental acorde con la velocidad con que la organización esté en capacidad de avanzar en el período que asigne al plan, así como definir el intervalo de tiempo para una próxima revisión / auditoría y la correspondiente elaboración del siguiente plan de trabajo:

- Las tareas a ejecutar, indicando el orden de sus prioridades. La cantidad de las mismas depende, como ya se indicó, de la capacidad de los recursos humanos, físicos y financieros con que cuenta la organización para ejecutarlos en el tiempo especificado.
- Las metas y el tiempo adecuado previsto para su cumplimiento.
- Las personas y grupos de trabajo responsables de su ejecución.

Se recomienda que en la planificación se incluya siempre el logro de orden, disciplina y limpieza por considerar que es imprescindible para alcanzar el nivel de desempeño ambiental a que se aspira.

¿Cómo Iniciar la Implementación?

Se basa en el desarrollo del principio de compromiso de la Dirección superior y Política:

- Lograr el compromiso de la Dirección superior con relación al mejoramiento del desempeño ambiental de la organización: sin éste, no se asegurará éxito en la gestión de la Función Ambiental.
- Conocer el desempeño ambiental de la organización mediante la realización de una Revisión Ambiental Inicial.
- Definir la Política Ambiental de la organización para ser ejecutada por la Dirección Superior, teniendo presente el resultado de la revisión ambiental inicial.

Plan de Gestión Ambiental

Consiste en la formulación de un plan de acción que satisfaga la política ambiental que se defina, el cual requiere:

- Identificar los aspectos ambientales de la actividad y productos de la organización, así como la ocurrencia de descargas o emisiones accidentales debidas a fallas que provocan impactos ambientales y evaluar su alcance (global, regional o local). En el caso de las emisiones accidentales debe ponderarse su severidad y frecuencia posibles. Tener presente que la ubicación geográfica juega un papel importante si la organización se encuentra en un área ambientalmente sensible (escasez de recursos hídricos, atmósfera muy contaminada, vientos predominantes, etc.).
- Difundir al personal los marcos legales y otros requisitos ambientales aplicables a las actividades y/o productos de la organización.
- Definir los criterios de desempeño ambiental de la organización los cuales constituyen el punto de partida para fijar los objetivos y metas ambientales de la organización. Suelen basarse en el marco legal. No obstante, en el caso que el marco legal no exista o no satisfaga los

requerimientos de la organización, pueden aplicarse otros requisitos ambientales incluso más rigurosos. Los mismos pueden surgir de normas emanadas de la casa matriz, situación muy frecuente entre las organizaciones multinacionales; de requerimientos de sus aliados estratégicos, de las organizaciones de consumidores, etc.

- Establecer los objetivos y metas ambientales. Los objetivos son expresiones de compromiso tales como minimizar la generación de residuos en el origen y los impactos ambientales asociados con la actividad de la organización. Las metas, por su parte, son logros concretos y cuantificables referidos a los indicadores de desempeño ambiental seleccionados.

Herramientas de gestión

- Comunicación: Comprende la existencia y empleo de procedimientos para informar internamente, dentro de la organización, y, externamente, a las partes interesadas, en las actividades ambientales que ejecuta la misma organización con distintos propósitos, tales como demostrar el compromiso ambiental de la Dirección superior, aclarar preocupaciones sobre las implicaciones ambientales de actividades, productos o servicios de la organización, etc. La comunicación interna facilita la motivación de los cuadros del personal y profundiza su preocupación para satisfacer los objetivos de la Función Ambiental.
- Documentación: Se refiere a la existencia de procesos y procedimientos operativos ambientales definidos, documentados y que se actualizan cuando corresponde. Resulta conveniente elaborar y mantener al día un resumen de la documentación ambiental que incluya, entre otros aspectos:

- Política, objetivos y metas ambientales,
 - Descripción de cómo alcanzar los objetivos y metas ambientales,
 - Responsabilidades, roles y procedimientos,
 - Indicaciones relativas al SGA y demostración de que los elementos implementados son apropiados.
- Controles operacionales: Tienen como objeto asegurar la congruencia entre la política, objetivos y metas ambientales. Para su desarrollo, deben considerarse los aspectos ambientales que contribuyen a producir impactos ambientales significativos, incluyendo todas las actividades de la organización.

3.1. La Industria Cementera y su relación con el Ambiente

El volumen físico de la producción industrial en el mundo ha crecido aceleradamente en las últimas décadas, al grado que en la segunda mitad del siglo XX se han empleado más recursos naturales en la producción de bienes de consumo que en toda la historia anterior de la humanidad. Esto se ha traducido en una enorme presión sobre los recursos naturales y ha incrementado significativamente los problemas de contaminación local, tanto por los efectos directos de la fabricación de satisfactores como por su consumo.

El cemento es un material básico para la construcción y el desarrollo integral de la infraestructura del país. Su principal propiedad es la de formar masas pétreas resistentes y duraderas cuando se mezcla con áridos y agua. El endurecimiento (fraguado) de la mezcla ocurre transcurrido un cierto tiempo desde el momento en que se realiza la mezcla, lo que permite dar forma (moldear) la piedra artificial resultante. Estas tres cualidades (moldeables, resistentes, duraderas) hacen que los productos derivados del cemento tengan

una gran aplicación en la construcción de infraestructuras y otros elementos constitutivos.

El consumo y la producción de cemento están ligados directamente a la actividad constructiva (pública y privada) en cada momento, y por lo tanto sigue una evolución muy homogénea a la situación económica general.

Aspectos ambientales de la fabricación de cemento:

Los aspectos ambientales más importantes de la fabricación de cemento son el consumo energético y la emisión a la atmósfera de las siguientes sustancias:

- Partículas (polvo), proveniente de las operaciones de almacenamiento, transporte y manipulación de los materiales pulverulentos presentes en la fábrica (fuentes dispersas o difusas), y de los filtros de desempolvamiento (fuentes localizadas o puntuales).
- Gases de combustión: óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxidos de azufre (SO₂). Las emisiones del horno de clínker están ligadas a las propiedades de las materias primas (humedad, contenido en compuestos sulfurosos volátiles, dificultad de cocción, resistividad, etc.) y a la tipología de sistema de horno empleada (vías húmeda, semihúmeda, semiseca y seca).

Entonces la industria del cemento se encuentra entre las actividades emisoras de contaminantes a la atmósfera y en particular, al manufactura del cemento es por su naturaleza considerada generadora de partículas, las cuales producen deterioro a la calidad del aire si rebasa ciertos límites, por lo que es necesario el control de dichas emisiones, a través del establecimiento de los

niveles máximos permisibles que aseguren que no se originarán alteraciones significativas al ambiente.

Las emisiones de partículas a la atmósfera en la industria del cemento, provienen de diversas fuentes que comprenden desde la explotación del mineral, la trituración, la preparación de materia prima, los hornos de calcinación, el enfriamiento de *Clinker*, la molienda final hasta el manejo y distribución de polvos de desecho, pero es importante recalcar que en los hornos de calcinación, son el punto de emisión de partículas dentro del proceso de fabricación del cemento, donde técnicamente se puede medir directamente los niveles de emisión de los mismos.

3.1.1. Desarrollo sostenible

Es el término aplicado al desarrollo económico y social que permite hacer frente a las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.

Dentro de este concepto, la protección medio-ambiental, además de constituir una condición imprescindible para el crecimiento económico y el bienestar, actúa como motor de desarrollo, a causa del gran esfuerzo de gestión, avance tecnológico e inversión que tal protección exige.

El desarrollo sostenible refleja una elección de valores para desarrollar las actividades en el planeta, tales como la igualdad entre personas ahora y, entre esta generación y las futuras generaciones.

Guatemala es un país en donde las condiciones del desarrollo económico y social se dinamizan de manera sistémica y armónica con los

sistemas naturales que los sustentan, a fin de propiciar un modelo propio de desarrollo sostenible.

Se incrementan el conocimiento e innovaciones tecnológicas dirigidas a aprovechar sosteniblemente los beneficios de los sistemas naturales, manteniendo su capacidad de regeneración y soporte de la vida en el país. Se avanza en una mayor comprensión de las condiciones de interacción con los sistemas naturales, respetando sus límites, al mismo tiempo que se aprovechan sus múltiples posibilidades.

3.1.2. Calidad ambiental

Es el estado físico, biológico y ecológico de un área o zona determinada de la biosfera, en términos relativos a su unidad y a la salud presente y futura del hombre y las demás especies animales y vegetales.

Los estándares de calidad ambiental forman parte integral de la evaluación de impacto ambiental, al ser utilizados en el análisis de las diferentes variables afectadas por una determinada acción. Con ellas, y a través de técnicas de medición respectivas, es posible determinar el impacto causado sobre el medio en cuestión.

Los criterios de calidad ambiental se definen como los niveles esperados de concentraciones específicas de constituyentes que aseguran un medio ambiente libre de contaminantes. Por otra parte, los estándares de calidad corresponden a normativas legales que limitan la concentración de diversos constituyentes en el medio ambiente. Los estándares de calidad ambiental permiten objetivamente a las diferentes actividades, ya que éstas deben

ajustarse a ellos para cada factor ambiental, de acuerdo a estudios que efectúe la autoridad competente en cada caso en particular.

Calidad: conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confieren la aptitud para satisfacer necesidades expresadas sin afectar negativamente al ambiente. Este término no expresa un grado de excelencia en sentido comparativo, ni se usa en sentido cuantitativo.

Aseguramiento de la calidad: conjunto de todas aquellas acciones planificadas y sistemáticas necesarias para proporcionar la confianza adecuada de que un producto o servicio satisface los requerimientos de calidad establecidos.

