

01177
6



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EVALUACION DE HALLAZGOS AMBIENTALES Y DE RIESGO, EN EL
MARCO DE LA AUDITORIA AMBIENTAL
CASO DE ESTUDIO: UN RELLENO SANITARIO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERIA AMBIENTAL
PRESENTA
FEDERICO GARCIA GASTELUM

ASESOR:
DRA. GEORGINA FERNANDEZ VILLAGOMEZ

295494

MEXICO, D.F. 2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

- ❖ A DIOS
- ❖ A MI FAMILIA
- ❖ A MIS PROFESORES
- ❖ A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

ESTE SENCILLO TRABAJO, PERO QUE REPRESENTA LA CULMINACIÓN DE MI PREPARACIÓN ACADÉMICA, LO DEDICO CON TODO MI AGRADECIMIENTO Y RESPETO A USTEDES, QUE HAN FORMADO MI VIDA.

INDICE

GLOSARIO	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
III. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	6
III.1. Objetivo general	7
III.2. Objetivos particulares	7
III.3. Justificación y alcances del trabajo	8
II. ANTECEDENTES	12
II.1. Antecedentes de la auditoría ambiental	13
II.2. Antecedentes del sistema de administración ambiental ISO 14001	17
II.3. Antecedentes de los beneficios de las auditorías ambientales	19
IV. PROCESO DE AUDITORIA AMBIENTAL	21
V. CLASIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE HALLAZGOS	27
V.1. Clasificación y jerarquización de hallazgos	28
V.2. Distribución estadística de hallazgos por área auditada	35
VI. EVALUACION DE HALLAZGOS CON RESPECTO A INVERSION E INDICES DE BENEFICIOS AMBIENTALES Y ECONOMICOS	39
VII. ANALISIS COMPARATIVO DEL ENFOQUE DE AUDITORIAS AMBIENTALES, CON LOS DEL SISTEMA DE ADMINISTRACION AMBIENTAL ISO 14001	49
VII.1. Descripción de sistemas de administración ambiental	50
VII.2. Evaluación de enfoques	57
VII.3. Importancia de la autogestión ambiental en la auditoría	62
VIII. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE RELLENO SANITARIO	65
IX. ESTUDIO DE CASO	72
IX.1. Deficiencias detectadas	73
IX.2. Balances de materia	79
VIII.4. Evaluación de hallazgos y balances de materia	95
IX. CONCLUSIONES	98
REFERENCIAS	107

GLOSARIO DE SIGLAS

CONAE: Comisión Nacional de Ahorro de Energía.

EMAR: Eco-Management and Audit Regulation.

FIDE: Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

LB: Lentamente Biodegradables.

LGEEPA: Ley General deL Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

NOM: Norma Oficial Mexicana.

PNA: Programa Nacional de Auditorías Ambientales.

PPAMC: Programa de Protección Ambiental con Mejora Continua.

PROFEPA: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

RB: Rápidamente Biodegradables.

RP: Residuos Peligrosos.

SAA: Sistemas de Administración Ambiental.

SECOFI: Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

SEMARNAP: Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SIRG: Sistema Integrado de Regulación y Gestión Ambiental de la Industria.

STPS: Secretaría de Trabajo y Previsión Social.

U.S.EPA: U.S. Environmental Protection Agency.

I. INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

La auditoría ambiental constituye un instrumento importante en el esquema de autorregulación ambiental propuesto por las autoridades federales, al ser un acto concertado entre la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y el industrial, de carácter voluntario y que cubre la revisión del marco normativo en cumplimiento ambiental.

De acuerdo al Título Primero, Capítulo IV, artículo 38 Bis de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, la auditoría ambiental es el examen metodológico de las operaciones de una empresa, respecto de la contaminación y el riesgo que generan, así como el grado de cumplimiento de la normatividad ambiental y de los parámetros internacionales y de buenas prácticas de operación e ingeniería aplicables, con el objeto de definir las medidas preventivas y correctivas necesarias para proteger el medio ambiente .

Como resultado, la auditoría determina mediante la inspección y evaluación del sistema, las medidas producto de las deficiencias detectadas, que se traducen en acciones, obras, proyectos, estudios, programas o procedimientos recomendados por el auditor y/o dispuestos por el auditado.

Estas medidas se plasman en el Plan de Acción, que es un documento integrante del Informe de Auditoría en el que se encuentran cada una de las actividades sugeridas para cubrir las deficiencias, y que se puede considerar como el producto de la revisión y examen del sistema auditado. Finalmente se integra y concerta un programa de actividades entre la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y la planta auditada, y al darse cumplimiento a todas las acciones acordadas, se entrega el certificado de Industria Limpia.

Un estudio de evaluación de los beneficios ambientales y económicos del proceso de auditoría en México, realizado por la PROFEPA a una muestra de 21 instalaciones auditadas, revela que se han abatido los niveles de contaminación, se han logrado mayores niveles de seguridad, se ha reducido la generación y los

riesgos en manejo de residuos peligrosos, y se han liberado importantes volúmenes de agua para consumo humano, por lo que se puede señalar que se avanza en mejorar la calidad de vida de la ciudadanía.

Este estudio muestra un promedio de cumplimiento normativo del 95%; el 85% manifestó beneficios derivados de la auditoría ambiental en cuanto al nivel de cumplimiento de la legislación en descarga de aguas, el 76% en aire, el 62% en ruido, el 90% en contaminación del suelo y subsuelo, el 95% en generación de residuos peligrosos, y el 95% para disminución de riesgo en sus instalaciones. Además se observaron beneficios de disminución en la descarga de aguas residuales, en emisiones contaminantes al aire, en el consumo de agua y en la generación de residuos peligrosos (IMASA-PROFEPA, 1997).

El sector gubernamental también se ha beneficiado con las auditorías ambientales ya que se ha dejado de vigilar mediante inspecciones cotidianas a las 1743 empresas que participan en este programa (PROFEPA, 2000, Programa Industria Limpia), canalizando estos recursos hacia instalaciones industriales contaminantes que aún no han decidido formar parte de este grupo de empresas ambientalmente responsables.

Por otra parte, el Programa Nacional de Auditoría Ambiental (PNA) representa un complemento indispensable a las funciones tradicionales de inspección y vigilancia por parte de PROFEPA. Fomenta actitudes participativas de parte del empresario; adopta experiencias internacionales para llenar vacíos normativos; mediante un proceso de concertación, considera los plazos requeridos para que las empresas realicen las inversiones y adecuaciones ambientales que requieren para cumplir con el marco regulatorio; y estimula el cumplimiento de la ley mediante el otorgamiento del certificado de industria limpia.

A pesar del alcance significativo de este programa, cabe resaltar algunos aspectos que limitan el desarrollo del proceso de auditoría y pueden truncar su relevancia en el esquema de autorregulación, además de algunos puntos de divergencia o conflicto con las tendencias internacionales y las necesidades de competitividad de

las empresas mexicanas; en particular con respecto a los Sistemas de Administración Ambiental.

Los Sistemas de Administración Ambiental (SAA) parten del concepto de reconocimiento mutuo internacional y buscan la mejora continua del desempeño ambiental, a diferencia del PNAA que se limita al cumplimiento puntual de la normatividad validada en el momento de la auditoría, y que está en continuo cambio. Para el crecimiento sostenido de la autorregulación ambiental es necesario incentivar al industrial y a los organismos que administran procesos contaminantes, en lo cual se parte de que no se ha estudiado y promovido objetivamente, el ámbito de beneficios que puede aportar la auditoría ambiental.

Con frecuencia, el empresario tiende a ceder al temor que inspira la autoridad y por tanto a preferir las auditorías, que no le significan beneficios similares en términos de ecoeficiencia o acceso a mercados.

En general un sistema de administración ambiental es un conjunto planeado y coordinado de acciones gerenciales, procedimientos de operación y mantenimiento de registros que se llevan a cabo por una estructura organizacional con responsabilidades y recursos bien definidos, cuyo objetivo es manejar los riesgos y las oportunidades ambientales de una organización. Éste sigue un enfoque de "Planear, Hacer, Verificar, Mejorar", utilizado en los sistemas de calidad total (SEMARNAP, 1997, Sistema Integrado de Regulación y Gestión Ambiental). Aunque los términos de referencia de PROFEPA para auditorías ambientales incluyen la adopción de un Programa de Protección Ambiental, tipo SAA, no se ha tenido la voluntad de homologación y reconocimiento.

En este trabajo se parte de la premisa de que no se explota el potencial, y no se encuentran bien definidos los alcances e importancia de la auditoría ambiental, regulada por la PROFEPA, como parte del Sistema Integrado de Regulación y Gestión Ambiental de la Industria propuesto por la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP, actualmente SEMARNAT), el cual tiene como objetivo lograr un esquema de autorregulación ambiental industrial en el que

el papel de iniciativa lo lleve siempre el sector privado y la autoridad se limite a coordinar, vigilar y facilitar los caminos que los lleven a lograrlo. Se parte de que el proceso de auditoría requiere cambios de estructura para mantenerse como una herramienta importante de autorregulación ambiental, y de que presenta un potencial no explotado que le permite continuidad y un mayor impacto en el esquema de autorregulación, con mayores beneficios al ambiente, sociedad e industria.

Se evalúa además, mediante la clasificación y jerarquización de hallazgos detectados en las auditorías, que constituyen el resultado del proceso y la vía directa de observación de beneficios, así como a través de un estudio de caso de balance de materia y auditoría de un relleno sanitario, el alcance de beneficios ambientales y económicos, detectados con el enfoque de este trabajo, con respecto a los índices de beneficios difundidos por la PROFEPA. Se detectan por otra parte, aspectos que reflejan el grado de objetividad del proceso y su potencial de mejora, tanto en el cumplimiento de sus metas actuales, como en su continuidad y mayor contribución a la autorregulación ambiental.

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

II.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar los hallazgos detectados por el Programa Nacional de Auditorías Ambientales en México, identificando el potencial de mejora en el proceso de auditoría, que represente un incremento real de beneficios económicos y ambientales, a través de la clasificación y jerarquización estadística de deficiencias, con un estudio de caso para un relleno sanitario y el análisis comparativo con respecto a la norma ISO:14000.

II.2. OBJETIVOS PARTICULARES

1. Recopilar información sobre los hallazgos contenidos en los planes de acción por medio de la consulta de informes de auditoría con que cuenta la PROFEPA.
2. Jerarquizar las deficiencias detectadas en auditorías ambientales y la clasificación de su contenido, a través del estudio de una muestra de 45 informes de auditoría.
3. Identificar los hallazgos con relación a los beneficios ambientales y económicos, plasmados en indicadores aportados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, a partir de las deficiencias jerarquizadas con influencia directa en los aspectos de beneficio.
4. Relacionar los hallazgos en estudio a los indicadores de inversión por área auditada, mediante la comparación de las deficiencias con respecto a las acciones de inversión, que se indican en el estudio "Industria Limpia en Números, 1997" elaborado por la PROFEPA.
5. Realizar un análisis comparativo del enfoque y resultados de las auditorías ambientales, con los del Sistema de Administración Ambiental que regula la norma ISO-14001, por medio del estudio de alcances, procedimientos y beneficios de cada uno de los procesos.
6. Evaluar los hallazgos y el proceso de auditoría en el estudio de caso consistente en una auditoría ambiental de un relleno sanitario, mediante el análisis de las deficiencias detectadas, su relación con respecto a los indicadores de beneficios y con el cálculo e identificación de importancia en los balances de materia.

7. Hacer una evaluación real de los beneficios del Programa Nacional de Auditoría Ambiental, a través de la relación entre las deficiencias jerarquizadas con los beneficios ambientales y económicos, de los resultados del estudio de caso y mediante la observación de las vías directas de obtención de beneficios económicos y ambientales.
8. Proporcionar alternativas que aporten una mejora en el desarrollo de las auditorías y en el desempeño de la gestión ambiental en la industria en México, de acuerdo a la evaluación de hallazgos, el análisis comparativo del proceso de auditoría ambiental con el de la norma ISO 14001 y el estudio de caso.

II.3. JUSTIFICACIÓN Y ALCANCES DEL TRABAJO

Las deficiencias y acciones correctivas, preventivas o de control con las que se busca mitigar la contaminación y los riesgos de afectación al ambiente, en las industrias y su entorno, se plasman en los informes de auditoría ambiental, en áreas que el consultor define, pero que generalmente se clasifican en áreas de: Riesgo, seguridad e higiene, Agua, Aire, Residuos sólidos, Residuos Peligrosos, Suelo y subsuelo.

Para proponerlas, las empresas auditoras, bajo su responsabilidad civil y penal, realizan una evaluación objetiva y detallada de los elementos del sistema que engloba a una empresa, y determina su adecuación para proteger al ambiente, por medio de la manifestación de una serie de deficiencias detectadas en las diferentes estructuras, programas y entorno de la empresa. Las acciones correctivas a éstas son las que componen el plan de acción.

Una vez propuesto y convenido el programa de trabajo entre la industria y las autoridades, se da seguimiento a las actividades realizadas hasta su conclusión, con la entrega del certificado de industria limpia. Con la aplicación del proceso de auditoría, se espera obtener un conjunto de beneficios ambientales, sociales y económicos, los cuales han sido detectados y evaluados en forma global por la PROFEPA, por medio de la aplicación de encuestas antes y después de la auditoría.

De acuerdo con la PROFEPA, los logros que se persiguen con la auditoría ambiental son los siguientes:

1. Beneficios al ambiente, a las empresas y a la sociedad.
2. La comprobación del grado de cumplimiento a la normatividad ambiental
3. El establecimiento de una programación de acciones para minimizar los riesgos de afectación al entorno, a las personas y a los bienes de la empresa.
4. Obtener un ahorro sustancial a través de un manejo adecuado de materias primas y productos terminados, evitándose derrames y pérdidas, y un abatimiento del costo de las primas de seguro.
5. Mejorar la imagen pública de la propia empresa y fomentar el arraigo de una cultura ecológica.
6. Que las empresas con certificado de industria limpia cuenten con un sistema capaz y eficaz para proteger el medio ambiente.

Además el Sistema Integrado de Regulación y Gestión Ambiental, considera al proceso de auditoría como una herramienta importante en la autorregulación ambiental.

Entre la manifestación de los beneficios y el proceso de evaluación, existe un eslabón importante representado por la solución a las deficiencias detectadas mediante la realización de las acciones contempladas en el informe de auditoría, que significan la vía directa de adecuación, estructuración y renovación en la industria, producto de la auditoría ambiental.

El presente trabajo, en gran parte, persigue detectar, clasificar y jerarquizar las deficiencias que ocasionan problemas de incumplimiento normativo ambiental, de seguridad e higiene, así como deficiencias productivas, de una muestra de 45 planes de acción que integran 3,693 hallazgos, que con las acciones de su corrección se da origen a los beneficios de las auditorías.

Con ello, se visualizarán las vías de obtención de beneficios y se podrá aportar en forma jerarquizada la problemática de las industrias en cuanto al cumplimiento del marco legal y el uso de buenas prácticas de ingeniería que redunden en una mayor productividad y mejor desempeño administrativo.

La clasificación y jerarquización de hallazgos permitirá hacer una evaluación objetiva de los beneficios plasmados por la PROFEPA y los que se aprecien como resultado de este trabajo, en el que se detectarán los alcances reales de la auditoría ambiental y los beneficios apreciables directamente para las empresas y el ambiente.

Por otra parte, por medio del estudio de caso de una auditoría ambiental a un relleno sanitario, y el balance de materia en el proceso, se complementarán los resultados de evaluación de beneficios y se detectará la importancia del desarrollo de balances de materia en el logro de un mejor impacto tanto a la productividad en la planta como al ambiente local y regional.

Con relación al impacto de la auditoría en la autorregulación ambiental, y su potencial de mejora, se desarrollará una evaluación del estado y los alcances que permite el proceso de auditoría en cuanto al uso de Sistemas de Administración Ambiental, con enfoque hacia una autorregulación cada vez más eficiente y de mejores aportes a la salud, ambiente y productividad de las empresas. Para ello se hará un análisis comparativo entre los Sistemas de Administración Ambiental de las normas ISO:14000 y el proceso de auditoría ambiental regulado por la PROFEPA.

Finalmente, del estudio de beneficios a través de la clasificación y jerarquización de hallazgos detectados en las auditorías, del estudio de caso del relleno sanitario y del análisis del estado y alcances del proceso de auditoría como instrumento de autorregulación, se hará la evaluación del potencial de mejora de las auditorías ambientales, como parte del Sistema Integrado de Regulación y Gestión Ambiental, propuesto por la SEMARNAP (actualmente SEMARNAT).

El universo de datos e información para la integración del potencial y acciones de mejora en el proceso de auditoría ambiental, utilizado en este trabajo, limita las conclusiones a la perspectiva y estructura de este estudio, las cuales pueden ser complementadas con proyectos enfocados a la evaluación de parámetros y aspectos de mejora en las auditorías, con factibilidad técnica, financiera y administrativa.

III. ANTECEDENTES

III.1. ANTECEDENTES DE LA AUDITORIA AMBIENTAL

A nivel mundial existen diversas modalidades de autorregulación ambiental y cumplimiento voluntario, entre las que destacan las normas ISO-14000, la Norma Británica 7750 (*British Standard 7750*), la Auditoría de Regulación y Manejo Ecológico (*Eco-Management and Audit Regulation, EMAR*), Cuidado Responsable (*Responsible Care*), Calidad Total para el Manejo Ambiental (*Total Quality for Environmental Management*) y las Auditorías Ambientales.

Algunas empresas norteamericanas y europeas empezaron a realizar auditorías ambientales con procedimientos enfocados a lograr metas de mejoramiento de procesos productivos y de calidad, con la consideración del contexto ambiental; estos procedimientos también se derivaron de auditorías de seguridad, instituidas por empresas que habían sufrido episodios catastróficos por derrames, incendios, explosiones y liberación de nubes tóxicas.

A mediados de los ochenta, y después del accidente de Bhopal en la India, en el que medio millón de personas fueron afectadas por la fuga de metilisocianato y más de 20,000 murieron, la industria Union Carbide revisó sus políticas de seguridad, higiene y medio ambiente, para no solamente cumplir con las legislaciones ambientales locales de sus plantas en cada país, sino para incorporar criterios propios, más allá del cumplimiento normativo.

En 1979 la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (*U.S. Environmental Protection Agency, U.S.EPA*), consideró la implantación de auditorías ambientales obligatorias e independientes para cada empresa. La misma U.S.EPA desechó más tarde el criterio de obligatoriedad de las auditorías ambientales.

Son varios los factores que han motivado a las empresas a realizar auditorías ambientales en sus plantas: los incidentes riesgosos, el ahorro en consumos, multas y seguros, cumplimiento legal y la creciente presión de la opinión pública sobre procesos y productos que no dañen el ambiente.

El proceso de auditoría ha seguido desde sus inicios tres tendencias a lo largo del tiempo: primeramente las auditorías ambientales se centraban en la seguridad, tanto de la planta como de los alrededores. Este enfoque se aplicaba principalmente a empresas productivas del sector químico. Los incidentes como Bhopal, Seveso, Love Canal, Chernobyl y Exxon Valdez entre otros obligaron a tomar en cuenta los alrededores de las plantas. Se calcula que las medidas para evitar y prevenir el desastre de Seveso Italia, hubieran costado 15,000 veces menos que los derivados del mismo (IMASA-PROFEPA, 1997).

La segunda tendencia se ha centrado en las empresas de servicios, las pequeñas industrias y el sector público, derivando en sistemas de gestión, recursos, capacitación y comunicación.

La tercera corriente se centra en el análisis de las consecuencias globales de los procesos productivos (extracción, manufactura, distribución, venta, uso, reuso y disposición final de residuos), permitiendo observar los graves problemas ambientales globales como el cambio climático, la destrucción de la capa de ozono y la pérdida de la biodiversidad.

Implantación de las auditorías ambientales en el país.

La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), creada en 1992, motivada en parte por el impacto de la explosión de drenajes ocurrida en la ciudad de Guadalajara el mismo año, ha aplicado, como un complemento indispensable de las acciones de verificación ambiental obligatoria sobre la industria de competencia federal, el Programa Nacional de Auditorías Ambientales, cuyo propósito es definir medidas preventivas y correctivas necesarias para proteger al medio ambiente y para promover el desarrollo de una autorregulación eficiente.

