



**Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Química**

**Análisis de los impactos ambientales causados durante la construcción de la
Central Carboeléctrica del Pacífico**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestro en Ciencias Ambientales

Presenta

Biol. Claudia Miriam Ortis Bonilla

Querétaro, Qro. Octubre de 2009



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Química
Maestría en Ciencias Ambientales

**ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES CAUSADOS DURANTE
LA CONSTRUCCIÓN DE LA CENTRAL CARBOELÉCTRICA DEL PACÍFICO**

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Ciencias Ambientales

Presenta:

Biol. Claudia Miriam Ortis Bonilla

Dirigido por:

Dr. Miguel Ángel Rea López

SINODALES

Dr. Miguel Ángel Rea López
Presidente

M.C. Joel Quesada Mejorada
Secretario

M.C. Gustavo Pedraza Aboytes
Vocal

M.C. Miguel Ángel Rico Rodríguez
Suplente

M.C. Antonio Aranda Regalado
Suplente

Q.B. Magali E. Aguilar Ortiz
Directora de la Facultad

Firma
Firma
Firma
Firma
Firma
Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Octubre de 2009
México

RESUMEN

En México, la creciente demanda de energía eléctrica requiere de ampliar continuamente la infraestructura de generación, incluyendo la construcción de centrales termoeléctricas, preferidas, en comparación con otras tecnologías, por su corto periodo de construcción, baja inversión y amplia disponibilidad de combustibles. La construcción de una termoeléctrica es un megaproyecto con impactos ambientales potenciales considerables. Por esa razón, el proyecto de construcción requiere de un estudio para identificar, predecir, interpretar y prevenir los efectos del proyecto en el ambiente; el estudio de impacto ambiental. Sin embargo, esos estudios no siempre aportan los resultados esperados y las medidas de mitigación que proponen no son siempre adecuadas. En los proyectos termoeléctricos ejecutados en México no se ha analizado la utilidad del estudio preliminar de impacto ambiental para identificar impactos reales causados por su construcción. En este estudio se cuantificaron los impactos ambientales de la construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico (Petacalco, Guerrero) y se contrastaron con los identificados en el estudio de impacto ambiental reglamentario. Los impactos cuantificados incluyeron la generación de residuos (peligrosos y no peligrosos), ruido, el consumo de agua, combustibles y gases (para estimar emisiones) y los accidentes de trabajo. No se cuantificaron efectos ecológicos porque el proyecto usó terreno de uso industrial. Los resultados mostraron que, al menos para el proyecto analizado, el estudio preliminar de impacto ambiental subestimó y en algunos casos omitió impactos ambientales. El análisis del estudio de impacto ambiental indicó que existieron deficiencias en la identificación de impactos ambientales durante la etapa de construcción y que, aunque el estudio cumplió en su mayoría con los lineamientos de la guía sectorial para la elaboración de estudios ambientales, existieron impactos que fueron omitidos o que se identificaron con una base no cuantitativa. Asimismo, se observó que el estudio de impacto ambiental se sesgó a la identificación de impactos ambientales durante la operación del proyecto, pero no consideraron o se subestimaron los impactos ambientales asociados a la fase de construcción. Estos resultados serán de utilidad para que en futuros proyectos termoeléctricos se asegure que la identificación y establecimiento de medidas de mitigación tenga una base cuantitativa considerando la etapa constructiva, lo que resultará en un control eficiente de impactos ambientales asociados y dará a la autoridad mejores elementos para su aprobación.

Palabras clave: impacto ambiental real, energía termoeléctrica.

SUMMARY

In Mexico, the increasing demand of electric energy requires to extend the infrastructure for power generation, including the construction of thermoelectric power plants, preferred, among other technologies, because of its short construction period, low cost investment and wide fuel availability. Because the construction of a thermoelectric power plant is a megaproject with considerable potential environmental impacts, these projects require of a study to identify, predict, interpret and prevent the effects of it on the environment; the environmental impact study. However, these studies not always provide the expected results and the proposed mitigation strategies not always are suitable. In none of the thermoelectric projects executed in Mexico, there has been a study to determine the usefulness of the preliminary environmental impact study to identify the real impacts caused for their construction. In this study the environmental impacts were quantified from the construction of the Carboelectrica del Pacifico power plant (Petacalco, Guerrero) and contrasted them with the impacts identified in the regulatory environmental impact study. The environmental impacts quantified included waste generation (dangerous and no dangerous), noise, water, fuel and gases consumption (to estimate emissions) and work accidents. No ecological effects were quantified because the project used industrial plot of land. The results showed that, at least for this project, the preliminary environmental impact study underestimated and in some cases omitted environmental impacts. The analysis of environmental impact study indicated that there were deficiencies in the identification of environmental impacts during the construction stage and that, although the study carried out most of the lineaments of the sectorial guide for the elaboration of environmental impact studies, there were impacts that were omitted or identified with no quantitative basis. Furthermore, it was observed that the environmental impact study was slant to the identification of environmental impacts during operation, but the environmental impacts associated with the construction phase were not considered or underestimated. These results will be useful in future thermoelectric projects to ensure that the identification and establishment of mitigation measures have a quantitative basis that considers the construction stage, which in turn will result in a more efficient control of associated environmental impacts and it will provide authorities with better elements for their approval.

Key words: real environmental impact, thermoelectric energy.

A mi pequeña familia.

AGRADECIMIENTOS

A la Comisión Federal de Electricidad, en particular a la Residencia General de Construcción I, ubicada en Querétaro, donde se me proporcionó el tiempo necesario para cursar la maestría en Ciencias Ambientales y la información para la elaboración de mi tesis.

La realización de este trabajo se debe en mucho al apoyo de los Supervisores Ambientales del Proyecto CCE Pacífico en su etapa de construcción, Ing. Fernando Quijas Vargas, Ing. Nelly Mendoza Ocampo, Biol. Severiano Cruz Suárez y Biol. Verónica Márquez Muñoz, quienes me apoyaron con la recolección de información de campo.

Por la valiosa colaboración del Dr. Miguel Ángel Rea López, en la asesoría del presente trabajo.

A Jerónimo, que ahora comparte conmigo un logro más de mi vida académica, por su apoyo y ayuda incondicional.

A mi mamá, la persona que siempre ha creído en mí, por su apoyo en todo momento.

A cada uno de los sinodales por las aportaciones en mejora del presente trabajo.

A mis compañeros de trabajo y de la maestría, que me impulsaron en la conclusión de este compromiso.

INDICE

	Página
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Indice	v
Indice de cuadros	vi
Indice de figuras	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Contaminación ambiental	3
2.2 Elementos del proceso de evaluación de impacto ambiental	7
2.2.1 Impacto ambiental	7
2.2.2 Evaluación de impacto ambiental	8
2.2.2.1 Antecedentes de la evaluación de impacto ambiental	8
2.2.2.2 Procedimiento de evaluación de impacto ambiental	11
2.2.3. Estudio de impacto ambiental	13
2.2.3.1. Contenido técnico de los estudios de impacto ambiental	13
2.2.3.2. Técnicas de evaluación de impacto ambiental	16
2.3 Deficiencias en los estudios de impacto ambiental	17
2.4 La industria eléctrica	19
2.5 Impacto ambiental de las centrales termoeléctricas	20
Hipótesis	25
Objetivo general	25
Objetivos particulares	25
III. METODOLOGÍA	26
3.1 Ubicación del sitio de estudio	26
3.2 Cuantificación de impactos ambientales	26

3.2.1 Componente suelo	26
3.2.2 Componente atmósfera	28
3.2.3 Componente hidrología	30
3.2.4 Componente social	30
3.3 Determinación de la utilidad del estudio de impacto ambiental	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1 Descripción del proyecto en construcción	33
4.2 Cuantificación de impactos ambientales	33
4.2.1 Componente suelo	33
4.2.2 Componente atmósfera	48
4.2.3 Componente hidrología	57
4.2.4 Componente social	60
4.3 Evaluación de la utilidad del estudio de impacto ambiental	62
V. CONCLUSIONES	81
LITERATURA CITADA	83

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
3.1	Lista de símbolos de evaluación del estudio de impacto ambiental.	32
4.1	Residuos sólidos no peligrosos generados durante la etapa de construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico.	35
4.2	Residuos sólidos peligrosos generados durante la etapa de construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico.	41
4.3	Residuos líquidos peligrosos generados durante la etapa de construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico.	46
4.4	Consumo estimado de combustible durante la etapa de construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico.	52
4.5	Emisión (kg) estimada de contaminantes atmosféricos por tipo de combustible.	54
4.6	Consumo estimado de gases durante la etapa de construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico.	56
4.7	Calidad del estudio de impacto ambiental de la CCE Pacífico de acuerdo a la metodología propuesta por Sandham (2008).	63
4.8	Impactos pertinentes y considerados (√) en el estudio de impacto o ambiental (EIA) de la etapa constructiva del proyecto CCE del Pacífico.	66
4.9	Medidas de mitigación pertinentes y consideradas (√) en el estudio de impacto ambiental (EIA), para la etapa de construcción del proyecto CCE Pacífico.	70

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
2.1	Vista panorámica del área del proyecto. La imagen A muestra la ubicación de la Central Carboeléctrica Presidente Plutarco Elías Calles (CTPPEC) y proyectos asociados. La imagen B muestra las 6 Unidades de la CTPPEC, actualmente operando y la Central Carboeléctrica del Pacífico en etapa de construcción.	21
3.1	Mapa de la zona de estudio. Ubicación de la Central Carboeléctrica del Pacífico.	27
4.1	Arreglo fotográfico (Diciembre 2008) de la construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico. Se muestran áreas representativas de la construcción.	34
4.2	Generación temporal de residuos sólidos no peligrosos durante la construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico. La barra superior indica la etapa constructiva del proyecto. La construcción inició en junio 2006.	37
4.3	Generación temporal de residuos sólidos peligrosos durante la construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico. La barra superior indica la etapa constructiva del proyecto. La construcción inició en junio 2006.	42
4.4	Generación temporal de residuos líquido peligrosos durante la construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico. La barra superior indica la etapa constructiva del proyecto. La construcción inició en junio 2006.	47
4.5	(A) Ubicación de puntos de monitoreo de ruido en la zona de construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico. Los números (círculos amarillos) indican los puntos de monitoreo de ruido de la fuente y las letras (círculos rojos) los puntos de monitoreo del ruido de fondo. El área de construcción esta delimitada por la línea verde. (B) Nivel promedio de ruido por punto de monitoreo. La línea punteada indica el límite máximo	

	permisible establecido en la NOM-081-SEMARNAT-1994 (68 dB).	49
4.6	Agua utilizada durante la construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico, por tipo de uso.	58
4.7	Accidentes ocurridos durante la etapa constructiva de la Central Carboeléctrica del Pacífico (219 accidentes en total).	61

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas globales actuales es el deterioro del ambiente, que de no ser controlado provocará la pérdida de las condiciones naturales existentes y afectará la sobrevivencia de organismos y ecosistemas. El deterioro del ambiente es el resultado, al menos en parte, del acelerado crecimiento demográfico que trae como consecuencia una mayor demanda de servicios y mayor contaminación ambiental. El desarrollo social requiere un adecuado desarrollo económico y a su vez éste requiere de insumos proporcionados por el ambiente, sin embargo si esos recursos se agotan se afectaría el bienestar social y el de generaciones futuras. En el entendido de que cualquier actividad humana genera impactos al ambiente, una de las acciones de los gobiernos para detener o minimizar el deterioro ambiental a mediano y largo plazo es legislar y normar prácticamente cualquier proyecto de desarrollo de manera que cumpla con condiciones que minimicen el impacto ambiental.

Dada la problemática ambiental potencial que representa la ejecución de un nuevo proyecto productivo o de servicios, la legislación mexicana exige la presentación de una manifestación de impacto ambiental, cuya elaboración se basa en un estudio de impacto ambiental de la obra o proyecto en cuestión. Esas evaluaciones se realizan teniendo como antecedente que a través de ese instrumento es posible determinar cualitativa y cuantitativamente los impactos que un proyecto causará. Un proyecto se aprueba cuando hay una afectación ambiental mínima aceptable. Las evaluaciones de impacto ambiental son, por lo tanto, un insumo en la toma de decisiones para la aprobación de un proyecto y al mismo tiempo una estrategia de mitigación de los impactos ambientales del proyecto cuando éste ya ha sido aprobado. Durante el proceso de elaboración de los estudios de impacto ambiental se identifican los aspectos adversos que cada actividad del proyecto tendrá en cada nicho del ecosistema y en forma integral, así como las medidas que se requieren para prevenirlos o mitigarlos (Azcárate L.B y J.A. Mingorance, 2003; INE, 2000; Arévalo y Díaz, 1997).

La decisión de construcción de centrales termoeléctricas está sujeta estudios de impacto ambiental porque los proyectos termoeléctricos requieren

extensiones considerables de terreno y su construcción causa impactos al ambiente que alteran el entorno y modifican el paisaje natural (UNAM, 2004). Los impactos asociados a la construcción de un proyecto termoeléctrico son causados principalmente por las actividades de preparación del sitio (desmonte, despilme, excavación, movimiento de tierras, drenajes, drenado o embalse de cuerpos de agua, y ocupación de áreas temporales), pero a esos impactos se suman impactos sociales con repercusión ambiental provocados por el empleo de gran número de personas. Durante la etapa operativa, las centrales termoeléctricas son fuentes importantes de emisiones atmosféricas que pueden afectar la calidad del aire en escala local y regional. Efectivamente, durante su operación las centrales termoeléctricas emiten dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de carbono y partículas. También se genera agua de enfriamiento que constituye el efluente más importante. En general, en ambas etapas, la de construcción y la de operación, se generan residuos sólidos, líquidos y gaseosos ambos peligrosos y no peligrosos, aguas residuales y emisiones al aire, suelo y agua (UNAM, 2004).

El objetivo de la evaluación de impacto ambiental es prevenir situaciones de deterioro y proteger la calidad del ambiente estableciendo las medidas más adecuadas para llevar a niveles aceptables los impactos derivados de las acciones humanas (Espinoza, 2001). Sin embargo, los estudios de impacto ambiental no siempre se realizan de manera adecuada y las medidas propuestas no siempre proporcionan buenos resultados o existen aspectos que se subestiman (Pinho, *et. al.*, 2007; Sandham y Pretorius, 2008; Söderman, 2009). En los proyectos termoeléctricos en México no se ha realizado un análisis que permita conocer la efectividad de los estudios de impacto ambiental ni su acercamiento con la realidad. Aquí, por primera vez se determinaron y cuantificaron los impactos ambientales reales durante la etapa constructiva de un proyecto termoeléctrico (Central Carboeléctrica del pacífico) y se compararon con los identificados en el estudio de impacto ambiental para determinar la efectividad de este último para identificarlos. Los resultados de este estudio proveerán información acerca de la utilidad de los estudios de impacto ambiental como instrumentos para conservar la calidad del ambiente y de los ecosistemas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Contaminación ambiental

El aumento continuo de la población, su concentración en grandes centros urbanos y el desarrollo industrial han ocasionado que cada día existan más problemas ambientales y más contaminación ambiental. La contaminación es la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico (LGEEPA, 2008). Los efectos de la contaminación se manifiestan como enfermedades en los seres vivos, como desaparición de especies animales y vegetales, como inhibición de sistemas productivos y como una disminución de la calidad de vida.

Existen varios tipos de contaminación: contaminación del agua, suelo, aire, sonora, visual y térmica.

El agua se contamina cuando se alteran sus características naturales de manera que es inadecuada para el consumo humano o para el soporte de la vida de plantas y animales. Las principales causas antropogénicas de la contaminación del agua son los hogares y las industrias. En el hogar se desechan al agua productos de uso diario incluyendo detergentes, grasas, materia orgánica, medicamentos, productos de limpieza, etc. En las industrias el agua se usa como parte del proceso de producción, donde se contamina con compuestos químicos del proceso o se cambia la temperatura de la misma. El uso del agua en las plantas de generación eléctrica ocurre de manera primordial en las torres de enfriamiento como pérdidas por evaporación, aunque también es utilizada en los equipos de control de contaminantes (Quintanilla, 1997).

El suelo se contamina cuando existe un desequilibrio físico, químico o biológico que afecta al humano, a los animales y al desarrollo de las plantas. La disposición de residuos peligrosos y no peligrosos en el suelo, el uso excesivo de agroquímicos y la deforestación son los principales causantes del deterioro del suelo. Durante la operación de las termoeléctricas, los desechos sólidos se originan a partir del combustible y a partir de la remoción de los residuos de un medio (aire) a otro medio (el suelo) por medio de dispositivos de control. La

magnitud de la cantidad de desechos sólidos se incrementa cuando se utiliza carbón (Quintanilla, 1997).

La contaminación del aire es la presencia de sustancias y formas de energía que alteran la calidad del mismo, de modo que implique riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza (Conesa, 1997). La contaminación del aire afecta significativamente el confort, salud y bienestar de las personas. Los contaminantes del aire pueden ser de origen natural (erupciones, incendios, gases y polen) o antropogénico, es decir que se derivan de las actividades humanas (Jiménez, 2002).

Los principales contaminantes presentes en el aire son:

- Monóxido de carbono (CO). Un gas tóxico más ligero que el aire que tiene alta difusividad. El CO se forma durante la combustión deficiente del carbón, gas natural o petróleo y sus derivados, por incendio de bosques y campos de cultivo, por procesos industriales y por de la degradación de desechos sólidos, entre otras (Bazán, 2005). Debido a un decremento del transporte de oxígeno, el CO puede provocar una disminución de la capacidad de concentración y rendimiento intelectual (Jiménez, 2002; Zuk M. *et al*, 2006).
- Dióxido de carbono (CO₂). Es un gas más denso que el aire que puede provocar asfixia por desplazamiento del oxígeno. Es producto de la combustión de la materia orgánica debido al proceso de respiración o a las combustiones artificiales completas. En los últimos años se ha rebasado la capacidad de asimilación del CO₂ del planeta por la fotosíntesis o por la disolución en el océano y el aumento de CO₂ en la atmósfera ha provocado el efecto invernadero; el CO₂ junto con el vapor de agua retienen la radiación infrarroja proveniente de la reflexión de la luz solar por la tierra y causan una elevación de la temperatura ambiental (Jiménez, 2002; Bazán, 2005; Zuk M. *et al*, 2006).
- Dióxido de azufre (SO₂). Formado por la oxidación de combustibles fósiles que contienen azufre, es más denso que el aire. Se disuelve ligeramente en el agua formando ácido sulfuroso (H₂SO₃) que acelera la corrosión de los metales y materiales calizos. Provoca irritación en el tracto respiratorio favoreciendo el enfisema pulmonar (Jiménez, 2002; Bazán, 2005; Zuk M. *et al*, 2006).