Gestión de la Calidad Total (TQM): Conjunto de esfuerzos efectivos de los diferentes grupos de una organización para desarrollar, mantener y superar la calidad de un producto con el fin de hacer posible su producción a satisfacción completa del consumidor y al nivel más económico.

Gestión Ambiental (EM): Gestión constituyente del sistema de Gestión de Calidad Total orientada a implementar y mantener la política ambiental de la empresa. Establecer los procedimientos, medidas y acciones apropiadas para satisfacer los requerimientos ambientales, dentro del contexto de la Gestión de la Calidad Total.

Todo sistema de Gestión de la Calidad Total debe garantizar el logro eficaz y eficiente de los objetivos fijados. Estos deben abarcar:

- La satisfacción de las necesidades y expectativas de los usuarios (clientes) al nivel más económico

- El respeto del Medio Ambiente, es decir, no poner en peligro la vida y seguridad humana, animal y vegetal ni dañar significativamente el agua, la tierra y el aire mediante emisiones contaminantes.

Ambos elementos deben exponerse con toda claridad en la declaración de políticas de alta dirección aplicables en la organización en su conjunto.

3.2. Guía del sistema de gestión ambiental

Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001

Esta norma conduce a la organización dentro de un Sistema de Gestión Ambiental certificable, especificando los requisitos que debe poseer.

Los puntos más relevantes a considerar son los siguientes:

- Requisitos Generales
- Declaración de una Política Ambiental
- Planificación de procedimientos
- Implementación
- Verificación y acciones correctivas
- Revisión

Requisitos del Sistema de Gestión Ambiental

Requisitos generales:

La organización deberá establecer y mantener un sistema de gestión ambiental (SGA), que permita:

- Establecer una política ambiental
- Identificar los aspectos ambientales mas significativos
- Identificar los requisitos legales
- Establecer objetivos y metas ambientales
- Establecer programas para lograr las políticas, objetivos y metas ambientales
- Planificar, controlar, realizar seguimientos, auditorías y acciones correctivas para asegurar que el Sistema de Gestión Ambiental continua siendo apropiado.

Política Ambiental

Es requisito que el mas alto nivel directivo de la organización defina una política ambiental, la cual debe ser apropiada para la naturaleza, la escala y los impactos ambientales de sus actividades, productos o servicios, debe a su vez asegurar que la organización se comprometa al mejoramiento continuo, a la prevención de la contaminación y al cumplimiento de la legislación y las reglamentaciones ambientales.

La misma conforma la base sobre la cual la organización establece sus objetivos y metas ambientales; a su vez debe estar documentada, implementada, mantenida y comunicada a todo el personal.

Planificación

En cuanto a los aspectos ambientales es requisito que la organización establezca y mantenga procedimientos para identificar los aspectos ambientales de sus actividades, productos o servicios que puedan tener

impactos significativos sobre el medio ambiente, y los requisitos legales relacionados con los mismos.

La organización deberá establecer y mantener documentados los objetivos y metas ambientales considerando los aspectos legales, operativos, financieros y las opciones tecnológicas económicamente viables. Para ello debe establecerse uno o mas programas, designando responsabilidad, medios y plazos para que sean logrados.

Implementación

Deben definirse, documentarse y comunicarse roles, responsabilidades y autoridades, partiendo de la dirección, de modo de facilitar la gestión ambiental efectiva.

Se capacitará al personal cuyo trabajo pueda originar un impacto significativo sobre el ambiente.

Se debe establecer y mantener la documentación correspondiente al sistema de gestión ambiental y los procedimientos para su control.

La organización deberá establecer y mantener procedimientos para identificar su potencial para enfrentar y responder ante accidentes y situaciones de emergencia, y para prevenir y mitigar los impactos ambientales que pudieran estar relacionados con aquellos.

Verificación y Acciones Correctivas

La organización deberá establecer y mantener procedimientos para medir y hacer el seguimiento, en forma periódica, de las características clave de sus operaciones y actividades que pueden tener un impacto significativo sobre el ambiente.

La organización deberá establecer y mantener procedimientos para definir la responsabilidad y autoridad en el manejo y la investigación de las no conformidades, tomando medidas para mitigar los impactos causados y para iniciar y completar acciones correctivas. A su vez, establecerá y mantendrá procedimientos para la identificación, el mantenimiento y la disposición de los registros ambientales. Dichos registros incluirán los datos de capacitación y los resultados de auditorías y revisiones.

La organización establecerá y mantendrá uno o mas programas y procedimientos para realizar auditorías periódicas del sistema de gestión ambiental que permita verificar la conformidad con las disposiciones planificadas y la adecuada implementación y mantenimiento del mismo, a la vez de proveer a la dirección información sobre los resultados de las auditorías.

Beneficios en el plan de gestión ambiental

Cementos Progreso es una empresa comprometida con prácticas ambientales, permitiendo que sus operaciones se enmarquen dentro de las políticas del desarrollo sostenible. Basada en la información proporcionada por el departamento de Medio Ambiente y Optimización de la Planta San Miguel, se describe un plan de gestión ambiental para hornos de *clinker*.

Manejo de desechos

Normalmente, los desechos son producidos por aquellos materiales que ya no son útiles para el hombre en su actividad diaria. En el caso que nos compete, los materiales del proceso, al ya no sufrir transformación que contribuya con el producto terminado de cada unidad de proceso, van perdiendo su valor agregado en el proceso, más no así como material reutilizable o de reciclaje. Se encuentran desechos:

- Sólidos
- Líquidos
- Gaseosos
- Municipales
- Industriales

Técnicas de manipulación para la eliminación de desechos

Clinkerización:

Para esta unidad de fabricación del cemento el mayor desecho es el metal. Todo el material que acá se transporta o procesa es a altas temperaturas por lo que las modificaciones o reparaciones que se hacen es por mantenimiento. El resultado es un desecho metálico, no existen aleaciones especiales, por lo que todo material que sea desecho de esta área deberá transportarse al área de chatarra que está identificada para su procesamiento, no es nada más que un almacenamiento ordenado, que no produzca falta de orden y daños al ambiente o proceso productivo de planta. El aceite, en esta unidad está presente, pero el volumen con que se desecha es mínimo, de igual

forma se debe recolectar para luego ser circulado hacia los quemadores y utilizarse como combustible alterno.

Proceso

Coprocessamientos en hornos de *clinker*

Para realizar un adecuado manejo de desechos se describen las siguientes opciones:

- Reducir
- Reutilizar
- Reciclar
- Tratamiento y disposición
- Disposición de desechos:
 - Vertido al ambiente (dilución)
 - Tratamientos físico-químicos (plantas de tratamiento de agua)
 - Relleno sanitario
 - **Incineración**
 - Confinamiento
 - Métodos regenerativos
 - Co-generación
 - **Co-procesamiento**
- Incineración comercial
 - Oxidación térmica (combustión) de los desechos.
 - Objetivos:
 - Reducción de volumen
 - Destrucción de compuestos peligrosos
 - Servicio Ambiental (rentabilidad)
 - Insumos
 - Combustible

- Energía eléctrica
- No productos
- Servicio Ambiental
- Desechos:
 - Cenizas
 - Gases de chimenea

Incineración:

Tiene las siguientes características: Alta inversión inicial, alto costo de operación y genera contaminantes, como gases de combustión (combustibles y material incinerado), y cenizas las cuales requieren otro método de disposición. (véase Figura 3 y 4).

Métodos regenerativos

Utilizar los desechos industriales o municipales para la generación de energía (cogeneración) o la fabricación de un producto (coprocesamiento). El cual tiene como objetivo la producción de un bien o servicio y el servicio ambiental. Se clasifica en: cogeneración y coprocesamiento.

Coprocesamiento

Tiene como características una menor inversión inicial que la de incineración, pues muchas de las instalaciones ya existen y tiene menor costo de operación, pues los desechos substituyen algunos de los insumos. Los contaminantes que genera son: gases de combustión, muy similar a operación sin coprocesamiento y las cenizas que depende del proceso.

Coprocesamiento – Horno de cemento

- Tiempo: 6s
- Temperatura: 1200-1800°C
- Proceso automatizado
- Eficiencia de combustión mayor a 99%
- Íntimo contacto entre gases y material alcalino.

Actividades del Sistema de Gestión Ambiental

En la industria cementera guatemalteca la identificación de aspectos ambientales incluye el equipo, el cual se compone por el superintendente de área, el jefe mecánico del área, el oficial ambiental y el experto, estos tienen en sus actividades:

- Dividir el área en unidades de más fácil análisis
- Identificar aquellas áreas que tienen un impacto ambiental
- Definir el tipo de impacto ambiental de cada actividad (aire-suelo-agua-audiovisual-ambiente laboral)

Cementos Progreso es una empresa comprometida con la mejora continua de su desempeño ambiental, y su política ambiental se apoya en:

- Un Sistema de Administración Ambiental
- Capacitación y concientización de nuestro personal
- Uso eficiente y racional de nuestros insumos y, donde sea posible, la sustitución de recursos naturales no renovables por materiales alternativos
- La prevención del impacto ambiental de nuestras actividades.

- El cumplimiento de la legislación y requerimientos ambientales. Una buena relación con las partes interesadas.

Así también programas ambientales que tiene dentro de sus actividades, definir los pasos para alcanzar los objetivos y metas, y los tiempos en que se alcanzarán.

3.2.1. Alcance, propósito y uso

Alcance

Se pretende dar un paso más en la adecuación progresiva de la industria cementera cuya aplicación efectiva debe conducir a una mejora del comportamiento ambiental de las fábricas de cemento que las haga plenamente respetuosas con el medio ambiente.