La auditoría ambiental, al ser un acto concertado, puede incluir situaciones no reglamentadas pero de urgente atención; es por ello que desde el principio de su institucionalización en México se le dio un enfoque tal que permitiera la salida de la situación imperante en nuestro país, caracterizada por:

- poco o nulo cumplimiento de la legislación ambiental;
- un marco jurídico incompleto y desarticulado que provocó un incipiente ordenamiento ecológico del territorio;
- tecnología de producción obsoleta, con la consecuente generación y almacenamiento de grandes cantidades de residuos peligrosos y su disposición inadecuada;
- un incipiente sector ambiental tanto en las propias industrias como en los ramos de la consultoría y los tres niveles de gobierno;
- escasez de políticas crediticias, de estímulos fiscales, y de disponibilidad de recursos económicos para el sector ambiental,
- insuficiente cultura ambiental en el plano empresarial y social.

Estos factores provocaban renuencia del sector industrial para analizar su realidad ambiental, por ello la PROFEPA debió hacer labor intensa de convencimiento sobre las bondades de la auditoría ambiental y establecer alicientes, como el hecho de que durante el proceso de auditoría y de cumplimiento de planes de acción derivados de éste, la industria en cuestión no sería incluida en el programa normal de verificación normativa, a excepción de la existencia de denuncias ciudadanas, legalmente fundadas, así como de situaciones de contingencia (Calderón, 1999).

En cuanto a su cobertura geográfica, el Programa Nacional de Auditoría Ambiental (PNAA) abarca todo el territorio nacional contemplando la realización de actividades de auditorías en las 31 entidades federativas y el Distrito Federal, enfocándolas a aquellos giros prioritarios que por su nivel de riesgo resulta más urgente someterlos a una revisión exhaustiva en todas y cada una de las partes de sus procesos de producción, cuya operación inadecuada pudiesen generar fuertes niveles de contaminación y riesgo, con la consecuente alteración de los ecosistemas y provocando daños a la población y sus bienes (Calderón, 1999).

Desde el desarrollo institucional de la auditoría ambiental en nuestro país, se han dado grandes avances para fortalecer el Programa al que pertenece. Es preciso mencionar que a raíz de las modificaciones a la Ley General del Equilibrio Ecológico

y la Protección al Ambiente (LGEEPA) se incorpora a este cuerpo legislativo, en su Título Primero, Capítulo IV, Sección VII, un apartado sobre "Autorregulación y Auditorías Ambientales", lo que otorga a la sociedad mayor certeza y seguridad jurídica sobre los alcances de este instrumento de política ecológica.

La incorporación de la auditoría ambiental en el ámbito de Ley, incluyó seis líneas de estrategia para fortalecer el Programa Nacional de Auditoría Ambiental, enmarcadas en el artículo 38 Bis, el cual faculta a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca para que a través de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente:

- I. Elabore términos de referencia para la realización de auditorías ambientales;
- II. Establezca un sistema de evaluación y aprobación de auditores ambientales;
- III. Desarrolle programas de capacitación;
- IV. Instrumente un sistema de reconocimientos y estímulos a la industria;
- V. Promueva la creación de centros regionales de apoyo a la gestión ambiental del sector empresarial, y
- VI. Convenga y concerte con personas físicas o morales, la realización de auditorías ambientales.

El PNAA ha logrado los siguientes resultados relevantes, hasta diciembre de 2000:

- 1743 empresas incorporadas al programa en el periodo 1992-2000
- 744 Certificados de Industria Limpia entregados
- 156 refrendos de Certificados de Industria Limpia
- Integración del Comité de Evaluación y Aprobación de Auditores Ambientales
- Aplicación efectiva de los conceptos de prevención y seguridad. En las empresas incorporadas sólo se han notificado tres accidentes (Curtidos Temola, Petroquímica Cactus y Celanece de Cosoleacaque).

De acuerdo a las estadísticas de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, de 1992 a diciembre de 2000, el Programa Nacional de Auditoría Ambiental incluyó 1743 auditorías, de las cuales 1680 estaban concluidas y 63 en proceso. De las

concluidas se habían firmado 1364 convenios de concertación para corregir las irregularidades establecidas en los planes de acción respectivos (PROFEPA, 2000, Programa Industria Limpia).

Los planes de acción incluyen obras, reparaciones, instalaciones de equipo anticontaminante, así como elaboración de estudios, planes, programas y procedimientos, estimándose una inversión por 13 mil millones de pesos.

El Programa Industria Limpia muestra que de las empresas que han terminado el plan de acción, 744 se han hecho acreedoras al reconocimiento como Industria Limpia, que representa el 42% de las plantas auditadas.

Las estadísticas muestran el éxito del PNAA en la ejecución de auditorías en la fase de consultoría, y en menor grado en la solución de los problemas detectados. Lo importante es identificar los factores que van ligados al interés de los empresarios a auditarse, y evaluar si realmente reflejan una aplicación eficiente del proceso de auditoría, de acuerdo con las expectativas del industrial y los aspectos de fomento e incentivo que manejan las autoridades, que involucran además del cumplimiento ambiental, importantes índices de ahorro económico y mitigación de la contaminación; o van ligados a parámetros de otra índole como balances económicos entre multas por incumplimiento y costos de consultoría y ejecución del programa de actividades producto de la auditoría, imagen social, relación autoridad-empresa, entre otros.

III.2. ANTECEDENTES DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL ISO 14001

El Sistema de Administración Ambiental regulado por la norma ISO 14001 fue publicada en su primera edición para su difusión internacional en enero de 1996. El balance mundial hasta noviembre de 2000 indica alrededor de 21,449 empresas certificadas en ISO 14001 (Reinhard Peglau-ISO World, 2000).

En México, hasta noviembre de 2000 existían 181 certificados ISO 14001 emitidos, contra 21449 certificados en 97 países (Reinhard Peglau-ISO World, 2000). De las

empresas certificadas, casi todas pertenecen a la gran empresa, y la mayoría de ellas a corporaciones multinacionales con actividades de exportación y políticas propias sobre desempeño ambiental.

La Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization, ISO) es una organización no gubernamental establecida en 1947, en la que participan los organismos nacionales de normalización de cerca de 100 países. Su misión es promover el desarrollo de normas a fin de facilitar el intercambio internacional de bienes y servicios. Cabe mencionar que la nomenclatura ISO utilizada en las normas de dicha organización no es una referencia al nombre de ésta, sino que proviene de la palabra griega *iso* que significa "igual" (ISO:1996).

La serie de normas ISO 14000 es una iniciativa en materia de administración del medio ambiente que se inscribe dentro de la tendencia mundial de autorregulación de la industria. La serie consta de dos grupos de normas: uno de ellos dirigido propiamente a la evaluación de una organización/empresa (sistema de administración ambiental) y el otro a procesos y productos (eco-etiquetado, ciclo de vida). En 1996 fueron aprobadas por el Comité Técnico, integrado por organismos privados, las normas correspondientes a Sistemas de Administración Ambiental (ISO-14001) y la guía para su implantación (ISO-14004), así como las ISO 14010, 14011 y 14012, relativos a procesos de auditoría de tales sistemas (NMX de Sistemas de Administración Ambiental). El objeto de estas normas es proporcionar un sustento común para que los diversos sistemas de administración ambiental existentes sean más uniformes, eficientes y eficaces.

La norma ISO 14001 es una norma de procesos administrativos y está enfocada al establecimiento de un sistema de administración ambiental para alcanzar políticas, objetivos y metas internamente establecidas por una empresa. La norma requiere que las políticas incluyan elementos tales como el compromiso del cumplimiento de la legislación y regulaciones ambientales y la prevención de la contaminación. Sin embargo, no estipula cómo debe la empresa lograr sus metas ni prescribe el tipo o nivel de desempeño requerido.

Para que la adecuada implantación y mantenimiento de los Sistemas de Administración Ambiental sea reconocida internacionalmente, se requiere la certificación por un organismo privado.

Por otra parte, la certificación se refiere a la conformidad del Sistema de Administración Ambiental con la norma y no a la certificación del desempeño ambiental de una empresa, ni a la certificación de sus productos.

III.3. ANTECEDENTES DE BENEFICIOS DE LAS AUDITORIAS AMBIENTALES

Como se mencionó anteriormente, la PROFEPA desarrolló un estudio a una muestra de 21 instalaciones auditadas, con el objeto de detectar en forma cuantitativa los beneficios ambientales y económicos de las auditorías ambientales, para lo cual se diseñó y aplicó una encuesta para la obtención de datos anteriores y posteriores al proceso de auditoría ambiental.

Los beneficios que observó la PROFEPA en su estudio incluyen la disminución en la descarga de aguas residuales, en emisiones contaminantes al aire, en el consumo de agua y en la generación de residuos peligrosos, con los datos e índices mostrados en la tabla siguiente:

Tabla 3.1. Beneficios Ambientales

RUBRO	ANTES DE AUDITORIA	DESPUES DE AUDITORIA	REDUCCION
Contaminantes a la atmósfera (Millones kg/año)	1.9	0.3	1.6 84.21%
Consumo de agua de abastecimiento (Millones m3/año)	53.9	43	10.9 20.31%
Descargas de aguas residuales (Millones m3/año)	19	16	3 15.78%
Residuos peligrosos líquidos (Millones lt/año)	20	16	4 20%
Residuos peligrosos sólidos (Millones kg/año)	110	95	15 13.63%
Combustibles líquidos (Millones lt/año)	126	90	36 28.57%

Fuente: PROFEPA , Auditoría Ambiental, Beneficios Ambientales, Económicos y Sociales, 1998

El PNAA contiene ventajas y representa un complemento indispensable a las funciones tradicionales de inspección y vigilancia.

Estos datos significan un incentivo a la industria para someterse al procedimiento de auditoría ambiental, sin embargo para la veracidad de los resultados se tiene la limitante del tamaño de la muestra empleada, y de la consideración de otros factores que pudieron haber influido en los beneficios plasmados en la fase de tiempo entre la auditoría ambiental y la consecución del plan de acción producto de ésta. La observación directa del cambio, tanto de cumplimiento ambiental como de beneficios económicos en la industria, producto de la auditoría ambiental, se puede obtener en forma alternativa, del estudio de las deficiencias detectadas, las cuales se encuentran en el plan de acción.

Finalmente, de acuerdo a las regulaciones internacionales requeridas para la proyección futura de la industria con actividades de exportación, y a los incentivos con que cuenta para el cumplimiento ambiental y la prosperidad competitiva, se parte de la necesidad de fomentar y aplicar el Sistema Integrado de Regulación y Gestión Ambiental de la Industria, propuesto por la SEMARNAP, en el cual existe cierta ambigüedad con respecto a la integración de los diferentes procedimientos de autorregulación ambiental de la industria en nuestro país.

IV. PROCESO DE AUDITORIA AMBIENTAL

El proceso de verificación y evaluación de un sistema, por medio de la auditoría ambiental, lo define de manera específica cada empresa consultora, por medio de la integración de procedimientos y alcances de auditoría, aunque generalmente se compone de las siguientes acciones:

PLANEACIÓN

Visita preliminar a las instalaciones

Realización del Plan de Auditoría

TRABAJOS DE CAMPO

Recopilación de información y desarrollo de la auditoría ambiental en campo

Programa de muestreo y pruebas

DOCUMENTOS DE INFORME

Reporte de campo

Resumen Ejecutivo

Informe de Auditoría

Anexos

Programa de Obras y Actividades

Las actividades o información asociadas a cada una de las acciones anteriores, pueden ser de manera genérica las indicadas en la tabla siguiente:

<p>II.5. Aire</p>	<p>Punto de descarga donde son vertidas las aguas residuales al cuerpo receptor. Reportes de los monitoreos efectuados</p> <p>Identificación de las fuentes emisoras de contaminantes a la atmósfera. Establecer si las emisiones son conducidas o fugitivas Equipos y/o sistemas de control para minimizar Emisiones a la atmósfera Eficiencia, especificaciones de diseño y balance de materiales Cumplimiento legal (permisos, autorizaciones, licencias, actas de inspección)</p>
<p>II.5. Ruido</p>	<p>Identificación de las fuentes generadoras de ruido Características y componentes de frecuencia Tiempo de exposición de los trabajadores Métodos generales y específicos de prevención y Control de ruido Suministro, uso y cuidado de equipo de protección personal Existencia y aplicación de programas para la conservación de la audición</p>
<p>II.6. Residuos</p>	<p>Identificación de puntos de generación de residuos peligrosos y no peligrosos Volumen de residuos generados. Existencia y aplicación de programas para el Manejo de residuos Recolección, envasado, etiquetado, traslado, almacenamiento y disposición final de residuos. Existencia de bitácora de generación y movimiento de los residuos generados. Almacén temporal de residuos. Reportes de caracterización "CRETIB" de los Residuos generados Uso, almacenamiento y disposición de compuestos fluoroclorocarbono (cfc's).</p>
<p>II.7. Muestras y monitoreos</p>	<p>Agua. Manto freático. Ambiente laboral. Suelo.</p>

V. CLASIFICACION Y JERARQUIZACION DE HALLAZGOS

V.1. Clasificación y jerarquización de hallazgos

Con la finalidad de identificar, clasificar y jerarquizar los hallazgos en las auditorías ambientales, se seleccionó una muestra de 45 informes de auditoría, de los cuales se estudiaron los planes de acción, que contienen las deficiencias detectadas.

Dentro de la evaluación de los informes se analizaron 3,693 hallazgos, que comprenden el total de deficiencias observadas durante el desarrollo de las auditorías realizadas a las instalaciones de las industrias que componen la muestra.

La clasificación de hallazgos se realizó agrupando las deficiencias en aspectos con un grado de importancia relevante y que reflejan de forma clara y concisa incumplimientos de la misma índole técnica. Se cuantificaron, e integraron en las agrupaciones, cada uno de los hallazgos contenidos en los planes de acción y se jerarquizaron en orden descendente según la frecuencia en que incidieron las deficiencias. Los resultados de la clasificación y jerarquización de hallazgos, para cada una de las áreas estudiadas son los siguientes:

Tabla 5.1. Deficiencias detectadas en materia de *Riesgo, Seguridad e Higiene*

Grupo de Deficiencias	No.
1. No se cuenta con programas de mantenimiento a equipos e instalaciones, o el mantenimiento es deficiente.	332
2. Carencia de señalización o identificación, así como avisos de riesgo y seguridad en maquinaria, equipo, tanques, líneas de conducción y diferentes áreas de la planta.	261
3. Se carece de sistemas, protección, equipos y dispositivos de seguridad, o son deficientes	254
4. No cuenta con sistemas, brigadas equipos o dispositivos de emergencia o están en mal estado.	142
5. Se carece de manuales, procedimientos u hojas de seguridad para el manejo de materiales peligrosos.	110
6. Falta o deficiencia de programa de capacitación y adiestramiento de trabajadores.	89
7. No se cuenta con sistemas de contención de derrames en tanques, dispositivos de control e indicadores, se encuentran en mal estado o tienen	88

capacidad deficiente.	
8. No se cuenta con planos de instalaciones, rutas de evacuación y plantas generales, o no están actualizados.	80
9. No se realizan pruebas no destructivas, verificación o calibración a equipos, sistemas y líneas, o no se tiene programa de inspección.	73
10. Diseño inadecuado o memoria de cálculo deficiente en dispositivos de seguridad, sistema contraincendio, instalaciones, equipos y accesorios en general	73
11. No cuenta con procedimientos o permisos de operación de equipos, tanques o instalaciones, o se manejan inadecuadamente.	71
12. Se carece de un Programa de Atención de Emergencia y realización de simulacros, o se encuentra deficiente o incompleto	52
13. Se carece de equipo de protección personal o no se usa el equipo.	51
14. Las áreas de almacenamiento donde se manejan sustancias peligrosas, o el almacenamiento de las mismas, no cumplen con la normatividad.	46
15. No se cuenta con manual de procedimientos de seguridad	44
16. Carece de orden y limpieza o de programa.	39
17. Carencia de bitácoras de mantenimiento a equipos e instalaciones.	39
18. Condiciones laborales inadecuadas en cuanto a iluminación, ventilación, temperatura y características de pisos.	38
19. No cuenta con sistemas de restricción de acceso a áreas de riesgo.	33
20. Los monitoreos de ambiente laboral están por arriba del límite máximo permisible, o no existe un programa de monitoreo.	23
21. No se cuenta con un Programa de Prevención de Accidentes, o es deficiente.	22
22. Fugas en equipos	19
23. Carencia o deficiencia del Estudio de análisis de riesgo o impacto ambiental	19
24. Servicio médico deficiente	15
25. Falta de la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene, de registro de actividades o programa de trabajo.	13
26. Manejo inadecuado de materiales, de acuerdo a sus características y tipo.	13
27. Se carece de programa de salud, seguridad e higiene	10
28. Espacios insuficientes u obstruidos	9
29. Carece de áreas de servicios adecuadas	8
30. Los almacenes de residuos peligrosos no cumplen con la normatividad	6
31. Se carece de manual de primeros auxilios	3
32. No se cuenta con almacén de residuos y/o de materias primas	1
33. No se cuenta con programa de ahorro de energía	1
34. Falta de integración de grupo de seguridad específico	1
35. Uso inadecuado de agua o materiales	1
36. No se cuenta con un programa de protección civil	1
Número de deficiencias en materia de Riesgo, Seguridad e Higiene	2080

Tabla 5.2. Deficiencias detectadas en materia de *Ruido*

Grupo de Deficiencia	No.
1. Se rebasa el límite máximo permisible de ruido laboral.	30
2. No cuenta con programa de protección auditiva, que incluya medidas preventivas y correctivas (equipo de protección, examen y capacitación).	26
3. El personal no usa protectores auditivos o se carece de una supervisión para el uso de los mismos	19
4. No existe un programa de estudio de ruido laboral	12
5. No se realizan evaluaciones de ruido perimetral	4
6. Se carece de señalamientos	2
7. No se cuenta con medidas y dispositivos para reducción de emisiones de ruido	2
Número de deficiencias en materia de Ruido	95

Tabla 5.3. Deficiencias detectadas en materia de *Agua*

Grupo de Deficiencia	No.
1. Excede los límites máximos permisibles y/o condiciones particulares de descarga o de la normatividad aplicable en la descarga de agua residual.	58
2. Mantenimiento e inspección deficiente a drenajes, equipos, líneas, dispositivos y tanques de agua.	53
3. No se cuenta con títulos de concesión o autorizaciones de descarga y/o suministro de agua.	39
4. Se carece o son deficientes los sistemas de tratamiento de aguas residuales o se descargan aguas residuales sin tratamiento a cuerpos receptores.	35
5. No se tienen planos de la red de drenajes y distribución de agua o de PTAR actualizados.	34
6. Existen fugas o derrames de agua.	26
7. Separación de drenajes o descargas a drenajes no compatibles.	25
8. Pagos deficientes o nulos por consumo y/o descarga de agua.	24
9. No se cuenta con registros de descarga de agua residual o no se reportan	23
10. Realización deficiente o nula de análisis de agua residual o de abastecimiento.	21
11. No cuentan con programa y bitácora de mantenimiento a drenajes, PTAR o sistemas de agua.	18
12. No cuenta con estructura de medición o toma de muestra de agua residual o de abastecimiento.	18
13. Falta de Programas de Ahorro y Uso Eficiente de Agua	10
14. Se carece o es incorrecto el diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales o sistemas de agua	9
15. No cuentan con drenaje sanitario.	6

16. No se cuenta con programas de control de calidad y sistemas de agua	6
17. Drenaje de aguas residuales de proceso deficiente.	4
18. No se cuenta con balance hidráulico	4
19. Tuberías en mal estado u obsoletas	3
20. No se cuenta con programa de seguimiento y cumplimiento de legislación en materia de agua	3
21. No existe procedimiento de muestreo.	2
22. Se presenta descargas de residuos peligrosos a cuerpo receptor.	2
23. No se cuenta con procedimientos de operación de equipos	2
24. Se carece de sistemas para disposición de lodos de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.	2
25. Se exceden los límites máximos permisibles en agua potable	2
26. Falta de señalización	1
27. Falta de programas de capacitación	1
Número de deficiencias en materia de Agua	431