- Óxidos de nitrógeno (NO_x, NO, NO₂, N₂O). Los óxidos de nitrógeno son producidos naturalmente durante las reacciones de combustión a altas temperaturas. La generación antropogénica se produce principalmente durante las reacciones de combustión en motores, en la generación de energía eléctrica con combustibles fósiles, en la fabricación de vidrio, ácido nítrico, refinerías y por el uso de fertilizantes. En condiciones favorables de temperatura y concentración, el nitrógeno reacciona produciendo óxidos de nitrógeno (NO, NO₂, N₂O). El NO₂ y NO afectan el tracto respiratorio y causan irritación nasal y edema pulmonar (Bazán, 2005).
- Hidrocarburos. Los hidrocarburos son compuestos químicos formados de carbono e hidrógeno. Las principales fuentes de emisión de estos productos son la industria del petróleo y de gas natural y los vehículos automotores (tanto por el efecto de evaporación de hidrocarburos como por oxidación ineficiente). Los efectos de los hidrocarburos dependen de su estructura química. Los de tipo parafínico son asfixiantes por desplazamiento del oxígeno, los alquenos son muy reactivos en la atmósfera y los cíclicos presentan diferentes propiedades tóxicas anestésicas. Los policíclicos como el 1,2-benzoantraceno y el 3,4-benzopireno y 1,2-benzoperileno son carcinógenos (Jiménez, 2003).
- Partículas. Las partículas son toda aquella materia con un tamaño entre 0.0002µm y 500µm. En conjunto las partículas de esos tamaños se designan como partículas suspendidas totales (PST). Las partículas pueden ser de origen natural o antropogénico, pueden ser un contaminante único o bien una mezcla de varios contaminantes y pueden ser emitidas directamente a la atmósfera (partículas primarias) o formadas por reacciones químicas posteriores (partículas secundarias) (Hidy, 1986, Chow, 1995; Zuk M. *et al*, 2006). La importancia de cada tipo depende de la localización geográfica, de la fuente de emisión, de la química atmosférica y de la meteorología (EPA, 1996). De acuerdo con su origen, las partículas se pueden clasificar en polvos, humos, fumos, cenizas volantes, nieblas y aerosoles. Las partículas provocan daños en las vías respiratorias, agravan el asma y favorecen las enfermedades cardiovasculares. En el ambiente las partículas absorben la energía solar,

pueden provocar un decremento de la temperatura de la tierra y afectan la visibilidad (Jiménez, 2003).

En cuanto a las emisiones de contaminantes a la atmósfera proveniente de la combustión de combustibles fósiles en las termoeléctricas, están los NO_x, SO_x, las partículas, trazas de metales y CO₂. Aunque también se tienen en menor cantidad, liberaciones de cloruros, fluoruros, CO e hidrocarburos no quemados. Las emisiones de partículas se originan principalmente en las plantas generadoras a base de carbón (Quintanilla, 1997).

Contaminación térmica. Es el tipo de contaminación que puede ser causado en el agua o en el aire. En la atmósfera, el aumento de calor es producido por las grandes concentraciones urbanas, el incremento de CO₂ y los efluentes gaseosos de los sistemas industriales de enfriamiento. En este caso, el calor es transferido de diversos procesos y llega mediante conducción, convección, radiación y por la evaporación del agua; este fenómeno ocurre sobre todo en las zonas metropolitanas. Para el caso de agua, la principal fuente de calor son los sistemas industriales de enfriamiento, donde destacan las plantas de generación de energía eléctrica. Las centrales cuentan con una fuente de energía (carbón, gas o combustóleo) que al quemarse genera vapor a alta presión el cual pasa sucesivamente por una turbina, un generador y un sistema de condensación donde el calor es transferido al agua. La temperatura es un factor que regula el metabolismo y comportamiento de los organismos acuáticos, la velocidad de las reacciones químicas y las propiedades físicas de los componentes del ecosistema. Un incremento en la temperatura del agua altera la dinámica natural de los ecosistemas y limita ciertos usos (Quintanilla, 1997; Jiménez, 2002).

Ruido. La contaminación por ruido se produce cuando existen sonidos duraderos, de fuerte intensidad, de elevada frecuencia, caóticos, molestos o indeseables que afectan la tranquilidad y salud de los seres vivos (Jiménez, 2002). El ruido proviene de fuentes urbanas o industriales. En las zonas urbanas las fuentes de ruido son vehículos, aviones, industrias y los vecindarios (construcciones, demoliciones, sistemas de aire acondicionado y bombeo, eventos deportivos, publicitarios, recreativos, festivos y políticos). El ruido de la industria

proviene básicamente de las descargas de gases y vapores a la atmósfera, de la circulación de fluidos en conductos cerrados, del contacto entre superficies metálicas con sólidos y de contacto entre superficies metálicas (Jiménez, 2002). Dependiendo de su intensidad, el ruido puede causar daños al oído que se manifiestan como un aumento en el umbral mínimo de percepción y que puede llegar hasta la sordera total. El ruido puede también provocar efectos orgánicos incluyendo modificaciones en el funcionamiento de los sistemas endocrino y nervioso autónomo, disminución en el rendimiento en el trabajo e interrupción del sueño (Jiménez, 2002; Bregman y Mackenthun, 2000).

El ruido se mide en decibeles, unidad que cuantifica la presión creada por las ondas que producen el sonido. La escala de ruido va desde el nivel más bajo que el oído humano puede escuchar (0 decibeles) hasta 140 decibeles, un nivel sonoro que causa daño auditivo inmediato y permanente (OMS, 1999).

Contaminación visual. La contaminación visual es la ruptura del equilibrio natural del paisaje por la gran cantidad de avisos publicitarios o colores que por su variedad e intensidad afectan las condiciones de vida de los seres vivos. Las principales causas son el exceso de avisos publicitarios, luces y colores intensos y cambios del paisaje natural por actividades humanas.

2.2 Elementos del proceso de evaluación de impacto ambiental

2.2.1 Impacto ambiental

El impacto ambiental se entiende como una alteración o modificación que una acción produce sobre el ambiente o sobre alguno de sus componentes (Conesa, 1997). Ese efecto es de magnitud variable y puede ser positivo o negativo, aceptable o inaceptable (Jiménez, 2002). Hay impacto ambiental cuando las condiciones previas existentes en lo que respecta a la calidad ambiental se transforman por las acciones derivadas de la introducción de actividades humanas. Esos impactos pueden aparecer de diversas formas y con diferentes características (Azcárate y Mingorance, 2003); se manifiestan en tres facetas sucesivas: la modificación de alguno de los factores ambientales o del conjunto del

sistema ambiental, la modificación del valor del factor alterado o del conjunto del sistema ambiental, la interpretación o significado ambiental de dichas modificaciones y el significado para la salud y bienestar humano (Gómez, 1999).

El deterioro del medio ambiente causado por la ejecución de proyectos productivos o de servicios es preocupante y debe evitarse. Es decir, ningún proyecto debe iniciarse si su ejecución u operación tiene un impacto significativo en el ambiente. Por esa razón es deseable evaluar cualitativamente y cuantitativamente los impactos ambientales asociados a cualquier proyecto antes de iniciarse. La evaluación de impacto ambiental es una técnica que se ha aplicado durante más de 30 años y que durante ese tiempo se ha empleado por los gobiernos como un mecanismo de decisión para autorizar o rechazar la ejecución de proyectos productivos o de servicios.

2.2.2 Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental es un procedimiento jurídico-administrativo que tiene por objeto la identificación, la predicción y la interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad producirá en caso de ser ejecutado, así como la prevención, la corrección y la valoración de los mismos, con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por la autoridad ambiental (Conesa, 1997; Gómez, 1999). En los estudios de impacto ambiental se combinan dos aspectos, un aspecto administrativo y un aspecto técnico. Administrativamente, la evaluación de impacto ambiental es un procedimiento mediante el cual se puede aprobar, rechazar o transformar un determinado proyecto. Técnicamente es un estudio analítico cuyo objetivo es prever los posibles impactos que el proyecto puede ocasionar en el ambiente.

2.2.2.1 Antecedentes de la evaluación de impacto ambiental

El primer procedimiento de evaluación de impacto ambiental se realizó en Estados Unidos derivado de la Ley Nacional de Política Ambiental (National Environmental Policy Act, NEPA) promulgada en 1970. En esa ley se estableció la normativa para realizar evaluaciones de impacto como un acto necesario antes de

llevar a cabo determinadas actividades. La NEPA fue el punto de referencia para los demás países para crear normatividad similar. En el caso de Europa, en la década de los 60's aparecieron las primeras legislaciones al respecto y fueron incorporándose progresivamente como un mecanismo de control de las actividades realizadas por la administración y los particulares (Azcárate L.B y J.A. Mingorance, 2003; INE, 2000; Arévalo y Díaz, 1997).

En México, la legislación en materia de protección ambiental fue escasa hasta la década de los 70's, cuando se inició una política ambiental acorde a las necesidades del país (Juárez, 2003). Aunque desde antes de 1977 se realizaban estudios similares a los de impacto ambiental o se practicaban acciones de prevención y disminución de impactos ambientales, a esos estudios y acciones no se les denominaba de esa manera. Fue hasta 1977, en la evaluación preliminar de estudios de infraestructura hidráulica, cuando inició la aplicación formal de los estudios de impacto ambiental en México (INE, 2000).

En México, el primer instrumento jurídico que reguló las actividades del ser humano con el fin de evitar, prevenir y controlar la contaminación ambiental fue la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental (LFCCA) publicada en 1971. El enfoque de la LFCCA fue desde la perspectiva de la salud pública por lo que su aplicación y reglamentos correspondieron a la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA) a través de la Subsecretaría de Mejoramiento de Ambiente. Esa ley tenía limitaciones en comparación con la legislación actual; no hacía referencia, por ejemplo, al impacto ambiental. Sin embargo ya contemplaba la prevención y control de la contaminación del agua, suelo y aire (INE, 2000; Juárez, 2003).

Con la reestructuración de la administración pública federal en enero de 1977, la Secretaría de Agricultura y Ganadería y la Secretaría de Recursos Hidráulicos se fusionaron para dar origen a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), donde se creó la Subdirección de Impacto Ambiental, dependiente de la Dirección de Usos del Agua. Por otro lado en las dependencias que tenían atribuciones en materia de control de contaminación, también se constituyeron áreas para atender los problemas de contaminación en distintos

organismos de la administración pública federal. Así ocurrió en la Secretaría de Marina, Aeropuertos y Servicios Auxiliares, en la Comisión Federal de Electricidad y en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, donde se crearon oficinas encargadas de proteger al ambiente (INE, 2000; Juárez, 2003).

A partir de la década de los ochentas hubo cambios significativos en la legislación y en asuntos relacionados con el medio ambiente. En enero de 1982 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Ley Federal de Protección al Ambiente (LFPA), que abrogó a la LFPCCA. Esta nueva ley tenía como propósito el regular, por primera vez, aquellos aspectos en donde pudiera haber contaminación, los efectos que esta contaminación tendría sobre el agua, aire y suelo, así como mejorar y preservar el ambiente. En esa nueva ley se incorporó la definición de los términos de impacto ambiental y manifestación de impacto ambiental y se estipuló en qué casos sería necesario que los particulares presentaran ese tipo de estudios. Sin embargo, la obligación de elaborar una manifestación de impacto ambiental se limitaba a los proyectos que pudieran producir contaminación o deterioro ambiental, lo que permitía la discrecionalidad y subjetividad (INE, 2000; Juárez, 2003).

En 1986 se publicó la Ley Forestal y en marzo de 1988 entró en vigor la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) con la que se abrogó la LFPA. En ambas leyes se precisaba qué obras o actividades debería contar con la autorización en la materia de impacto ambiental antes de su ejecución. Fue así como por primera vez se contó con un marco legal sobre la evaluación de impacto ambiental ya que en esta ley se establece el informe preventivo de impacto ambiental como un recurso opcional por el promovente de una obra o actividad. En la resolución de ese informe, la autoridad solicitaría la presentación, o no, de una manifestación de impacto ambiental (MIA) en cualquiera de las tres modalidades: general, intermedia o específica (INE, 2000; Juárez, 2003). La MIA es un documento de reporte de estudios en materia de identificación, predicción y evaluación de los impactos ambientales (Juárez, 2003).

El 30 de mayo de 2000 se publicó en el Diario Oficial de la federación el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

en materia de Evaluación de Impacto Ambiental donde se establecieron las obras o actividades que requieren evaluación de impacto ambiental y se modifican las modalidades de manifestación de impacto ambiental, quedando en regional y particular (RLGEEPA, 2000).

2.2.2.2 Procedimiento de evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental es el método seleccionado por los gobiernos de la mayor parte de los países para reducir los posibles efectos que el desarrollo de una actividad o la ejecución de un proyecto puede provocar sobre su entorno (Arévalo y Díaz, 1997). El término evaluación de impacto ambiental se utiliza para describir el proceso jurídico-administrativo impuesto por el gobierno para aprobar, rechazar o modificar un proyecto o actividad desde la etapa de planeación a través de un proceso o método analítico que permite identificar y evaluar los impactos potenciales que puede provocar un proyecto sobre el medio ambiente (INE, 2000; Arévalo y Díaz, 1997).

De acuerdo al Artículo 28 de la LGEEPA, mediante ese procedimiento la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) establece condiciones a que se sujetará la realización de obras o actividades que puedan causar desequilibrio ecológico (Juárez, 2003), y tiene como objetivo prevenir, mitigar y restaurar los daños al ambiente y en la salud humana que se pudieran causar por la realización de dichos proyectos. Con ese instrumento se plantean opciones de desarrollo que sean compatibles con la preservación del ambiente y con el manejo adecuado de los recursos naturales (LGEEPA, 2008). Las modalidades de los estudios de impacto ambiental son: informe preventivo, manifestación de impacto ambiental modalidad particular y manifestación de impacto ambiental modalidad regional; dependiendo de la extensión del proyecto y las características de sus impactos. Las guías sectoriales para dichas manifestaciones señalan los requerimientos de información y los alcances de la evaluación del impacto referido (RLGEEPA, 2000).

El informe preventivo es un documento que se presenta cuando el promovente de un proyecto considera que la obra o actividad que se realizará no

causa desequilibrio ecológico ni rebasa los límites y condiciones señalados en los reglamentos y normas emitidas por la federación para proteger al ambiente (Jiménez, 2002). Los casos en que se presenta ese tipo de informe son cuando:

a) existan normas oficiales mexicanas u otras disposiciones que regulen las emisiones, las descargas, el aprovechamiento de recursos naturales y, en general, todos los impactos ambientales relevantes que puedan producir las obras o actividades;

b) las obras o actividades de que se trate estén expresamente previstas por un plan parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que haya sido evaluado por la Secretaría y cuando se cuente con previa autorización de impacto ambiental respecto del conjunto de obras o actividades incluidas en él;

c) se trate de instalaciones ubicadas en parques industriales autorizados por la Secretaría en términos de la Ley general del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su reglamento en materia de impacto ambiental (RLGEEPA, 2000).

Una vez revisado el informe preventivo, la SEMARNAT comunica al interesado si procede o no la presentación de la manifestación de impacto ambiental (MIA), la cual es un documento de reporte de los estudios de impacto ambiental, con el fin de estudiar el impacto de las obras publicas o privadas, o bien alguna actividad que pudiera causar un desequilibrio (Juárez, 2003). Las personas (físicas o morales) que desean realizar alguna de las obras o actividades previstas en el Artículo 28 de la LGEEPA, analizan y describen las condiciones ambientales anteriores a la realización del proyecto con la finalidad de evaluar los impactos potenciales que la construcción y operación de dichas obras o la realización de actividades podría causar al ambiente y definir y proponer las medidas necesarias para prevenir, mitigar o compensar esas alteraciones (LGEEPA, 2008).

Al evaluar las manifestaciones de impacto ambiental, la SEMARNAT considera los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, tomando en cuenta el conjunto de elementos que los conforman, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o afectación; la utilización de los recursos naturales en forma

que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos; y se podrán considerar las medidas preventivas, de mitigación y las demás que sean propuestas de manera voluntaria por el promovente, para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente (RLGEEPA, 2000).

La evaluación de impacto ambiental concluye con la autorización para llevar a cabo el proyecto tal y como está planeado, la recomendación de adición de medidas de protección y prevención, la recomendación de modificar el proyecto para mitigar o evitar los efectos negativos identificados o con la negación de la autorización del proyecto (INE, 2000; Jiménez, 2002).

2.2.3 Estudio de impacto ambiental

Es el estudio técnico, de carácter interdisciplinario, que se incorpora al procedimiento de impacto ambiental y que está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir, las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno. Es el documento técnico que debe presentar el titular del proyecto y sobre el cual se emite el resolutivo de impacto ambiental, en México llamado manifestación de impacto ambiental (MIA). Este estudio deberá identificar, describir y valorar de manera apropiada, y en función de las particularidades de cada caso concreto, los efectos previsibles que la realización del proyecto producirá sobre los distintos aspectos ambientales (Conesa, 1997).

2.2.3.1 Contenido técnico de los estudios de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental es un estudio sistemático de carácter integral que requiere la participación de un grupo multidisciplinario y que, por su carácter preventivo, debe realizarse antes de que el proyecto se lleve a cabo (INE, 2000). Para realizar una evaluación de impacto ambiental se debe contar con tiempo suficiente para recopilar, generar y organizar información tanto de campo como de gabinete, así como para discutir las opiniones con las autoridades, promoventes, académicos, ONGs e involucrados o afectados por el proyecto

(Juárez, 2002). La evaluación Inicia con la identificación de los objetivos del proyecto y la integración y análisis de información técnica disponible. Basándose en esta información se identifica la ubicación y superficie del proyecto, se analiza la compatibilidad con el uso de suelo, y se identifican los requerimientos humanos, energéticos y materiales para cada una de las etapas del proyecto, así como productos y residuos previstos en cada una de ellas. A partir de esa información, se delimita el área geográfica sobre la que incidirá directa o indirectamente el proyecto y sobre la que tendrá algún efecto positivo o negativo (INE, 2000; Jiménez, 2002; Azcárate y Mingorance, 2003; Juárez, 2003).