Debe establecerse parámetros de control que respeten al ambiente teniendo un sistema integral que regulen los contaminantes emitidos por la industria cementera.

Con un sistema de Gestión Ambiental se pretende crear las bases de una política ambiental que genere cambios sustanciales en los índices actuales de la emisión de contaminantes en dicha industria, además se crearán puntos básicos de seguimiento que buscarán el cumplimiento de las normas establecidas contra la contaminación ambiental, en los sistemas y elementos ambientales.

También se consideran medidas de aplicación una serie de actividades gubernamentales basadas en la recopilación y divulgación de información, en la comunicación con la comunidad regulada y en la promoción del cumplimiento.

Todo sistema de Gestión Ambiental, se fundamenta en cinco principios básicos:

- Compromiso de la Dirección superior y Política.
- Planificación
- Implementación y Operación
- Medición y Evaluación (verificación y acciones correctivas y preventivas).
- Revisión y Mejoramiento Continuo.

Propósito

El propósito del decreto 68-86 del Congreso de la Republica, ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, (véase capítulo 1) es conseguir la prevención y el control integrados de la contaminación, con el fin de alcanzar un alto grado de protección del medio ambiente, en línea con la filosofía de “Desarrollo Sostenible”.

En concreto, la ley establece la concesión de autorizaciones ambientales que tengan en consideración los efectos ambientales de la actividad industrial de forma integrada para lo cual deben incorporarse al análisis cuestiones tales como emisiones a la atmósfera, generación de residuos, vertidos a los cauces, consumo de recursos naturales, etc.

Uso

Las medidas de aplicación de la legislación ambiental son un elemento esencial de todo esfuerzo efectivo de protección ambiental. Un régimen de gestión ambiental implica acción gubernamental para verificar y asegurar el cumplimiento de la ley. Toda la gama de acciones de aplicación, desde la disuasión de conductas ambientales ofensivas hasta la promoción del comportamiento sustentable, juegan un papel clave en el logro de resultados en la gestión ambiental.

El cumplimiento es el ajuste de la conducta con la ley y la aplicación es la acción gubernamental para completar el cumplimiento por parte de los que han violado la ley y para disuadir a otros de incumplir.

Generación de instrumentos que permitan a los funcionarios de aplicación promover el cumplimiento, como las notificaciones de infracción, las directivas para corregir o prevenir infracciones, las ordenes de cumplimiento ambiental para detener inmediatamente una actividad ilegal, prevenir que ocurra una violación a la ley o requerir que se realice una acción determinada, además de las medidas alternativas de cumplimiento.

3.2.2. Aspectos ambientales y legales

La industria cementera guatemalteca se rige por el Artículo 97 de la Constitución Política de la República, Ley de Medio Ambiente y Equilibrio Ecológico y por el Artículo 11, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, descritos en el capítulo 2.

Además de cumplir con los requerimientos legales, se comprometen en cumplir con otros requerimientos ambientales que pueden ser solicitados por: clientes, accionistas, la comunidad, organizaciones e internos.

3.2.3. Estructura y responsabilidades

Los instrumentos de gestión ambiental, apoyados por medidas de promoción del cumplimiento y de aplicación de la ley ambiental, son una de las partes esenciales de los regímenes de gestión ambiental. Los elementos de los sistemas de gestión ambiental son las herramientas operativas para lograr las metas de protección ambiental planteadas.

3.2.4. Formación, concientización y competencia profesional

Los mecanismos voluntarios se están utilizando cada vez más en los países industrializados en los que existe una relación de confianza entre la comunidad regulada y las agencias reguladoras. A través de estos mecanismos se establecen compromisos formales entre el gobierno y la comunidad regulada para alcanzar ciertos objetivos ambientales. La OCDE (Organización para la cooperación y el Desarrollo económico) distingue tres tipos de instrumentos voluntarios: los acuerdos ambientales negociados entre la industria y las autoridades reguladoras (la co-regulación, los convenios y los acuerdos ambientales negociados), los programas públicos voluntarios desarrollados por las autoridades en los que se invita a la comunidad regulada a participar, y los compromisos unilaterales por parte de los contaminadores sin la intervención gubernamental (la autorregulación, los códigos voluntarios y las declaraciones de principios ambientales). Los instrumentos voluntarios pueden tener éxito en el contexto de un marco regulador bien desarrollado si se diseñan

cuidadosamente y se implementan con objetivos claros y con metas calendarizadas.

3.2.5. Acciones correctivas, preventivas y predictivas

Los hallazgos, conclusiones y recomendaciones resultantes del plan de gestión ambiental deben ser documentados identificando las acciones correctivas y preventivas necesarias. Es imprescindible que éstas se implementen y que se asegure su seguimiento.

Gestión de Residuos: Cuando sea oportuno, tomar la iniciativa de colaborar con las autoridades para desarrollar soluciones medioambiental, económica y socialmente válidas de gestión de residuos.

3.2.6. Registros ambientales

Los registros constituyen la evidencia de la evolución del plan de gestión ambiental y son fuente de información ambiental valiosa sobre el desempeño de la organización. Se requiere disponer de procedimientos claros y definidos para su identificación, recolección, ordenamiento, archivo, actualización y destrucción.

Para facilitar una implementación satisfactoria se sugiere responder adecuadamente a estas preguntas:

- ¿Qué información se requiere para asegurar una Gestión Ambiental adecuada?

- ¿Qué se requiere para identificar y seguir la evolución de los valores de los indicadores de desempeño y de otros datos necesarios para lograr los objetivos?
- ¿Cómo se pone esta información al alcance del personal que la necesita y en el momento oportuno?

4. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL EN LA INDUSTRIA CEMENTERA GUATEMALTECA

Un plan de manejo ambiental es un conjunto de medidas o consideraciones expuestas ordenada y sistemáticamente en forma de planes descriptivos y operativos que integran y da continuidad a las acciones a tomar para prevenir, controlar, mitigar, rehabilitar y compensar de manera adecuada, los efectos causados por los impactos adversos o negativos identificados durante el desarrollo de la operaciones del proyecto, para la adecuada conservación y protección de la calidad del ambiente del área de influencia del mismo. Se incluyen dentro de este plan, sub-planes de autoevaluación periódica, como sub-planes de capacitación y educación ambiental para el personal las comunidades vecinas.

La industria cementera causa impactos ambientales durante su operación, los cuales se describe a continuación:

- Modificación del régimen: alteración de la cubierta terrestre, ruido y vibraciones.
- Extracción de recursos: excavaciones superficiales y transporte de fluidos.
- Procesos inorgánicos.
- Alteración del terreno: minas abiertas
- Recursos renovables: repoblación forestal y reciclado de residuos.
- Emisiones de gases residuales
- Alteración de la flora y fauna.

Entre los objetivos que pretende alcanzar un plan de manejo ambiental, se puede incluir:

- Disminuir el impacto ambiental al limitar el grado o magnitud de la acción y la forma de su ejecución.
- Mitigar el impacto ambiental al reparar, rehabilitar o restaurar el ambiente afectado.
- Compensar, reemplazar o sustituir los recursos afectados o devolver la calidad al ambiente deteriorado.
- Desarrollar una conciencia ecológica de respeto y protección del ambiente a través de cursos y seminarios al personal que labora en el proyecto como a las comunidades vecinas al proyecto.

La Gerencia General es la autoridad encargada de dictar los lineamientos y las políticas que deberán seguirse.

La Unidad ejecutora del Plan de Manejo Ambiental se encargará de la implementación continua y sistemática del plan, así como de establecer los mecanismos de seguimiento y control de la eficiencia del plan.

A falta de norma local, las medidas ambientales del proyecto resultan ser una importante mezcla de normas locales e internacionales, que suelen denominarse “Standard” pero que tampoco se encuentran resumidas en un solo documento.

La aplicación de este plan tiene como pretende, prevenir, controlar, mitigar, y recuperar los efectos indeseables de los impactos potenciales y residuales previamente determinados, tratando con ello, lograr una armonía entre las acciones del proyecto y la protección y mejoramiento del entorno ambiental. Es

importante recalcar que se debe contar con un presupuesto para la implementación de un Plan de Manejo Ambiental, como también un Plan para la salud humana y de Seguridad y Manejo ambiental que a continuación se describen:

Plan para la salud humana: debe incluir.

- Normar las reglas internas de seguridad y que son generalmente aceptadas, enfocadas a reducir y eliminar: Condiciones inseguras y actos inseguros.
- Obligación del uso de equipo de protección personal dentro de las instalaciones de la planta.
- Creación de una unidad de enfermería para primeros auxilios.
- Identificación de colores, pasos peatonales y áreas restringidas.
- Instalación de paneles de espuma acústica para reducción de ruidos y así disminuir este dentro de las instalaciones y al exterior de la misma.

Plan de seguridad y manejo ambiental: debe incluir.

- Control intensivo en el manejo de combustibles y según lo establece el Ministerio de Energía y Minas a través de la Dirección General de Hidrocarburos y que se indica en el numeral correspondiente a instalar y operar depósitos de petróleo y productos petroleros para consumo propio.
- Tratamiento adecuado para el agua destinada a consumo humano.
- Construir una planta de tratamiento de aguas negras o servidas.
- Crear un sistema de clasificación de desechos sólidos; y de esta manera: identificar lo reciclable y lo que se puede incinerar.

- La empresa se debe comprometer a reforestar los alrededores del proyecto.

Evaluación del plan de Manejo Ambiental

Medidas preventivas y de control

La empresa desarrolladora del proyecto, deberá efectuar inspecciones para controlar las obras, instalaciones y sistemas que existen en las actividades hidrocarburíferas, con el objeto de verificar que las mismas no ocasionan perjuicios a la salud humana, flora y fauna.