Tabla 5.4. Deficiencias detectadas en materia de *Contaminación del aire*

Grupo de Deficiencia	No.
1. Se presentan emisiones fugitivas	53
2. Falta inventario de emisiones.	44
3. Faltan Programas de mantenimiento de equipos de control o se carece de mantenimiento	43
4. Plataformas y puertos de muestreo fuera de norma o no existen.	29
5. Se carece de Programa de monitoreo o no se ha realizado monitoreo perimetral y laboral.	23
6. No se cuenta con licencia de funcionamiento o es incompleta.	18
7. Se carece o son deficientes los sistemas o equipos de prevención y control de la contaminación	17
8. Carece de bitácora de calibración, mantenimiento y operación de equipos	17
9. No se cuenta con cédula de operación.	16
10. No se cuenta con bitácora de control de emisiones.	13
11. Las emisiones contaminantes rebasan el límite máximo permisible de norma	13
12. Chimeneas sin la altura requerida o no se cuenta con chimeneas.	10
13. No se ha realizado monitoreo de emisiones en chimeneas o no se ha realizado con la frecuencia y métodos que indica la normatividad.	9
14. Se carece de ductos de conducción de emisiones	6
15. No se evalúan emisiones de equipos.	5
16. Se tienen emisiones tóxicas sin control	3
17. Sistemas de control fuera de operación.	3
18. Carece de sistema de medición continua de emisiones	3
19. No se cuenta con certificados de calidad de combustible.	3
20. Falta de dispositivos	3

21. Se carece de estudios de emisiones no conducidas o de concentraciones en áreas de trabajo	3
22. No se cuenta con plan específico de contingencias ambientales	2
23. No se siguen recomendaciones de condicionantes de Licencia de Funcionamiento	2
24. Baja eficiencia en operación de equipos	1
25. Las emisiones de equipos no cumplen con los requerimientos legales	1
26. Falta programa de orden y limpieza	1
27. Emisiones no canalizadas sin registro y control	1
28. Falta de procedimientos de operación de equipos	1
Número de deficiencias en materia de Aire	343

Tabla 5.5. Deficiencias detectadas en materia de *Residuos Sólidos*

Grupo de Deficiencia	No.
1. No se clasifican los residuos no peligrosos.	18
2. Carece de procedimientos para el manejo seguro de residuos no peligrosos.	15
3. Falta de programas y procedimientos de clasificación y/o cuantificación de residuos	10
4. No se cuenta con almacén temporal de residuos no peligrosos.	7
5. Falta de procedimientos para minimizar generación de residuos sólidos	7
6. No se cuenta con programa de orden y limpieza	5
7. No cuenta con bitácora de registro de la generación de residuos no peligrosos.	4
8. No se cuenta con autorización para la disposición de residuos no peligrosos.	4
9. No se cuenta con programa y procedimientos de disposición de residuos no peligrosos	4
10. Carece de procedimientos para la evaluación del posible reciclaje o reuso de residuos no peligrosos.	3
11. Supervisión de manejo de residuos deficiente	3
12. No se cuenta con programa de protección ambiental en materia de residuos	2
13. Se realiza la quema de residuos a cielo abierto.	1
14. No se da capacitación de manejo de residuos sólidos	1
15. No cuenta con programa de manejo integral de residuos sólidos	1
16. Los recipientes de recepción no se encuentran en buen estado	1
Número de deficiencias en materia de Residuos Sólidos	86

Tabla 5.6. Deficiencias detectadas en materia de *Suelo y Subsuelo*

Grupo de Deficiencia	No.
1. Derrames o fugas de hidrocarburos sobre suelo natural.	41
2. Suelo contaminado con residuos peligrosos.	37
3. Suelo afectado con residuos no peligrosos.	26
4. Falta de identificación en tambores	10
5. Piso de concreto afectado con aceite lubricante.	10
6. Tanques de combustibles sin diques de contención.	9
7. No cuenta con programa para la rehabilitación del suelo.	9
8. No cuenta con licencia de uso de suelo.	7
9. Tambores con residuos o materiales peligrosos sin control o sistemas de captación.	3
10. Se presenta contaminación de agua subterránea	3
11. Carece de un programa para el manejo seguro de lodos del proceso.	3
12. Faltan estudios de afectación de suelo y subsuelo	3
13. Talleres sin sistema para la recuperación de fugas y derrames.	2
14. Pisos de diques de contención con fugas	2
15. Se presenta erosión de suelo	1
16. No se ha clasificado el suelo según el uso	1
17. Se realiza un mal manejo del relleno sanitario.	1
18. No se cuenta con programa de protección ambiental en materia de suelo y subsuelo	1
19. No se cuenta con programas o procedimientos de manejo o reutilización de residuos peligrosos	1
20. Disposición de residuos peligrosos en sitios no autorizados	1
21. No se da aviso sobre derrames	1
22. No se cuenta con un plan o procedimiento para el control o prevención de contaminación de suelo y subsuelo	1
Número de deficiencias en materia de Suelo y Subsuelo	173

Tabla 5.7. Deficiencias detectadas en materia de *Residuos Peligrosos*

Grupo de Deficiencia	No.
1. Carece de procedimiento para el manejo de residuos peligrosos "RP".	83
2. Se presenta un manejo o disposición inadecuada de residuos peligrosos	66
3. No se cuenta con el manifiesto de empresa generadora de residuos peligrosos o falta manifestación de generación de residuos.	55
4. No cuenta con bitácora de registro de la generación y/o disposición de RP.	49
5. El almacén temporal de residuos peligrosos no cumple con lo establecido en la normatividad vigente o carece de autorización.	48
6. No se realiza o se hace de manera inadecuada la clasificación de residuos peligrosos, o se carece de procedimientos	27

7. No se cuenta con almacén temporal de RP.	25
8. Falta caracterización de residuos peligrosos (pruebas CRETIB).	22
9. Falta capacitación de manejo y clasificación de residuos peligrosos.	19
10. No cuenta con los manifiestos de entrega transporte y recepción de RP.	17
11. No se cuenta con el reporte semestral de movimientos realizados con los residuos peligrosos.	17
12. No se cuenta con Manifiesto de Impacto Ambiental o su autorización de sitios de disposición final.	5
13. No se cuenta con procedimientos de operación para el almacén temporal de residuos peligrosos	5
14. No se cuenta con procedimientos de verificación en cumplimiento de la normatividad en la materia	5
15. No se cuenta con sistemas de restricción de acceso al almacén temporal de RP.	4
16. Falta autorización para reuso o tratamiento de residuos peligrosos	4
17. No se cuenta con programa de atención a contingencias relacionadas con RP.	4
18. Se carece de programa de manejo integral de RP	4
19. Carece de procedimientos o bitácora de verificación de fugas.	3
20. No se realiza la cuantificación de residuos peligrosos generados	3
21. No se cuenta con plan de disminución en generación de RP	3
22. Falta equipo para emergencias en el área de residuos peligrosos	2
23. No cuenta con autorización para el transporte de residuos peligrosos.	2
24. No se cuenta con programas de mantenimiento a instalaciones o equipos	2
25. Se carece de autorización para operación de equipos especiales	2
26. No se cuenta con programa de protección ambiental en materia de RP.	2
27. No se realizan pruebas en sitio de disposición de residuos peligroso (jales)	1
28. Falta de equipo y dispositivos de control y seguridad en sitios de disposición.	1
29. El sitio de disposición presenta mal diseño.	1
30. Falta de neutralización de residuos peligrosos antes de disposición	1
31. Los vehículos de transporte interno de residuos peligrosos se encuentran en mal estado.	1
32. No se notifica la ocurrencia de derrames de RP	1
33. No se cuenta con reporte mensual de disposición final de RP	1
Número de deficiencias en materia de Residuos Peligrosos	485

Tabla 5.8. Deficiencias por área de estudio

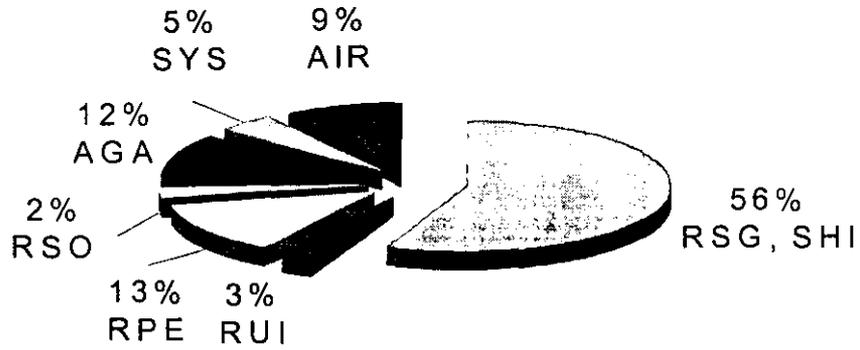
Area de estudio	No. De Deficiencias
Riesgo, seguridad e higiene	2080
Residuos Peligrosos	485
Agua	431
Aire	343
Suelo y Subsuelo	173
Ruido	95
Residuos Sólidos	86
Total de deficiencias	3693

V.2. Distribución estadística de hallazgos por área auditada

De los 3693 hallazgos, 2080 inciden en problemas relacionados con Riesgo, Seguridad e Higiene, correspondiente al 56% del total de deficiencias detectadas; 485 hallazgos inciden en aspectos de Residuos Peligrosos, que corresponden al 13%; 431 deficiencias a problemas de contaminación o manejo de Agua, que representan el 12%; 343 a contaminación del Aire, con un 9%; 173 al área de Suelo y Subsuelo, con un 5%; 95 a problemas relacionados con Ruido, correspondientes al 3% y 86 al área de Residuos Sólidos, que representan el 2% del total de hallazgos estudiados.

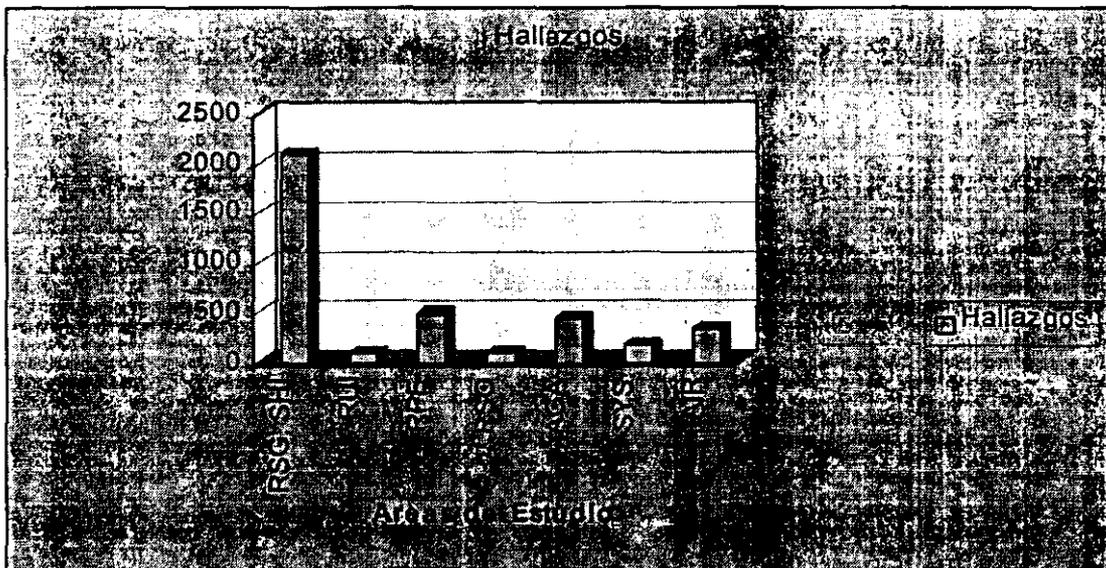
Las figuras 5.1 y 5.2 representan de manera gráfica la incidencia de hallazgos por área auditada.

Figura 5.1. Distribución estadística de hallazgos por área de estudio.



En donde: RSG, SHI = Riesgo, Seguridad e Higiene
 RUI = Ruido
 RPE = Residuos Peligrosos
 RSO = Residuos Sólidos
 AGA = Agua
 SYS = Suelo y Subsuelo
 AIR = Aire

Figura 5.2. Hallazgos detectados en las auditorías ambientales por área de estudio.



El 70 percentil de deficiencias comprende problemas relacionados con los aspectos indicados en la tabla siguiente:

Tabla 5.9. Aspectos de hallazgo comprendidos en el 70 percentil de las deficiencias.

Area	Hallazgos
Riesgo, seguridad e Higiene:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mantenimiento a equipos e instalaciones. 2. Señalización, identificación o avisos de riesgo y seguridad en maquinaria, equipo, tanques, líneas de conducción y diferentes áreas de la planta. 3. Sistemas, protección, equipos o dispositivos de seguridad. 4. Sistemas, brigadas, equipos o dispositivos de emergencia. 5. Manuales, procedimientos u hojas de seguridad para el manejo de materiales peligrosos. 6. Programa de capacitación y adiestramiento de trabajadores. 7. Sistemas de contención de derrames en tanques, dispositivos de control e indicadores. 8. Planos de instalaciones, rutas de evacuación y plantas generales. 9. Pruebas no destructivas, verificación o calibración a equipos, sistemas y líneas, o programas de inspección. 10. Diseño o memoria de cálculo deficiente en dispositivos de seguridad, sistema contra incendio, instalaciones, equipos y accesorios en general.
Ruido:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se rebasa el límite máximo permisible de ruido laboral. 2. Programa de protección auditiva, que incluya medidas preventivas y correctivas (equipo de protección, examen y capacitación). 3. Uso de protectores auditivos o supervisión para el uso de los mismos.
Agua:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Excede los límites máximos permisibles y/o condiciones particulares de descarga o de la normatividad aplicable en la descarga de agua residual. 2. Mantenimiento e inspección a drenajes, equipos, líneas, dispositivos y tanques de agua. 3. Títulos de concesión o autorizaciones de descarga y/o suministro de agua. 4. Sistemas de tratamiento de aguas residuales o se descargan sin tratamiento a cuerpos receptores. 5. Planos de la red de drenajes y distribución de agua o de PTAR. 6. Fugas o derrames de agua.

	<ol style="list-style-type: none"> 7. Separación de drenajes o descargas a drenajes no compatibles. 8. Pagos por consumo y/o descarga de agua. 9. Registros de descarga de agua residual.
Aire:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Emisiones fugitivas. 2. Inventario de emisiones. 3. Programas de mantenimiento de equipos de control o mantenimiento. 4. Plataformas y puertos de muestreo. 5. Programa de monitoreo o no se ha realizado monitoreo perimetral y laboral. 6. Licencia de funcionamiento. 7. Sistemas o equipos de prevención y control de la contaminación. 8. Bitácora de calibración, mantenimiento y operación de equipos.
Residuos Sólidos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Clasificación de residuos no peligrosos. 2. Procedimientos para el manejo seguro de residuos no peligrosos. 3. Programas y procedimientos de clasificación y/o cuantificación de residuos. 4. Almacén temporal de residuos no peligrosos. 5. Procedimientos para minimizar generación de residuos sólidos. 6. Programa de orden y limpieza.
Suelo y Subsuelo:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Derrames o fugas de hidrocarburos sobre suelo natural. 2. Suelo contaminado con residuos peligrosos. 3. Suelo afectado con residuos no peligrosos. 4. Identificación en tambores. 5. Piso de concreto afectado con aceite lubricante.
Residuos Peligrosos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Procedimiento para el manejo seguro de residuos peligrosos "RP". 2. Manejo o disposición inadecuada de residuos peligrosos. 3. Manifiesto de empresa generadora de RP o manifestación de generación de residuos. 4. Bitácora de registro de la generación y/o disposición de RP. 5. Almacén temporal de residuos peligrosos. 6. Clasificación de residuos peligrosos o procedimientos.

**VI. EVALUACION DE HALLAZGOS CON RESPECTO A
INVERSIÓN E INDICES DE BENEFICIOS AMBIENTALES Y
ECONOMICOS**

Hasta 1997, ciento quince instalaciones industriales recibieron de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente el Certificado de Industria Limpia, y las cuales realizaron erogaciones por 744 millones de pesos, para subsanar irregularidades ambientales detectadas en las auditorías en aspectos relacionados con aire, agua, suelo y subsuelo, manejo y disposición de residuos peligrosos y no peligrosos, ruido, riesgo, seguridad e higiene. Estas se reflejan en la tabla siguiente:

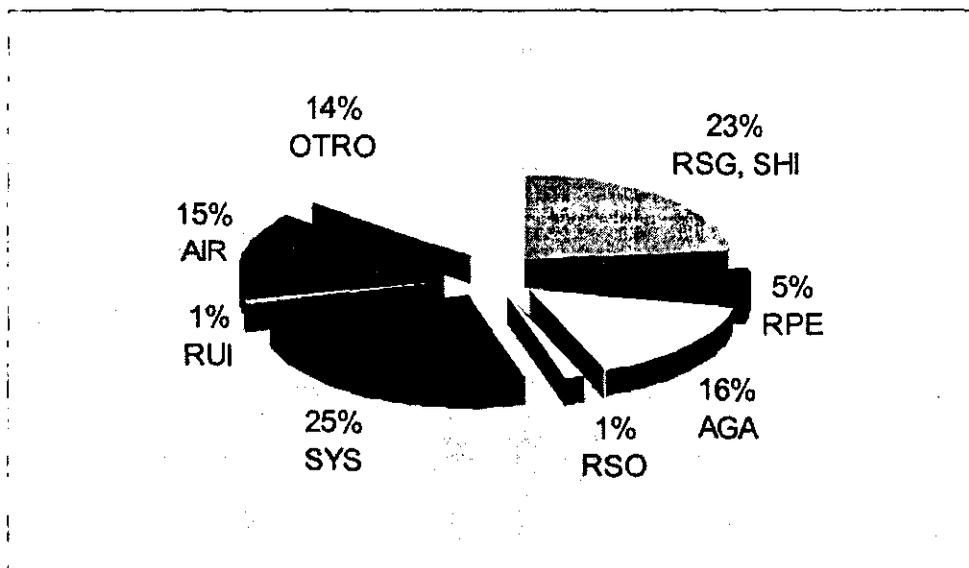
Tabla 6.1. Principales acciones realizadas por las industrias e inversión correspondiente.

ACCIONES REALIZADAS	INVERSION
	Miles de pesos
Riesgo, Seguridad e Higiene	172,545
Elaboración e implementación de planes de atención de emergencias y equipos, mantenimiento de instalaciones eléctricas, identificación de tanques, líneas equipo y accesorios, procedimientos para el manejo de sustancias peligrosas, instrumentación de equipos de proceso; programas de capacitación para la utilización de equipo de protección ambiental y del personal ante emergencias ambientales, programas de inspección y verificaciones a dispositivos y equipos de seguridad, instalaciones de alarmas auditivas, etcétera.	
Suelo y Subsuelo	188,110
Remediación de suelos contaminados, construcción de diques para contención de derrames, etcétera.	
Agua	115,713
Construcción, reparación y optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales y/o de sistemas de reuso y reciclaje, separación de sistemas de alcantarillado, etcétera.	
Aire	108,340
Instalación y reparación de dispositivos de control para las emisiones, optimización de procesos de combustión, instalación de plataformas y puertos de muestreo, equipo de monitoreo y alarmas para detectar fugas, programas de mantenimiento a chimeneas, cambio de combustible, etcétera.	
Residuos Peligrosos	40,654
Programas para la minimización de la generación de residuos peligrosos, establecimiento de mecanismos para el manejo y disposición final de residuos, construcción de almacenes temporales, etcétera.	

Residuos Sólidos no Peligrosos	9,613
Programas de orden, reducción, clasificación y reciclaje de residuos, etcétera.	
Ruido	5,982
Mecanismos de disminución de ruido, y equipo de protección auditiva; programas de capacitación para uso de equipo de protección, etcétera.	
Otros	102,968
TOTAL	\$ 743,925

Fuente: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente: Industria Limpia en Números, 1998

Figura 6.1. Distribución estadística de inversión por área de estudio.