Posteriormente se hace una caracterización ambiental en la que se identifican y caracterizan estructural y funcionalmente los componentes naturales y socioeconómicos involucrados o susceptibles a sufrir algún cambio en el área de influencia del proyecto (INE, 2000, Juárez, 2003). La caracterización tiene como objetivo conocer el estado del ambiente antes del proyecto, para estimar lo que pueda suceder durante su construcción y operación. Aquí se realiza la primera aproximación acerca de los impactos del proyecto sobre el medio (Jiménez, 2002; Azcárate y Mingorance, 2003).

En el estudio se caracterizan los factores físicos, biológicos y socioeconómicos:

- Clima: los datos de este factor sirven para interpretar otros aspectos del medio físico que puede verse alterado por la eliminación de la vegetación, la presencia de superficies asfaltadas y por la creación de corredores o barreras por donde se encausa o detiene el viento. También es importante para predecir la dispersión de los contaminantes.
- Geología y geomorfología: Los aspectos a considerarse son: geología histórica, unidades geológicas, litología, estratigrafía, erosión, porosidad, permeabilidad y resistencia de capas geológicas, sismicidad, actividad volcánica y otros movimientos de tierra o roca, geología económica, relieve, orientación, altura y pendientes.
- Edafología: Los suelos se ven afectados por la ocupación de la superficie del terreno, la explotación de bancos de materiales y la compactación del suelo.

- Hidrología: Los efectos a este factor pueden ser por las modificaciones en los flujos de agua superficial o subterránea, efecto barrera, impermeabilización de áreas de recarga de acuíferos y cambios en la calidad y usos del agua.
- Oceanografía: En el caso de que el proyecto se asocie con un área de influencia marina.
- Calidad del aire: Se debe describir antes y después del proyecto para evaluar las alteraciones de las condiciones originales por la emisión de contaminantes.
- Ruido: Se debe elaborar el mapa de ruido actual, los futuros focos emisores y sus variaciones diarias y estacionales.
- Vegetación: Deberán analizarse los tipos de vegetación presentes y la composición, asociaciones, distribución y características de la comunidad.
- Fauna: Es un indicador de las condiciones ambientales de un lugar. También se deberá considerar el listado de especies y comunidades y su distribución y abundancia.
- Paisaje: Se deberá considerar sobre todo la visibilidad y la calidad paisajística.
- Factores socioeconómicos: aquí se deberá considerar la demografía, es decir el tamaño y características de la población que será afectada, así como sus valores culturales y actividades (Jiménez, 2002).

En seguida se identifican las actividades que se deben tomar en cuenta en las distintas fases del proyecto: construcción, operación y abandono, así como los factores del medio que puedan resultar impactados en el entorno considerado y caracterizan los impactos ambientales que puedan ser producidos en cada etapa del proyecto, para ello se considera e identifican el tipo de atributos de impacto ambiental, como el área que se afecta y la duración de los impactos, los componentes y funciones ambientales afectados, los efectos directos e indirectos, los impactos primarios o de primer orden, los efectos sinérgicos y combinados, su magnitud, importancia y riesgo, entre los más importantes (INE, 2000; Jiménez, 2002; Azcárate y Mingorance, 2003, Juárez, 2003).

Una vez identificados los impactos, se selecciona el uso de índices o indicadores que permitan representarlos en forma cualitativa o cuantitativa para ser evaluados. Con base en esos índices y metodologías se evalúan los procesos y

fenómenos del deterioro, así como la transformación de los componentes y funciones ambientales involucradas en cada una de las etapas del proyecto. Finalmente, se proponen medidas de mitigación que prevengan o atenúen impactos significativos de un proyecto. Los impactos previstos en la evaluación de impacto ambiental son monitoreados durante la ejecución del proyecto, con la finalidad de identificar impactos no previstos en etapas anteriores (INE, 2000; Azcárate y Mingorance, 2003, Juárez, 2003).

2.2.3.2 Técnicas de evaluación de impacto ambiental

Existen diversas técnicas para identificar, predecir y evaluar los impactos ambientales, a continuación se describen únicamente las más relevantes:

Procedimientos pragmáticos. Son una técnica que consiste en la integración de un conjunto de profesionales especializados en diferentes áreas con el fin de identificar los impactos en cada área o factor ambiental determinado y sus interrelaciones. Su valor está en función de la diversidad de opiniones y puntos de vista para los aspectos del proyecto evaluados (Juárez, 2003).

Listas de chequeo. Es un método de identificación muy simple, que se usa para identificaciones preliminares. Se pueden tomar de referencia una lista de los impactos de proyectos anteriores de donde se seleccionan y evalúan aquellos esperados para el proyecto en cuestión (Conesa, 1997). De acuerdo con Juárez (2003), es una de las más utilizadas en México.

Matrices. Son métodos cualitativos y preliminares para valorar las diversas alternativas de un proyecto, uno de los más conocidos y completos es la matriz de Leopold. Se construyen a partir de los listados de las actividades de un proyecto y de los impactos esperados. Las actividades e impactos se colocan en renglones o columnas de la matriz según corresponda identificando las posibles interacciones y relaciones. Las matrices permiten definir las acciones que generan más de un impacto y los factores ambientales afectados por más de una acción. Existen varios tipos de matrices que pueden utilizarse para diferentes objetivos de estudio, como las de identificación y las de evaluación (Conesa, 1997; Jiménez, 2002).

Redes. Son un método que trata de simular la forma compleja en que opera el ambiente. Una acción causa una o más alteraciones al ambiente, las cuales pueden producir cambios subsecuentes que conducen a uno o varios efectos terminales. Las redes requieren de un detallado conocimiento del sistema ambiental involucrado y de las interrelaciones entre sus elementos. Son más utilizadas en los estudios de riesgo (Juárez 2003).

Modelos. Métodos de predicción que utilizan algoritmos matemáticos y herramientas computacionales generadas para un caso en particular. Se utilizan herramientas proporcionadas por la física y las matemáticas para simular o representar el comportamiento de un fenómeno determinado. Los modelos tienen la ventaja de ser flexibles y permiten conocer con prontitud las variaciones en los componentes ambientales al cambiar alguna condición y aplicarla en el modelo (Juárez 2003).

Sobreposiciones. Son métodos empleados para la determinación de las áreas de influencia y la integración de impactos y se les considera útiles para la planificación y el ordenamiento del territorio. Se trata de la elaboración de mapas de impacto obtenidos matricialmente, al realizar la sobreposición de los mismos se señala con colores los impactos indeseables. (Conesa, 1997; Juárez 2003).

2.3 Deficiencias en los estudios de impacto ambiental

La ley y su reglamento no especifican el método a emplear para la evaluación de impacto ambiental, únicamente especifican la forma de reporte de los mismos. Esto permite que los promoventes de los proyectos y los encargados de realizar los estudios de impacto ambiental puedan utilizar criterios, técnicas y metodologías que consideren más adecuados con base en su experiencia. (Barker, 1999; Juárez, 2003).

Los estudios de impacto ambiental no han aportado los resultados esperados y se ha observado que se reducen exclusivamente a un documento que se presenta para cumplir un trámite administrativo. Estas deficiencias son causadas y perpetuadas por todas las partes interesadas: los promotores de los

proyectos, los organismos evaluadores y las consultorías (Arévalo y Díaz, 1997, Barker, 1999; Pinho, *et. al.*, 2007; Sandham y Pretorius, 2008; Söderman, 2009).

Con relación a los promotores, en muchos casos siguen percibiendo a los estudios de impacto ambiental como algo molesto que se tiene que hacer por imposición legal y que no tiene un beneficio; se les considera como demora burocrática que ocasiona un costo adicional. Esa concepción de los estudios de impacto ambiental se debe al desconocimiento de los temas ambientales y a la falta de sensibilidad de la población donde la cultura ambiental ha sido insuficiente. Esta situación provoca que los estudios de impacto ambiental sean contratados a precios variables, dando como resultado estudios sesgados, incompletos y poco técnicos, circunstancia que hace difícil su evaluación y la emisión de la resolución ambiental.

Los organismos evaluadores son los responsables de realizar la evaluación de los estudios de impacto ambiental que les son remitidos. Sin embargo, a menudo los evaluadores no tienen la capacidad suficiente para evaluar en forma óptima los estudios, generalmente debido a la falta de personal que cumpla con los plazos que determina el proceso de evaluación. Ese atraso provoca acumulación de estudios que se someten a evaluación y en consecuencia las evaluaciones no se hacen con la profundidad precisa pudiendo ocasionar errores en el dictamen e incluso obviando problemas o impactos relevantes (Barker, 1999; Arévalo y Díaz, 1997).

Los consultores son el tercer factor implicado y responsable de los estudios de impacto ambiental. La determinación y predicción del comportamiento actual y futuro de los sistemas ambientales es un aspecto vital, sin embargo, eso se realiza con técnicas y métodos utilizados en función de la experiencia y capacidad técnica del consultor y su aplicación corresponde únicamente a la decisión individual de cada experto que participa en el estudio, según su propia experiencia y subjetividad (Barker, 1999; Juárez, 2003). Aunado a esto, los grandes consultores en el momento que ven reducida su carga de trabajo, prescinden del personal técnico ambiental que consideran caro, lo que lleva a la renovación continua de sus componentes, sustituyéndolos por técnicos jóvenes

para abaratar los costos o bien se subcontrata a consultoras más pequeñas por menor dinero. En ambos casos, la consecuencia es que se reduce el contenido de los estudios de impacto ambiental, omitiendo el trabajo de campo o recomendándolo a técnicos menos calificados. Todo eso lleva a que los estudios de impacto ambiental sean de baja calidad y que terminen siendo un compendio bibliográfico realizado en gabinete que invalida su objetivo (Arévalo y Díaz, 1997). De acuerdo con Sandham y Pretorius (2008), las secciones de descripción del proyecto y de comunicación de resultados de los estudios de impacto ambiental son las secciones que muestran mejor desempeño, más que la identificación misma de los impactos, que la evaluación de su significancia y que el establecimiento de medidas de mitigación.

2.4 La industria eléctrica

La energía eléctrica se ha convertido en parte de la vida diaria y muchos de los requerimientos actuales del hombre difícilmente se podrían lograr sin ella. La electricidad se produce a partir de fuentes de energía primaria. Los procesos de producción pueden utilizar carbón (carboeléctricas), gas natural o combustóleo (termoeléctricas), energía hidráulica (hidroeléctricas), energía eólica (centrales eólicas), energía nuclear (nucleoeléctricas) o energía geotérmica (geotermoeléctricas) (Zuk M. *et al*, 2006).

En México, la Comisión Federal de Electricidad, una empresa del gobierno mexicano que genera, trasmite, distribuye y comercializa energía eléctrica para 80 millones de habitantes, tiene una capacidad instalada de 49,931 megawatts, de los cuales 73% corresponden a generación termoeléctrica, 22% a generación hidroeléctrica, 2% a generación geotérmica, 3% a generación nucleoeléctrica y 0.17% a generación eoloeléctrica (CFE, 2008).

La Carboeléctrica del Pacífico, central considerada en este estudio, operará con un sistema que utilizará combustible diesel para el arranque y carbón para el resto de la operación con un consumo promedio de carbón mineral de 5,744.4 t/d (0.38 t/ MWh). El suministro de combustible será en su mayoría mediante la infraestructura ya existente en la Central Termoeléctrica Presidente

Plutarco Elías Calles (CTPPEC), en la cual el combustóleo se recibe mediante buques tanque en la terminal de almacenamiento y distribución de PEMEX de donde se suministra a la CTPPEC. El carbón se recibe en la terminal marítima de la CFE ubicada en Lázaro Cárdenas, Michoacán, de donde se transporta a los patios de almacenamiento a través de una banda (Figura 2.1). Adicional a la infraestructura ya existente, en la Central Carboeléctrica del Pacífico se construyeron secciones de bandas adicionales para alimentar silos, pulverizadores y quemadores y para retirar las cenizas generadas por la combustión (UNAM, 2004).

El carbón que se consume actualmente y que se consumirá en la planta que se construye es del tipo sub-bituminoso con un contenido de ceniza en peso de 11%, lo que ocasiona una producción de ceniza volante de 631.8 t /d (UNAM, 2004). La mayor cantidad de la ceniza volante es retenida por un precipitador electrostático y transportada con 20% de humedad mediante el sistema cerrado de bandas al depósito de ceniza de la CTPPEC. El depósito de ceniza tiene una superficie de 358-62-70 ha y se localiza en las coordenadas geográficas 17° 57' 23" latitud norte y 102° 08' 26" longitud oeste, en el poblado de Petacalco, Municipio de La Unión, en el Estado de Guerrero (CIBNOR, 2003).

2.5 Impacto ambiental de las centrales termoeléctricas

Aun y cuando las centrales termoeléctricas representan el mayor porcentaje de fuentes de energía eléctrica, su construcción se continúa impulsando.

Ninguna fuente de energía está libre de causar impactos ambientales. La energía eléctrica en cualquiera de sus procesos de generación, transmisión y distribución genera impactos potenciales en el ambiente, que pueden ser muy diferentes si se utilizan combustibles fósiles, en comparación con fuentes de energía renovable o energía nuclear (Zuk M. *et al*, 2006). Asimismo, los proyectos termoeléctricos requieren extensiones de terreno de tamaño considerable que causan impactos al ambiente, alteran el entorno y modifican el paisaje natural (Quintanilla, 1997; UNAM, 2004). Muchas veces durante la etapa de construcción



Figura 2.1 Vista panorámica del área del proyecto. La imagen A muestra la ubicación de la Central Carboeléctrica Presidente Plutarco Elías Calles (CTPPEC) y proyectos asociados. La imagen B muestra las 6 Unidades de la CTPPEC, actualmente operando y la Central Carboeléctrica del Pacífico en etapa de construcción.

de uno de esos proyectos no se consideran todos los impactos ambientales. Esos proyectos causan impactos debidos a las actividades de preparación del sitio: excavación, movimiento de tierras, drenajes, drenado o embalse de cuerpos de agua, y ocupación de áreas temporales; aunado a impactos sociales provocados por el gran número de trabajadores empleados en esta etapa. Algunos de los impactos que se generan son:

- Uso del suelo. Durante la etapa de construcción el suelo es desplazado, provocando un impacto al medio ambiente; dependiendo de la intervención y características del ecosistema será la magnitud del daño.
- Emisiones a la atmósfera. La utilización de maquinaria y vehículos de carga y transporte que utilizan gasolina y diesel, emiten gases producto de la combustión; así como la combustión premeditada de residuos de desmonte, madera, papel o cartón que produce emisiones de bióxido de carbono que se incorporan a la atmósfera. Durante la construcción también se emiten partículas suspendidas en la excavación y movimiento de tierra, así como durante el manejo del cemento. La utilización inadecuada de productos químicos como solventes y cementantes producen vapores que pueden ser tóxicos para los mismos trabajadores y que se incorporan al ambiente.
- Deterioro de la calidad del agua superficial y subterránea. En la obra se utiliza agua para uso doméstico y para trabajos de terraplenes y pavimentos, por lo que se aprovecha agua de los ríos y lagos cercanos, alterando su calidad.
- Vertido de residuos líquidos. Son las aguas residuales que contienen sólidos suspendidos en forma de lechadas, mezclas de solventes, aceites y otros productos químicos que en ocasiones se drenan en terrenos naturales, afectando la calidad del suelo y al vegetación.
- Residuos sólidos: Durante la construcción se generan diversos tipos de residuos sólidos que manejados inadecuadamente pueden producir afectaciones ambientales.
- Ruido: En la etapa de construcción se produce ruido tanto por el tráfico que transporta material de construcción, por equipo de nivelación y limpieza de terrenos, así como por el uso de equipo y maquinaria pesada.

En su etapa final los residuos de la construcción presentan dificultades para su control, así como múltiples impactos. Se dan casos de recolección clandestina y depósito de residuos en sitios no autorizados y sin ningún mecanismo de regulación lo que afecta el ambiente y la salud pública. Asociados a estos problemas se tienen las afectaciones al suelo, subsuelo y acuíferos por la lixiviación de sustancias tóxicas o metales pesados afectando la salud de la población y a la que hace uso de los cuerpos de agua. Otra afectación por la inadecuada disposición de los residuos, es que propician la reproducción de fauna nociva (Rivera, 2007).

Durante la etapa operativa, las centrales termoeléctricas son consideradas fuentes importantes de emisiones atmosféricas que pueden afectar la calidad del aire en escala local o regional, ya que se emiten diversos contaminantes como dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de carbono (CO_x), dióxido de carbono (CO_2) y partículas (Zuk M. *et al*, 2006; Azcárate y Mingorance, 2003). También se generan agua de enfriamiento, que constituye el efluente más importante.

En ambas etapas existe la generación de residuos sólidos, líquidos y gaseosos, dentro de los cuales están los residuos peligrosos y no peligrosos, aguas residuales y emisiones atmosféricas (UNAM, 2004).

Dada la problemática ambiental que representa la ejecución de un nuevo proyecto, surge la necesidad de realizar evaluaciones de impacto ambiental previo a la construcción de las centrales termoeléctricas, teniendo como antecedente que a través de este instrumento ha sido posible evitar o mitigar los impactos ambientales que podrían llegar a tener repercusiones graves sobre el ambiente. Además, durante el proceso de elaboración de los estudios de impacto ambiental se han logrado identificar aspectos adversos que tiene cada actividad, así como las medidas que se requieren para prevenirlos o mitigarlos (INE, 2000; Arévalo y Díaz, 1997).

El objetivo de la evaluación de impacto ambiental es prevenir situaciones de deterioro, estableciendo las medidas más adecuadas para llevar a niveles aceptable los impactos derivados de acciones humanas y proteger la calidad del

ambiente (Espinoza, 2001); sin embargo, las medidas no siempre proporcionan buenos resultados o existen aspectos que se subestiman. En los proyectos termoeléctricos no se ha realizado un análisis que permita conocer la efectividad de los estudios de impacto ambiental ni su acercamiento con la realidad, por ello surge la necesidad de hacer un análisis de los impactos ambientales antes y durante la etapa constructiva de un proyecto termoeléctrico.