Dichas inspecciones tendrán por objeto verificar que se cumplan los requisitos de protección ambiental.

Sub-plan

Este Plan reúne las medidas y acciones individuales tendientes a la prevención, control, mitigación y rehabilitación de los impactos identificados en la industria cementera. Tales medidas están contenidas en los estudios de Evaluación de Impacto Ambiental Respectiveos.

El principal objetivo de la aplicación de estas medidas ambientales en la anulación del impacto identificado, o bien su mitigación a un nivel mínimo, controlable, a fin de compatibilizar la producción de cemento con la protección del entorno ambiental. La puesta ejecución de prácticas y procedimientos que permitan el desarrollo ambientalmente responsable de la operación. La concientización de los trabajadores de los valores del entorno ambiental donde laboran y su contribución a la protección del mismo.

Seguimiento Ambiental y Evaluación

La supervisión de implementación de estas medidas se realizará a través del Programa de Seguimiento Ambiental, definido en el Sub-plan, estas medidas serán objeto de las auditorías ambientales que se practiquen, como parte de la evaluación del plan de manejo ambiental.

4.1. Implementación de un plan de monitoreo ambiental en el área de hornos.

El monitoreo ambiental se refiere al grupo de actividades que proporcionan información ambiental química, física, geológica, biológica y otras requeridas por los especialistas en este ramo.

4.1.1. Objetivos del monitoreo ambiental

Los principales objetivos que persigue un sistema de monitoreo ambiental posterior a la implementación del proyecto, incluyen:

- Proporcionar información para la documentación de los impactos que resultan de una acción propuesta.
- Advertir, a las agencias involucradas y/o grupos tomador de decisiones, de impactos adversos no anticipados en el estudio de la EIA.
- Proporcionar un sistema de información inmediato.

- Proporcionar información para determinar la localización, nivel y tiempo en que se presentan los impactos en un proyecto.
- Verificar los impactos predichos y, por lo tanto, validar, modificar y/o ajustar las técnicas de predicción.

4.1.2. Niveles de monitoreo ambiental

Los sistemas de monitoreo ambiental pueden cubrir extensiones geográficas diferentes (ser operados en varios niveles), dependiendo de la naturaleza del problema en cuestión y la jurisdicción correspondiente a la agencia de monitoreo. Estos niveles pueden considerarse como se detallan.

a. Locales: se extienden entre 0 y 100 kilómetros, como la contaminación del aire en una ciudad.

b. Regionales: se extienden entre 100 y 1,000 kilómetros, como la contaminación de ríos.

c. Continentales: se extienden entre 1,000 y 10,000 kilómetros, como la contaminación del mar.

d. Globales: se extienden más de 10,000 kilómetros como el calentamiento de la atmósfera por la acumulación de monóxido de carbono y otros gases.

4.1.3. Períodos de monitoreo ambiental

Una característica del ambiente es su variabilidad en espacio y tiempo y esto, con frecuencia, dificulta separar los diferentes procesos que pueden estar funcionando, cada uno con su propia escala de tiempo de variación.

En las etapas del desarrollo de un proyecto, pueden diferenciarse los siguientes períodos de monitoreo que se enumeran.

- Previo a la construcción del proyecto.
- Durante la etapa de construcción y montaje de equipo.
- Mientras se opera y mantiene la obra.
- Posterior a la vida útil del proyecto.

Existen varios criterios para determinar la logística de un proyecto debiendo tomarse en cuenta lo que se detalla.

- a. Según el tipo de instalación
 - Plantas de tratamiento
 - Tipo de infraestructura.
 - Sitio de disposición final en la operación.

- b. Según la ubicación de la instalación.
 - Tipo de población y densidad.
 - Aspectos climatológicos.
 - Condiciones geológicas y topográficas.
 - Características de la zona.

- c. Según la cantidad y tipo de desecho

- Municipales.
 - Industriales
 - Especiales
- d. Según la eficiencia de la operación.
- Procedimientos operativos.
 - De supervisión.
 - De mantenimiento.
 - De limpieza.

Los programas de monitoreo para el control ambiental son requeridos por las autoridades competentes para la aprobación de actividades que impliquen cambios en el medio.

La calidad del ambiente puede medirse, periódicamente, mediante este tipo de programas que determinan y, en algunos casos, pueden ayudar a predecir el nivel de contaminantes, para el desarrollo de estos programas se requiere la búsqueda de datos de referencia que describan el ambiente en su forma original.

4.1.4. Monitoreo de emisiones atmosféricas

La empresa debe establecer y mantener procedimientos documentados para el monitoreo y la medición regular de las características claves de sus operaciones y actividades que puedan tener un impacto significativo sobre el medio ambiente. Esto debe incluir registro de la información para investigar el desempeño, los controles operacionales correspondientes y la conformidad con los objetivos y metas ambientales de la organización.

Constituye el punto de partida para entender profunda y completamente al sistema y poder alterarlo en forma efectiva para reducir las emisiones. Esta etapa integra la forma en la cual se puede evaluar las diferentes áreas de trabajo en función de la generación de residuos en general.

En la definición de los procedimientos se encuentra la búsqueda de opciones de reducción, esto se lleva a cabo por medio de un trabajo en equipo, mediante el uso de técnicas de grupo tales como tormenta de ideas, empleo de diagrama causa-efecto y otros. Esto permite que las soluciones se adapten a las características propias al sistema y a la cultura de la organización.

Mejora continua de los procedimientos: Es el proceso continuo de evolución positiva de los procedimientos encaminados a un solo propósito, que es lograr mejoras en el desempeño ambiental global de la organización, de acuerdo con su política ambiental.

Reducción global de las emisiones de bióxido de carbono a la atmósfera, por ser que esta industria genera este gas, tanto en la combustión de combustibles como la descarbonatación de la materia prima. Si paralelamente los residuos fueran quemados en los hornos de incineración tradicionales (no en hornos de cemento) o dejados simplemente a la acción de los microorganismos de la naturaleza, estos generarían bióxido de carbono en forma paralela a la fabricación de cemento. Por esta causa se dice que el coprocesamiento de residuos en los hornos de cemento es sustitución de combustibles tradicionales disminuye globalmente la emisiones de gas.

4.1.5. Plan de manejo de desechos

Como se generan los desechos: Normalmente los desechos son producidos por aquellos materiales que ya no son útiles para el hombre en su actividad diaria. En el caso que nos compete, los materiales del proceso, al ya no sufrir transformación que contribuya con el producto terminado de cada unidad de proceso, van perdiendo su valor agregado en el proceso, más no así como material re-utilizable o de reciclaje.

Eliminación de los desechos

Por incineración

La producción de cemento es un proceso de energía intensiva. La energía térmica es promedio necesaria para producir una tonelada de cemento es aproximadamente de 900,000 kilocalorías. Esta cantidad de energía es equivalente a la energía térmica por 100 Kg. de carbón.

El verdadero aporte que la industria del cemento puede realizar para mejorar nuestro ambiente consiste en la utilización de los hornos de fabricación de *clinker*, para la eliminación de una manera segura y definitiva de una gran cantidad de residuos, tanto municipales como industriales.

Sus hornos de alta temperatura resultan ideales para quemar, fundir y combinar este tipo de materiales. Los materiales a incinerarse, en forma general, deben tener un bajo contenido en halógenos y metales pesados.

En el horno de producción de *clinker* se presentan cuatro características especiales que hacen a éste, el sistema más efectivo y seguro para la incineración de residuos.

Estas características son las siguientes:

Altas temperaturas en la zona de clinkerización, en esta área se alcanzan temperaturas en la llama del quemador de 1,800°C-2,000°C y de 1,400°C-1,500°C en el material a clinkerizar alcanzando un estado sólido-líquido (similar a una lava volcánica) al final del horno.

Altos tiempos de residencia como consecuencia del tamaño del horno que tiene una relación L/D de 21 a 1 con 107 metros de longitud y 5 metros de diámetro. Los caudales de aire operados hacen que los tiempos de residencia de los gases se encuentren en el orden de 4 a 6 segundos en el horno propiamente dicho, sin considerar el tiempo de residencia en los equipos de intercambio térmico. Esto permite que todas las sustancias orgánicas en fase gaseosa se oxiden completamente a bióxido de carbono y agua.

Íntimo contacto de los gases con la materia prima, debido a que el sistema en la zona de intercambio térmico opera en contracorriente produciéndose el calentamiento del crudo que va a ingresar al horno a expensas del calor que tienen los gases a la salida del mismo. Los gases generados en el horno toman un íntimo contacto con 140 T/has de materia prima que presenta un tamaño de partícula de 75 micrones y características alcalinas. Esto actúa como un equipo lavador de gases en seco, así los gases ácidos que se pudieran generar durante la combustión se neutralizan con el material alcalino que ingresa al horno. Cabe destacar que los gases ingresan a esta zona de ciclones a 900°C saliendo de dicha zona con una temperatura de

340°C, y los sólidos en contracorriente ingresan a los ciclones a 330°C y salen del mismo a 900°C lográndose una retención excelente de los gases ácidos.

Acondicionamiento de los gases que abandonan el sistema de ciclones de intercambio térmico de ser descargados a la atmósfera. Esto implica que los mismo son enfriados desde 340°C hasta 150°C por la inyección de agua a alta presión posteriormente pasados por un filtro electrostático de muy alta eficiencia ya que posee una retención superior al 99%.

Hay que destacar que la incorporación de estos elementos al *clinker* no afecta la calidad del mismo, pues son 100% compatibles con la estructura química del mismo.