Por otra parte el estudio de evaluación de beneficios ambientales y económicos derivados de las auditorías ambientales en México, realizado por la PROFEPA, obtiene como resultado los datos e índices mostrados en la tabla 3.1.

Al reducirse los índices de emisión de contaminantes a la atmósfera, la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores, el consumo de agua, la generación de residuos peligrosos y el uso de combustibles, se generan beneficios económicos, por la disminución en los pagos o multas por descarga y emisiones contaminantes, la reducción de pagos por derechos o suministro de agua, el menor costo en manejo, transporte y disposición de residuos peligrosos y el ahorro en combustibles.

Otros aspectos de beneficios económicos importantes del proceso de auditoría son, la exoneración de multas por incumplimientos ambientales como incentivo de las autoridades, la disminución de pagos en primas de seguro, la obtención de ahorros al efficientizar los procesos y evitar fugas, y la proyección del mercado con el certificado de industria limpia.

Sin duda, estos índices representan un incentivo a la industria para someterse al procedimiento de auditoría ambiental, sin embargo para la veracidad de los resultados se tiene la limitante del tamaño de la muestra empleada en el estudio de la PROFEPA, equivalente a 21 elementos, y de la consideración de otros factores que pudieron haber influido en los beneficios plasmados en la fase de tiempo entre la auditoría ambiental y la consecución del plan de acción producto de ésta. Una forma alterna y más directa de observación del cambio, tanto de cumplimiento ambiental como de beneficios económicos en la industria, producto de la auditoría ambiental, es el estudio de los hallazgos detectados. La tabla 6.3 muestra las deficiencias que tienen relación directa con los índices de disminución de la contaminación y beneficios económicos.

Tabla 6.3. Hallazgos relacionados a los índices de beneficios económicos y de disminución de la contaminación.

Aspectos deficientes	Cantidad promedio en deficiencias por planta industrial
<i>Disminución de contaminantes a la atmósfera:</i>	
1. Emisiones fugitivas.	1.2
2. Programas de mantenimiento	1.0
3. Sistemas o equipos de prevención y control de la contaminación	0.4
4. Falta de chimeneas o mal diseño de ellas	0.2
5. Emisiones que rebasan el límite máximo permisible	0.3
6. Falta de ductos de conducción	0.1
7. Evaluación de emisiones	0.1
8. Baja eficiencia en operación de equipos	0.02
9. Falta de procedimientos de operación de equipos	0.02
<i>Ahorro en consumo de agua de abastecimiento:</i>	
1. Programa de mantenimiento e inspección de sistemas de agua	1.2
2. Fugas o derrames de agua	0.6
3. Programas de ahorro y uso eficiente de agua	0.2
4. Títulos de concesión de suministro de agua	0.3
<i>Disminución en descarga de aguas residuales:</i>	
1. Fugas o derrames de agua	0.6
2. Programas de ahorro y uso eficiente de agua	0.2
3. Se exceden los límites máximos permisibles	1.3

4. Autorización y condiciones de descarga	0.6
5. Separación de drenajes	0.6
6. Pagos por descarga	0.5
7. Sistemas de tratamiento de agua residual y su diseño	1.0
<i>Disminución en emisión de Residuos Peligrosos</i>	
1. Manejo o disposición inadecuada de residuos peligrosos	1.5
2. Procedimientos de manejo de residuos peligrosos	1.8
3. Almacén temporal de residuos peligrosos	1.6
4. Manifiesto de empresa generadora o de generación de RP	1.2
5. Pruebas CRETIB de residuos	0.5
6. Capacitación de manejo y clasificación	0.4
7. Manifiestos de entrega, transporte y recepción	0.4
8. Autorización de reuso o tratamiento	0.1
9. Programa de manejo integral de residuos peligrosos	0.1
<i>Disminución de combustibles líquidos</i>	
No existen	0.0

En el área de aire se observa que los hallazgos que significan un ahorro para la empresa son las emisiones fugitivas y la baja eficiencia en operación de equipos, de éstos, sólo hubo una deficiencia en promedio por planta para emisiones fugitivas y una de cada 45 empresas mostró baja eficiencia en operación de equipos.

Para agua de abastecimiento las deficiencias que representan un ahorro son las fugas o derrames y los programas de ahorro y uso eficiente de agua, de las cuales la primera se presenta en una de cada 2 plantas en promedio, y del programa en una de cada 5 plantas.

En disminución de descargas de aguas residuales los hallazgos que significan un ahorro son los que se contemplan en agua de abastecimiento, además de la separación de drenajes, del cual se presenta una deficiencia por planta en promedio.

En la disminución de residuos peligrosos se tiene un ahorro directo por los hallazgos de autorización de reuso o tratamiento y el programa de manejo integral de residuos peligrosos, que se presentan en una de cada 10 plantas industriales.

Para la disminución de combustibles líquidos no se observó una deficiencia que en forma directa signifique un ahorro para la empresa.

De lo anterior es posible observar que, en un bajo porcentaje de empresas, se consideran hallazgos que representen un ahorro e incentivo para las industrias al someterse al proceso de auditoría ambiental. No se puede descartar que de manera indirecta se obtengan beneficios económicos producto de las auditorías, pero es imprescindible, según los resultados obtenidos, que existen muchos aspectos en los que se puede mejorar el proceso de auditoría para alcanzar de manera integral los objetivos planteados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en la rama de auditorías ambientales, con un mayor impacto benéfico a las industrias y al ambiente.

Con relación a aspectos que influyen en los resultados que se mencionan, y que son importantes de considerar para las conclusiones, se tiene lo siguiente:

1. Cada una de las plantas industriales presentan procesos, condiciones de operación, requerimientos y emisiones diferentes, es decir que para cada industria los aspectos puntuales que representen un ahorro económico y una disminución en contaminación pueden ser diferentes.
2. Los términos de referencia de la PROFEPA para auditorías ambientales, rigen un criterio general del proceso de auditoría ambiental, sin embargo en los aspectos

técnicos y alcances totales de auditoría, cada grupo consultor o auditor coordinador define según su propio criterio los procedimientos y alcances de auditoría, con lo cual las industrias quedan sometidas a un riesgo en la obtención de calidad y logros producto de la evaluación de sus sistemas, según la capacidad, experiencia, objetividad, conocimiento y eficiencia del grupo auditor. Se han tomado medidas en la selección de personas capacitadas para participar en auditoría ambiental, por medio del Comité de Evaluación y Aprobación de Auditores Ambientales, sin embargo sigue siendo vaga la forma de definir los alcances y procedimientos, con lo que *falta mucho que atacar en el logro de mejora continua y en la estandarización de procedimientos y alcances que representen beneficios para la planta auditada.*

Para una misma planta industrial se pueden detectar hallazgos que signifiquen una disminución importante en la contaminación y un ahorro sustancial para la empresa, o las medidas sugeridas pueden ser vagas, de acuerdo al grupo auditor que se asigne; es entendible que cada persona autorizada para auditar aplique su ingenio y capacidad, y que los resultados sean diferentes para cada grupo, pero si se estandarizaran criterios técnicos y procedimientos de auditoría y se sometieran a un proceso de mejora continua para cada giro industrial, es razonable que los logros serían cada vez mejores, y la posibilidad de optimización de éxito se incrementaría.

De las inversiones realizadas por la industria para atender los requerimientos producto de la auditoría ambiental, se puede observar que, prácticamente se atienden los hallazgos plasmados en este estudio, en busca del cumplimiento ambiental, y que la distribución estadística es más uniforme tanto en la atención de medidas de seguridad e higiene, como de prevención y control de la contaminación.

Es importante observar que el enfoque de este trabajo es con respecto a la evaluación de los índices de beneficios de las auditorías ambientales plasmados con anterioridad, principalmente para la planta industrial, sin embargo, éstos no son únicamente para éste sector, ya que directamente inciden en la sociedad y el ambiente, que es el principal objetivo de la PROFEPA.

Es incuestionable el beneficio del PNAA para el sector gubernamental en la disminución de inspecciones cotidianas, y que se han abatido los niveles de contaminación, se han logrado mayores niveles de seguridad y se han reducido los riesgos en el transporte de materiales y residuos peligrosos, por lo que se puede señalar que se avanza en mejorar la calidad de vida de la ciudadanía. Este programa de auditoría ambiental también se traduce en una mayor tranquilidad para los pobladores aledaños a una instalación industrial auditada, ya que ésta trabaja e invierte de manera permanente en aspectos de prevención y control de la contaminación ambiental, seguridad industrial y está preparada para atender emergencias que puedan surgir de sus operaciones diarias.

Sin embargo, aun con los beneficios alcanzados, la importancia de este trabajo radica en ilustrar las adecuaciones que el proceso de auditoría ambiental requiere y permite para el éxito y continuidad del PNAA, de tal manera que tenga una constante y mayor contribución en el logro del objetivo que a mediano plazo se han trazado las autoridades: ***un esquema de autorregulación ambiental industrial en el que el papel de iniciativa lo lleve siempre el sector privado y la autoridad se limite a coadyuvar para facilitar los caminos que los lleven a lograrlo. Para ello, es determinante que el sector industrial reciba mejores incentivos en continuo progreso, aspecto que como se observa en los resultados estadísticos de hallazgos, es mejorable en gran medida mediante la prestación de un servicio técnico en la auditoría cada vez más eficaz, homogeneizado en procedimientos y alcances (que le permitirá mejora continua) y con la evaluación por giro industrial de los beneficios potenciales que se pueden alcanzar con la auditoría ambiental.***

Por otro lado, un aspecto que respalda la necesidad de evaluar y explotar los beneficios potenciales que pueda obtener el sector industrial con el PNAA, que incrementen las posibilidades de éxito de éste programa, de acuerdo al objetivo mencionado, es la divergencia o conflicto con las tendencias internacionales y las

necesidades de competitividad de las empresas mexicanas en particular con respecto a los Sistemas de Administración Ambiental.

En ese sentido, los Sistemas de Administración Ambiental (SAA) buscan la mejora continua del desempeño ambiental, con enfoque de reconocimiento internacional, a diferencia del PNAA que, aunque como requerimiento mínimo, se limita al cumplimiento de la legislación ambiental nacional.

Las auditorías ambientales no le significan beneficios similares al empresario en términos de ecoeficiencia o acceso a mercados.

Los términos de referencia de PROFEPA para auditoría ambientales incluyen la adopción de un Programa de Protección Ambiental, tipo SAA, sin embargo no se ha tenido la voluntad de homologación, reconocimiento y aplicación, que sin duda, de implantarse con enfoque de mejora continua, significarán un incentivo adicional importante para el sector industrial.

**VII. ANALISIS COMPARATIVO DEL ENFOQUE DE LAS
AUDITORIAS AMBIENTALES, CON LOS DEL SISTEMA DE
ADMINISTRACION AMBIENTAL ISO-14001**

VII.1. DESCRIPCION DE SISTEMAS DE ADMINISTRACION AMBIENTAL

Un Sistema de Administración Ambiental "SAA" es la parte del sistema de administración general que incluye la estructura organizacional, actividades de planeación, responsabilidades, prácticas, procedimientos, procesos y recursos para desarrollar, implantar, alcanzar, revisar y mantener la política ambiental, la cual es definida por una empresa, mediante la declaración de las intenciones y principios de la organización en relación con su desempeño ambiental en general, y con la que se proporciona un marco de referencia para la acción y para el establecimiento de sus objetivos y metas ambientales (ISO 14004:1996).

Un SAA provee orden y consistencia a las organizaciones para dirigir sus actividades ambientales, por medio de la asignación de recursos, de responsabilidades y de la evaluación continua de prácticas, procedimientos y procesos. Tal sistema es esencial para que la organización tenga la habilidad de anticipar y ampliar sus objetivos ambientales y asegurar el cumplimiento continuo con los requisitos nacionales y/o internacionales.

Los principios claves para los administradores que implantan o mejoran su sistema de administración ambiental, de acuerdo a lo especificado por la norma ISO 14004:1996 (NMX-SAA-002-INMU-1999), incluyen pero no están limitados a lo siguiente:

- reconocer que la gestión ambiental debe estar entre las más altas prioridades de la corporación;
- establecer y mantener comunicación con las partes interesadas tanto internas como externas;
- determinar los requisitos legislativos y aspectos ambientales asociados con las actividades, productos y servicios de la organización
- desarrollar compromisos por parte de los directivos y empleados para la protección del ambiente a través de asignaciones claras de autoridad y responsabilidad.

- fomentar la planeación ambiental en todas las partes del producto o ciclo de vida del proceso;
- establecer un procedimiento para alcanzar los niveles de ejecución planeados;
- asignar recursos apropiados y suficientes, incluyendo capacitación, para realizar las actividades en los niveles establecidos y planeados mediante un procedimiento continuo;
- evaluar el desempeño ambiental con relación a las políticas, objetivos y metas ambientales de la organización y buscar la mejora en donde sea apropiado;
- establecer un proceso administrativo para auditar y revisar los sistemas de administración ambiental y para identificar las oportunidades para mejorar en el sistema, las actividades ambientales resultantes;
- alentar/impulsar a los contratistas y proveedores para establecer un sistema de administración ambiental.

Beneficios de tener un sistema de administración ambiental

De acuerdo a las normas ISO-14000, una organización puede implantar un sistema de administración ambiental eficiente para ayudar a proteger la salud humana y al ambiente de los impactos potenciales de sus actividades, productos y servicios; puede contribuir al mantenimiento y mejora de la calidad del ambiente.

Contar con un sistema de administración ambiental puede ayudar a la organización a brindar confianza a las partes interesadas si:

- existe un esfuerzo directivo para asegurar que se logren las políticas, objetivos y metas.
- se hace énfasis en la prevención en vez de las acciones correctivas;
- se provee evidencia de cuidado razonable y del cumplimiento regulatorio; y el diseño del sistema incorpora un proceso de *mejora continua*, el cual busca el perfeccionamiento del sistema de administración ambiental para obtener mejoras en

el desempeño ambiental en su conjunto conforme a la política ambiental de la organización.

Una organización que tiene implantado un sistema de administración ambiental puede lograr una ventaja competitiva significativa. Se pueden obtener beneficios económicos a partir de la implantación de un SAA; esto debe ser identificado para demostrar a los clientes, especialmente a los accionistas, el interés de la organización hacia una adecuada administración ambiental. También provee a la organización oportunidades de vincular los objetivos y metas ambientales, con determinados estados financieros y por tanto asegurar que los recursos estén disponibles donde se proporciona el mayor beneficio en términos financieros y ambientales.

Principios y Elementos de un Sistema de Administración Ambiental

El modelo de un SAA presenta la visión básica de una organización que sigue los siguientes principios (ISO 14004:1996):

Principio 1 Compromiso y Política

“La organización debe definir su política ambiental y estar comprometida con su SAA”.

Este principio comprende los siguientes aspectos de manera genérica:

1. Compromiso y liderazgo de la alta dirección.
2. Revisión ambiental inicial, que puede cubrir lo siguiente:
 - identificación de requisitos legales y regulatorios;
 - identificación de los aspectos ambientales de sus actividades, productos o servicios con el fin de determinar aquellos que tienen o pueden tener impactos ambientales significativos y desventajas;
 - evaluación del desempeño comparándolo con criterios internos relevantes, normas externas, leyes, códigos de prácticas, conjuntos de principios y guías.

- prácticas y procedimientos de administración ambiental existentes.
 - identificación de las políticas y procedimientos existentes relacionados con actividades de contratación y adquisición.
 - retroalimentación de la investigación sobre incidentes ocurridos por la falta de cumplimiento
 - oportunidades para la ventaja competitiva
 - los puntos de vista de las partes interesadas
 - funciones o actividades de otras organizaciones que puedan facilitar o impedir el desempeño ambiental de la organización.
3. Política Ambiental. Establece un sentido global de dirección y fija los principios de acción de una organización. implanta el objetivo general, el nivel de responsabilidad ambiental y el desempeño requerido en la organización, frente a los cuales todas las acciones subsecuentes serán juzgadas.

Una política ambiental debe considerar lo siguiente:

- la misión, la visión, los valores esenciales y creencias de la organización
- los requisitos de las partes interesadas y la comunicación con ellas
- mejora continua
- prevención de la contaminación
- principios guía
- coordinación con otras políticas organizacionales
- condiciones específicas locales o regionales
- cumplimiento con las regulaciones ambientales relevantes, y con otros criterios a los cuales la organización se suscribe.

Principio 2 Planeación

“La organización debe formular un plan para cumplir con su política ambiental”.

Los elementos del sistema de administración ambiental relacionados con la planeación incluyen:

- identificación de los aspectos ambientales y la evaluación de los impactos ambientales asociados
- requisitos legales
- política ambiental
- criterios internos de desempeño
- objetivo y metas ambientales
- programas de administración ambiental.

Principio 3 Implantación

“Para una implantación efectiva, una organización debe desarrollar las capacidades y mecanismos de apoyo necesarios para alcanzar su política, objetivos y metas ambientales”.

Las capacidades y el apoyo requerido por la organización evolucionan constantemente en respuesta a los cambios en los requisitos de las partes interesadas, a un ambiente de negocios dinámico y al proceso de mejora continua. Para alcanzar sus objetivos ambientales, una organización debe enfocar y trazar líneas de acción a su personal, sistemas, estrategia, recursos y estructura.

Para muchas organizaciones, la implantación del programa de administración ambiental puede ser alcanzado por etapas y para ello se debe basar en el nivel de conciencia hacia los requisitos ambientales, expectativas y beneficios y la disponibilidad de recursos.

Principio 4 Medición y Evaluación

“La organización debe medir, supervisar y evaluar su desempeño ambiental”.

La medición, supervisión y evaluación, son actividades fundamentales en un sistema de administración ambiental, para demostrar que la organización esta actuando de acuerdo con el programa de administración ambiental; este principio comprende los siguientes aspectos principalmente:

- Medición y supervisión para el desempeño continuo. Debe haber dentro de la organización un sistema, para medir y supervisar el desempeño actual en contraste con los objetivos y metas ambientales en las áreas del sistema de administración y procesos operativos. Esto incluye la evaluación del cumplimiento de la legislación y las regulaciones ambientales acordes. Los resultados deben ser analizados y utilizados para determinar las áreas de éxito y para identificar las actividades que requieren acciones correctivas y de mejora.
- Acciones correctivas y preventivas.
- Registros del SAA y manejo de la información. Los registros son la evidencia de la operación continua del sistema de administración ambiental y debe cubrir:
 - requisitos legales
 - permisos
 - aspectos ambientales y sus efectos asociados
 - actividades de capacitación ambiental
 - actividades de inspección, calibración y mantenimiento.
 - información de la supervisión
 - detalles de la no conformidad: incidentes, quejas y acciones de seguimiento
 - identificación del producto: composición e información apropiada
 - información de los proveedores y contratistas
 - auditorías ambientales y revisión de la administración.
- Auditorías del SAA. Deben ser llevadas a cabo de manera periódica para determinar que el sistema cumple con los arreglos planeados y ha sido implantado y mantenido apropiadamente.

Principio 5 Revisión y Mejora

“Una organización debe revisar y mejorar continuamente su sistema de administración ambiental, con el objetivo de mejorar su desempeño ambiental general”.

El principio 5 comprende fundamentalmente los siguientes aspectos:

- Revisión del SAA, que debe incluir:
 - una revisión de los objetivos, metas y desempeño ambiental
 - “deducciones/ conclusiones” de las auditorías al sistema
 - una evaluación de su efectividad
 - una evaluación de la vigencia de la política ambiental y de la necesidad de cambios en razón de:
 - cambios de la legislación
 - cambios de las expectativas y requisitos de las partes interesadas
 - cambios en los productos o actividades de la organización
 - los avances tecnológicos y científicos
 - las lecciones aprendidas de accidentes ambientales
 - preferencias del mercado
 - reportes y comunicación.

- Mejora Continua. La mejora se logra evaluando continuamente el desempeño ambiental del SAA en contraposición de sus políticas, objetivos y metas ambientales, con el propósito de identificar oportunidades de mejora.

El proceso de mejora continua debe:

- identificar áreas de oportunidad para mejorar el sistema de administración ambiental, lo que permite la mejora del desempeño ambiental.
- determinar el origen de la causa o causas de no conformidades o deficiencias
- desarrollar e implantar planes de acción correctivos y preventivos

- documentar cualquier cambio en los procedimientos resultantes del proceso de mejora
- hacer comparaciones con objetivos y metas.