Hipótesis

Los impactos ambientales causados durante la construcción de un proyecto termoeléctrico son identificados en el estudio preliminar de impacto ambiental y las medidas de mitigación son adecuadas y cumplidas.

Objetivo General

Determinar la efectividad del estudio preliminar de impacto ambiental para identificar impactos ambientales reales causados por la construcción de una central carboeléctrica.

Objetivos Particulares

1. Cuantificar los impactos ambientales generados durante la etapa constructiva del proyecto termoeléctrico Central Carboeléctrica del Pacífico.
2. Contrastar la evaluación inicial de impacto ambiental con los impactos reales derivados de la construcción del proyecto termoeléctrico Central Carboeléctrica del Pacífico.
3. Analizar los impactos ambientales y las medidas de mitigación para determinar la utilidad del estudio de impacto ambiental.

III. METODOLOGÍA

3.1 Ubicación del sitio de estudio

La cuantificación de los impactos ambientales se realizó en el proyecto Central Carboeléctrica del Pacífico, un proyecto que inició su construcción en junio de 2006 y que entrará en operación comercial en enero de 2010. La Central Carboeléctrica del Pacífico está ubicada en las coordenadas geográficas 17° 59' 09" latitud norte y 102° 06' 50" longitud oeste, en el predio de la Central Termoeléctrica Presidente Plutarco Elías Calles (CTPPEC), localizada en el km 28.5 de la carretera federal 200, tramo Lázaro Cárdenas, Michoacán – Zihuatanejo, Guerrero, en Petacalco, municipio de La Unión de Isidoro Montes de Oca, en el estado de Guerrero (Figura 3.1). La central tendrá una capacidad neta garantizada de 651.16 MW, y es construida por el Consorcio Carboeléctrica Diamante, S.A. de C.V. y por Mitsubishi Corporation (CFE, 2008).

3.2 Cuantificación de impactos ambientales

La cuantificación de los impactos ambientales de la central Carboeléctrica del Pacífico se realizó con la información recopilada por un periodo de 31 meses de la fase de construcción (junio de 2006 a diciembre de 2008) y tomando como referencia la metodología de Conesa (1997). Es decir, los impactos se consideraron por componente ambiental aplicable al proyecto (suelo, atmósfera, etc.) y a su vez, cada componente se dividió en factores. Los componentes flora y fauna no fueron considerados en la cuantificación debido a que el proyecto de estudio se ubicó en una zona industrial previamente perturbada por la construcción y operación de la CTPPEC. La evaluación de los impactos de los componentes estudiados se contrastó con la evaluación inicial plasmada en el estudio de impacto ambiental.

3.2.1 Componente suelo.

Contaminación por residuos sólidos no peligrosos.- Se cuantificaron residuos no peligrosos de madera, chatarra, basura, plásticos, papel y cartón, cobre y aluminio. Los residuos no peligrosos fueron recolectados diariamente en los

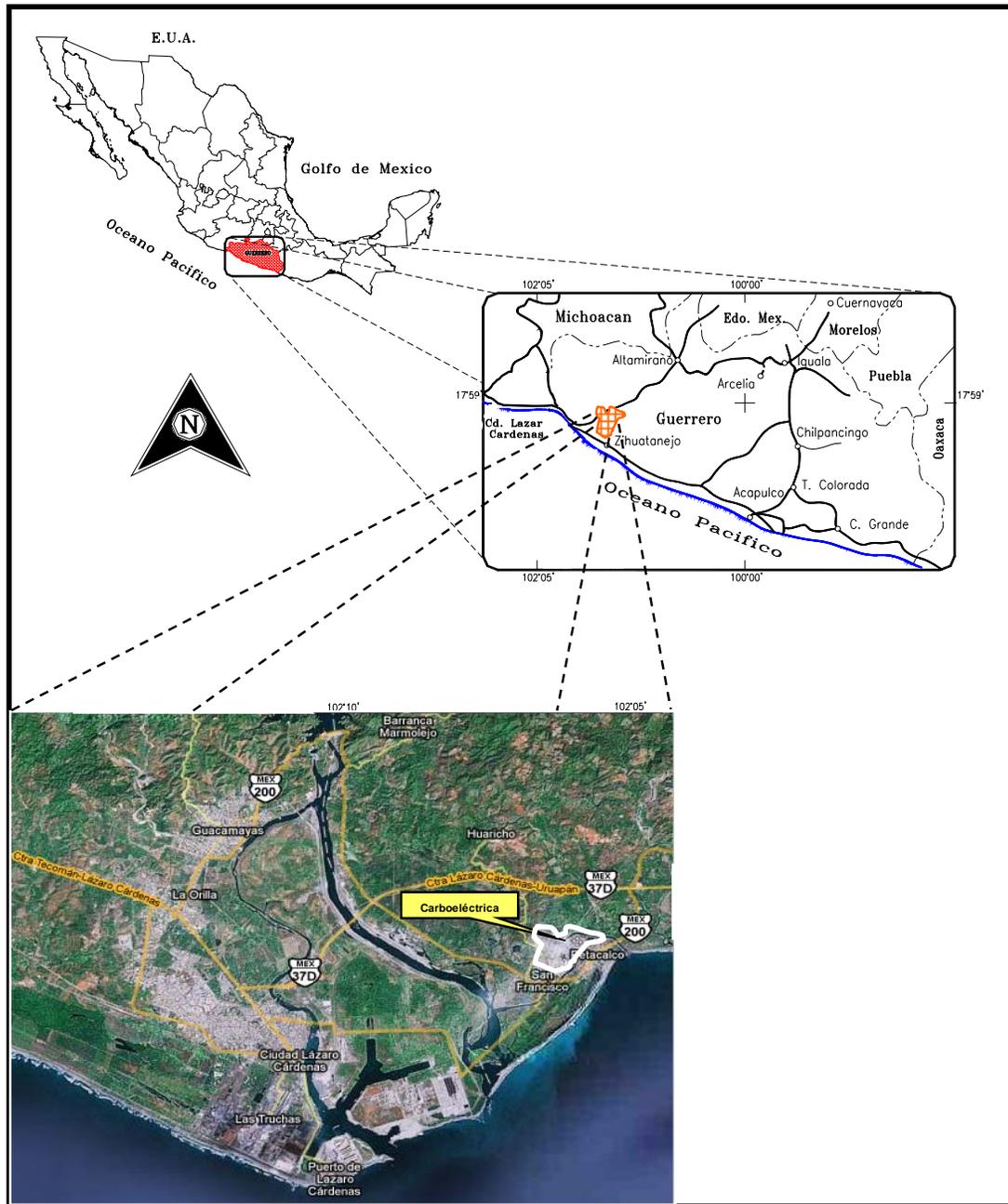


Figura 3.1 Mapa de la zona de estudio. Ubicación de la Central Carboeléctrica del Pacífico.

frentes de trabajo, llevados a la zona de almacenamiento y posteriormente clasificados, contabilizados y registrados en bitácora. La tierra producto de las excavaciones y el concreto (desperdicios de construcción) fueron llevados directamente al sitio de disposición final, previo registro de cantidades en la bitácora. El resto de los residuos fueron almacenados y después de un periodo de almacenamiento se enviaron a reciclaje. La generación diaria se sumó para obtener la generación mensual por tipo de residuo.

Contaminación por residuos peligrosos.- Se cuantificaron residuos peligrosos de sólidos con pintura, sólidos con hidrocarburos, textiles con hidrocarburos, colillas de soldadura, sólidos con pegamento para PVC, sólidos con Chartek, sólidos de mantenimiento vehicular y grasas. Los residuos peligrosos se colectaron diariamente en los frentes de trabajo, se almacenaron en un almacén para residuos peligrosos, se pesaron y se registraron en bitácora. En un plazo menor a seis meses, los residuos se enviaron a sitios de disposición final para su reciclaje o confinamiento. A partir de los registros de bitácora se obtuvo la generación mensual por tipo de residuo.

Contaminación por residuos líquidos peligrosos.-Se recolectaron residuos de líquidos peligrosos de aceite residual y de agua contaminada con hidrocarburos. Esos residuos fueron colectados en tambos de 200 l, registrados en bitácora para cuantificación y almacenados en el almacén para residuos peligrosos. Dentro de un plazo menor a seis meses, los líquidos peligrosos se enviaron a disposición final para su reciclaje o confinamiento.

Debido a que se generó en grandes cantidades, el combustóleo fue vaciado directamente en pipas y la cantidad generada se calculó en litros con base en la capacidad de las mismas. Cada pipa fue registrada en la bitácora de generación de residuos peligrosos y enviada al sitio de reciclaje. Las cantidades diarias se sumaron para obtener las cantidades mensuales.

3.2.2 Componente atmósfera

Emisión de ruido.- Durante la etapa de construcción del proyecto 62 CCE Pacifico se realizaron monitoreos mensuales de ruido tomando de referencia la

metodología establecida en la NOM-081-SEMARNAT-1994 que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. Al inicio del proyecto (junio 2006) se realizó un monitoreo previo para determinar los puntos de mayor emisión de ruido. Para ese monitoreo se seleccionaron 7 puntos de muestreo para cuantificar el ruido emitido por las actividades del proyecto (ruido de fuente) y 4 puntos para cuantificar el ruido de fondo (el ruido emitido por factores externos al proyecto). Los puntos de monitoreo de ruido de fuente correspondieron a: (1) puerta de acceso 2; (2) oficinas del contratista TECHINT; (3) área de pre-ensamble; (4) límite del proyecto con el poblado de Petacalco; (5) puente; (6) almacén de residuos peligrosos y (7) APASCO. Los 4 puntos de ruido de fondo fueron identificados como (A), (B), (C) y (D) localizados en los límites del proyecto constructivo con la CTPPEC; (E) localizado en APASCO.

Los monitoreos de ruido fueron realizados el día 28 de cada mes entre las 8:30 a 15:00 h, horario en que se presentó la mayor actividad de construcción. Para las mediciones se utilizó un sonómetro marca ONO-SOKKI, modelo LA-1220. En cada punto de monitoreo se colocó el sonómetro a una altura de 1.20 m, dirigiendo el micrófono hacia el proyecto; se tomaron 35 registros con un intervalo de 30 s entre ellos. Los registros fueron anotados en hojas de campo y después capturados en una hoja de cálculo para obtener el valor de emisión de ruido en cada punto de monitoreo de acuerdo a la norma. Los valores mensuales de cada punto de monitoreo fueron promediados para obtener el valor final por punto de muestreo.

Consumo de combustibles y gases.- La cantidad de diesel y gasolina consumidos se obtuvieron a partir de las facturas de pago de esos combustibles. Las cantidades facturadas se sumaron y se expresaron en litros. Las cantidades de argón, oxígeno, acetileno y gas butano consumidas en el periodo constructivo se calcularon a partir de facturas de compra de cilindros de gas. El número de cilindros de cada tipo de gas fue sumado y expresado en kilogramos.

3.2.3 Componente hidrología

Consumo de agua.- La cantidad de agua empleada para humectación se calculó a partir de los registros de la bitácora de control de llenado de pipas de agua. El número total de pipas se multiplicó por la capacidad (en litros) de las mismas. El consumo de agua potable (en litros) se obtuvo a partir de las facturas de compra de garrafones de agua.

Contaminación de agua.- La cantidad de agua residual sanitaria generada se estimó con base a la bitácora de mantenimiento de letrinas, en la cual se registró la frecuencia de limpieza a letrinas y fosas de captación de agua sanitaria de oficinas temporales. Para obtener la generación diaria de aguas residuales, el número de letrinas y fosas se multiplicó por la frecuencia diaria de limpieza y por la cantidad de agua utilizada. Para obtener la generación total se sumó el gasto diario del periodo que duró la construcción.

3.2.4 Componente social

Accidentes.-Para su cuantificación, los accidentes se clasificaron como accidentes de botiquín, accidentes menores y accidentes mayores. El número de accidentes en cada una de esas categorías se obtuvo de registros del puesto médico del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) que fue instalado en el proyecto

Como accidentes de botiquín se consideraron pequeñas cortadas, machucones, torceduras menores, quemaduras, resfriados, agruras, diarreas e insolación. En accidentes menores se consideraron fracturas no graves, cortadas serias, machucones serios, torceduras mayores, afección ocular por soldadura u otros incidentes, quemaduras que requirieron atención especializada e incidentes provocados por la descompostura de equipos de construcción. En la clasificación de accidentes mayores se consideraron todos los accidentes provocados por alguno de los siguientes fenómenos: explosiones, derrumbes, inundaciones, incendios, fugas o derrames de combustibles, lubricantes o productos químicos, intoxicación por ingesta de agua o alimentos en mal estado en los sitios de trabajo y volcaduras o choques de equipos, máquina de construcción o vehículos.

3.3 Determinación de la utilidad del estudio de impacto ambiental

El estudio de impacto ambiental de la CCE Pacífico fue revisado en su contenido con base en los requerimientos de la guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental del sector eléctrico, modalidad particular (Semarnat, 2002). La guía establece 8 criterios de revisión principales, cada uno de los cuales se subdivide en diversas categorías y sub-categorías. La evaluación se basó en la última categoría requerida.

Los capítulos del estudio de impacto ambiental fueron comparados con cada uno de los criterios, categorías o sub-categorías (de acuerdo a lo que corresponda) de la guía, asignándole una calificación de la A-F de acuerdo al grado de cumplimiento, o bien colocando un N/A en donde el concepto no fue aplicable, tomando como referencia el Cuadro 3.1 tomado de Sandham, (2008). Finalmente, para cada calificación se calculó la suma y el porcentaje de sub-criterios considerados en el estudio.

Así mismo se hizo una revisión minuciosa de los impactos ambientales pertinentes, impactos identificados en el estudio, la estimación de contaminantes y las medidas de mitigación establecidas. Los listados de impactos ambientales y medidas de mitigación pertinentes fueron elaborados tomando como referencia los estudios de impacto ambiental del proyecto de estudio (CCE Pacífico), la bibliografía existente y tres proyectos adicionales del mismo sector (centrales termoeléctricas), CC Tamazunchale, CC Norte y CC Baja California.

Cuadro 3.1 Lista de símbolos de evaluación del estudio de impacto ambiental.

Símbolo	Explicación
A	Generalmente muy bien estructurado, las partes incompletas no son de importancia.
B	Generalmente satisfactorio y completo, solo existen pequeñas omisiones e insuficiencias.
C	Puede ser considerado satisfactorio a pesar de tener omisiones e insuficiencias.
D	Una parte está bien estructurado, pero otras son totalmente insatisfactorias por omisiones e insuficiencias.
E	No satisfactorio, que significa omisiones e insuficiencias.
F	Muy insatisfactorio, tiene partes importantes mal o que no fueron respondidas.
N/A	No aplicable. Los tópicos revisados no son aplicables o son irrelevantes.

Fuente: Sandham, 2008

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del proyecto en construcción

Se realizó el análisis de los impactos ambientales generados durante la etapa constructiva de la Central Carboeléctrica del Pacífico, la cual es una ampliación a la Central Termoeléctrica Presidente Plutarco Elías Calles. En la Figura 4.1, se muestra un arreglo fotográfico de la Central en construcción. En la fotografía A se observa la caldera y chimenea, donde se lleva a cabo la quema del carbón y la emisión de los gases de combustión respectivamente; en la fotografía B se presenta la obra de toma (lado izquierdo), por donde ingresa el agua de enfriamiento a la Central y obra de descarga (lado derecho) mediante la cual sale el agua después de haber cumplido su función de enfriamiento. En la fotografía C está el turbogenerador con el cual se genera la energía eléctrica. La fotografía D es una vista superior panorámica del montaje del precipitador electrostático, cuya función es captar la ceniza por medio de los electrodos, para después ser colectada en tolvas ubicadas en la parte baja de los precipitadores para su extracción. La fotografía E presenta una vista panorámica de los transformadores y la F al edificio eléctrico y casa de maquinas, donde se tiene el sistema de control de la central y se resguarda la turbina.

4.2 Cuantificación de impactos ambientales

4.2.1 Componente suelo

Contaminación por residuos sólidos no peligrosos.

A partir del inicio de la construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico en Junio de 2006 y hasta diciembre de 2008 se generaron 126,211.51 t de residuos sólidos no peligrosos. Como se muestra en el Cuadro 4.1, el 96.28% (121,521.38 t) de los residuos corresponden a la generación de tierra producto de las excavaciones y nivelaciones iniciales del terreno, seguido de residuos de concreto 2.39% (3,012.95 t), madera de desperdicio 0.99% (1,245.66 t), chatarra 0.20% (246.45 t) y basura 0.14 % (172.70 t). En el proyecto también se generó papel y cartón (7.9 t), plástico (2.6 t) y cobre y aluminio (1.85 t) aunque esas tres



Cald era y chimenea



Obra de toma y descarga de agua



Turbogenerador



Precipitador electrostático



Área de transformadores



Edificio eléctrico y casa de máquinas

Figura 4.1 Arreglo fotográfico (Diciembre 2008) de la construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico. Se muestran áreas representativas de la construcción.

Cuadro 4.1 Residuos sólidos no peligrosos generados durante la etapa de construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico.

Residuo	Cantidad (t)	Porcentaje (%)
Tierra	121,521.38	96.28
Concreto	3,012.95	2.39
Madera	1,245.66	0.99
Chatarra	246.45	0.20
Basura	172.70	0.14
Papel y cartón	7.90	0.01
Plástico	2.63	0.01
Cobre	1.15	0.01
Aluminio	0.70	0.01
Total	126,211.51	100.00

últimas categorías representaron únicamente 0.031%. En la Figura 4.2 se puede apreciar la generación mensual de residuos durante el periodo de construcción y las etapas de construcción del proyecto (parte superior). En el caso de la tierra, se observa que en los meses abril y mayo del año 2007, se generó la mayor cantidad, coincidente con la etapa de excavaciones del proyecto. En 2008 también se generó tierra, pero las cantidades fueron menores (370 t en promedio) y por tal motivo son imperceptibles en la grafica. En contraste, para el concreto la mayor generación de desechos fue desde finales de 2007 y hasta 2008; lo mismo ocurrió para madera, chatarra, papel y cartón, plásticos y cobre. La basura se generó durante todo el periodo de construcción y en cantidades variables a través de los meses. La generación de cobre y aluminio fue baja (1500 kg y 700 kg, respectivamente) y constante durante el proyecto de construcción, pero con un pico de generación en el mes de noviembre de 2008.