4.2. Medidas de Mitigación

Se entiende, como medida de mitigación, la implementación o aplicación de cualquier política, estrategia, obra o acción tendiente a eliminar o reducir los impactos adversos que pueden presentarse durante las diversas etapas de un proyecto (diseño, construcción, operación y terminación).

Las medidas de mitigación son aquellas que están encaminadas a moderar el impacto sobre la dinámica ambiental del sitio o área de influencia del proyecto, en cuestión, durante su etapa de construcción operación y cierre o abandono y sobre la población afectada. Incluyen: políticas, planes, estrategias, acciones, equipos, estructuras, sistemas, entre otros.

Preparación y respuesta ante situaciones de emergencia:

La empresa debe establecer y mantener procedimientos que permitan identificar la eventualidad y la respuesta ante accidentes y situaciones de emergencia y para prevenir y mitigar los impactos ambientales que puedan estar asociados a ellos. De esta forma, la organización debe examinar y revisar, cuando sea necesario, sus procedimientos de preparación y respuesta ante situaciones de emergencia, en particular, después de que ocurran accidentes o situaciones de emergencia.

Concretamente, la empresa deberá recopilar información sobre los materiales peligrosos que utiliza, incluyendo el impacto potencial sobre el medio ambiente y las medidas apropiadas que se tomaran en caso de un eventual accidente, además se debe proporcionar planes de capacitación y ensayo de su efectividad.

4.3. Plan de contingencia

Es el plan descriptivo de las medidas a tomar como respuesta a situaciones de emergencia derivadas del desarrollo de un proyecto o actividad. Este plan en términos generales debe:

- Proporcionar los mecanismos necesarios para la toma de decisiones en caso de ocurrencia de eventos imprevistos,
- Disponer de una rápida y efectiva respuesta en el caso de que signifiquen un riesgo para la salud y el ambiente,
- Definir los recursos humanos, equipos y materiales necesarios para el control, recolección y disposición de las posibles sustancias o desechos provocados por el evento.

Beneficios que aporta la Industria de Cementos Progreso S.A. Planta San Miguel

Actualmente, la Empresa Cementos Progreso tiene un plan de manejo ambiental actualizado y avanzado a los requerimientos de la globalización. A continuación se detalla, teniendo como fuente al departamento de Medio Ambiente y Optimización de la Planta San Miguel, de dicha empresa.

Requerimientos Ambientales Internos

A falta de legislación nacional, y en búsqueda de la mejora continua, Cementos Progreso ha adoptado voluntariamente los siguientes requerimientos. Estos son reconocidos como de alto desempeño a nivel internacional (BM y EPA) entre otros.

Límites de emisión: El 97% de los promedios diarios anuales no deben exceder los siguientes valores, medidos en base seca y corregida a 10% de O₂.

PST - 50 mg/m³

NO₂ - 800 mg/m³

SO₂ - 500 mg/m³

VOC - 100 mgC/m³

HCl - 30 mg/m³

Instalar medidores continuos en las chimeneas principales de los hornos, para los siguientes compuestos: PST, NO₂, SO₂ y VOC

Realizar, al menos, una medición anual para los siguientes compuestos: HCL, NH3, C6H6, PCDD/PCDF y metales pesados.

En nuestro país no hay leyes o reglamentos que se hayan emitido respecto a: emisiones industriales y vehiculares, deterioro de paisajes y manejo de desechos.

Fabricación de *Clinker*

Los compuestos principales básicos para la fabricación de *Clinker* son: CaO (óxido de calcio), SiO₂ (óxido de sílice), Al₂O₃ (óxido de aluminio) y Fe₂O₃(óxido de hierro). El sílice, aluminio, hierro y calcio son los elementos más abundantes en la corteza terrestre, además del oxígeno. Aparecen en muchos minerales. El óxido de calcio es proporcionado por material calcáreo y el resto de óxidos es proporcionado por materiales arcillosos. Se pueden usar otros materiales que contengan estos óxidos, algunos de ellos pueden ser desechos de otras industrias, tales como las cenizas de las generadoras de electricidad con carbón.

La fabricación de *clinker* de cemento Portland (*clinker* PC) involucra la conversión a altas temperaturas de una mezcla de minerales de origen natural en nueva mezcla de minerales con propiedades hidráulicas:



Se pueden usar combustibles tradicionales tales como gas, bunker, carbón, coque de petróleo. Pero también se pueden usar combustibles alternos tales como madera, plásticos, llantas, aceites usados: muchos de éstos son

desechos de otros procesos industriales. El *clinker* se muele con un 4-5% de yeso hasta obtener un cemento Portland de una finura específica.

clinker + yeso -- molienda ---> cemento Portland

Si se le adicionan materiales puzolanicos, escoria de altos hornos, cenizas volantes o fillers calizos se obtienen cementos mezclados.

Contaminación generada durante la fabricación de cemento

Ruido

Vibraciones

Deterioro del paisaje

Basuras y desechos

Polvo: proceso seco

SO₂, NO_x, CO₂

CO, hidrocarburos, metales alcalinos y metales pesados

Emisiones de Polvo

- Recomendación Banco Mundial para plantas nuevas: menos de 50 mg/Nm³
- Filtro Horno 463: menos de 25 mg/Nm³ (1998)
- Filtro Horno 462: menos de 150 mg/Nm³ (1978)
 - filtro electrostático con emisiones de hasta 500 mg/Nm³ durante los arranques después de fallos de energía eléctrica
 - se cambió por un filtro de mangas con emisiones menores a 10 mg/Nm³

Proyecto Cielo Azul:

Cementos Progreso tiene en marcha este proyecto que tiene como objetivos: reducir las emisiones de polvo, reducir los derrames de materiales y reducir desgastes en equipos de transporte. El cual utiliza tecnología de punta como: CAD (Diseño asistido por computadora), la cual es ingeniería de detalle completa que minimiza la resolución de los problemas en el campo. Filtros FLSMiljo para el horno 462, el cual es un filtro robusto, confiable, con niveles de protección para alcanzar mejor desempeño.

Emisiones de óxidos de azufre: En hornos vía seca con 4 o 5 etapas, como los de San Miguel, se recupera en el *clinker* más del 95% del azufre alimentado al horno.

Posibilidades de Acción ambiental en la Industria Cementera

Guatemala:

- Uso de hornos eficientes térmicamente
1500 kcal/kg ----> 720 kcal/kg
- Líneas de producción eficientes en uso de energía eléctrica
130 kWh/tm -----> 90 kWh/tm
- Programas de conservación de energía en plantas existentes
reducción 5-15 % en energía térmica y eléctrica
- Uso de cementos con cantidades menores de *clinker* :“cementos verdes”
- Utilización de combustibles alternos: desechos orgánicos que de cualquier manera deben ser incinerados.

Beneficios ambientales de la utilización de materiales de desechos en los hornos de Cemento:

- Reemplaza procesos de combustión sin recuperación de energía por procesos con alta recuperación de energía, reduciendo las emisiones globales de gases que contribuyen al efecto de invernadero,
- Evita que estos materiales sean enterrados o depositados en basureros y contaminen el medio ambiente.

Características especiales del proceso de fabricación de Cemento:

- Llama principal con temperatura de 1800 a 2000 C, atmósfera oxidante y tiempo de residencia mayor a 8 seg. a 1200 C
- Limpieza de gases en la torre de ciclones precalentadores y molino de crudo
- Absorción de tóxicos por baja temperatura de gases de escape
- Equipo de despolvamiento altamente eficiente
- Absorción de metales pesados en el *clinker*, cemento y concreto.

(Véase Figura 5).

Materiales utilizados en la Planta San Miguel:

Entre los materiales se encuentran: Aceite Usado, la empresa tiene un acuerdo con las empresas Shell, Esso y Texaco, este acuerdo para el mejoramiento del medio ambiente se llama: acuerdo Shell-Esso-Texaco-Conama-Cementos Progreso, también se utilizan: Llantas usadas, Cáscara de corozo, Aserrín y Chips de madera, Cenizas de Planta San José, Plásticos: Agrequima, bananeras y tierras remodelación estaciones servicio.

La mayoría de los residuos industriales tiene energía y minerales que se puede recuperar en el horno del cemento.

Efluentes líquidos:

Por ser un proceso seco no se utilizan líquidos durante el proceso, el agua se utiliza únicamente para enfriamiento de la maquinaria, se recircula y únicamente se toma agua del río Platanos para reponer la que se pierde por evaporación, no se regresa agua al río Platanos. Las aguas servidas se tratan en dos fosas sépticas y en el “wetland” o pantano artificial y luego se utilizan para riego de los jardines cercanos. Inició operaciones en octubre 1998 (véase figura 6).

5. IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE AUDITORÍA AMBIENTAL EN LA INDUSTRIA CEMENTERA GUATEMALTECA

Es una herramienta de la dirección superior que consiste en una evaluación sistemática y objetiva de cuán satisfactorio es el desempeño ambiental de la organización, de su dirección, de sus sistemas y productos con miras a salvaguardar al ambiente.

El éxito de una organización respecto a su desempeño ambiental, depende del cumplimiento de las tareas de Gestión Ambiental, preferentemente dentro del marco de la filosofía de la Gestión de la Calidad Total. Sin su ejecución eficiente, la organización mostrará una debilidad estructural que, en atención a las preocupaciones crecientes de la sociedad humana y de los consumidores sobre la protección al ambiente y el desarrollo sostenible, pondrán en peligro su existencia en el mundo empresarial sin fronteras.

Mediante la auditoría ambiental, se pretende evaluar el grado y calidad del cumplimiento de las tareas de gestión y de desempeño ambiental de la organización.