VII.2. EVALUACION DE ENFOQUES

Los alcances y el proceso de la auditoría ambiental, regulada por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, se han descrito en capítulos anteriores.

El Programa Nacional de Auditorías Ambientales (PNAA) tiene como objetivo principal el cumplimiento de normas y buenas prácticas de ingeniería, con un enfoque básico de prevención y solución de los problemas y seguimiento de plan de acción; la auditoría ambiental aplica un procedimiento objetivo en la detección de deficiencias en materia de Riesgo, Seguridad y cumplimiento ambiental, así como el seguimiento a la solución de éstas.

La norma ISO 14001 es una norma de procesos administrativos y está enfocada al establecimiento de un sistema de administración ambiental para alcanzar políticas, objetivos y metas internamente establecidas por una empresa. La norma requiere que las políticas incluyan elementos tales como el compromiso del cumplimiento de la legislación y regulaciones ambientales y la prevención de la contaminación. Sin embargo, no estipula cómo debe la empresa lograr sus metas ni prescribe el tipo o nivel de desempeño requerido.

Están aprobadas también las normas ISO 14004, referente a la guía para la implantación de la norma ISO 14001; y las ISO 14010, 14011 y 14012, relativas a procesos de auditoría de los sistemas de administración ambiental.

De acuerdo a los enfoques mencionados, y a los logros de ambas alternativas de autorregulación ambiental, cada una presenta ventajas y desventajas. Para dar mayor

objetividad al enfoque global del trabajo, se realizará una evaluación genérica de los elementos que impacten en las conclusiones.

Con fundamento en lo descrito, por un lado, la norma ISO 14001 presenta un enfoque de autorregulación ambiental con los siguientes aspectos en ventaja y desventaja, con respecto a la auditoría ambiental regulada por la PROFEPA:

Ventajas

- Asegura la continuidad del proceso de autorregulación ambiental por cerrar un ciclo en mejora continua. Este es un elemento determinante en el aseguramiento de calidad, y sobre todo en el interés de la iniciativa privada, ya que no se limita a condiciones actuales, sino que incentiva a la continua búsqueda de mejoras en beneficios ambientales y económicos, mediante la evaluación de resultados en cada auditoría, la consideración de los avances tecnológicos y el compromiso de todo el personal de la planta a ir siempre hacia la optimización dinámica de todos los procesos técnicos y administrativos.
- Involucra en el sistema tanto a la estructura administrativa, como a los procesos técnicos. Esta representa otro aspecto de gran interés para la planta industrial, ya que las medidas adoptadas provienen en parte del apoyo y coordinación con la misma empresa, y el compromiso a cumplirlas y a mejorar proviene de su estructura funcional administrativa.
- Las deficiencias detectadas se someten a un proceso dinámico, siempre en busca del mejor impacto al ambiente y a la planta industrial, con la consideración de condiciones actuales.
- Se mejora la imagen con un mejor impacto en el mercado internacional y nacional.

Desventajas

- La certificación se refiere a la conformidad del Sistema de Administración Ambiental con la norma y no a la certificación del desempeño ambiental de una empresa. Este

es el principal aspecto que motiva a la industria a preferir la auditoría ambiental regulada por la PROFEPA, ya que con un certificado de ISO 14000, pueden ser sujetos a multas por incumplimiento ambiental, aun y cuando el proceso de evaluación contempla la detección de las deficiencias con relación a los requerimientos de normatividad.

- El procedimiento de evaluación ambiental, y sobre todo en riesgo y seguridad, es menos objetivo que el del PNAA.

Las principales ventajas y desventajas de la auditoría ambiental de la PROFEPA, que se pueden describir de los aspectos plasmados anteriormente, con respecto a la norma ISO 14001, son:

Ventajas

- El certificado de Industria Limpia actualizado que otorga la autoridad nacional competente, a una empresa que ha sido sujeta a auditoría ambiental, incluso aun el mismo proceso de auditoría, exonera a la planta industrial de multas producto de incumplimientos ambientales.
- El proceso certifica el desempeño ambiental de la planta.
- Se tienen 9 años de experiencia en la evaluación técnica de los requerimientos legales con relación al ambiente y al riesgo y seguridad industrial. Con esto se cuenta con procedimientos más objetivos que los de la norma ISO 14001, en aspectos de desempeño ambiental.
- Se le da seguimiento al cumplimiento de las medidas propuestas.

Desventajas

- El proceso de autorregulación ambiental es subjetivo, ya que el proceso de auditoría, hasta la actualidad, se ha limitado al cumplimiento puntual de los hallazgos detectados en un tiempo determinado. Es importante mencionar que los términos de referencia de la PROFEPA para la realización de auditorías

ambientales, incluyen un apartado de Programa de Protección Ambiental, con el propósito de proporcionar la adecuada confianza en prevenir y controlar la contaminación al aire, agua y suelo, así como al manejo adecuado de materiales y residuos peligrosos, y la mitigación de riesgo de accidentes; este puede ser un programa usado con alcances de mejora continua, pero no se le ha dado la importancia requerida para su aplicación y consecución, y se presenta en términos muy subjetivos.

- La evaluación es sólo de aspectos técnicos aislados a un tiempo determinado. No existe revisión y evaluación de resultados, y aunque se hace necesaria la recertificación cada 2 años, no se tiene un enfoque de mejora continua, sino que la reevaluación se hará de nuevo en forma aislada; es decir que funge más como programa de verificación que de autorregulación, porque no existe una homologación en la implantación de programas de continuidad y seguimiento al cumplimiento ambiental. Las medidas adoptadas serán cada vez aisladas.
- La evaluación no involucra a la estructura administrativa, por lo que no existe un vínculo para la autoevaluación y la búsqueda y logro de mejoras en forma permanente. Además no existe un compromiso de cumplimiento, que salga de la misma empresa, en coordinación con el auditor, sino que sólo se acata lo establecido por el grupo auditor y por las autoridades.
- El proceso es de escaso reconocimiento internacional.

El cuadro siguiente ilustra en forma objetiva los aspectos de ventaja y desventaja de la auditoría ambiental, con respecto a la norma ISO 14000 y viceversa.

Tabla 7.1. Evaluación comparativa entre el proceso de auditoría ambiental y la norma ISO 14000

Aspectos	Auditoría Ambiental	ISO 14000
<i>Autorregulación ambiental</i>	Participación subjetiva, por cumplimiento puntual a deficiencias detectadas	El enfoque de prevención, revisión periódica del desempeño y mejora continua proporciona una elevada participación en la autorregulación, aunque cuenta con menor objetividad en la inspección del sistema ambiental
<i>Mejora continua</i>	Se carece de Programa de Mejora Continua	Es parte importante de los principios y metas del proceso
<i>Participación de estructura administrativa</i>	Sólo en el periodo de auditoría en campo	Se asume como un compromiso en la propuesta y seguimiento de la política ambiental
<i>Reconocimiento y contribución en el mercado internacional</i>	Limitado a instituciones financieras y de seguros de norteamérica	Es de reconocimiento internacional e incentiva el mercado
<i>Reconocimiento y contribución en el mercado nacional</i>	El reconocimiento es pleno y el certificado de industria limpia incentiva el mercado	No es reconocido en cumplimiento ambiental por las autoridades. Incentiva el mercado nacional
<i>Certificación del cumplimiento ambiental</i>	Se certifica el cumplimiento ambiental nacional	No se certifica el cumplimiento ambiental
<i>Oportunidades de mejora</i>	El proceso permite integrar programas de mejora continua y de mayor contribución a la autorregulación ambiental, y procedimientos con mayores incentivos para el empresario	El proceso esta inmerso en una dinámica de mejora continua
<i>Multas por incumplimientos ambientales</i>	Se exoneran las multas por incumplimientos	Esta expuesto a multas por incumplimientos ambientales
<i>Relación Autoridades Ambientales-Empresario</i>	La antigüedad del programa y los avances logrados han permitido la comunicación y coordinación entre el empresario y las autoridades (PROFEPA)	Limitada

VII.3. IMPORTANCIA DE LA AUTOGESTIÓN AMBIENTAL EN AUDITORIAS AMBIENTALES

Teniendo en mente que después de una auditoría lo primero que surge es un Plan de Acción y con ello el Programa de Obras y Actividades para corregir y prevenir las deficiencias de un sistema productivo o de servicios auditado; para asegurar un Sistema de Gestión Ambiental dinámico, permanente y autorregulable, se visualiza la importancia de integrar todas esas acciones al Programa de Protección Ambiental ampliado con enfoque de Mejora Continua.

Es importante la propuesta y aplicación de un Programa de Protección Ambiental después de una auditoría, y la decisión para ampliarlo a un Programa de Protección Ambiental con Mejora Continua (PPAMC), con el propósito de convertir al Plan de Acción en una función dinámica que asegure la autogestión en materia de riesgos y cumplimientos ambientales, así como el logro de los mayores impactos positivos tanto al ambiente y salud, como a la planta industrial.

En síntesis, no existe la homologación de procedimientos y términos de referencia para considerar tanto en la detección de hallazgos, como en la elaboración del plan de acción, producto de la auditoría ambiental, la propuesta e implantación de programas de este tipo.

Con base en la observación de alcances de una auditoría ambiental, y en sus aspectos de desventaja, con respecto a la norma ISO 14001, el Programa de Protección Ambiental con Mejora Continua podría estar orientado a garantizar la autorregulación ambiental a través de una dinámica de actualización técnica, normativa y administrativa del sistema auditado, con el fin de que éste opere bajo control para el logro de los objetivos actuales de la auditoría y los mayores beneficios posibles tanto al ambiente como a la empresa auditada.

Puede estar enfocado a conseguir un proceso dinámico y cíclico capaz de adaptarse a las circunstancias cambiantes para planear, implementar, y evaluar los procedimientos

de gestión ambiental, de suministros, de tecnología y de procesos técnicos, para alcanzar la mejora continua, consecuentemente la dinámica estará determinada por la organización en función de las circunstancias económicas y la complejidad del sistema auditado.

Algunos de los problemas que pueden ser imputables a la necesidad de implementar en el proceso de auditoría ambiental un mecanismo de seguimiento de acciones, autoevaluación y mejora continua son:

1. Las empresas auditadas generalmente no cuentan con un PPAMC y dan atención puntual al Plan de Acción a través de un programa de obras y actividades, lo cual hace vulnerable al sistema e inconsistente al Programa Nacional de Auditorías Ambientales.
2. Las acciones correctivas de origen (primera auditoría) presentan un alcance limitado con enfoques de solución puntual, lo que hace imposible incorporarlas a una mecánica continua de trabajo, haciendo nuevamente vulnerable el sistema.
3. En la mayoría de los casos, la evaluación de la auditoría ambiental se limita a un desempeño estático y puntual en lugar de ser dinámico y continuo con lo cual se pierde la objetividad de la auditoría en el contexto de autorregulación.
4. No se considera la estructura administrativa para hacer operable un PPAMC y sólo en la etapa de verificación por parte de un auditor coordinador es cuando se conforma un grupo de trabajo improvisado para dar atención al grupo evaluador.
5. Los registros que respaldan el desempeño ambiental, son resguardados por diferentes responsables lo que da lugar a una desorganización afectando la aplicación del seguimiento y retardando la gestión ambiental.

VIII. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE RELLENO SANITARIO

Para complementar la evaluación de los beneficios ambientales y económicos, además de ilustrar la importancia de los balances de materia, en el proceso de auditoría ambiental, se realizará el estudio de caso de un Relleno Sanitario. En este capítulo se desarrolla la descripción general de este sistema de disposición final de residuos sólidos municipales, y sus principales emisiones contaminantes.

Los desechos sólidos en el país se habían depositado en forma tal que se ocasionaron riesgos considerables de afectación al ambiente y a la salud, ya que se dispusieron al aire libre y en muchos de los casos en condiciones de suelo críticas; además de que no se tuvo la operación adecuada para evitar el desarrollo de plagas y la contaminación tanto al suelo, como al aire y agua, por lo que se hizo importante y necesario el desarrollo de proyectos de disposición final, además de programas de difusión del adecuado manejo de basura.

Actualmente, en México se le está dando un enfoque diferente y positivo a la disposición final de residuos, por medio de la selección de sitios que cumplan con los requerimientos de la normatividad, y mediante el diseño adecuado de la infraestructura necesaria para proporcionar condiciones seguras para el ambiente y la salud; además del estudio de los parámetros requeridos para la correcta operación del sistema de disposición, que contribuya también a la mitigación de riesgos de afectación.

Por las condiciones económicas imperantes en México y debido a que el método de relleno sanitario cumple con minimizar los riesgos de contaminación, además de que su operación es de bajo costo en comparación con otros sistemas, desde hace años el relleno sanitario se ha convertido en la solución más adecuada para enfrentar la problemática de la creciente necesidad de disposición final de residuos sólidos.

La Norma Oficial Mexicana (NOM-AA-91-1987) "Calidad del Suelo-Terminología", de la Dirección General de Normas – SECOFI (actualmente Secretaría de Economía), define Relleno Sanitario, como una obra de ingeniería planeada y ejecutada, previendo los efectos al ambiente, para la disposición final de los residuos sólidos municipales.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA), lo define como un método de ingeniería para la disposición de residuos sólidos en el suelo de manera que se le dé protección al ambiente; mediante el espaciado de los residuos en pequeñas capas, compactándolos al menor volumen práctico y cubriéndolos con un suelo al final del día de trabajo.

La aplicación de procedimientos y tecnologías adecuadas para lograr la disposición ambientalmente segura de los residuos sólidos mediante el relleno sanitario involucra aspectos relevantes, tales como: labores de preparación del terreno, el control y registro de acceso de vehículos recolectores al sitio, el control y manejo de lixiviados para evitar la contaminación del acuífero y corrientes superficiales, control del biogas, la utilización de la maquinaria idónea para el extendido, compactación y cobertura de los residuos sólidos, el monitoreo ambiental, las labores de mantenimiento en el sitio y el fomento de la seguridad e higiene ocupacional.

Las principales actividades de preparación del terreno y construcción de un relleno sanitario consisten principalmente en:

- a) Limpieza.
- b) Desmonte y desenraíse por etapas (celdas proyectadas).
- c) Excavación y adecuación de la zona de tiro (programadas para la conformación de celdas y disposición de material de cobertura).
- d) Construcción de caminos primarios por etapas.
- e) Impermeabilización de superficies de acuerdo a la programación de celdas.
- f) Construcción de drenes de agua pluvial y lixiviado.
- g) Construcción de estructuras de venteo y quema de biogás.
- h) Estructura de disposición y/o tratamiento de lixiviados.

En el contexto de seguridad ambiental y de salud, que ofrece un relleno sanitario a través de su infraestructura y operación, se encuentran como aspectos fundamentales

el control de lixiviados y del biogás, que son los principales contaminantes producto de la degradación y/o disposición de residuos sólidos municipales. En general, los procesos de generación de éstos, consisten en lo siguiente:

Generación del Biogás

La materia orgánica biodegradable contenida en los residuos sólidos se ve sujeta a descomposición microbiana en un relleno sanitario. Al principio, dicha descomposición ocurre bajo condiciones aerobias, debido a que una cierta cantidad de aire queda atrapado en el estrato de residuos una vez que se coloca el material de cobertura. Al agotarse el oxígeno del aire, comienza a desarrollarse un proceso de descomposición más prolongado en condiciones de anaerobiosis.

Como resultado de los procesos de degradación se obtiene material estabilizado, material celular y una mezcla de diferentes gases a la que se conoce con el nombre común de biogás.

El biogás puede causar explosiones debido a que su principal componente es el metano; esto en condiciones del sitio de disposición en las que el biogás se acumule, por barreras impermeables de salida, ya sea en la superficie o en el cuerpo del basurero, y la presión ejercida crezca hasta la generación de explosiones. Por otra parte puede presentar concentraciones letales de monóxido de carbono, o de ácido sulfhídrico.

La producción de biogás en un relleno sanitario es función de diversos factores, entre los que se encuentran: el tipo de residuos sólidos depositados, el tiempo desde que ocurrió la disposición, el grado de aislamiento de los residuos con respecto al aire atmosférico (lo cual depende de la calidad en la cobertura diaria y final de los residuos), la disponibilidad de agua y ciertos nutrientes microbianos en el estrato de residuos, así como otras condiciones adecuadas como pH y temperatura.

Hasta la fecha se han elaborado algunos modelos matemáticos que intentan predecir la velocidad de producción de biogás con respecto al tiempo. Uno de los más conocidos es el modelo desarrollado para estimar las tasas de generación de biogás en el relleno sanitario de Palos Verdes, California, desarrollado por la empresa EMCON Associates (Ano Arbor Science; Michigan USA 1980). En dicho modelo, se desarrollaron funciones matemáticas para la cinética de descomposición de los residuos sólidos municipales, considerándose tres diferentes tipos de materiales degradables: el primero correspondía a los residuos rápidamente degradables (alimentos); el segundo, a los residuos con velocidad moderada de descomposición (madera, papel, etc.); y el tercero, a los que tenían muy lenta velocidad de biodegradación (plásticos). El modelo desarrollaba ecuaciones logarítmicas para calcular la producción del biogás a cualquier tiempo.

A fin de facilitar esos cálculos, Tchobanoglous G. (1993) elaboró una simplificación de los cálculos de biogas, al considerar solamente dos tipos de residuos por su velocidad de degradación (rápidamente degradables, como los alimentos y el papel, y lentamente degradables, como la madera y los trapos). En este modelo, se hacen similares suposiciones respecto a los tiempos en los que se alcanza la producción pico de gas y en los que termina de producirse este último.

El modelo propuesto por Tchobanoglous emplea ecuaciones lineales, de manera que los cálculos son mucho más sencillos y rápidos de realizar. Las simplificaciones establecidas en este segundo método son razonables, en virtud de que, efectivamente, los residuos lentamente biodegradables que consideraba el modelo propuesto por EMCON Associates tardan mucho tiempo en descomponerse (y en ocasiones ni siquiera sufren cambio alguno después de varias décadas de estar confinados en el relleno sanitario, como se ha demostrado en perforaciones realizadas a rellenos sanitarios muy antiguos de los Estados Unidos y otras partes del mundo); en este sentido, reducir a dos los tipos de residuos es bastante lógico. Asimismo, los tiempos empleados en el modelo simplificado para los residuos lentamente degradables corresponden a los que se emplean en el modelo de Palos Verdes para los residuos de

moderada velocidad de descomposición.

Por otro lado, la aproximación matemática del modelo logarítmico al modelo lineal proporciona valores de producción de gas cercanos unos de otros, reduciendo significativamente los tiempos de cálculo en gabinete. El balance de materia para el biogás se desarrolla en el capítulo del estudio de caso.

Generación y control de lixiviados.

Uno de los factores que requieren más atención durante la etapa de diseño de un relleno sanitario es el que se refiere a la generación de lixiviado, debido a sus posibles repercusiones sobre la calidad del agua subterránea y superficial en la zona de influencia.

El lixiviado se produce como resultado de la percolación de agua a través de los residuos sólidos, por la compactación de éstos por una fuerza externa, o bien por el metabolismo de los microorganismos presentes en los residuos.

En estos procesos, que ocurren conforme se verifica la percolación del agua, se disuelven diversos componentes o elementos químicos de los residuos. Además, en el agua se disuelven (e incluso llegan a reaccionar con ella) los gases producto de la degradación de los residuos, tales como el metano (CH_4), bióxido de carbono (CO_2), amoníaco (NH_3), etc., convirtiendo al agua en un agente de gran capacidad de disolución (esto se observa, por ejemplo, cuando el agua reacciona con el CO_2 , obteniéndose ácido carbónico H_2CO_3 , el cual es capaz de disolver minerales de los residuos sólidos).

Aún y cuando la entrada de agua al relleno sanitario se viese totalmente limitada, podría esperarse un cierto volumen de lixiviado debido a la liberación del agua contenida en los residuos y a la actividad microbiana.

Por lo anterior, queda de manifiesto la importancia de conocer los factores que intervienen en la generación de lixiviado, con el fin de minimizar su influencia o prever las medidas de control adecuadas.