El proyecto Central Carboeléctrica del Pacífico, al igual que cualquier proyecto termoeléctrico, requirió la instalación de equipos de gran peso que demandan un terreno que cumpla los requerimientos técnicos de capacidad de carga, por lo que se hizo necesaria la remoción de grandes cantidades de tierra. Además, durante los meses de abril y mayo de 2007 se realizaron las excavaciones del canal de descarga, acueducto, casa de maquinas, generador y edificio eléctrico; lo que explica el alto porcentaje de tierra durante esos meses. La generación de residuos de concreto se debe a: demoliciones cuando no se cumplen las especificaciones técnicas y de construcción; lavado de ollas transportadoras de concreto; acumulación de desperdicio de ladrillo, tabique y concreto; rechazo de concreto que no cumple con las especificaciones de revenimiento, temperatura, segregación, dosificación o resistencia de carga y flexión. También hubo residuos de concreto provenientes de diques de contención de dos tanques que fueron desmantelados al inicio del proyecto. Después de asegurarse de que no eran de utilidad. La tierra y el concreto de desperdicio fueron llevados al Depósito de Ceniza de la Central Termoeléctrica Presidente Plutarco Elías Calles (CTPPEC), donde fueron almacenados temporalmente y después utilizados como cubierta de la pilas de ceniza. El origen de la madera

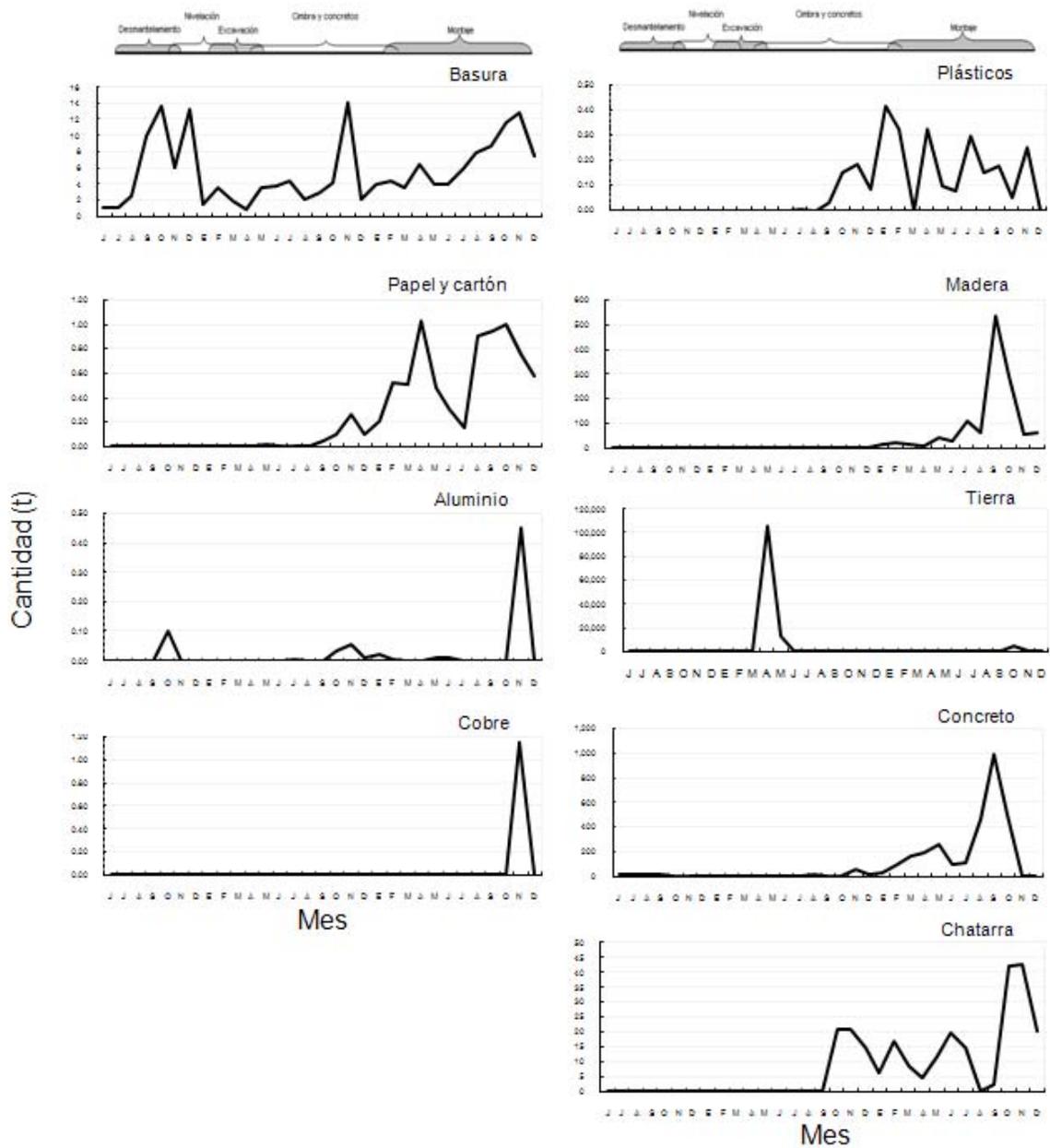


Figura 4.2 Generación temporal de residuos sólidos no peligrosos durante la construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico. La barra superior indica la etapa constructiva del proyecto. La construcción inició en junio 2006.

generada en el proyecto fue del embalaje de equipos, cimbras y andamios. Las cantidades que aquí se reportan incluyen únicamente la madera para la cual se agotaron las posibilidades de uso dentro del proyecto; efectivamente al inicio del proyecto no se generó madera, pues se reutilizó en las cimbras y fue hasta 2008, cuando la cantidad de cimbras disminuyó, que la madera se desechó. Por esa razón durante el periodo de agosto-octubre de 2008, la etapa de montaje de equipos principales, se observó un considerable incremento de residuos de madera. La madera fue separada de los otros tipos de residuos y almacenada para ser donada a la comunidad de Petacalco, Guerrero, quienes la utilizaron como combustible y para la fabricación de muebles y cercas. La cantidad de chatarra fue generada a partir de la etapa de cimbras y concretos, cuando se realizaron las actividades de armado de acero de la casa de maquinas, generador de vapor, edificio eléctrico y canal de descarga. Durante estas actividades se generaron residuos de alambre, alambre recocado, varilla, clavos, así como pedacería de estructuras y laminas en la etapa de montaje. La basura generada en el proyecto incluye todos los residuos que no fueron reciclados como pedazos de tela y plásticos de cables eléctricos, pedacería de cintas aislantes o vulcanizadas, trapos utilizados para la limpieza de equipos eléctricos y los residuos de comida desechados por los trabajadores. Por esta razón, la basura fue generada durante todas las etapas del proyecto; el primer incremento representado por dos picos que abarca el periodo de agosto a diciembre de 2007 se debió posiblemente a que el proyecto estaba en etapa inicial y no se había adquirido la cultura de separación y reciclaje de residuos, por lo tanto, muchos de los residuos susceptibles de reciclaje se depositaron en la basura. Además en la etapa inicial se realizó el desmantelamiento de dos tanques de combustóleo, lo que ocasionó la generación de gran cantidad de basura. El segundo incremento coincide con el fin de año, lo cual hace suponer que hubo reducción en actividades de limpieza resultado de cambios en el personal supervisor, el tercer incremento fue coincidente con el incremento en el número de personal de 153 personas al inicio de la obra a 2,815 personas a finales de 2008. La basura fue llevada al basurero del poblado de Petacalco, previa autorización del municipio de la Unión,

Guerrero. La generación de plástico, papel y cartón es evidente a partir del inicio de la llegada de equipos, los cuales contienen esos residuos como parte de su empaque. Durante el proyecto, el plástico, el papel y el cartón fueron separados, almacenados y enviados a centros de acopio para su reciclaje. El aluminio al igual que la chatarra fue generado por el desperdicio de materiales, en este caso observando una cantidad considerable en octubre de 2006, etapa en la que se desmantelaron los tanques y durante la etapa de montaje. El cobre solo se generó en el mes de noviembre de 2008, producto de la pedacería de cable del sistema eléctrico. Estos residuos fueron también almacenados y enviados a reciclaje.

De los residuos sólidos no peligrosos antes mencionados, en el estudio de impacto ambiental de la Central Carboeléctrica del Pacífico se identificaron únicamente tierra, concreto, residuos metálicos y basura. En la basura se incluyeron plásticos, vidrios, papel, cartón y residuos de comida. Sin embargo aun y cuando se establecieron medidas de mitigación para el correcto manejo de estos residuos, no se estimaron las cantidades de generación, lo que resta efectividad al estudio de impacto ambiental y puede ocasionar que las medidas de mitigación propuestas no sean proporcionales al impacto causado. Por ejemplo, en el estudio de impacto ambiental se estimó la generación de sólo volúmenes pequeños de tierra producto de excavaciones y que esa tierra se utilizaría en las actividades propias de la obra. Sin embargo, la generación de tierra en 30 meses de construcción representó el mayor volumen de todos los residuos generados (121,521 t) y la tierra sobrante tuvo que ser reubicada al Depósito de Ceniza con todo el impacto ambiental que ello ocasionó.

Para los residuos de concreto, la medida de mitigación fue reutilizarlos para la cubierta de las pilas de ceniza, lo cual se realizó junto con la tierra; sin embargo, no se consideraron medidas de prevención para el almacenamiento previo a la utilización en las pilas que no afectara la vegetación o causes de agua. El proceso de formación de pilas es secuencial y primero requiere el apilamiento de ceniza, compactación y formación de pilas, para después ser cubiertas con el material terreo o concreto. Ese proceso toma tiempo por tal motivo, el material no ha sido utilizado en su totalidad. La generación de madera no fue considerada en

el estudio de impacto ambiental. Sin embargo, en el proyecto se generó un volumen considerable (1,245 t) que al ser utilizada como combustible por los pobladores aledaños al proyecto ocasiona la generación de emisiones a la atmósfera. La basura representó un volumen importante (172 t). Esta basura producto de las actividades de 2800 personas, se depositó en el basurero de Petacalco donde los residuos combustibles son quemados ocasionando emisiones a la atmósfera y después cubiertos con capas de tierra, sin ningún control de los lixiviados ocasionando un impacto por la contaminación del aire, agua y suelo. Además, el depositar la basura del proyecto reducirá la vida útil del basurero.

La generación de papel, cartón, plástico, chatarra, cobre y aluminio, fueron considerados en el estudio de impacto ambiental, pero sólo marginalmente, estableciendo como única medida de mitigación el buscar opciones de reciclaje, lo cual se realizó en el proyecto, pero no se evaluó el impacto que pudiera causar por manejo inadecuado de esos residuos.

Contaminación por residuos sólidos peligrosos.

En 30 meses de construcción se generaron 239.86 t de residuos sólidos peligrosos. Como se muestra en el Cuadro 4.2, la mayor proporción correspondió a sólidos impregnados con pintura incluyendo trapos, estopas, plásticos, cartón y recipientes impregnados con pintura o recubrimiento anticorrosivo 62.89% (150.85 t), seguido de sólidos impregnados con hidrocarburos 33.3% (79.9 t) incluyendo tierra contaminada. En menor proporción, pero en cantidades considerables se generaron colillas de soldadura 2.71% (6.50 t), textiles impregnados con hidrocarburos 0.49% (1.18 t), sólidos con pegamento para PVC (630 kg), sólidos con Chartek, un recubrimiento epoxico utilizado como protección anticorrosivo en acero y aluminio (580 kg), sólidos de mantenimiento vehicular (20 kg) y grasas (20 kg). Las cuatro últimas categorías representan sólo el 0.59%.

En la Figura 4.3 se aprecia la generación mensual de residuos durante el periodo de construcción y las etapas de construcción del proyecto (parte superior). En el caso de sólidos impregnados con pintura, se observó la mayor generación en el mes de septiembre de 2007 (142 t), disminuyendo en el 2008 a 8.4 t. Para

Cuadro 4.2 Residuos sólidos **peligrosos** generados durante la etapa de construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico.

Residuo	Cantidad (t)	Porcentaje (%)
Sólidos con pintura	150.85	62.89
Sólidos con hidrocarburos	79.99	33.31
Colillas de soldadura	6.50	2.71
Textiles con hidrocarburos	1.18	0.49
Sólidos con pegamento para PVC	0.63	0.26
Sólidos con Chartek ¹	0.58	0.23
Sólidos de mantenimiento vehicular	0.26	0.09
Grasa	0.02	0.01
Total	239.86	100.00

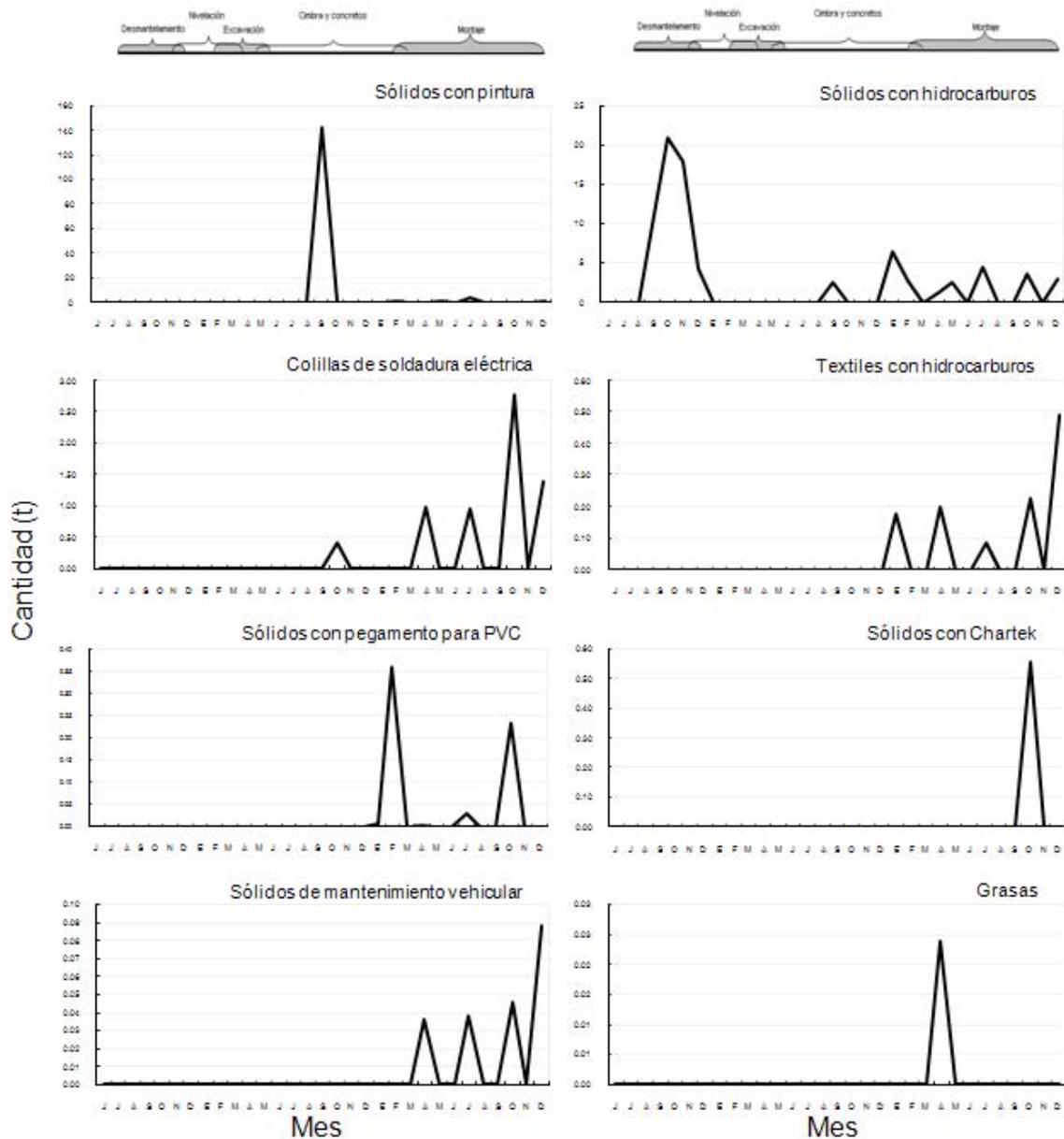


Figura 4.3 Generación temporal de residuos sólidos peligrosos durante la construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico. La barra superior indica la etapa constructiva del proyecto. La construcción inició en junio 2006.

sólidos impregnados con hidrocarburos se observó un comportamiento similar, sólo que la generación fue mayor al inicio del proyecto (septiembre-diciembre 2006) y aunque la producción de esos residuos continuó, fue considerablemente menor en los meses posteriores (50% menos con respecto a lo generado en el 2006). Los colillas de soldadura, textiles con hidrocarburos, sólidos con pegamento PVC y sólidos de mantenimiento vehicular se generaron de forma variable (bimestral o trimestre) a partir del segundo semestre de 2007; mientras que las grasas y los sólidos con Chartek se generaron solo en un mes (abril y octubre 2008 respectivamente).

En el caso de sólidos impregnados con pintura, la mayor generación en el mes de septiembre se debió a que en ese periodo se intensificaron las actividades de limpieza y pintado de tuberías para la colocación del rack de tuberías, y de las estructuras para el puente banda conducente al depósito de ceniza. Sin embargo, en 2008 esas actividades continuaron (p. ej. la colocación de estructuras en casa de maquina), pero la frecuencia de generación disminuyó. La mayor generación de sólidos impregnados con hidrocarburos ocurrió al inicio del proyecto, lo que se explica por el desmantelamiento de dos tanques de combustóleo, para lo que fue necesario eliminar la capa de asfalto y recolectar la tierra contaminada por los mismos, además de diversos materiales derivados de la limpieza de los tanques. En los meses siguientes, la generación de esos residuos se debió a derrames de aceite o combustible de la maquinaria que contaminó tierra u otros materiales. Durante la obra mecánica, en la que se montaron tuberías y estructuras que requirieron de soldadura, se generaron residuos de colillasde soldadura eléctrica. La generación de colillas de soldadura fue constante durante ese periodo, pero se almacenaron y se cuantificaron trimestralmente. Los textiles con hidrocarburos son piezas de tela y estopas usadas para la limpieza de equipos y su generación inició con la obra mecánica, pero también se generaron en el taller donde se realizaba mantenimiento menor a vehículos y maquinaria. La generación de sólidos con pegamento para PVC se derivó de la colocación de tubería del drenaje sanitario y ductos eléctricos. Los sólidos contaminados con Chartek fueron generados durante el montaje de estructuras de los transformadores a las cuales se les aplicó

este recubrimiento anticorrosivo, mientras que las grasas se usaron para la lubricación de motores y los residuos generados son derivados de desperdicio de las mismas. Todos los residuos sólidos peligrosos fueron recolectados y separados, envasados en contenedores adecuados (tambos de 200 l), identificados y almacenados temporalmente en el almacén para residuos peligrosos. Las entradas de residuos al almacén fueron registradas en una bitácora. Una vez acumulada cantidad suficiente o seis meses de almacenaje, fueron enviados a disposición final o reciclaje por empresas autorizadas. En el proyecto, la disposición de residuos se realizó siguiendo los lineamientos establecidos en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2003) y su reglamento (RLGPGIR, 2006).