La auditoría ambiental es beneficiosa debido a que representa una convergencia del interés público y privado.

a. Para el sector privado la auditoría ambiental es una herramienta de negocio para:

- Asegurar a la administración corporativa que su planta está en cumplimiento con leyes y regulaciones aplicables,
- Asistir a la administración corporativa en el logro del cumplimiento,

- Evitar responsabilidades contingentes legales y financieras hacia terceras partes y el riesgo de imposición de sanciones,
- Identificar ahorros financieros,
- Mejorar la imagen pública de la empresa.

b. Para las instituciones reguladoras, la auditoría y el desarrollo de planes y programas de mitigación y vigilancia ambiental ofrecen:

- El simple aumento de la conciencia de aquellos, siendo investigados de la existencia y la necesidad de evaluar los problemas ambientales;
- La responsabilidad y rendición de cuentas es puesta en los responsables de la creación y el manejo del problema ambiental (el principio de que el que contamina paga),
- Al hacer que el sector privado se ocupe de sus propios problemas, día a día, las institucionales reguladoras distribuyen mejor la carga del manejo de problemas ambientales,
- Los recursos gubernamentales de tiempo, dinero y personal experto son siempre escasos y restringidos por prioridades;

c. En un sentido amplio, el interés público es servido mediante un aumento de la responsabilidad corporativa por sus actividades que afectan al ambiente, la salud y la seguridad y por una actividad reguladora efectiva. Específicamente:

- Los problemas ambientales serán identificados de un modo oportuno a través de auditorías ambientales, de salud y seguridad amplias y periódicas;
- Los problemas ambientales serán resueltos a través de acciones basadas en las conclusiones y recomendaciones de un programa de auditoría;

- Las acciones remediales serán efectivas si los programas de auditoría son enfocados y apoyados por la administración y la agencia reguladora;
- La reforma reguladora se hará posible a través de un entendimiento desarrollado de los problemas y la separación de los problemas reales de las cuestiones inconsecuentes.

En resumen, las auditorías ambientales constituyen un instrumento para la creación y realce de la ética del desarrollo sostenible y para el beneficio a largo plazo de la sociedad y las generaciones futuras.

Han surgido en el marco del auditoría ambiental una serie de variantes y enfoques, que marcan la pauta a seguir entre los diferentes esquemas planteados como son:

Auditoría básica: Esencialmente, comprende un proceso sistemático para chequear, mediar o valorar la relación entre una instalación industrial y el ambiente, de forma que este esquema puede aplicarse tan solo a instalaciones que se encuentren en operación o en el arranque de su proceso productivo.

Auditoría de una actividad: Desarrolladas normalmente para evaluar el desempeño ambiental de actividades específicas como son la generación y disposición final de residuos o el uso de la energía en una instalación industrial. En éstos casos, los objetivos y logros esperados, se centran en la minimización de los residuos generados y maximización de la eficiencia energética de los procesos que se evalúan, con el fin de proteger el ambiente y lograr un proceso eficiente en la instalación auditada.

Auditoría de cumplimiento: Su objetivo es verificar que las actividades y operaciones de una compañía se encuentren en concordancia con la normatividad vigente.

Auditoría del proceso de EIA: Comprende la verificación del desempeño de la Evaluación del Impacto Ambiental adelantada para un proyecto en particular, en donde se comparan los impactos realmente producidos con aquellos que en su momento se predijeron, a fin de mejorar futuros procesos de evaluación similar con el objeto de adelantar ajustes de valoración ambiental a que halla lugar. Así mismo y como una alternativa, los aspectos del procedimiento de un número selecto de Evaluaciones de Impacto Ambiental pueden ser valoradas a fin de establecer si cumplieron en su conjunto con los requerimientos de ley o tuvieron desviaciones en la valoración, al punto de generar conflictos que en su conjunto pueden significar un impacto mayor, por los procesos que en su momento se escogieron para ser aplicados.

Auditoría al sistema de gestión ambiental: Evalúa el sistema de manejo ambiental formulado por las organizaciones y su objetivo es valorar el desempeño ambiental de la organización frente a las obligaciones emanadas de la política formulada como parte integral de las prácticas de manejo de la industria. En consecuencia, el desempeño periódico en función de las metas referidas, debe ser revisado para determinar los logros reales de la organización frente a éstos. Es efectuado por una entidad acreditada independiente de reconocida distinción técnica y legal, quien una vez compruebe que el Sistema de Gestión Ambiental cumple con los requerimientos emite la certificación ISO 14001.

Auditoría transaccional: Esta auditoría aplica los principios de “debida diligencia” y manejo de riesgos e incertidumbres en la realización de transacciones comerciales, de bienes, servicios y de organizaciones multilaterales de crédito.

Auditoría de facilidades de almacenamiento, tratamiento y disposición: Tiene injerencia en la responsabilidad por la generación, emisión y disposición de sustancias peligrosas.

Auditoría de responsabilidad legal: Ayuda en la identificación de los costos financieros adicionales, originados de los posibles daños ambientales atribuidos a actividades de la empresa.

Auditoría de productos: Asegura que un producto esté en concordancia con la normativa y restricciones ambientales, orientado a ofrecer ventajas competitivas en su comercialización.

5.1. Planeación y desarrollo en campo de la auditoría ambiental

Toda auditoría ambiental se orienta a:

- Evaluar los impactos ambientales resultantes de los aspectos ambientales de la organización en el lugar en que ésta opera,
- Medir el grado de cumplimiento de los requisitos legales y otros aplicables,
- Determinarla naturaleza y cantidad de residuos (sólidos, líquidos y gaseosos), generados en el lugar,
- Identificar oportunidades para reducir la generación y/o reciclar residuos,
- Determinarla existencia y adecuación del SGA a la política, objetivos, metas y programas de la organización, para satisfacer el desempeño ambiental fijado por ésta, así como el determinado por el marco legal y otros requerimientos ambientales aplicables.

Actividades

Por lo general, la realización de una auditoría ambiental en una organización comprende:

- Identificar y comprender el sistema, productos o servicios a examinar,
- Recabar la información,
- Evaluar los hallazgos,
- Informar y recomendar un plan de acción.

Requerimientos

La realización exitosa de una auditoría implica satisfacer como mínimo, los requerimientos siguientes:

- Compromiso de la dirección superior mediante su declaración pública e involucramiento, la selección e integración del equipo auditor, la asignación de los recursos apropiados para ejecutarla y el seguimiento y cumplimiento de sus conclusiones y recomendaciones,
- Información al personal de la razón y de la ejecución de la auditoría ambiental y de la importancia de contar con su participación interactiva,
- Independencia del auditor o de los integrantes del equipo auditor para garantizar así su objetividad,
- Jerarquía y experiencia suficientes del auditor/es para que sus evaluaciones sean aceptadas de buen grado por la dirección superior de la organización,

- Definición del alcance y de los criterios de auditoría aplicables,
- Ejecución de acuerdo a los procedimientos acordados y a las normas aplicables,
- Elaboración de un informe escrito basado en las evidencias auditables a presentar al cliente o a la dirección superior,
- Seguimiento de los hallazgos de la auditoría y ejecución de sus conclusiones incluidas en el informe correspondiente.

Técnicas

Como técnicas idóneas para recabar información, se mencionan:

- cuestionarios,
- entrevistas,
- lista de verificación,
- inspección y mediciones directas y objetivas,
- consultas a las organizaciones de gobierno con responsabilidad ambiental, a otras organizaciones tales como ONG ambientales, asociaciones de industriales, de fabricantes de equipos, de consumidores, consultores, etc.

5.2. Normas de auditoría

El cumplimiento regulatorio es en realidad un aspecto especial del concepto general más amplio de normas de auditoría. Las normas de auditoría son definidas como medidas de las prácticas o funcionamientos ambientales aceptables. Pueden ser:

- Establecidas por ley o política del estado y pueden incluir legislación, regulaciones o normas regulatorias puestas en vigor conforme a legislación autorizante, pautas o políticas gubernamentales. La autoridad jurídica de las agencias reguladoras para vigilar su cumplimiento puede decidir tratar a las políticas y pautas como si tuvieran fuerza de ley. A pesar de que el sector privado por lo general cooperará, un auditor puede encontrarse con la desafiante pregunta ¿cuál es su autoridad legal o del estado para requerir esto?, particularmente cuando los requisitos son costosos o molestos para el tiempo y los recursos de la administración de la planta. La Ley Ambiental es un cuerpo de estatus en evolución y la mayoría de las leyes deben pasar por las fases del proyecto, comentarios del público, revisión, enmiendas, desafíos judiciales, etc., antes de poder ser sancionados y promulgados como leyes.

- Normas externas. Muchas asociaciones industriales crean y publican normas de práctica ambiental y urgen a sus miembros a que las cumplan. La protección de accidentes y derrames y la preparación para emergencias son todas áreas en las cuales empresas individuales, comercialmente competitivas adoptan un modo cooperativo.

- Las normas internas son generalmente establecidas por una empresa para medir su capacidad de cumplimiento en comparación con sus competidores.

5.3. Cumplimiento de normas

Como parte del precepto de reducir y controlar las fuentes de contaminación y de promover la protección y conservación del ambiente y la calidad de vida, se debe incluir:

- Auditorías y actividades de mitigación
- Investigación y vigilancia del cumplimiento
- Evaluaciones ambientales y participación comunitaria.

Se puede requerir permisos para llevar a cabo ciertas actividades y se requiere que el sector privado y otros departamentos o sectores del gobierno realicen:

- Seguir el proceso previsto para obtener los permisos, licencias, etc.
- Cumplir con las normas establecidas en la legislación y las regulaciones.