Con base en el análisis de los factores que propician la generación de lixiviado, se han desarrollado diversos modelos matemáticos para la estimación de dicha generación. Los modelos parten de un balance hídrico en un volumen de control (que corresponde al propio relleno sanitario).

La diferencia entre estos modelos radica en la aplicación u omisión de uno u otro de los factores de generación de lixiviado. Quizá el modelo más extensamente usado sea el de Thornthwaite (1957), modificado después por Fenn, para la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (U.S. EPA, 1975).

Este modelo ha sido perfeccionado más recientemente a partir de observaciones empíricas. Una de las aportaciones más interesantes es el enfoque que toma en cuenta dos diferentes períodos de tiempo para la generación de lixiviado: el primero, durante la etapa de operación del relleno sanitario hasta su cierre definitivo; el segundo, a partir del cierre, cuando se minimiza la entrada de agua al sitio de disposición. El balance de agua se presenta en el capítulo de estudio de caso.

IX. ESTUDIO DE CASO

En este capítulo se evaluarán los aspectos de una auditoría ambiental específica, que tienen relación con los beneficios ambientales y económicos, además de la importancia de los balances de materia en el proceso de auditoría.

La planta en estudio es un Relleno Sanitario para la disposición final de residuos sólidos municipales. Inicialmente se muestran en la tabla 9.1. las deficiencias detectadas con la auditoría ambiental.

Posteriormente se desarrolla el balance de materia, del que se obtienen las principales emisiones contaminantes como el biogás y los lixiviados, e ilustra cuantitativamente los factores que intervienen en su generación, mitigación o control.

Finalmente, se evalúa la relevancia de las deficiencias detectadas con respecto al cumplimiento normativo, la mitigación del riesgo ambiental, la mitigación de la contaminación, y la obtención de ahorros económicos por la mejora de la eficiencia en los procesos y recursos del sistema; además se observa el grado de importancia de los balances de materia en el logro del potencial de mitigación de contaminantes e incentivos del proceso de auditoría ambiental.

IX.1. Deficiencias detectadas

Tabla 9.1. Deficiencias detectadas en la auditoría de caso

DESCRIPCION DE LA DEFICIENCIA
RIESGO
RSG-001. El almacenamiento de ácido sulfúrico usado en el tratamiento de lixiviados en la planta, no cumple con los requerimientos de seguridad, se encuentra en mal estado y existen evidencias de derrame en el dique de contención. No se cumple con la NOM-09-STPS-1994. En su punto 4.
RSG-002. Durante la operación de los frentes de trabajo y en la preparación y construcción

DESCRIPCION DE LA DEFICIENCIA

de celdas se presentan accidentes consistentes en volcaduras de vehículos.

No cumple con el punto 3.1.4 de la NOM.004.STPS-1993

RSG-003. En el gabinete de acometida de la planta de tratamiento de lixiviados, existe una instalación provisional para el uso de una planta de emergencia móvil, con el riesgo que se pueda presentar un corto circuito y por ende problemas en la operación.

No cumple con NTEI-81, 604.15, 602.2B Y 605.20 c y e.

RSG-004. Se tienen instalaciones eléctricas deficientes, registros abiertos, cables mal aislados, instalaciones provisionales debido a la falta de mantenimiento lo cual representa condiciones inseguras que pueden provocar accidentes por incendio originados por corto circuito.

No cumple con: Reglamento de instalaciones eléctricas. Normas Técnicas para instalaciones eléctricas sección 502. NOM-005-STPS-1993 NOM-022-STPS-1993.

RSG-005. El sistema de red de alumbrado se encuentra fuera de operación y semidesmantelado, lo cual indica el riesgo de accidentes para vehículos y personal, ya que existen postes caídos y semicaídos, conductores colgados, etc.

No se cumple con: NOM-005-STPS-1993. NOM-022-STPS-1993.

RSG-006. Se presentan instalaciones provisionales, registros eléctricos sin tapas y conductores expuestos, que pueden provocar accidentes por incendio originados por corto circuito.

No cumple con: NOM-005-STPS-1993. NOM-008-STPS-1993. Normas Técnicas para instalaciones eléctricas sección 502.

RSG-007. En el área de mantenimiento, se encuentran 60 tambos de aceite usado, 10 monobloks de motor, 50 baterías, 10 tambores de pintura y 20 tambos con diferente chatarra, los cuales se encuentran en desorden, como consecuencia de lo anterior se puede dar el caso de contaminación del suelo por derrame de aceites, ácidos o solventes.

No cumplen con lo establecido en la NOM-001-STPS-93.

RSG-008. En el relleno sanitario se encuentra un tanque de almacenamiento de diesel en el área continua a oficinas, con capacidad de 6000 l, sostenido provisionalmente por 4 varillas metálicas sin la cimentación adecuada, sin indicador de nivel, ni arrestador de flama, ni se tiene la identificación y señalización que corresponde a un tanque con este contenido, como tampoco cuenta con muros de contención para el control de posibles derrames que contaminen el suelo con hidrocarburos, y el estar ubicado contiguo a cuartos de madera

DESCRIPCION DE LA DEFICIENCIA

puede ser causa de incendio.

No se cumple con el punto 4.2.3 ni el punto 4.2.5 de la Norma Oficial Mexicana NOM-005-STPS-1993.

RSG-009. Actualmente la zona urbana se encuentra a una distancia menor de 1500 m del Relleno Sanitario, y no se cuenta con un área de amortiguamiento, lo que representa riesgo de accidentes por incendio y emanaciones que contaminen el aire que respiran los habitantes de la zona urbana.

Por lo que no se cumplen los puntos 3.2.1.1.1. y 3.2.1.1.5. de la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1996.

RSG-010. Se detectó un camión que ingresó al área de celdas y cruzó la caseta de pesaje totalmente descubierto.

No se cumple con el punto 4.2.1 de la Norma Oficial Mexicana NOM-009-STPS-1994.

RSG-011. En las celdas del relleno sanitario donde son depositados los residuos, se observa que los taludes presentan fallas debido a que se encuentran ubicados en suelos inestables, por lo que es conveniente realizar estudios de ingeniería para diseñar y rediseñar adecuadamente la base y los taludes de las celdas, ya que como están actualmente, se presentan problemas de agrietamiento y asentamientos, lo cual provoca la dispersión de los lixiviados generados por la degradación y por ende la contaminación causada por éstos.

No se cumple con el punto 3.2.3 de la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1996.

RSG-012. No se cuenta en el área de descarga y operación con elementos (trampas) que eviten que el viento disperse los componentes ligeros de los residuos sin control, por tal motivo se encuentran componentes ligeros (basura, plásticos y organismos) fuera de los frentes de trabajo.

No se cumple con Procedimientos Internos de Operación del Relleno Sanitario.

RSG-013. Existe arrastre de material de cubierta a causa de lluvia y viento, dejando al descubierto los residuos, debido al no sellado de la cubierta superior, representando riesgo a la salud de los trabajadores.

No se cumple con Procedimientos Internos de Operación del Relleno Sanitario.

HIGIENE Y SEGURIDAD

HYS-001. La empresa no cuenta con un programa de prevención, protección y combate de

DESCRIPCION DE LA DEFICIENCIA

incendio que contemple:

Métodos y procedimientos de Seguridad, Selección y Ubicación de equipo de extinción, Señalización de las zonas de riesgo, Adiestramiento para el uso del equipo contra incendio, Prácticas de salidas de emergencia, Capacitación y adiestramiento, Código de señalización para el programa y Mantenimiento del equipo de extinción. Lo que representa riesgo de daño a las instalaciones y a la salud de los trabajadores en caso de presentarse un incendio.

No cumple con lo que establece el punto 4.1. de la NOM-002-STPS-94.

HYS-002. Se practica la quema de residuos de cualquier tipo para calentar alimentos por lo cual se realizan combustiones de mala calidad repercutiendo en la suma de contaminantes en la atmósfera.

No cumple con lo establecido en el Art. 15 del Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la atmósfera de la LGEEPA.

HYS-003. En el área de mantenimiento existe un almacén general en el cual se tienen aceites lubricantes, thinner, llantas, baterías; en la planta de tratamiento de lixiviados y el laboratorio se manejan sustancias corrosivas y tóxicas como: sosa, ácido sulfúrico y no se cuenta con sistema contra incendio suficiente (extintores); por tal motivo la capacidad de respuesta ante una emergencia es nula en caso de un conato de incendio.

Por lo que no cumple con lo establecido en el punto 3.1 inciso A, 4.1 inciso A y B de la NOM-002-STPS-1994.

HYS-004. El botiquín de primeros auxilios de la planta de lixiviados no cuenta con el material y/o medicamentos mínimos necesario para atender accidentes menores que se puedan presentar en ésta área.

No cumple con la NOM-020-STPS-1994. Punto 3.4

HYS-005. No se cuenta en los frentes de trabajo del Relleno Sanitario con servicios provisionales de agua potable y sanitarios portátiles para los trabajadores.

No se cumple con el Art. 254 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

Incido XVI Art. 123 de la Ley General del Trabajo.

HYS-006. No existe sistema de extracción de vapores y gases en el laboratorio de la Planta de Lixiviados; en el se llevan a cabo preparación de reactivos y pruebas analíticas de lixiviados, lo que constituye un riesgo en la salud de los trabajadores.

No cumple con el Art. 23 y Art. 17 Fracc. VI. Del Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica de la LGEEPA

DESCRIPCION DE LA DEFICIENCIA

HYS-007. Se detectó a personas ajenas a las instalaciones en el interior del relleno, por falta de control de acceso, lo que representa riesgo de daños a la salud en las diferentes actividades de manejo de los residuos principalmente en la circulación de los camiones que transportan basura y la maquinaria que mueve los residuos.

No se cumple el inciso f) del punto 4.3.2 de la Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-1994.

HYS-008. Los caminos de acceso y el área de báscula del relleno sanitario no cuentan con señales de precaución o información, tampoco existen señalamientos o letreros alusivos indicando advertencias, orientación, riesgos o información de las actividades que se desarrollan en el relleno sanitario o de la peligrosidad de las materias o residuos que se almacenan o manejan en la planta de tratamiento de lixiviados del relleno sanitario.

No se cumple con el inciso c) y g) del punto 4.3.2 de la NOM-002-STPS-1993, con el inciso f) del punto 3.1 de la NOM-020-STPS-1994, con el punto 5.1 de la NOM-027-STPS-1994; con el inciso VIII del art. 15 del RLGEEPA en Materia de R. P.

HYS-009. Los trabajadores no usan equipo de protección personal adecuado a las actividades que se realizan, equipo tal como tapa bocas, uniforme, casco, botas, guantes, mascarillas.

No se cumplen con los incisos a) y b) del punto 3.1 de la Norma Oficial Mexicana NOM-017-STPS-1994.

HYS-010. Se detectaron múltiples riesgos laborales, que afectan la salud de los trabajadores tales como cortadas, caídas, infecciones, entre otras y se requiere de estudios de riesgo de trabajo y los factores a que están expuestos los trabajadores, así como de manuales de procedimiento para prestar los primeros auxilios y del suministro de botiquines los cuales se detecto su ausencia en las diferentes áreas de trabajo del relleno, elementos indispensables de protección hacia los trabajadores de los agentes del medio ambiente de trabajo que puedan alterar su salud y su vida.

No se cumple con los incisos a),b),c),d),e) y f) del punto 3 de la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1994.

AGUA

AGU-001. El sistema de conducción de lixiviados hacia fosas de captación de los mismos

DESCRIPCION DE LA DEFICIENCIA

está incompleto presentándose solo en un 30 a 40 % de las celdas de disposición del Relleno Sanitario. Además no existe drenaje pluvial, en ninguna de las etapas del Relleno Sanitario. En el caso donde existen las zanjas perimetrales de las celdas de disposición que retenían estos líquidos, con el paso del tiempo y a causa de que no están impermeabilizadas, han desaparecido y en las etapas en las que persisten estas zanjas, no existe un procedimiento de recolección; Por lo que estos lixiviados se percolan y se dispersan por el suelo circundante, constituyendo la principal fuente de contaminación de suelos aire y posteriormente al manto freático.

No se cumple con el Art. 134 Fracc. II de la LGEEPA.

AIRE

AIR-001. No cuentan con procedimientos de instalación y operación, programas de mantenimiento y bitácora de control de los pozos de venteo de biogás de las celdas de disposición de residuos. Lo cual implica mala operación y poca eficiencia en el monitoreo de las celdas de disposición para seguimiento del proceso de estabilización de la misma, así como una deficiente conducción controlada a fin de evitar migraciones del biogás hacia otras áreas. Una evidencia de la necesidad de pozos de venteo en las celdas de disposición de residuos posterior a su cierre se pudo observar en la aparición de bombas-burbujas a causa de la migración de biogás de las celdas ubicadas al lado oeste de las tinas de evaporación de lixiviados ubicadas en la Tercera Etapa del Relleno Sanitario .

No cumple con: NOM-084-ECOL-1996.

RUIDO

RUI-001. Los operadores de la maquinaria pesada utilizada en la operación del Relleno Sanitario no cuentan con equipo de protección auditiva. Se detecta que los operadores de la maquinaria sin cabina tipo D8N y D5D, están expuestos a 96.9 y 92.2 dB(A) respectivamente, lo que le puede ocasionar daños a su capacidad auditiva.

Reglamento Federal de Seguridad Higiene y Medio Ambiente de Trabajo en su Capitulo Segundo Art. 17 Fracción III, NOM-080-STPS y NOM-011-STPS-1993.

RESIDUOS PELIGROSOS

REP-001. Los lodos de la Planta de Tratamiento de lixiviados y los aceites usados generados en el mantenimiento de la maquinaria que se utiliza en la operación del Relleno Sanitario y todos los residuos peligrosos generados en las instalaciones, no son manifestados y reportados semestralmente y no se cuenta con el registro como empresa generadora de residuos peligrosos ante la SEMARNAP.

No cumple con los incisos I, VI, XI, del Art. 8 del Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos de la LGEEPA.

REP-002. En el Relleno Sanitario se generan lixiviados, por la degradación de la basura que se deposita en las celdas y posteriormente en canaletas perimetrales, de los cuales no se lleva bitácora de registro de generación, movimientos de lixiviados, fecha origen y destino.

No cumple con el Art. 21 del Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos de la LGEEPA.

REP-003. El Relleno Sanitario cuenta con un programa de capacitación para el manejo de residuos peligrosos el cual está dirigido a personal administrativo y no al personal operativo encargado del manejo de los residuos en el relleno, lo que representa riesgo de daño a la salud de los trabajadores por el mal manejo.

No cumple con el art. 12 del Reglamento de la LGEEPA en materia de R. P.

REP-004. En el relleno sanitario existe una celda la cual tiene aproximadamente dos años de clausurada y no presenta evidencia de generación de lixiviados. Con base a que los residuos que se manejan o manejaron en las otras celdas son de las mismas características y que éstas si están generando lixiviados, se puede inferir que estos se están infiltrando al subsuelo, representando contaminación del suelo, subsuelo y manto freático.

No cumpliendo con los art. 134 Fracc. II, 136 y 139 de la LGEEPA.

IX.2. Balances de materia

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

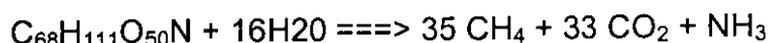
Con el fin de observar de manera genérica la importancia y sentido de los balances de materia en los beneficios de la auditoría ambiental, se mostrarán los cálculos de balance de agua, del cual se obtiene la generación de lixiviados, que representa el principal residuo contaminante; además se desarrollará el balance de la síntesis biológica de

residuos, de la que se deriva la generación de biogás, que es la principal emisión contaminante a la atmósfera.

Generación del Biogás

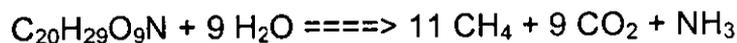
Para calcular la producción de biogás por tipo de residuos según su biodegradabilidad, Tchobanoglous llega previamente a dos ecuaciones estequiométricas, en las que el término de la izquierda corresponde a la composición química teórica del grupo de residuos en cuestión:

Residuos rápidamente degradables:



Peso de Moléculas (g): (1741) (288) (560) (1452) (17)

Residuos lentamente degradables



Peso de Moléculas (g): (427) (162) (176) (396) (17)

Ahora bien, considerando la densidad del metano y el bióxido de carbono ($\delta_{CH_4} = 0.72 \text{ g/l}$ y $\delta_{CO_2} = 1.98 \text{ g/l}$), y de acuerdo con las ecuaciones estequiométricas anteriores, se tiene que:

Producción de biogás de los residuos rápidamente biodegradables (RB):

$$\frac{560 \text{ g } CH_4}{1741 \text{ g RB (} 0.72 \text{ g } CH_4 / \text{L } CH_4)} = \begin{matrix} 0.4467 \text{ L } CH_4 / \text{g RB} \\ \text{ó } 446.7 \text{ L } CH_4 / \text{kg RB} \end{matrix}$$

$$\frac{452 \text{ g } CO_2}{1741 \text{ g RB (} 1.98 \text{ g } CH_2 / \text{L } CO_2)} = \begin{matrix} 0.4212 \text{ L } CO_2 / \text{g RB} \\ \text{ó } 421.2 \text{ L } CO_2 / \text{kg RB} \end{matrix}$$

De donde la producción de biogás sería de $446.7 + 421.2 = 867.9$ L biogás / kg RB

En las ecuaciones anteriores, RB se refiere a residuos "Rápidamente Biodegradables".

Producción de biogás de los residuos lentamente degradables (LB)

$$\frac{176 \text{ g CH}_4}{427 \text{ g LB (0.72 g CH}_4\text{/ L CH}_4\text{)}} = 572.5 \text{ L CH}_4\text{ / kg LB}$$

$$\frac{396 \text{ g CO}_2}{427 \text{ g LB (1.98 g CH}_2\text{ / L CO}_2\text{)}} = 468.4 \text{ L CO}_2\text{ / kg LB}$$

De donde la producción de biogás sería de $572.5 + 468.4 = 1,040.9$ L biogás / kg LB

En las ecuaciones anteriores, LB se refiere a residuos "Lentamente Biodegradables".

Al multiplicar estos valores por la fracción en base seca de los residuos y por el porcentaje de la materia que efectivamente se biodegrada, se obtienen valores más reducidos de generación real de biogás. Tchobanoglous sugiere valores de 0.448 y 0.073 como la fracción en base seca, y 0.75 y 0.50 como la fracción de la materia que efectivamente se biodegrada, para los residuos biodegradables rápidos y lentos, respectivamente. De esta manera, se tiene que:

$$0.448 \times 0.75 \times 868 \text{ L biogás / Kg RB} = 291 \text{ L / Kg RB (89\%)}$$

$$0.073 \times 0.50 \times 1041 \text{ L biogás / Kg LB} = 38 \text{ L / Kg LB (11\%)}$$

$$329 \text{ L / kg residuos sólidos (100\%)}$$

El valor obtenido es teórico, y es muy superior al que se ha obtenido de estudios de generación en campo (100-250 L biogás / kg residuo sólido). Por lo anterior, si se hace

un ajuste para manejar una producción globalizada de 150 L biogás / kg residuo sólido, tendremos:

Generación de biogás para RB: $G_{RB} = 133.50 \text{ L / kg RB (89 \%)}$

Generación de biogás para LB: $G_{LB} = 16.50 \text{ L / kg LB (11 \%)}$

$$G_T = 150.00 \text{ L / kg residuos (100 \%)}$$

Para estimar la producción de biogás con respecto al tiempo para los residuos rápidamente degradables (producción máxima a 1 año y terminación a los 5 años), se considera un incremento proporcional máximo al primer año y de ahí decrece proporcionalmente durante 4 años hasta llegar a cero.