Comparando el tipo y cantidad de residuos peligrosos realmente generados con los considerados en el estudio de impacto ambiental de la Central Carboeléctrica del Pacífico se encontró que siete de los ocho residuos mencionados fueron considerados en el estudio. Sin embargo, en el estudio, los residuos se mencionan únicamente de manera general y no se incluyeron sólidos con pegamento para PVC de los que se generaron 630 kg. En el estudio no se estimaron las cantidades que se generarían de residuos peligrosos, una pieza clave de información para decidir la viabilidad ambiental del proyecto. El estudio generaliza los residuos peligrosos y como medida de mitigación propone dar un manejo de acuerdo a la legislación ambiental en la materia. Sin embargo, aún cuando es importante para minimizar el riesgo ambiental y a la salud humana, el estudio omitió recomendaciones para reducir la generación de residuos y el impacto que pueden causar en el ambiente de ser dispuestos incorrectamente.

Los residuos peligrosos en exposiciones prolongadas son tóxicos para la salud humana, los vapores al contacto con los ojos y piel pueden causar irritaciones, y al ser inhalados provocan molestias estomacales o somnolencia. Al ser depositados sin control al ambiente, son una fuente de contaminación para el agua, suelo y aire, afectando el desarrollo de plantas y animales.

Contaminación por residuos líquidos peligrosos.

El Cuadro 4.3 muestra que la generación de residuos líquidos peligrosos durante el proyecto fue de 3,390.78 m³, de los cuales 99.45% (3,373 m³) corresponden a combustóleo y sólo una cantidad mínima a aceite residual 0.54% (1,843 l) y agua contaminada con hidrocarburos 0.01% (380 l).

En la Figura 4.4 se observa la generación mensual de residuos líquidos peligrosos y las etapas de construcción del proyecto (parte superior). El combustóleo se generó en mayor cantidad, pero solo en un periodo corto (agosto 2007 a marzo 2008). En contraste, el aceite residual se generó en noviembre de 2006 y a partir de septiembre de 2007, aunque en forma variable. El agua contaminada con hidrocarburos (280 l) sólo se generó en octubre de 2008.

La alta generación de combustóleo fue producto del desmantelamiento de dos tanques de combustóleo, caso particular de este proyecto, ya que regularmente los proyectos termoeléctricos nuevos se establecen en sitios forestales o industriales en los que no existe ninguna infraestructura. Parte del combustóleo fue recuperado para su uso en la Central Carboeléctrica Presidente Plutarco Elías Calles (CTPPEC) y el resto fue enviado a reciclaje por una empresa autorizada. El aceite residual generado en noviembre (800 l) y meses posteriores fue producto de los cambios de aceite en los mantenimientos de maquinaria, incluyendo grúas, excavadoras, motoconformadoras, retroexcavadoras, tractores y trascabos. El agua contaminada por hidrocarburos fue generada por actividades de limpieza de fosas y trincheras donde hubo acumulación de agua de lluvia que fue accidentalmente contaminada.

En el estudio de impacto ambiental se identificó que en el proyecto se generaría combustóleo y aceite residual gastado, no se identificó que se generaría agua contaminada por hidrocarburos. En el estudio no se especificaron volúmenes de residuos generados y como medidas de mitigación se propuso manejar los residuos de acuerdo a la legislación ambiental. Tampoco se valoró el riesgo a la salud y el ambiente por el manejo inadecuado de residuos. Debido a su densidad, los residuos de derivados del petróleo presentan un potencial de contaminación física elevado y en agua disminuyen los niveles de oxígeno disuelto.

Cuadro 4.3 Residuos líquidos peligrosos generados durante la etapa de construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico.

Residuo	Cantidad (m³)	Porcentaje (%)
Combustóleo	3,372.00	99.45
Aceite residual	18.40	0.54
Agua contaminada con hidrocarburos	0.38	0.01
Total	3,390.78	100.00

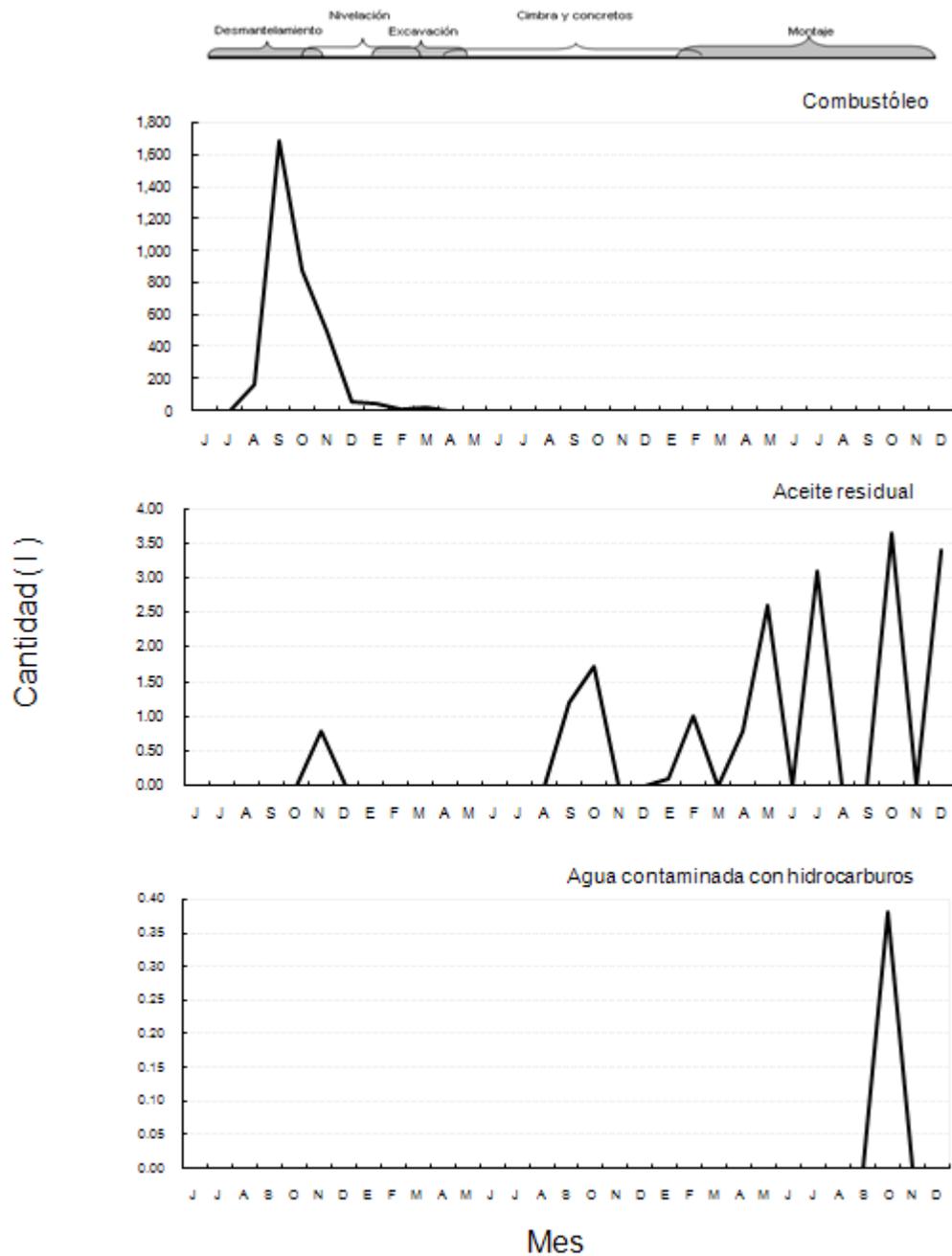


Figura 4.4 Generación temporal de residuos líquido peligrosos durante la construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico. La barra superior indica la etapa constructiva del proyecto. La construcción inició en junio 2006.

4.2.2 Componente atmósfera

Emisión de ruido.

La Figura 4.5 A muestra una imagen donde se ubicaron los puntos de monitoreo para evaluar la emisión de ruido durante la construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico. La Figura 4.5 B muestra la gráfica del nivel promedio de ruido por punto de monitoreo. Los números indican los puntos de monitoreo de ruido de la fuente (proyecto en construcción) y las letras indican los puntos de monitoreo del ruido de fondo, que se refiere al ruido emitido por causas ajenas al proyecto. En los puntos A, B, C y D se monitoreó el ruido emitido por la CTPPEC, en la que operan 6 unidades continuamente. En el punto E se monitoreó el ruido proveniente de la planta cementera que suministra de concreto al proyecto. La línea superior a las barras representa el nivel máximo de ruido establecido en la NOM-081-SEMARNAT-1994 (68 dB). Como se puede observar en ninguno de los 7 puntos de monitoreo de ruido de la fuente se rebasó el límite máximo establecido por norma. Sin embargo, para el ruido de fondo se rebasó la norma en los puntos B, C y D y los puntos A y E están en el límite de la misma (66.19 y 67.71 dB, respectivamente). En lo que respecta al ruido de la fuente en el periodo estudiado se superó el límite de la norma en 3 de 31 monitoreos. En los puntos de monitoreo 5 (9 veces) y 1 (5 veces) es donde más veces se superó el límite de norma, seguido de los puntos 3 (4 veces), 6 (4 veces), 4 (1 vez) y 7 (1 vez). En el punto de monitoreo 2 nunca se rebasó el límite. Para el ruido de fondo, en todos los puntos de monitoreo (mensuales) se registraron valores superiores a 68 dB. Se rebasó la norma un promedio de 11 veces de un total de 21 monitoreos; en el punto A (7 veces), punto B (12 veces), punto C (14 veces), punto D (11 veces) y punto E (11 veces).

El no haber rebasado los límites de norma en los puntos de monitoreo de ruido de fuente indica que el ruido proveniente de las actividades constructivas es menor con respecto al emitido por la operación de la CTPPEC y la concretera, y que no representa un riesgo para el ambiente y la salud de la población aledaña. Sin embargo en 3 de los 5 puntos de monitoreo de ruido de fondo los valores superaron los 68 dB establecidos por norma. De los puntos de monitoreo de ruido

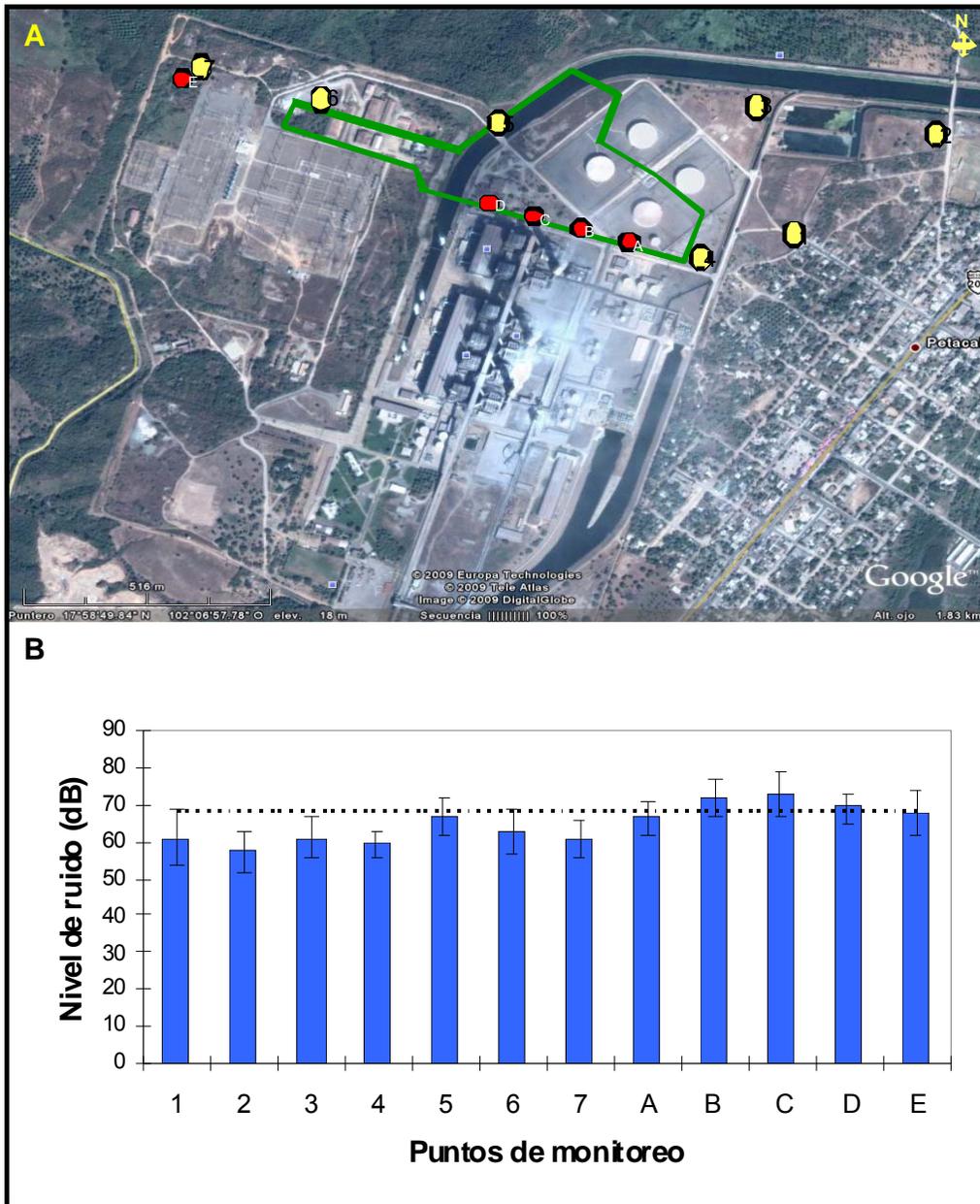


Figura 4.5 (A) Ubicación de puntos de monitoreo de ruido en la zona de construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico. Los números (círculos amarillos) indican los puntos de monitoreo de ruido de la fuente y las letras (círculos rojos) los puntos de monitoreo del ruido de fondo. El área de construcción está delimitada por la línea verde. (B) Nivel promedio de ruido por punto de monitoreo. La línea punteada indica el límite máximo permisible establecido en la NOM-081-SEMARNAT-1994 (68 dB).

de fuente, el punto 5 fue el que tuvo el valor promedio más alto (66.59 dB). Ese punto es un puente vehicular por el que continuamente transitan vehículos, maquinaria y ollas de concreto provenientes de la planta concretera. El punto 1 (61.14 dB en promedio) es el punto de acceso al proyecto y en el que también hay tráfico vehicular continuo. Los puntos 6 (62.43 dB) y 7 (60.44 dB) son el almacén de residuos peligrosos y APASCO respectivamente, donde las fuentes principales de ruido son también el tráfico vehicular continuo. El punto con promedio más bajo fue el 2 (57.38 dB), correspondiente al área de oficinas del Contratista TECHINT, donde las actividades son menores con respecto al resto de los puntos. En los puntos de monitoreo mas cercanos a las actividades constructivas principales del proyecto, punto 3 (60.96 dB) área de pre-ensamble, y punto 4 (59.19 dB), límite entre el área de construcción y el poblado de Petacalco se tuvieron los valores más bajos después del punto 2. Las veces que se supera la norma en los puntos de monitoreo muestra que la variabilidad en las actividades constructivas y que en el momento en que se realizó el monitoreo estuvieron presentes actividades puntuales que emitieron niveles altos de ruido y ratifican que las actividades que generaron el mayor ruido son las provenientes de servicios auxiliares, ruido de fondo (la CTPPEC) y no la construcción.

El ruido de fuente fue identificado en el estudio de impacto ambiental y se estableció como medida de mitigación el monitoreo de ruido con base en la metodología de la NOM-081-SEMARNAT-1994, además de asegurar que no se rebasará el límite de 68 dB establecido en la norma. Para el estudio de impacto ambiental no se consideró el nivel de ruido previo al proyecto, sin embargo durante la construcción y desde el primer mes de actividades se midió el ruido, y los registros muestran que la emisión de ruido fue poco variable durante las etapas constructivas del proyecto. Si bien existieron monitoreos mensuales en los cuales se rebasó el límite de norma, estos no fueron mayores a 77 dB y ocurrieron con poca frecuencia.

El ruido puede causar diversos efectos negativos al humano y animales. Puede provocar molestias; sordera permanente o temporal, interferencia con las conversaciones y sueño; impactos a la salud como efectos cardiovasculares,

incremento en la tasa de mortalidad y daños psiquiátricos; daño a los animales; efecto en la productividad de animales domésticos; vibración en paredes y ventanas, respuestas psicológicas del humano a intensa o baja frecuencia del sonido y ruidos estruendosos. En resumen, muchos de estos efectos interfieren con las actividades normales de la población (Bregman y Mackenthun, 2000). Sin embargo en el caso particular de la construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico se puede considerar que no causa un efecto dañino en el personal ni en la población aledaña. Al personal que labora dentro de las instalaciones y que está expuesto a actividades que generan ruido, se les proporciona equipo de protección auditiva. Con respecto a la población aledaña, el ruido emitido se puede considerar como irrelevante, ya que tan solo el ruido emitido en una conversación normal es de 70 dB. La sordera que se pudiera considerar como el mayor daño a la salud, se provoca por exposiciones prolongadas a niveles superiores a 75 dB, o por sonidos de corta duración mayores a 110 dB (OMS, 1999), sin embargo no se descarta que las exposiciones prolongadas a niveles de ruido moderado provocan malestares físicos y psicológicos.