5.4. Análisis y evaluación de riesgos

Para lograr que una empresa sea ambientalmente exitosa, se requiere que conozca los impactos ambientales que ella causa, que defina y establezca un programa para mejorar continuamente su desempeño de modo de satisfacer a las partes ambientales interesadas al nivel mas económico, y que la Función Ambiental se desarrolle en el marco de un Sistema de Gestión que se ejecuta con la filosofía de la Calidad Total. Esta función ambiental contempla una acción cíclica que incluye:

- La auditoría ambiental que contempla la evaluación de los puntos críticos para su éxito,
- La Planificación a la medida de la organización en el campo ambiental.

- La ejecución de los planes de trabajo mediante la aplicación de las herramientas apropiadas de la Gestión Ambiental.

Los auditores deben identificar los sistemas y procedimientos de manejo de la planta para realizar este programa, con información detallada realizando una visita a la empresa para entrevistar a los miembros claves del personal de la planta sobre su percepción de sus responsabilidades ambientales, enfocados en el buen manejo de las responsabilidades ambientales.

5.5. Análisis de la auditoría

Realizada la evaluación de riesgos, se procede al análisis de este para luego realizar un registro y reporte del mismo. Ya realizada la visita a la empresa se habrá acumulado una gran cantidad de evidencias. Esta parte consiste en poner en orden y por escrito la información adquirida, teniendo en cuenta:

- búsqueda de base de datos para verificar la existencia de permisos y certificados de aprobación,
- opiniones legales del personal de la agencia reguladora sobre las respuestas de la administración de la empresa
- revisión de los archivos de la agencia reguladora para obtener información local no disponible en la oficina central del auditor.

Se debe reservar tiempo y esfuerzo en el cronograma de la auditoría para completar estas tareas y para permitir la llegada de información de fuentes remotas.

5.6. Registro y reporte de la auditoría ambiental

El reporte de la auditoría ambiental contiene el resultado de las evaluaciones, verificaciones, determinaciones y análisis de la información recabada durante el desarrollo de la auditoría en relación con la minimización de riesgos de la contaminación por el estado de cumplimiento con la legislación y normativa ambiental y los requisitos aplicables.

El contenido del informe deberá cumplir satisfactoriamente con los objetivos establecidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

5.7. Seguimiento de la auditoría ambiental.

En donde se han identificado situaciones de inquietud en temas de salud, seguridad y ambiente durante la auditoría, medidas correctivas deben ser desarrolladas e implementadas en un periodo de tiempo aceptable.

Actividades no aprobadas

Durante la auditoría pueden haberse descubierto actividades que requerían la aprobación de la agencia reguladora.

Las aprobaciones pueden ser divididas, generalmente en dos tipos:

- a. Aprobaciones técnicas para todo comienzo y actividad que pueda afectar el ambiente. Estos pueden incluir:
- usar, operar, establecer, alterar, ampliar o extender obras de manejo ambiental, tales como un sistema de manejo de residuos o zona de eliminación de residuos, obras de pre-tratamiento de chimeneas u otras fuentes puntuales estacionarias de descarga:
 - usar, operar o aplicar materiales peligrosos, tales como pesticidas, explosivos, corrosivos, reactivos, inflamables, tóxico, bioinfecciosos, etc.
- b. Aprobaciones conforme al proceso de evaluación ambiental, usualmente, requerido antes que las aprobaciones técnicas puedan ser otorgadas. Estas aprobaciones son requeridas de acuerdo con el proceso de planeamiento y son, por lo general, requeridos como una parte de una propuesta para construir una planta importante o una planta que tenga un impacto, potencialmente, amplio.

Estas aprobaciones y registros pueden ser:

- condicionables o incondicionables;
- temporarios o permanentes.

5.8. Supervisión de auditorías ambientales

Toda auditoría se orienta a evaluar los impactos ambientales resultantes de los aspectos ambientales de la organización en el lugar en que ésta opera, midiendo el grado de cumplimiento de los requisitos legales, supervisando la

ejecución de los planes de trabajo mediante la aplicación de herramientas apropiadas de la Gestión Ambiental. Recolectando información periódica o de prueba para determinar el nivel de cumplimiento de los requisitos obligatorios normativos, compromisos ambientales o para la identificación de los niveles de contaminantes en el ambiente.

CONCLUSIONES

1. En el plan de monitoreo se lleva el control de los límites máximos de emisión de gases, así también se tienen instalados medidores continuos en las chimeneas principales de los hornos, y se realiza una medición anual.
2. La utilización de combustibles alternos como recursos no renovables, permite mitigar el impacto ambiental, el aprovechamiento de su poder calorífico dentro del proceso de cemento, el uso final de residuos como fuente de energía alterna, su recuperación energética en la fabricación de cemento y las cenizas del proceso industrial, es integrado al producto final, quedando demostrado por organismos internacionales relacionados con el ambiente.
3. La utilización de CADI'S en hornos de *clinker* origina soluciones ambientales compatibles y eficientes financieramente en las plantas de cemento.
4. Las herramientas de control y seguimiento ambiental que utiliza la industria cementera son:
 - La capacitación y educación ambiental para el personal y las comunidades vecinas.
 - El compromiso con la mejora continua.
 - El uso eficiente y racional de sus insumos como el ahorro de energía y materiales.

- El apoyo a otras industrias para que estas traten correctamente sus desechos con programas de usos de CADI's

5. Entre los programas ambientales que la empresa ha implementado se encuentran: cielo azul, reforestación y planta de tratamiento de agua.

RECOMENDACIONES

1. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales debe establecer información dirigida a todo tipo de industrias y población en general, para la efectiva divulgación de información y así proteger el ambiente, estableciendo programas educativos dirigidos a la educación ambiental, en instituciones públicas como privadas para formar conciencia ambiental en nuestro país, así como exigir en todo proyecto de desarrollo un plan de manejo ambiental.
2. Desarrollar técnicas y adaptarlas específicamente para las condiciones ambientales de la industria guatemalteca, definiendo en él un programa de auditorías y seguimiento ambiental que promueva su adecuado cumplimiento.
3. Motivar a los estudiantes de las carreras de ingeniería a conocer las leyes y normas nacionales e internacionales relacionadas con la contaminación ambiental.
4. Estimular a través de programas de promoción y divulgación en las empresas que adopten sistemas de gestión ambiental y promover un verdadero desarrollo sostenible en el país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

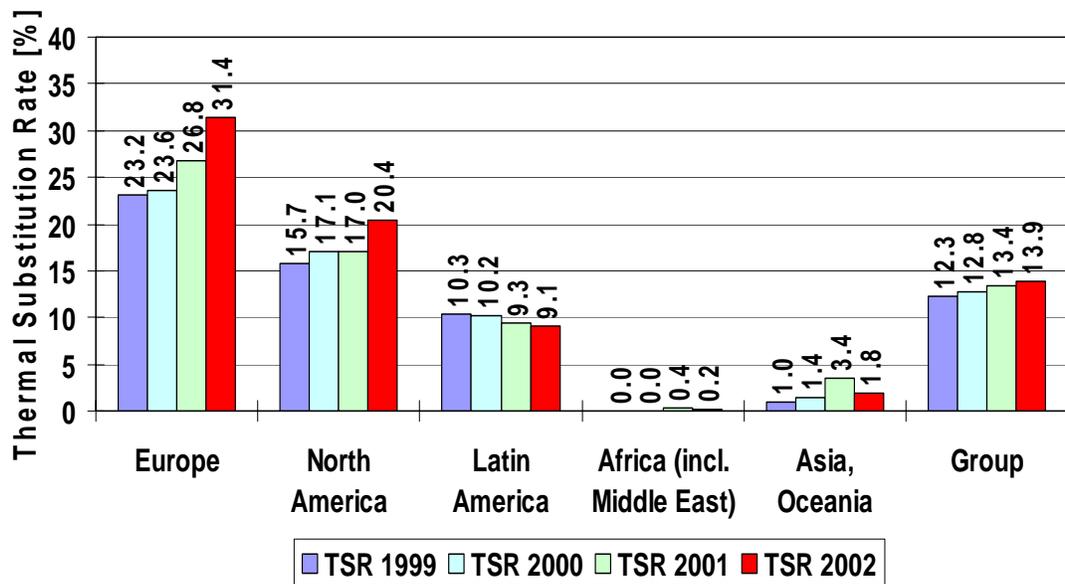
1. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. **Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático**, Guatemala, diciembre 2001. pp.27.
2. Orellana, Omar. Indicadores Claves de desempeño aplicado al área de hornos de Clínter, en la industria cementera de Guatemala. Trabajo de graduación, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, año 2002. pp. 6,7,13.
3. Basic Resources Internacional (Bahamas) Limited. (**Plan gerencial de manejo ambiental y sociocultural, contrato 2-85 y otros contratos**, Guatemala, 17 de julio de 1996. p. 14
4. Paz, Byron; Manual para el curso de Gestión Ambiental y su legislación. Trabajo de graduación, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, año 2002. pp. 25.
5. Prado, Raül; **Manual Gestión de la Calidad Ambiental**, Guatemala, Piedra Santa 1996. pp. 133-135.
6. Rivas, Olga; Guzmán, José. **Apuntes de Legislación Ambiental e Instrumentos Técnicos Ambientales**, pp. 44,48,54,55,64.
7. Sánchez, Álvaro; Manual para la Realización de Auditorías Ambientales en la Industria Guatemalteca. Trabajo de graduación, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, año 2004. pp. 39.