La producción de biogás se calcula de la siguiente manera:

Si $A =$ Generación de biogás (L biogás / kg RB)

$T =$ Tiempo (años)

$H =$ Tasa de producción (L biogás / año-kg RB)

$$A = \frac{1}{2} T \times H$$

Ya que el valor de A es conocido (133.5 L biogás / kg RB), y el tiempo de generación es de 5 años, se tiene entonces que la tasa pico de producción (a ocurrir al año 1), será:

$$H = (2 A) / T$$
$$= (2 \times 133.5) / 5 = 53.4 \text{ L biogás / año-kg RB}$$

Una vez conocido el valor de H , es posible determinar la producción de gas en cada año mediante el cálculo de las áreas parciales. Así, para el primer año, la producción de gas será:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \frac{1}{2} T \times H \\
 &= 0.5 (1) (53.4) \\
 &= 26.7 \text{ L biogás / kg RB}
 \end{aligned}$$

Para el segundo año, la cantidad de biogás producido será:

$$\begin{aligned}
 A_2 &= (H + 0.75 H)(1/2) \\
 &= 46.7 \text{ L biogás / kg RB}
 \end{aligned}$$

Con el mismo criterio para los años 3, 4 y 5 tendremos 33.4, 20.0 y 6.7 L biogás / kg RB, respectivamente.

Ahora bien, para los residuos que se degradan con lenta velocidad, el modelo simplificado de la cinética de generación considera que la tasa de producción máxima ocurre a un tiempo $T = 5$ años, en tanto que la producción decae paulatinamente hasta un valor de cero al año 15 después de que fueron confinados los residuos. En esas condiciones.

La tasa máxima de producción de biogás ocurre al año 5. Si la producción total de biogás es igual al área bajo la curva del incremento y decremento proporcional respectivo, entonces su valor se determina mediante la relación:

$$A = \frac{1}{2} T \times H$$

Si sabemos que $A = 16.5 \text{ L / kg LB}$, el valor de H será:

$$\begin{aligned}
 H &= 2 (16.5) / 15 \\
 &= 2.2 \text{ L biogás / año - kg LB}
 \end{aligned}$$

De esta manera, y resolviendo para cada año en particular como se hizo en el caso anterior, se tiene para los dos primeros años la siguiente generación de biogás:

$$A_1 = (1) (1/5 \times 2.2) / 2 = 0.22 \text{ l biogás / kg LB}$$

$$A_2 = 0.66 \text{ L biogás / kg LB}$$

En generación global, para un volumen de 10 millones de toneladas dispuestas, se tendrá una producción estimada de 1,500 millones de m³ de biogás. Este dato es importante en la evaluación de proyectos de aprovechamiento de biogás como fuente de energía o combustible.

Por todo lo descrito con anterioridad, el presente relleno sanitario contempla el control pasivo del gas generado en el relleno sanitario, por medio de pozos de venteo a la atmósfera, los cuales cuentan con quemadores para consumir el metano y evitar que haya riesgos de alta explosividad en la zona.

Generación y control de lixiviados.

El enfoque mencionado por Bagchi (1989), define las siguientes ecuaciones de generación de lixiviados:

$$L_v = P + S - E - CA \text{ Antes del cierre del relleno sanitario}$$

donde: L_v = volumen de lixiviado producido antes del cierre del relleno

P = volumen de precipitación

S = volumen de agua obtenida de la compresión de lodos

E = volumen de agua perdida por evaporación

CA = capacidad de absorción de los residuos

$$L_v' = P - ET - Esc - S \text{ Después del cierre del relleno sanitario}$$

donde: L_v' = volumen de lixiviado producido después del cierre del relleno

P = volumen de precipitación

ET = volumen de agua perdida por evapotranspiración

Esc = volumen de agua perdida por escurrimiento

S = volumen de agua retenida por la cubierta final

Haciendo una evaluación de estas ecuaciones, pueden elaborarse los siguientes comentarios:

- En vista de que un gran porcentaje de los residuos sólidos es material orgánico putrescible con alto contenido de humedad, se incluirán en la primera ecuación los parámetros "humedad liberada de la fase aerobia" (HI) y "humedad consumida de la fase anaerobia" (Hc). Para la segunda ecuación, sólo la variable Hc será considerada. Aunque la actividad metabólica de los microorganismos es variable a lo largo del tiempo (dependiendo de diversos factores), se considerará como estable, tanto en el caso aerobio como en el anaerobio.

- La cubierta final, efectivamente, tiene la particularidad de retener agua pluvial; eventualmente, dicha agua se evapora o se infiltra al estrato de residuos. Su efecto es importante, y se considerará en los cálculos.

- Se considerará que la cantidad de lodos vertidos al relleno sanitario, en comparación con el volumen de residuos, será despreciable; por lo tanto, la variable "S" en la primera ecuación desaparecerá.

- Considerando que una revegetación paulatina del sitio alcance un grado significativo al término del segundo año después del cierre, el parámetro "evapotranspiración" no podrá ser aplicable durante todo este período. Por lo tanto, la segunda ecuación se dividirá en dos: una que incluya el fenómeno evaporación y otra que incorpore la evapotranspiración.

a) Durante la operación del relleno sanitario.

$$L_v = (P + HI) - (E + CA + H_c)$$

b) Después del cierre del relleno sanitario.

$$Lv' = \text{Percolación} = I - \text{ETA}$$

Donde: I = infiltración = $P - \text{Esc}$

ETA = Evapotranspiración real

Aplicación del método de balance agua para estimación del lixiviado. Fase de operación.

El método se empleará bajo la forma de tabulación, en la que el resultado de los cálculos es la columna de lixiviado (en mm) la cual, al multiplicarse por los valores del área superficial de cada macrocelda del relleno sanitario, proporcionará el dato del volumen de lixiviado producido por mes.

Para el cálculo tenemos las siguientes consideraciones:

Precipitación y Evaporación.- Con base en la información del INEGI (1997), se consideró el promedio aritmético de los datos mensuales.

Capacidad de Absorción de los Residuos.- Este valor es la diferencia entre la capacidad de campo de los residuos y su contenido de humedad. En términos generales, se han reportado valores de capacidad de campo de entre 20 y 50% en volumen, así como de 15-25% en volumen de contenido de humedad para residuos sólidos municipales en países desarrollados. Para el caso del relleno sanitario se considera una capacidad de campo de 35% y un contenido de humedad del 20% en volumen.

De esta forma se tendrá :

CA = Capacidad de Campo - Contenido de Humedad (% en Vol.)

$$= 35 - 20 = 15\%$$

=150 mm agua / m de capa de residuo.

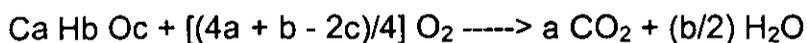
Si se considera una altura total efectiva de 19.5 m, la capacidad de adsorción de los residuos será:

$$(150 \text{ mm agua / m capa de residuos}) \times 19.5 \text{ m capa de residuos} = 2,925 \text{ mm}$$

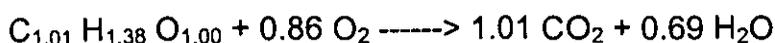
En el periodo de la operación de un relleno sanitario en época de lluvias, la capa de residuos retiene el agua precipitada, reduciéndose la capacidad de absorción. La evaporación sólo transfiere parte de esta agua a la atmósfera, y esto es más cierto cuando los residuos son cubiertos al final de la jornada diaria para conformar la celda (lo que reduce sensiblemente la evaporación del agua retenida en las capas más superficiales de los residuos).

En consecuencia se considera que de cada valor de precipitación mensual, el 60 % será absorbido efectivamente por los residuos, reduciéndose la capacidad de absorción de agua de éstos para el siguiente mes.

Humedad liberada de la fase aerobia.- La ecuación que gobierna la fase aerobia de la degradación de los residuos sólidos (Proyecto Ejecutivo de Relleno Sanitario para los municipios de Guadalajara, Juanacatlán, Tonalá, El Salto y Zapotlanejo, estado de Jalisco; PROCESA, 1995), es:



A partir de un análisis de la composición química de los residuos, se estiman valores de a, b y c, de 1.01, 1.38 y 1.00, respectivamente; tomando los valores para los índices y sustituyendo en la fórmula, se tiene:



Lo que indica que 0.86 moles de oxígeno generan 0.69 moles de agua, considerando que existe un 30% de vacíos en los residuos sólidos depositados en el relleno sanitario, se tendrán 300 litros de aire por cada metro cúbico de residuos. considerando que la densidad del aire es de 1 kg/m^3 , tendremos:

$$0.300 \text{ m}^3 \text{ aire} / \text{m}^3 \text{ residuo} \times 1 \text{ kg aire} / \text{m}^3 \text{ aire} = 0.300 \text{ kg aire} / \text{m}^3 \text{ residuo}.$$

Como el aire está compuesto por el 21% de oxígeno, la cantidad de oxígeno presenta un metro cubico de residuos, siendo:

$$\text{O}_2 = (0.300 \text{ kg aire} / \text{m}^3 \text{ residuo}) \times (0.21 \text{ kg O}_2 / \text{kg aire}) = 0.063 \text{ kg O}_2/\text{m}^3 \text{ residuo}.$$

Continuando con los resultados de la ecuación química :

$$0.86 \text{ moles O}_2 \times 32 \text{ g/mol} = 27.52 \text{ g O}_2$$

$$0.69 \text{ moles H}_2\text{O} \times 18 \text{ g/mol} = 12.42 \text{ g H}_2\text{O}.$$

Con lo que 27.52 gramos de oxígeno generan 12.42 gramos de agua.

Si se tienen 63 gramos de O_2 en un metro cúbico de residuos:

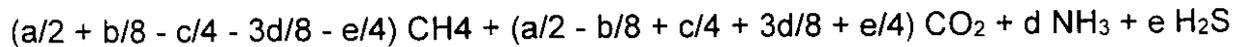
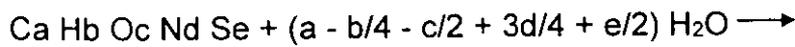
$$27.52 \text{ g O}_2 \text{ es a } 12.42 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$63.0 \text{ g O}_2 \text{ es a } X \qquad X = 28 \text{ g H}_2\text{O}$$

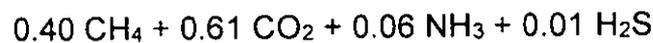
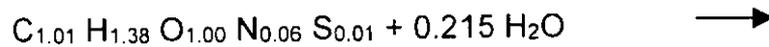
Cada metro cúbico de residuos generará por acción metabólica microbiana en fase aerobia, 28 gramos de agua; esto es, $0.028 \text{ L H}_2\text{O}/\text{m}^3 \text{ residuo}$.

Considerando este último resultado como una columna de agua, se tendrá un equivalente de 0.028 mm/m de líquido percolado; para propósitos prácticos, este resultado se considera como cero.

Humedad consumida en la fase anaerobia.- El consumo de agua durante la etapa anaerobia queda definido por la ecuación:



Empleando los índices mencionados, y considerando para d y e valores de 0.03 y 0.01 respectivamente, se tiene:



Un mol de residuos requiere de 0.22 mol de agua para degradación anaerobia.

$$\text{Peso de Moléculas de residuos} = 1 \text{ mol} \times (30.66 \text{ g/mol}) = 30.66 \text{ g}$$

$$\text{Peso de Moléculas de agua} = 0.22 \text{ mol} \times (18 \text{ g/mol}) = 3.96 \text{ g}$$

Con lo que 30.66 g residuos consumen 3.96 g de agua.

Considerando que un 40% de los residuos es material rápidamente degradable, se tiene:

$$[3.96 \text{ kg agua} / (30.66 \text{ kg residuo} / 900 \text{ kg/m}^3)] \times 0.40 = 46.5 \text{ kg agua} / \text{m}^3 \text{ residuo.}$$

Por lo tanto, se tiene que el agua consumida en fase anaerobia, expresada como columna de agua, será 47 mm/m³ de residuo.

Resultado del balance de Agua en la etapa de operación:

De acuerdo con la tabla 9.2, debido a las condiciones de evaporación así como a la alta capacidad de absorción de humedad por los residuos sólidos, no se prevé una generación de lixiviado. Por la variabilidad en resultados con los métodos existentes para cálculo de lixiviados, actualmente todavía se tiene cierta incertidumbre en la producción real de éstos, por lo que es preferible tomar todas las medidas posibles para el control y manejo de los lixiviados que se puedan generar.

TABLA 9.2. METODO DE BALANCE DE AGUA PARA ESTIMACIÓN DE LA GENERACIÓN DE LIXIVIADO, RELLENO SANITARIO (ETAPA DE OPERACIÓN)

PARAMETROS/M		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP.	OCT.	NOV	DIC
PRECIPITACIÓN	P	98.4	79.6	62.6	86.3	114.2	139.8	134	142	286	183.4	171.8	110.6
HUMEDAD LIBERADA	HI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
EVAPORACIÓN	E	45.2	52.1	84.4	143.3	160.9	162	160	159	135	107	70	56
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN.	CA.	2925	2866	2818	2780	2728	2660	2576	2496	2411	2239	2129	2026
HUMEDAD CONSUMIDA	Hc	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
LIXIVIADO	Lv	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Lo anterior es cierto hasta cuando se alcance eventualmente la capacidad de absorción de agua de los residuos.

Aplicación del método de balance de agua para estimación de lixiviado. Después del cierre del relleno sanitario.

Los datos de precipitación, evaporación y humedad consumida se consideran constantes. El valor de "Esc" (escurrimiento) se determina a partir del método racional:

$$\text{Esc} = P \times K_{es} \quad \text{donde } P = \text{precipitación}$$
$$K_{es} = \text{coeficiente de escurrimiento}$$

De acuerdo a las características del relleno sanitario (pendiente de terreno entre 0 y 5 % y material de cobertura semiarcilloso con relativamente baja permeabilidad), y considerando el valor de K_{es} propuesto por Salvato J. (1992) para estas condiciones (tanto para suelo desnudo como con cubierta de pasto), se obtuvieron los valores de escurrimiento por mes, respecto a la evapotranspiración potencial ajustada; la ecuación desarrollada por Thornthwaite para su cálculo es:

$$E_{t_i} = 16 \left(10 T_i / I_t \right)^a K_{e_i}$$

Donde:

E_{t_i} = evapotranspiración potencial ajustada en el i -ésimo mes (mm/mes)

T_i = temperatura media mensual ($^{\circ}\text{C}$)

$$a = 6.75 \times (10^{-7} \times I_t^3) - 7.71 \times (10^{-5} \times I_t^2) + 1.79 \times (10^{-2} \times I_t) + 0.4924$$

$$I_t = \text{índice térmico anual} = \sum_i (T_i/5)^{-1.514}$$

K_{e_i} = coeficiente de corrección relativo al mes i , el cual toma en cuenta la variación de la longitud del día de acuerdo a la latitud geográfica del sitio; $C_i = N/10$

Los resultados obtenidos al aplicar las ecuaciones que definen a "It" y "a" fueron los siguientes.

$$It = 132.7 \text{ y } a = 3.086$$

Los valores de Kei se obtuvieron considerando una latitud de 20°N

Para el mes de enero, la evapotranspiración potencial ajustada es:

$$Eta_{ene} = 1.6 (10 \times 19.1 / 132.7)^{3.086} \times 0.9 = 4.5 \text{ cm o } 45 \text{ mm}$$

De la misma forma se calculan los valores para los meses posteriores, dado que el objeto del balance de agua es predecir la tasa futura de generación de lixiviado.

Para el balance de agua tenemos lo siguiente:

$$\text{Infiltración (I)} : I = P - Esc$$

$$\begin{aligned} \text{Evapotranspiración Real (ETA)} : \quad ETA_i &= Eta_i & \text{si } I - Eta_i > 0 \\ &= I - VHs & \text{si } I - Eta_i < 0 \end{aligned}$$

VHs = Variación de humedad del suelo.

$$\text{La percolación (PC)} : PC = I - ETA$$

Una vez agotada la capacidad de campo de los residuos, la cantidad de lixiviados será teóricamente la humedad percolada, la cual se muestra en la tabla 9.3 :

Tabla 9.3. Cálculo de percolación

PARAMETRO / MES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	Sep	oct	nov	dic
TEMPERATURA	19.1	20.4	22.9	25.6	27.5	27.7	27.30	27.5	26.7	25.0	22.2	20.3
$i=(T/5)^{1.514}$	7.6	8.4	10.0	11.9	13.2	13.4	13.07	13.2	12.6	11.4	9.6	8.3
$Epj=1.6(10T/i)^a$	4.9	6.0	8.6	12.2	15.2	15.5	14.84	15.2	13.9	11.3	7.8	5.9
Ke	0.9	0.9	1.0	1.2	1.1	1.0	1.08	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9
$Eta=E*Ke$, en cm.	4.5	5.2	8.4	14.3	16.1	16.2	15.99	15.9	13.5	10.7	7.0	5.6
$Eta=E*Ke$, en mm.	45.2	52.1	84.4	143.3	160.9	161.9	160	159.2	135.1	107.5	69.7	55.7
EVTP (mm)	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.50	0.5	0.5	1	0.7	0.8
PRECIPITACION (P)	98.4	79.6	62.6	86.3	114.2	139.8	134.00	142.4	286.2	183.4	171.8	110.6
Kes F. DE ESCURRIMIENTO	0.22	0.15	0.15	0.15	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
ESCURRIMIENTO (ES)	21.6	11.9	9.4	12.9	25.1	30.8	29.48	31.3	63.0	40.3	37.8	24.3
INFILTRACION (I)	76.8	67.7	53.2	73.4	89.1	109.0	104.52	111.1	223.2	143.1	134.0	86.3
I-Eta	31.6	15.6	-31.2	-69.9	-71.8	-52.9	-55	-48.1	88.2	35.6	64.3	30.6
NEG(I-Eta)	31.6	47.1	16.0	-54.0	-126	-52.9	-55	-48.1	0.0	0.0	64.3	94.9
HUMEDAD (Hs)	73.0	57.0	39.0	52.0	62.0	77.0	69	74.0	174.0	90.0	75.0	65.0
VAR.DE LA HUM. DEL SUELO (VHs)	8.0	-16.0	-18.0	13.0	10.0	15.0	-8.00	5.0	100.0	-84.0	-15.0	-10.0
ETA=Eta sii-EVTP>0 ó I-VHs	45.2	52.1	71.2	60.4	79.1	94.0	113	106.1	135.1	107.5	69.7	55.7
PERC=I-ETA mm	31.6	15.6	0.0	13.0	10.0	15.0	0.0	5.0	88.2	35.6	64.3	30.6
PERC ACUM (mm)	31.6	47.1	47.1	60.1	70.1	85.1	85.1	90.1	178.3	213.9	278.2	308.8

El volumen de lixiviados (Vlix) es:

$V_{lix} = \text{Area residuos} \times \text{Lamina humedad} = 400,000 \text{ m}^2 (0.3088 \text{ m / año})$

$V_{lix} = 123,520 \text{ m}^3 \text{ anuales}$

$V_{lix} = 338.4 \text{ m}^3 / \text{día}$

Actualmente todavía se tiene cierta incertidumbre en la producción real de lixiviados, por lo que es preferible tomar todas las medidas posibles para el control y manejo de los lixiviados que se puedan generar.

Por lo anterior, es indispensable el sistema de conducción de lixiviado y agua pluvial, con lo que se disminuyen al mínimo los riesgos de infiltración de lixiviado al manto freático, independientemente de que se cuenta con una protección de geomembrana sintética en el fondo del relleno sanitario.

IX.3. Evaluación de Hallazgos y Balances de Materia

Del listado de deficiencias detectadas se observa que el enfoque de la auditoría fue centrado al cumplimiento normativo de seguridad, como lo es en la mayor parte de las auditorías que han sido realizadas, argumento que se respalda en los resultados de la clasificación y jerarquización de hallazgos; escasamente se muestran aspectos relacionados a la normatividad específica existente respecto a los requerimientos de los sitios de disposición final y sus estructuras.

Para que la auditoría ambiental sea un complemento de mayores alcances y beneficios ambientales y económicos, a las acciones de verificación obligatoria que lleva a cabo la PROFEPA sobre la industria de competencia federal, es eminente la importancia de evaluar y proponer procedimientos y términos de referencia que permitan explotar el potencial de beneficios que se pueden aportar mediante un proceso de auditoría ambiental.

No se detectan en este estudio de caso, ni en la mayoría de las auditorías evaluadas, argumentos que demuestren el interés en conocer técnicamente los procesos, con el objeto de detectar hallazgos y proponer medidas, en el potencial debido, que permitan la mayor mitigación de emisiones contaminantes y el riesgo de contaminación, así como aquellas que representen un incentivo para la industria en ahorro y optimización de procesos, que de manera integral ayuden a fortalecer y otorguen confianza en la continuidad de la autorregulación ambiental.