En el caso de animales las respuestas han sido variables. En un estudio se observó que las aves reaccionaron a niveles de ruido que fueron incrementando de 70 a 95 dB, mientras que en peces se tuvo poca respuesta a sonidos estruendosos y en cerdos no se tuvo respuesta a ruido constante de 120 a 135 dB durante 12 horas, mientras que el mismo nivel de ruido disminuyó la producción de leche en vacas. Otros animales como ratas, ratones, monos y conejos mostraron daños al oído al ser expuestos a altos niveles de ruido (Bregman y Mackenthun, 2000).

Consumo de combustibles.

El Cuadro 4.4 muestra el consumo estimado de combustibles para las actividades de construcción del proyecto; en el proyecto se usaron 968,400 l de combustible. De ese volumen 77.94% correspondió a diesel y 22.01% a gasolina. El mayor consumo de diesel es debido a que la maquinaria como grúas, compresores, bombas de concreto, compactadores, tractocamiones,

Cuadro 4.4 Consumo estimado de combustible durante la etapa de construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico.

Combustible	Cantidad (l)	Porcentaje (%)
Diesel	754,800	77.94
Gasolina	213,600	22.05
Total	968,400	100.00

retroexcavadoras, tractores, revolvedoras de concreto y camiones de volteo utilizados en la construcción, usan diesel como combustible; solamente los vehículos y maquinaria menores como camionetas, pipas para agua, cargador frontal, cortador de varilla, doblador de varilla y vibrador de concreto utilizan gasolina.

En el estudio de impacto ambiental se identificaron la generación de residuos peligrosos provenientes de mantenimientos de vehículos y maquinaria y la emisión de gases contaminantes como impactos del proyecto. Para ese impacto se establecieron como medidas de mitigación el manejo de residuos peligrosos de acuerdo a la legislación ambiental y el mantenimiento continuo a vehículos y maquinaria. Sin embargo, no se cuantificaron las emisiones a la atmósfera, ni se recomendó hacer esa cuantificación.

En el estudio de impacto ambiental de la CC Norte (UAT, 2005) se estimaron las emisiones del equipo y maquinaria utilizado durante las etapas de preparación del sitio y construcción y se reportó que “la combustión del diesel emite en promedio 0.8 g/s de hidrocarburos no quemados (HC), 10 g/s de monóxido de carbono (CO) y 2.3 g/s de óxidos de nitrógeno (NOx); y que la combustión de gasolina emite en promedio 0.41 g/s de hidrocarburos no quemados, 7.0 g/s de monóxido de carbono y 2 g/s de óxidos de nitrógeno”. Sin embargo no se estimaron las cantidades totales de contaminantes durante la etapa constructiva.

En el Cuadro 4.5 se presentan las cantidades totales de combustibles (diesel, gasolina y gas butano) utilizados durante la etapa de construcción del proyecto CCE Pacífico y las emisiones generadas por esos combustibles estimadas mediante los factores de emisión del AP-42 de la Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos (EPA, 1996, 2000). Los resultados mostraron que la generación estimada de emisiones a la atmósfera fue de 59,995 kg de NOx, 3,858 kg de SOx, 4,160 kg de partículas igual o menores a 10 micras (PM₁₀), 215,069 kg de CO y 2,535,369 kg de CO₂ (monóxido de carbono). Los NOx, además de ser irritables, al combinarse con hidrocarburos producen ácidos nitrosos que caen en forma de lluvia ácida que acidifica cuerpos de agua

Cuadro 4.5 Emisión (kg) estimada¹ de contaminantes atmosféricos por tipo de combustible.

Combustible	NOx	SOx	PM₁₀	CO	CO₂(kg)
Diesel	54,518.65	3,585.13	3,832.38	11,744.38	2,027,450.96
Gasolina	5,285.08	272.36	324.24	203,297.17	499,326.40
Gas butano	151.53	0.04	2.99	27.57	8,591.69
Total	59,955.26	3,857.53	4,159.61	215,069.12	2,535,369.05

¹ Valores estimados con base a los factores de emisión de la EPA, reporte AP-42, capítulo 3, sección 3.2 tabla 3.3-1, actualización 1996 y, sección 3.2, tabla 3.2-1, actualización 2000.

dificultando el desarrollo de la vida acuática y afecta la integridad de estructuras. Los HC no quemados, dependiendo de su estructura molecular, presentan efectos nocivos para la salud del humano que van desde irritación hasta mutagénesis y carcinogénesis (Jiménez, 2002). El SO₂ en combinación con las partículas aumenta la mortalidad en la población debido a que paraliza los cilios epiteliales de tracto respiratorio y las partículas penetran hasta los pulmones en donde se sedimentan y son adsorbidas. Tanto el SO₂ como el SO₃ intervienen en la formación de la lluvia ácida (Jiménez, 2002).

El CO se genera por combustión ineficiente. En concentraciones altas y largos tiempos de exposición disminuye la eficiencia del transporte de O₂ en la sangre provocando la formación de carboxihemoglobina (Jiménez, 2002).

El CO₂, formado durante la combustión de los combustibles, ha propiciado el aumento de este gas en la atmósfera rebasando la capacidad de asimilación del CO₂ a través de la fotosíntesis o por dilución en el océano. El CO₂ contribuye al efecto invernadero, reteniendo las radiaciones infrarrojas provenientes de la luz solar (Jiménez, 2002; Mastrángelo, 2003).

Consumo de gases.

El Cuadro 4.6 presenta el consumo estimado de gases en la construcción del proyecto. Como se observa, de un total de 108,554 kg usados, el 55.52% correspondió a argón (60,256 kg), 31.34% a oxígeno (34,016 kg), 8.17% a gas butano (8,864 kg) y 4.99% a acetileno (5,408 kg).

El argón fue utilizado para la soldadura de tuberías de alta presión, ya que es un gas inerte que tiene la característica de formar atmósferas no oxidantes en la soldadura de aluminio y del acero inoxidable de alta precisión (HDS argón, 2009). El acetileno combinado con el oxígeno se utiliza para la soldadura oxiacetilénica, en la cual el calor aportado para este tipo de soldadura se debe a la reacción de combustión del acetileno que puede alcanzar temperaturas de hasta 3,000°C (con exceso de acetileno) o de hasta 3,500°C (con exceso de oxígeno) ideal para soldar acero. El acetileno en combinación con el oxígeno se utilizó principalmente en la soldadura autógena de tuberías y en el corte de estructuras y

Cuadro 4.6 Consumo estimado de gases durante la etapa de construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico.

Gas	Cantidad (kg)	Porcentaje (%)
Argón	60,256	55.52
Oxígeno	34,016	31.34
Gas butano	8,864	8.17
Acetileno	5,408	4.99
Total	108,554	100.00

placas de acero. El gas butano fue usado en la soldadura de tuberías de agua. En el estudio de impacto ambiental no se consideró el uso de gases ni el impacto causado por su uso.

El argón no produce efectos negativos en el ambiente, sin embargo en la salud del humano puede provocar asfixia al ser inhalado en concentraciones excesivas en lugares cerrados (HDS argón, 2009). Al quemar el acetileno (C_2H_2) combinado con el oxígeno (O_2) se produce hidrógeno y monóxido de carbono (CO) que al reaccionar con el oxígeno de la atmósfera se genera dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (HDS acetileno, 2009). El CO_2 es un gas que contribuye al efecto invernadero, ya que junto con otros gases como el metano (CH_4), óxidos de nitrógeno (NO_x), clorofluorcarbonos (CFC) y ozono (O_3), absorben la energía infrarroja de la tierra favoreciendo el calentamiento de la superficie terrestre (Mastrángelo, 2003; EPA, 2000). Durante la combustión, la liberación de CO_2 en un área cerrada y sin ventilación puede disminuir la concentración de oxígeno causando asfixia (MDHFS, 2008). El gas butano (C_4H_{10}) también genera CO_2 , por lo que se produce el mismo efecto que en el uso de acetileno (Mastrángelo, 2003; EPA, 2000).

4.2.3 Componente hidrología

Consumo y contaminación de agua.

La Figura 4.6 presenta el volumen (m^3) de agua consumida en la etapa de construcción del proyecto. El mayor uso de agua (89%) fue para humectación de vías de tránsito para lo que se usaron $77,766 m^3$, y en menores cantidades para consumo humano $5,877 m^3$ (6.75%) y para uso sanitario $3,397 m^3$ (3.9%).

La necesidad de utilizar agua para humectación se debió a que en las actividades constructivas del proyecto se realizaron nivelaciones y excavaciones que implicaron el movimiento de grandes volúmenes de tierra, lo que ocasionó la dispersión de partículas, tanto en las áreas de trabajo como en caminos y vías de tránsito donde la circulación de vehículos fue constante. La humectación (3 a 5 riegos diarios) se usó como medida de mitigación para evitar la dispersión de polvos. Los riegos se realizaron en función de las condiciones climáticas. Es decir,

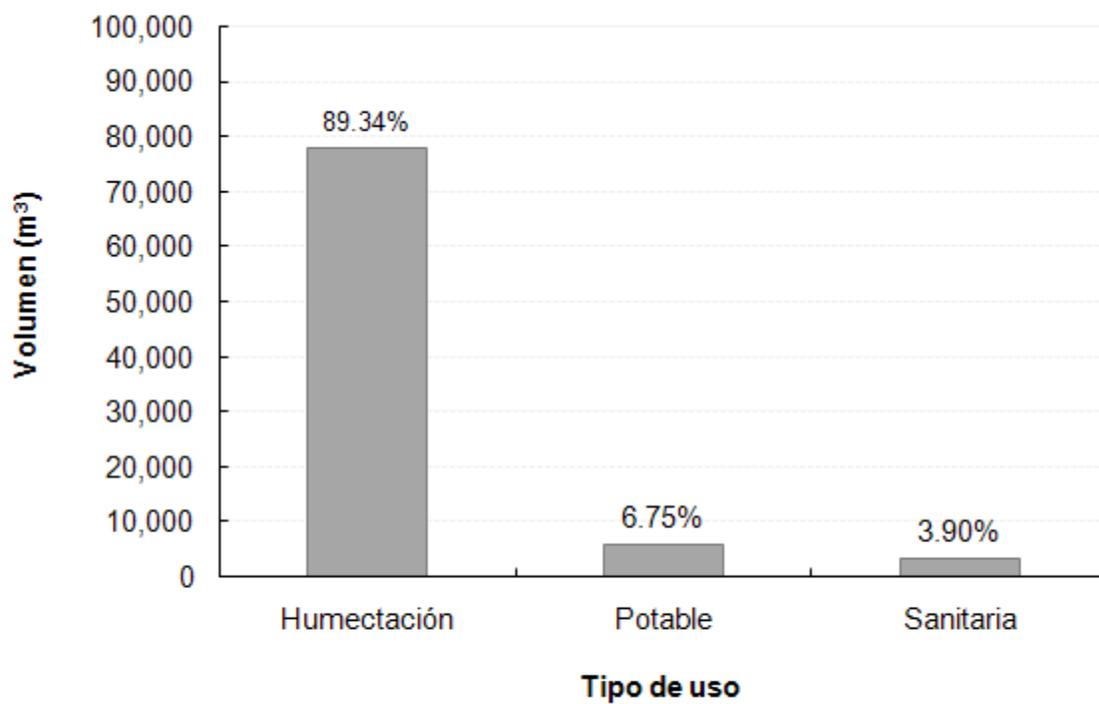


Figura 4.6 Agua utilizada durante la construcción de la Central Carboeléctrica del Pacífico, por tipo de uso.

en temporada de lluvia se disminuyó la frecuencia, sin embargo los riegos fueron constantes durante toda la etapa constructiva. En menor cantidad, el agua fue utilizada para consumo humano, pero el volumen de agua de consumo fue 42% mayor que el volumen de agua utilizada en los servicios sanitarios; posiblemente debido a las condiciones climáticas de la zona, donde la temperatura oscila entre 26-30°C y donde el personal obrero requiere mantenerse hidratado. El volumen de agua sanitaria generado en el proyecto (~3,400 L) fue de la limpieza de sanitarios portátiles y de fosas de captación de agua residual proveniente de oficinas temporales. El agua utilizada para riego y sanitarios fue proveniente del canal de llamada que se utiliza como suministro de agua para el sistema de enfriamiento de la CTPPEC, que a su vez proviene del brazo izquierdo del río Balsas. El agua para consumo humano fue de garrafón, adquirida de proveedores comerciales.

En el estudio de impacto ambiental del proyecto se identificó el uso de agua como un impacto, sin embargo se subestimaron los volúmenes. Para agua de servicios se estimó un consumo de 15,000 m³ y hasta diciembre de 2008 en el proyecto constructivo se utilizaron 81,163 m³, 81% más de lo estimado. Se observó un comportamiento similar para el agua utilizada para consumo humano. En el estudio de impacto ambiental se estimó un consumo de 3 l/persona/día, sin embargo se tuvo un consumo promedio de 6 l/persona/día, 50% más que el volumen estimado. Con respecto al agua residual sanitaria, en el estudio de impacto ambiental se identificó que durante la etapa de construcción del proyecto se generaría agua residual, pero no se estimó el volumen a generar y solo se estableció como medida de mitigación disponer el agua en sitios autorizados. No se evaluó el impacto de utilizar el agua proveniente del río ni el daño que ocasionaría la disposición inadecuada del agua residual. Sin embargo, en el proyecto se aseguró que el agua sanitaria se dispusiera en las plantas de tratamiento de aguas residuales localizadas en Lázaro Cárdenas Michoacán, la ciudad más cercana con infraestructura para el tratamiento de aguas residuales.

La utilización de agua superficial, sin evaluar el impacto a los cuerpos de agua, para un mega proyecto como la construcción de la central termoeléctrica podría contribuir a la desecación de cuerpos de agua que a su vez contribuyen a

la recarga de mantos acuíferos y constituyen un sistema de sobrevivencia de especies animales y vegetales de la zona. Si no se trata, el agua residual sanitaria contamina suelo y cuerpos de agua. Efectivamente, el agua sanitaria contiene residuos orgánicos que son descompuestos por bacterias aeróbicas consumidoras de oxígeno. Cuando esos residuos se encuentran en exceso se propicia la proliferación de microorganismos, que a su vez agotan el oxígeno y afectan la vida de otros organismos. Además, el agua residual sanitaria contiene microorganismos que son portadores de enfermedades, y sedimentos y materiales suspendidos que provocan turbidez en el agua, afectando el ciclo de vida de otros organismos.

4.2.4 Componente social

Accidentes de trabajo.

La Figura 4.7 muestra los accidentes ocurridos durante las actividades constructivas del proyecto. De un máximo de 2815 trabajadores que se tuvieron en la etapa constructiva del proyecto, 219 tuvieron un accidente de trabajo (0.07 accidentes/persona), el mayor porcentaje 78.54% (172 accidentes) fueron accidentes de botiquín (pequeñas cortadas, machucones, torceduras menores, quemaduras, resfriados, agruras, diarreas e insolación), seguido de accidentes menores 14.61% (32 accidentes) (fracturas no graves, cortadas serias, machucones serios, torceduras mayores, afección ocular por soldadura u otros incidentes,). Finalmente, 6.85% (15 accidentes) fueron accidentes ocasionados por derrumbes, fugas de productos químicos y choques de equipos y máquina de construcción. Como se observa, la mayoría de los accidentes fueron accidentes de botiquín (0.06 accidentes/persona) que no implicaron daños permanentes a los trabajadores ni afectaron los trabajos de la obra. Sin embargo, también se presentaron accidentes menores (1 accidentes/100 personas) y mayores (<1 accidentes/100 personas), lo que indica que los trabajos constructivos representan un riesgo para el humano.

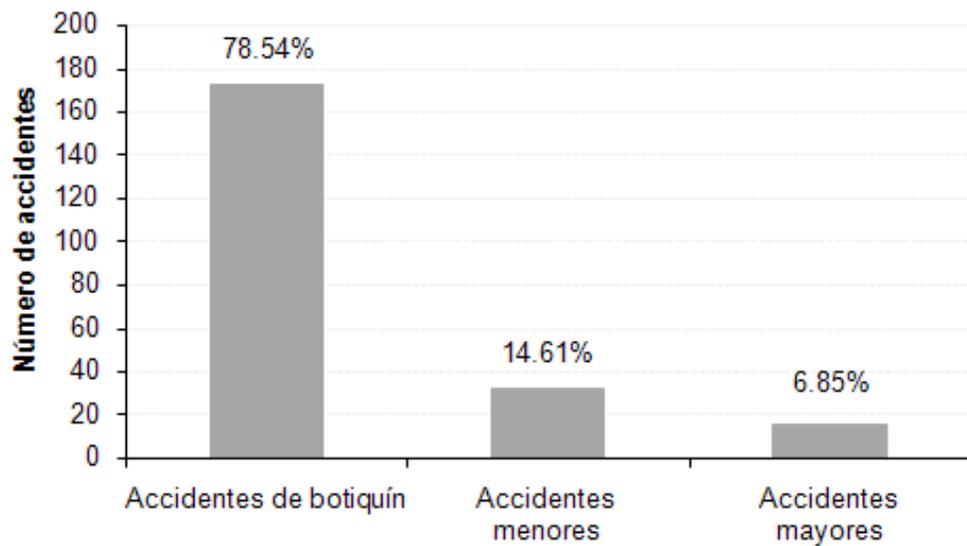


Figura 4.7 Accidentes ocurridos durante la etapa constructiva de la Central Carboeléctrica del Pacífico (219 accidentes en total).