Referencia Electrónica

8. www.agroguias.com.ar/iso14000.htm
9. www.bulltek.com/spanish/iso14000/faqs.htm
10. www.cempro.com.gt
11. www.ecoportat.net
12. www.ingenieroambiental.com

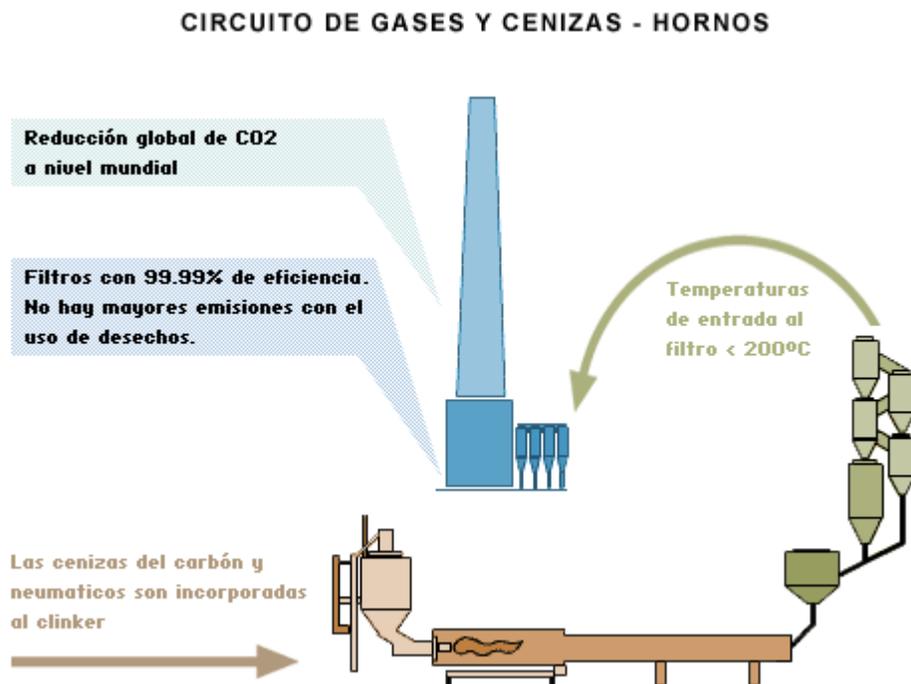
ANEXOS

Figura 1. Utilización de CADI's, Holcim
Combustibles Alternos y Desechos Industriales



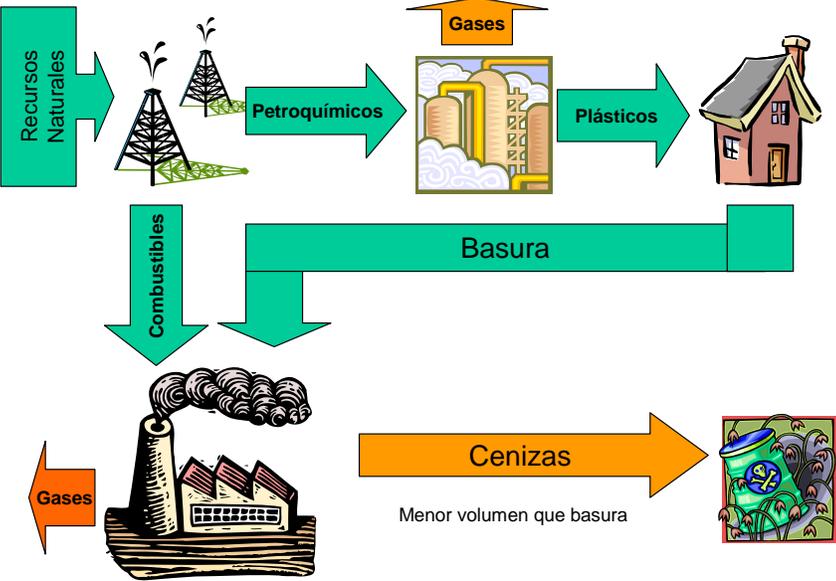
Fuente: Departamento de Medio Ambiente y Optimización, Planta San Miguel;
Cementos Progreso, S.A.

Figura 2. Circuito de gases y cenizas - hornos



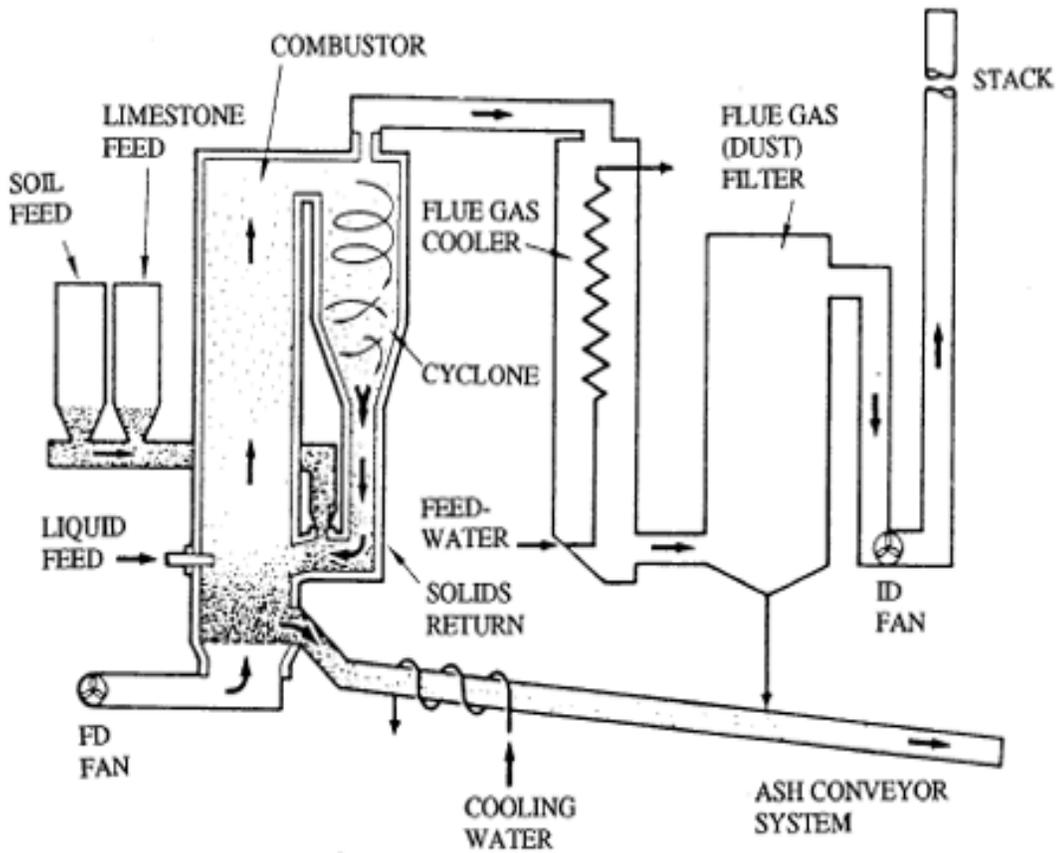
Fuente: Departamento de Medio Ambiente y Optimización, Planta San Miguel; Cementos Progreso, S.A.

Figura 3. Diagrama de Incineración



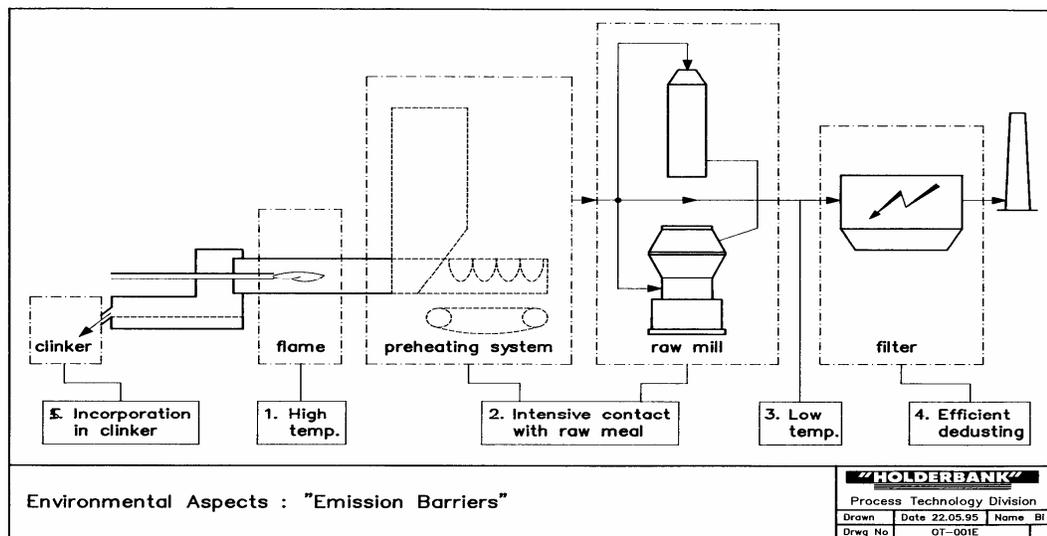
Fuente: Departamento de Medio Ambiente y Optimización, Planta San Miguel; Cementos Progreso, S.A.

Figura 4. Incineración – Equipo utilizado



Fuente: Departamento de Medio Ambiente y Optimización, Planta San Miguel;
Cementos Progreso, S.A.

Figura 5. Diagrama de las Características especiales del proceso de fabricación de Cemento



Fuente: Departamento de Medio Ambiente y Optimización, Planta San Miguel; Cementos Progreso, S.A.

Figura 6. Diagrama de la Planta de Tratamiento de Agua



Fuente: Departamento de Medio Ambiente y Optimización, Planta San Miguel;
Cementos Progreso, S.A.