Los balances de materia son un elemento importante en la detección de los aspectos y factores que influyen en las emisiones contaminantes y en la adecuada operación del sistema, de tal manera que se puede apreciar en que puntos y sobre que elementos es posible llevar un control preciso y su registro, o en su caso la propuesta de un mejor sistema, que conjuntamente consigan la optimización del sistema en emisiones, cumplimiento legal y ahorro económico en las plantas industriales.

En este caso, algunos de los puntos relevantes que permiten la operación óptima del sistema, y que pueden ser observados en los balances de materia son:

1. En la disminución del riesgo o mitigación de la contaminación al suelo, agua superficial y subterránea, con el conocimiento de los procesos del sistema y los mecanismos de generación de emisiones contaminantes, es detectable la importancia del *control sobre la cobertura* de residuos por la siguientes razones:
 - Representa el principal aspecto para disminuir la generación de lixiviados, ya que el principal elemento de su producción es el agua que se infiltra o percola al cuerpo de residuos, con lo que se mitiga la contaminación o el riesgo de afectación al agua subterránea, pues al tener la menor generación posible, permite al suelo, en caso de fuga del sistema de impermeabilización, estabilizar por intercambio catiónico la peligrosidad del lixiviado.
 - Mitiga la generación de vectores y mal olor, con lo que se tiene una disminución del riesgo de afectación a la salud.

- El control de cobertura representa un ahorro económico, pues su uso óptimo significa disminución en transporte y extendido, además del valor propio del suelo.
 - El tener una menor generación de lixiviados representa un menor costo de tratamiento y disposición.
2. El control sobre el sistema de impermeabilización se traduce en mitigación del riesgo de contaminación al suelo y agua, y confianza por la mínima posibilidad de un gasto excesivo extraordinario en remediación.
 3. Los estudios de afectación a la salud y el uso de equipo de protección personal es otro aspecto de importancia en su control, tanto por protección de la salud, como por optimización de recursos.
 4. El control sobre el sistema de captación, conducción y combustión de biogás representa un factor necesario por su influencia en la mitigación del riesgo de explosión, de contaminación al suelo adyacente y de riesgo de afectación a la salud, con el consecuente uso óptimo de recursos.

Estos puntos de ejemplo, son detectables y permiten tener una visualización adecuada del sistema, gracias al conocimiento de los procesos, y de los elementos que intervienen en cada uno de ellos.

Actualmente el proceso de auditoría no contempla un balance de materia, el cual se exigía en el arranque del PNAA, probablemente por el grado de trabajo que significa; aunque, si se está consiguiendo la coordinación y apoyo mutuo entre las autoridades y las empresas, en la consecución de objetivos comunes, no es descartable que para la obtención de un mayor grado de calidad y el aporte de mejores beneficios de las auditorías ambientales, se conjunten y coordinen los equipos de auditoría con los de la planta industrial que conozcan los procesos específicos.

X. CONCLUSIONES

X. CONCLUSIONES

En general, los aspectos de importancia que hasta ahora se han logrado, y que pueden mejorarse, con la realización de auditorías ambientales son:

1. Cumplimiento ambiental
2. Mitigación de riesgos de accidentes
3. Mitigación de la contaminación
4. Logro de beneficios económicos para la planta industrial
5. Logro de beneficios económicos para las autoridades
6. Autorregulación ambiental
7. Beneficio social

De estos, el enfoque de las auditorías se ha centrado en los puntos 1 y 2, y en los demás se han tenido impactos positivos indirectos, y muestran un elevado potencial en incremento de beneficios.

Los capítulos VI ,VII y IX de este trabajo muestran de manera objetiva las deficiencias del proceso de auditoría ambiental, y un elevado potencial de mejora en mitigación de la contaminación, el logro de mayores beneficios económicos para la planta industrial y para las autoridades, así como en la continuidad y fortalecimiento de la autorregulación ambiental y en mayores impactos de beneficio social.

Evaluación de Hallazgos

Con relación a aspectos de importancia en los resultados de la evaluación de hallazgos, se tiene:

- a) Los resultados de la jerarquización y evaluación de deficiencias, muestran que en un bajo porcentaje de empresas se consideran hallazgos que representen un ahorro e incentivo para las industrias al someterse al proceso de auditoría ambiental,

además de que es apreciable la falta de mayor objetividad en la propuesta de medidas de disminución de la contaminación, debido en parte a que el mayor grado de estudio se centra en el área de riesgo.

- b) Los términos de referencia de la PROFEPA para auditorías ambientales, rigen un criterio general del proceso de auditoría ambiental, sin embargo en los aspectos técnicos y alcances totales de auditoría, cada grupo consultor o auditor coordinador define según su propio criterio los procedimientos y alcances de auditoría. Para una misma planta industrial se pueden detectar hallazgos que signifiquen una disminución importante en la contaminación y un ahorro sustancial para la empresa, o las medidas sugeridas pueden ser subjetivas, de acuerdo a la capacidad, experiencia, objetividad, conocimiento y eficiencia del grupo auditor que se asigne.
- c) La forma de definir los alcances y procedimientos permite visualizar la necesidad del logro de mejora continua y la estandarización de procedimientos y alcances que representen mayores beneficios para la planta auditada y al ambiente. Si se homogeneizaran criterios técnicos y procedimientos de auditoría y se sometieran a un proceso de mejora continua para cada giro industrial, es razonable que los logros serían cada vez mejores, y la posibilidad de optimización de éxito se incrementaría.
- d) Las plantas industriales presentan cada una procesos, condiciones de operación, requerimientos y emisiones diferentes, es decir que para cada industria los aspectos puntuales que representen un ahorro económico y una disminución en contaminación pueden ser diferentes. Lo anterior permite observar la necesidad de clasificar los criterios y procedimientos de mejora continua, que puedan adoptarse, por giro industrial.

Los resultados de este trabajo muestran que el proceso de auditoría ambiental requiere y permite adecuaciones para el éxito y continuidad del Programa Nacional de Auditorías Ambientales, de tal manera que tenga una constante y mayor contribución en el logro del objetivo de las autoridades en el esquema de autorregulación ambiental, y para ello es determinante que el sector industrial reciba mejores incentivos en continuo progreso, aspecto que como se observa en los resultados estadísticos de

hallazgos, es mejorable en gran medida mediante la prestación de un servicio técnico en la auditoría cada vez más eficaz, homogeneizado en procedimientos y alcances (que le permitirá mejora continua) y con la evaluación por giro industrial de los beneficios potenciales que se pueden alcanzar con la auditoría ambiental.

Autogestión ambiental en auditorías ambientales

Con base en la observación de alcances de una auditoría ambiental, y en sus aspectos de desventaja, con respecto a la norma ISO 14001, se observa la importancia de la propuesta y aplicación de un Programa de Protección Ambiental con Mejora Continua, con el propósito de convertir al Plan de Acción en una función dinámica que asegure la autogestión en materia de riesgos y cumplimientos ambientales, así como el logro de los mayores impactos positivos tanto al ambiente y salud, como a la planta industrial; es decir, asegurar un Sistema de Gestión Ambiental dinámico, permanente y autorregulable.

En general, con relación a los procedimientos y términos de referencia para la realización de auditorías ambientales, no existe de manera objetiva, tanto en la detección de hallazgos, como en la elaboración del plan de acción, la propuesta de implantación de programas de este tipo.

Para asegurar la continuidad y fortalecimiento de la autorregulación ambiental, según el análisis comparativo del proceso de auditoría ambiental y el Sistema de Administración Ambiental de la norma ISO 14001, es determinante considerar una dinámica de actualización técnica, normativa y administrativa del sistema auditado, con el fin de que éste opere bajo control para el alcance de los objetivos actuales de la auditoría y el logro de los mayores beneficios posibles, que puede conseguirse a través de un Programa de Protección Ambiental con Mejora Continua, capaz de adaptarse a las circunstancias cambiantes para planear, implementar y evaluar los procedimientos de gestión ambiental, de suministros, de tecnología y de procesos técnicos.

Algunos de los problemas que justifican la necesidad de implementar en el proceso de auditoría ambiental, un mecanismo de seguimiento de acciones, autoevaluación y mejora continua son:

- ◆ Las empresas auditadas generalmente no cuentan con un PPAMC y dan atención puntual al Plan de Acción a través de un programa de obras y actividades, lo cual hace vulnerable al sistema e inconsistente al Programa Nacional de Auditorías Ambientales.
- ◆ Las acciones correctivas de origen (primera auditoría) presentan un alcance limitado con enfoques de solución puntual, lo que hace imposible incorporarlas a una mecánica continua de trabajo, haciendo nuevamente vulnerable el sistema.
- ◆ Generalmente la evaluación de la auditoría ambiental se limita a un desempeño estático y puntual en lugar de ser dinámico y continuo con lo cual se pierde la objetividad de la auditoría en el contexto de autorregulación.
- ◆ En el proceso de auditoría ambiental, no se considera a la estructura funcional administrativa para hacer operable un PPAMC, y sólo en la etapa de verificación por parte de un auditor coordinador es cuando se conforma un grupo de trabajo improvisado para dar atención al grupo evaluador.
- ◆ Los registros que respaldan el desempeño ambiental, son resguardados por diferentes responsables lo que da lugar a una desorganización afectando la aplicación de los programas de seguimiento y retardando la gestión ambiental.
- ◆ El proceso estático de auditoría y la carencia de un enfoque de mejora continua, limitan el interés de las empresas en la autorregulación ambiental y el logro de los mejores impactos, debido al estado cambiante en tecnología, mercados y suministros que signifiquen mejora en la eficiencia de operación, ahorros

económicos, actualización en cumplimiento ambiental y el mayor beneficio al ambiente.

Hallazgos y balances de materia en el estudio de caso

En el estudio de caso se observa que el enfoque de la auditoría fue centrado al cumplimiento normativo de seguridad, como lo es en la mayor parte de las auditorías que han sido realizadas; y para que sea un complemento de mayores alcances y beneficios ambientales y económicos, a las acciones de verificación obligatoria que lleva a cabo la PROFEPA sobre la industria de competencia federal, es eminente la importancia de evaluar y proponer procedimientos y términos de referencia que permitan explotar el potencial de beneficios que se pueden aportar mediante un proceso de auditoría ambiental, y someterlos a mejora continua.

Para el estudio de caso, prácticamente no se detectan hallazgos ni se proponen medidas que permitan mitigar las emisiones contaminantes y el riesgo de contaminación, así como aquellas que representen un incentivo para la planta en ahorro y optimización de procesos; medidas que son importantes en una autorregulación ambiental eficiente.

En ese sentido, se describieron aspectos prácticos del caso, que demuestran la importancia de los balances de materia en la detección de parámetros y factores que influyen en las emisiones contaminantes y en la adecuada operación del sistema, de tal manera que se puede apreciar en que puntos y sobre que elementos es posible llevar un control preciso y su registro, o en su caso la propuesta de un mejor sistema, que conjuntamente consigan la optimización del sistema en emisiones, cumplimiento legal y ahorro económico en las plantas.

El proceso de auditoría ambiental no contempla la realización de balances de materia, los cuales se exigían al inicio del PNAA, quizá por el grado de dificultad que significa.

Se sugieren las siguientes recomendaciones generales para explotar el potencial de mejora en las auditorías ambientales, que permita una mayor contribución y continuidad en la autorregulación ambiental:

- Reorientar el proceso de auditoría a una evaluación integral multimedios, con la modelación del cumplimiento ambiental y propuesta de medidas de mitigación, acordes al marco de elementos y factores que influyen en la factibilidad técnica y económica, de tal manera que permitan observar los costos-beneficios reales y las áreas y puntos de oportunidad en incentivos para el empresario.
- Integrar procedimientos de auditoría por giro industrial y estandarizarlos, incluyendo la revisión y evaluación de los procesos con enfoque de detección de su eficiencia y de la propuesta de acciones en su optimización, y considerando explícitamente las oportunidades de ahorro económico y mitigación de la contaminación, con lo que se incrementará el potencial de incentivos producto de la auditoría.
- Someter los procedimientos y el proceso de auditoría a mejora continua, con lo que se asegura el logro creciente de resultados objetivos y de mejor impacto al ambiente, empresa y sociedad, y se otorgará mayor confianza en la objetividad y trascendencia de la auditoría ambiental.
- Integrar en los resultados un Programa de Protección Ambiental con Mejora Continua, que induzca a una dinámica de actualización técnica, normativa y administrativa del sistema auditado, con el fin de que éste opere bajo control para el alcance de los objetivos actuales de la auditoría y el logro de los mayores beneficios posibles, y que asegure la autogestión en materia de riesgos y cumplimientos ambientales.
- Considerar la estructura funcional administrativa de la planta auditada, para operar el Programa de Protección Ambiental con Mejora Continua.
- Integrar en el grupo auditor al personal especializado en procesos de la planta, para explotar el potencial de detección de aspectos deficientes, cuya solución represente un incentivo económico para el industrial.

- Desarrollar un programa de monitoreo de incentivos logrados, que identifique y relacione los procesos, aspectos o elementos que repercutieron en la mitigación de la contaminación y riesgos ambientales, así como en la obtención de ahorros económicos, a los procedimientos de auditoría, lo que permitirá enriquecer la integración de éstos.
- Clasificar los procedimientos de acuerdo con su relación a la revisión del cumplimiento ambiental, a la mitigación de riesgos de accidentes, a la mitigación de la contaminación, al logro de beneficios económicos para la planta auditada, al logro de beneficios económicos para las autoridades y al beneficio social, con lo que se induce al desarrollo de una auditoría integral eficiente.

Conclusiones Generales

En conclusión, los resultados de este trabajo muestran que el proceso de auditoría ambiental ofrece un potencial elevado de mejora y de mayor contribución al Sistema Integrado de Regulación y Gestión Ambiental (SIRG), propuesto por la SEMARNAP, como un instrumento de autorregulación más eficaz, con mayores alcances y con un enfoque que le permita no solo continuidad, sino crecimiento.

Un aspecto importante de observar es que la estructura del proceso de auditoría, regulado por la Procuraduría Federal de protección al Ambiente, no únicamente permite considerar en sus alcances, sino que hace necesario para su mejora y continuidad, el concepto de calidad ambiental total en la industria, en donde la reducción de emisiones y descargas se logre simultáneamente con mejoras en la posición competitiva de las empresas y con una mayor productividad, mediante nuevos sistemas integrales de administración, control de calidad, reciclaje de materiales, eficiencia energética, sustitución de insumos y minimización de contaminantes, entre otros elementos.

El enfoque del SIRG, que prioriza la regulación multimedios de los procesos de contaminación, y con lo cual se le da énfasis a la prevención, sobre las soluciones de medios aislados al final del tubo, muestra la importancia de la consideración de SAA, y la necesidad de una mejor integración de los organismos y programas que proponen y regulan medidas, criterios y normas, que contribuyen en la mitigación de la contaminación, una mayor eficiencia energética (que se traduce en impactos positivos al ambiente e incentivo económico para las plantas industriales) y en general en el desarrollo sustentable.

En ese sentido, la estructura del Programa Nacional de Auditoría Ambiental, como parte del SIRG, permite considerar los aspectos de mejora plasmados en este trabajo, además de otros elementos de importancia, como son el aprovechamiento en el proceso de auditoría del grupo interdisciplinario que participa en él, incluyendo al personal de procesos de las plantas industriales, en la promoción e implantación de medidas y programas de eficiencia energética de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), del Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía (FIDE), o detectables en la evaluación de campo, además de la realización de balances de materia, entre otros.

El PNAA puede aprovecharse como un importante elemento de difusión e implantación de políticas y programas de otros organismos ajenos a la PROFEPA.

REFERENCIAS:

1. Bagchi, A., (1989), *Design, Construction & Monitoring of Sanitary Landfill*, John Wiley & Sons, pp. 21-32.
2. Calderón B., (1999), *Evaluación del Desarrollo de Auditorías Ambientales bajo el Sistema de Auditores Aprobados*, Taller sobre Responsabilidad del Proceso de Auditorías Ambientales, Puebla.
3. INEGI, 1997, *Anuario Estadístico del Estado de Veracruz*.
4. IMASA, PROFEPA, (1997), *Evaluación de los Beneficios Ambientales y Económicos derivados de las Auditorías Ambientales en México*.
5. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, Novena edición, 1997.
6. NMX-SAA-001-1998-IMNC (ISO 14001: 1996), *Sistemas de Administración Ambiental – Especificación con guía para su uso*.
7. NMX-SAA-002-IMNC-1999 (ISO 14004: 1996), *Sistemas de Administración Ambiental – Directrices Generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo*.
8. NMX-SAA-003-IMNC-1999 (ISO 14010: 1996), *Directrices para auditorías ambientales – Principios Generales de auditorías ambientales*.
9. NMX-SAA-004-IMNC-1999 (ISO 14011: 1996), *Directrices para auditorías de administración ambiental. – Procedimientos de auditorías. – Auditorías de los sistemas de administración ambiental*.
10. NMX-SAA-005-IMNC-1999 (ISO 14012: 1996), *Directrices para auditorías ambientales – Criterios de calificación para los auditores de administración ambiental*.
11. NMX-SAA-006-IMNC-1999 (ISO 14050: 1998), *Administración Ambiental. – Vocabulario*.
12. Norma Oficial Mexicana NOM-AA-91-1987, "Calidad del suelo-Terminología", Dirección General de Normas, SECOFI.
13. NOM-083-ECOL-1996, " Condiciones que deben reunir los sitios destinados a relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos municipales"

14. NOM-084-ECOL-1996, "Requisitos para el diseño de un relleno sanitario y la construcción de sus obras complementarias".
15. NOM-001-STPS-1993, " Condiciones de seguridad e higiene en los edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo".
16. NOM-002-STPS-1994, "Condiciones de seguridad para la prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo"
17. NOM-004-STPS-1993, "Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria, equipos y accesorios en los centros de trabajo".
18. NOM-005-STPS-1993, "Condiciones de seguridad en los centros de trabajo para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles".
19. NOM-008-STPS-1993, "Condiciones de seguridad e higiene para la producción, almacenamiento y manejo de explosivos en los centros de trabajo".
20. NOM-009-STPS-1994, "Condiciones de seguridad e higiene para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias corrosivas, irritantes y tóxicas en los centros de trabajo".
21. NOM-011-STPS-1993, "Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere el ruido".
22. NOM-017-STPS-1994, "Equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo"
23. NOM-020-STPS-1994, "Medicamentos, materiales de curación y personal que presta los primeros auxilios en los centros de trabajo".
24. NOM-022-STPS-1993, " Condiciones de seguridad en los centros de trabajo en donde la electricidad estática represente un riesgo".
25. NOM-025-STPS-1994, "Niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo".
26. NOM-027-STPS-1994, "Señales y avisos de seguridad e higiene".
27. NOM-080-STPS-1993, "Higiene industrial, medio ambiente laboral. Determinación del nivel sonoro continuo equivalente al que se exponen los trabajadores en los centros de trabajo".

28. PROCESA, (1995) Proyecto Ejecutivo de Relleno Sanitario para los municipios de Guadalajara, El Salto, Juanacatlán, Tonalá y Zapotlanejo, estado de Jalisco.
29. PROFEPA, (2000), *Programa Industria Limpia*.
30. Reinhard P., ISO World, 2000, *The Number of ISO 14001 Registration of the World*.
31. Salvato, J., (1992), *Environmental Engineering and Sanitation*, Wiley-Interscience, pp. 736-744.
32. SEMARNAP, PROFEPA, (1994), *Términos de Referencia para la Realización de Auditorías Ambientales*.
33. SEMARNAP, (1997), *Sistema Integrado de Regulación y Gestión Ambiental*.
34. SEMARNAP, PROFEPA, (1997), *Industria Limpia en Números*.
35. SEMARNAP, PROFEPA, (1998), *Auditoría Ambiental, Beneficios Ambientales, Económicos y Sociales*.
36. Tchobanoglous, G. (1993), *Integrated Solid Waste Management*, Mc Graw Hill International Editions. pp. 387-392.