4.3 Evaluación de la utilidad del estudio de impacto ambiental

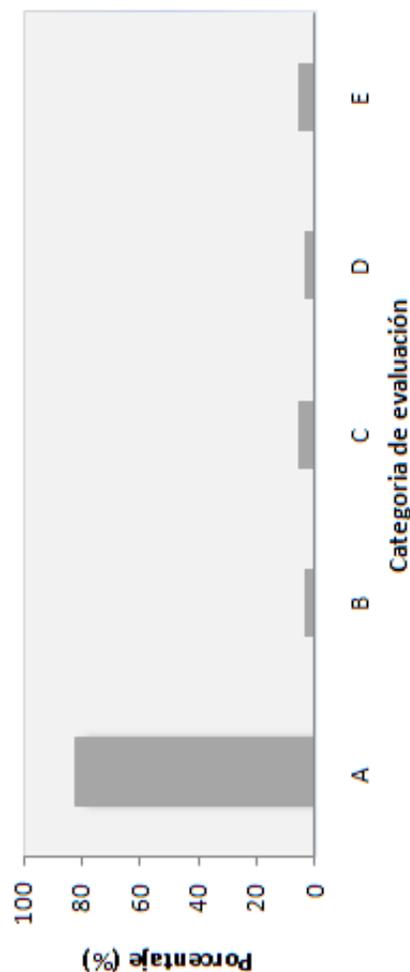
En el Cuadro 4.7 se presentan los resultados de la evaluación de la calidad del estudio de impacto ambiental del proyecto CCE Pacífico con respecto a los criterios requeridos por la guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental del sector eléctrico, modalidad particular. Los resultados indican que en el estudio de impacto ambiental, 82.14% de los criterios evaluados fueron cubiertos satisfactoriamente, 3.57% presentaron pequeñas omisiones irrelevantes; 5.36% presentaron pequeñas omisiones con las que el criterio puede considerarse aún satisfactorio, 3.57% presentaron partes completas pero otras totalmente insatisfactorias y 5.36 % fueron insatisfactorios. Los criterios de revisión 1, 3, 7 y 8 de la guía fueron cubiertos satisfactoriamente en el estudio de impacto ambiental, seguidos de los criterios 4, 5 y 6 mientras que el criterio 2 fue el menos satisfactorio.

Criterio de revisión 1. Este criterio se refiere a los datos del proyecto, promovente y responsable del estudio, ese criterio se cumplió de acuerdo a la guía.

Criterio de revisión 2. Referente a la descripción del proyecto. Esta sección, donde se deben describir los atributos y debilidades más evidentes del proyecto, fue el que presentó el mayor número de deficiencias debido a que no se cubrieron los requerimientos mínimos establecidos en la guía, solo 58.82% de las sub-categorías se cumplieron satisfactoriamente. En el estudio de impacto ambiental se describe extensamente la parte técnica del proyecto, pero no el grado de sustentabilidad; se describen las bases técnicas que llevaron a elegir el sitio del proyecto, pero se omite el sustento ambiental (lo que hace suponer que no fue considerada). Es cierto que el proyecto CCE Pacífico se ubicó dentro en un suelo industrial terreno de la CTPPEC lo cual minimizó considerablemente los impactos a los componentes suelo, flora y fauna, pero de cualquier manera el efecto existe y sobre todo existe un efecto acumulativo y efecto al suelo, flora y fauna circundante. En la sub-categoría de inversión requerida para la ejecución del proyecto, no se incluyó el presupuesto asignado al cumplimiento de medidas de prevención y mitigación, ni se consideró la cobertura vegetal a afectar

Cuadro 4.7 Calidad del estudio de impacto ambiental de la CCE Pacífico de acuerdo a la metodología propuesta por Sandham (2008).

Criterios evaluados	A	B	C	D	E	F	N/A	Total
1. Datos generales del proyecto, del promovedor y del responsable del estudio de impacto ambiental.	14	0	0	0	0	0	0	14
2. Descripción del proyecto.	10	1	2	1	2	0	1	17
3. Vinculación de los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y en su caso con la regulación de uso de suelo.	1	0	0	0	0	0	0	1
4. Descripción del sistema ambiental y señalamiento de la problemática ambiental detectada en el área de influencia del proyecto. Inventario ambiental.	12	0	0	0	1	0	0	13
5. Identificación, descripción y evaluación de impactos ambientales.	2	0	1	1	0	0	0	4
6. Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales.	3	1	0	0	0	0	0	4
7. Conclusiones.	1	0	0	0	0	0	0	1
8. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información señalada en las fracciones anteriores.	3	0	0	0	0	0	1	4
Total	46	2	3	2	3	0	2	58
Porcentaje (%)	82.14	3.57	5.36	3.57	5.36	0.00	0.00	100



(posiblemente por ser una zona alterada donde la poca vegetación existente era de tipo ruderal). En esta sección tampoco se describieron los efectos adversos que causarían al ambiente las instalaciones temporales. En lo que respecta a generación, manejo y disposición de residuos, la evaluación de impacto ambiental se enfocó a residuos generados durante la etapa operativa o de mantenimiento del proyecto (para los cuales no se describió el volumen generado, características CRETIB, efectos a la salud, tipo de envase y sitio de almacenamiento), pero omitió del todo los residuos generados durante la etapa de construcción, que con los resultados de este estudio se sabe suman 479 ton. En cuanto a emisiones a la atmósfera no se contemplaron todos los contaminantes que se generarán por unidad de tiempo y para el caso de ruido no se propusieron dispositivos de mitigación ó control.

Resultados similares fueron observados por Sandham y Pretorius (2008) en una revisión de la calidad de 28 estudios de impacto ambiental en el sur de África. En ese estudio se observó que sólo 86% de los estudios evaluados cumplieron los requerimientos de la legislación en cuanto a la descripción del proyecto y el ambiente. En general esos estudios describían excesivamente el proyecto y le dieron poca importancia a la generación de residuos y afectación al ambiente.

Criterio de revisión 3. Vinculación de los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y en su caso con la regulación del uso de suelo. Este criterio fue cubierto satisfactoriamente.

Criterio de revisión 4. Descripción del sistema ambiental y señalamiento de la problemática ambiental detectada en el área de influencia del proyecto. Este criterio fue cubierto adecuadamente con excepción de la delimitación del sitio, la cual no es explícita en lo referente a la interacción con los componentes ambientales. En el estudio no se consideran los impactos sinérgicos y acumulativos que la ampliación de la planta tendrá.

Criterio de revisión 5. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales. Se tuvo 50% de cumplimiento. Las deficiencias se presentaron en la sub-categoría de indicadores ya que se identifican indicadores

para evaluar la calidad del aire y la generación de ruido, pero sólo se estableció que se debería dar cumplimiento a los límites establecidos por norma. En lo referente a suelo, vegetación, fauna e impactos socioeconómicos, los indicadores son ambiguos de tal manera que no se podría establecer un sistema operativo de seguimiento y evaluación.

Sandham y Pretorius (2008) también encontraron sólo 71% de cumplimiento en este criterio, solo que en ese caso se relacionó con deficiencias en la identificación de los impactos ambientales; en la mayoría de los estudios se identifican solamente los impactos directos y generales para el proyecto, pero no se predice la magnitud de los mismos ni la etapa del proyecto en que se van a presentar.

En el Cuadro 4.8 se presentan los impactos ambientales considerados en el estudio de impacto ambiental (estimados o cuantificados) y los pertinentes para la etapa constructiva del proyecto. Los impactos listados en el cuadro fueron seleccionados tomando como referencia estudios de impacto ambiental del proyecto de estudio (CCE Pacífico) y de tres proyectos de centrales termoeléctricas adicionales (CC Tamazunchale, CC Norte y CC Baja California). Se identificaron 53 impactos ambientales como pertinentes para ser aplicados a un proyecto termoeléctrico, 38 (71.70%) impactos directos, 15 (28.30%) indirectos, 28 (52.83%) simples, 19 (35.85%) acumulativos y 3 (5.66%) sinérgicos. Del total de los impactos pertinentes, 32 (60.38%) fueron incluidos en el estudio de impacto ambiental, 6 no se consideran aplicables al proyecto CCE Pacífico, 6 (generación de HC, NO_x, CO, SO_x, CO₂ y PM₁₀) están implícitos en los contaminantes que afectan la calidad del aire y 8 no fueron considerados en el estudio, aún y cuando son aplicables a la CCE Pacífico.

De los impactos ambientales pertinentes y considerados en el proyecto, los impactos que afectan la calidad del aire fueron los únicos considerados como acumulativos, sin embargo se no se profundizó en su análisis. También se identificaron 2 impactos sinérgicos pero no identificados para el proyecto. El resto fueron categorizados como impactos simples. De estos impactos aplicables, 35 son directos y 12 indirectos.

Cuadro 4.8 Impactos pertinentes y considerados (√) en el estudio de impacto ambiental (EIA) de la etapa constructiva de proyecto CCE del Pacífico.

Componente Ambiental afectado	Factor	Impactos pertinentes					Impactos considerados en el EIA CCE Pacífico		
		Descripción	Tipo						
			Directo	Indirecto	Simple	Acumulativo		Sinérgico	
Atmósfera	Emisión de ruido	Emisión de ruido	√			√		√	
	Calidad del aire	Emisión de hidrocarburos no quemados	√			√			
		Emisión de óxidos de nitrógeno	√			√			
		Emisión de monóxido de carbono	√			√			
		Emisión de óxidos de azufre	√			√			
		Emisión de bióxido de carbono	√			√			
		Emisión de PM10	√			√			
		Emisión de gases por uso de madera como combustible		√				√	
	Visibilidad	Emisión de polvos por movimiento de tierra y tránsito vehicular.	√			√		√	
Vegetación	Pérdida de vegetación	Afectación de flora	√			√		√	
Fauna	Afectación de fauna	Afectación de fauna	√		√			√	
Suelo	Pérdida de suelo fértil	Suelo removido por excavaciones	√		√			N/A	
	Uso de suelo	Cambio del uso del suelo	√		√			N/A	
		Afectación de áreas utilizadas para estacionamiento de maquinaria y vehículos.	√		√			N/A	
	Uso de materiales	Explotación de materiales usado para rellenos	√			√			
	Contaminación por residuos no peligrosos	Generación de tierra	√			√		√	
		Generación de concreto	√			√		√	
		Generación de madera	√						
Generación de chatarra		√					√		
	Generación de basura	√					√		

		Generación de papel y cartón	√		√			√
		Generación de plástico	√		√			√
		Generación de cobre	√		√			√
		Generación de aluminio	√		√			√
		Disposición de basura en sitios inadecuados		√			√	
	Contaminación por residuos peligrosos	Generación de material impregnado con grasas y aceites	√		√			√
		Generación de tierra contaminada	√		√			√
		Generación de recipientes impregnados con aceite residual	√		√			√
		Generación de Aceite lubricante usado	√		√			√
		Generación de recipientes impregnados con pintura	√		√			√
		Generación de baterías	√		√		√	
		Generación de colillas de soldadura	√		√		√	
Agua	Explotación del recurso	Utilización de agua para consumo humano	√		√		3l/persona	
		Utilización de agua para servicios	√			√	15,000 m ³	
	Calidad del agua	Contaminación del agua (agua residual)	√		√		√	
		Contaminación del agua por mal manejo de residuos		√			√	N/A
	Afectación de cuerpos de agua	Obstrucción de escurrimientos naturales por disposición de residuos.		√		√		N/A
		Contaminación de cuerpos de agua		√		√		N/A
Socioeconómico	Empleo	Generación de empleos	√		√		√	
	Nivel de ingresos	Incremento en la actividad económica		√	√		√	
	Medios de comunicación	Incremento en el tráfico vehicular		√	√		√	
	Medios de transporte	Incremento de economía de transportistas locales.		√	√		√	
	Servicio de alojamiento temporal	Uso de infraestructura		√	√		√	
	Salud laboral	Accidentes o enfermedades de trabajo	√		√			

		Efectos en el organismo por afectación de la calidad del aire		√		√		√
		Efectos a la salud por emisión de ruido		√		√		√
	Calidad de vida	Mejora en la calidad de vida de las personas		√		√		√
	Derrama económica y comercio	Uso de bienes y servicios	√			√		√
		Generación de empleos por servicios utilizados		√	√			√
	Crecimiento acelerado de la población	Falta de servicios	√		√			
		Encarecimiento de servicios		√	√			
		Contaminación del lugar		√	√			
		Disminución de la disponibilidad de recursos	√		√			

	Impactos pertinentes					Considerados en EIA CCE Pacífico
	Directo	Indirecto	Simple	Acumulativo	Sinérgico	
Total	38	15	28	19	3	32
Porcentaje	71.70%	28.30%	52.83%	35.85%	5.66%	60.38%

Los impactos pertinentes pero no identificados en el estudio de impacto ambiental fueron las emisiones al aire por combustión de madera de desperdicio, disposición de basura en sitios no adecuados, encarecimiento de servicios y contaminación del lugar, como impactos indirectos; explotación de materiales utilizados para rellenos, accidentes o enfermedades de trabajo, falta de servicios y disponibilidad de recursos, como impactos indirectos.

Como se observa en el listado de impactos (Cuadro 4.8), la mayor parte de los impactos no identificados corresponden al componente socioeconómico, lo que sugiere que es necesario acentuar el análisis para este componente, en el que están implícitos los daños a la salud. Pero igualmente se requiere profundizar en el análisis de los impactos indirectos, que se deben considerar en el establecimiento de medidas de mitigación.

Esos resultados coinciden con los de Harris *et al.* (2009), quienes después de hacer una evaluación cualitativa de 22 estudios de impacto ambiental en Australia concluyeron que la inclusión de los impactos a la salud tiende a ser limitada.

Criterio de revisión 6. Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales. En el estudio se obtuvo 75% de cumplimiento para este criterio porque se observaron omisiones en la descripción de las medidas de mitigación. Es decir, las medidas de mitigación consideradas en la etapa de construcción son limitadas. En el estudio realizado por Sandham y Pretorius (2008) se encontró un cumplimiento menor (61%) y la causa fue similar; las medidas de mitigación no se describían en su totalidad o no se detalló su forma de implementación por lo que su efectividad es limitada.

Del listado de 57 medidas de mitigación (Cuadro 4.9), en el proyecto CCE Pacífico únicamente se consideraron 26. Sin embargo 10 se consideran no aplicables debido a que el proyecto se estableció en un terreno industrial, otras se consideraron en la práctica para la etapa de construcción aún y cuando no fueron propuestas (reuso de madera, establecimiento de áreas para manejo de sustancias y residuos peligrosos, disposición de agua residual en plantas de tratamiento, disposición de material terreo o cascajo en áreas donde no se afecten

Cuadro 4.9 Medidas de mitigación pertinentes y consideradas (√) en el estudio de impacto ambiental (EIA), para la etapa de construcción del proyecto CCE Pacífico.

Componente ambiental afectado	Impacto	Medidas de mitigación	
		Pertinentes	Consideradas en el EIA CCE Pacífico
Atmósfera	Emisión de ruido.	Si se rebasan los límites, barreras de aislamiento acústico.	
		Programación alternada de actividades.	
		Utilizar silenciadores para los vehículos y maquinaria.	
		Monitoreo de ruido.	√
		Monitoreo de ruido laboral.	√
	Emisiones de gases de combustión de maquinaria (hidrocarburos no quemados, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono) y quema de madera donada.	Mantenimiento de maquinaria.	√
		Reuso de la madera.	
		Condicionamiento de la donación de madera para su utilización en actividades ajenas a la de combustible.	
	Emisión de polvos.	Control de velocidad de vehículos.	√
		Humectación de caminos y áreas de trabajo.	√
Cubrir con lonas los camiones que transportan materiales.		√	
Vegetación	Pérdida de vegetación.	Rescate y reubicación de flora.	N/A
		Construcción de barrera arbolada.	
		Evitar el uso de productos químicos.	N/A
		Limitación de áreas de trabajo y transporte, para evitar la afectación de vegetación.	√
		Reforestación.	N/A
Fauna	Afectación de la fauna.	Propiciar el desplazamiento de fauna.	N/A
		Rescate y reubicación de fauna.	N/A
		Conservación de áreas arboladas como refugio de la fauna.	N/A
		Bitácora de seguimiento a la barrera arbolada.	N/A

Suelo	Pérdida de suelo.	Uso de tierra vegetal para áreas verdes.	N/A
		Uso de materiales de bancos autorizados.	√
	Uso de suelo	Establecer áreas verdes dentro de la superficie del proyecto.	N/A
		Restauración de áreas ocupadas como estacionamientos.	N/A
	Uso de materiales	Rellenar los espacios de la extracción de materiales con la tierra y concreto proveniente de la construcción.	
	Contaminación de suelo por residuos no peligrosos (basura).	Limpieza de áreas de trabajo.	√
		Uso de contenedores para el acopio de residuos.	√
		Clasificación de residuos.	√
		Almacenamiento de residuos en sitios adecuados.	√
		Reciclaje de residuos.	√
		Disposición de residuos únicamente en rellenos sanitarios que cumplan con la normativa ambiental.	
		Autorizaciones para la disposición de residuos.	√
	Contaminación por residuos peligrosos.	Mantenimiento de maquinaria para mantenerla en buen estado.	√
		Uso de contenedores para el acopio de residuos.	√
		Recolección y separación de residuos.	√
Almacenamiento adecuado de residuos.		√	
Transporte de residuos a empresas autorizadas.		√	
Disposición final o reciclaje de residuos peligrosos en sitios autorizados.		√	
Agua	Explotación del recurso.	Uso del agua de fuentes autorizadas.	√
		Ahorro de agua.	
	Contaminación del agua.	Tratamiento de aguas residuales.	√
		Uso de sanitarios portátiles.	√

		Disposición de agua en sitios autorizados.	√
		Establecer áreas para manipulación de sustancias y residuos peligrosos, para evitar posibles derrames.	
		Disposición del agua residual sólo en plantas de tratamiento.	
	Afectación de cuerpos de agua	Establecer compromisos con los usuarios de material de relleno, para que lo utilicen exclusivamente en obras que no afecten los cuerpos de agua o escurrimiento.	
		Limitar la disposición de material terreo o concreto en los rellenos sanitarios.	
Socio-económico	Empleo	Dar preferencia a la contratación de personal local.	√
	Medios de comunicación	Mejorar los caminos de acceso.	
	Medios de transporte	Uso de servicios de transporte locales.	
	Salud laboral	Cumplir con todos los lineamientos de seguridad.	√
		Establecer estándares de limpieza en área de comedores para evitar enfermedades.	
		Uso de equipo de protección personal.	
	Crecimiento acelerado de la población	Planear y comunicar a la comunidad, los servicios requeridos para el proyecto.	
		Salarios de acuerdo con la economía de la zona.	
		Manejo adecuado de los residuos.	
		Uso racional de los recursos.	

Total: 57 medidas de mitigación /26 consideradas en el EIA.

cuerpos de agua, mejora de caminos de acceso, uso de transportes locales, limpieza de comedores, uso de equipo de protección personal, salarios acordes a la economía del lugar, manejo adecuado de residuos y uso racional de recursos); 3 están condicionadas a los resultados de las emisiones de ruido, aunque no están consideradas en el estudio; pero 6 no fueron propuestas a pesar de considerarse importantes para mejorar el desempeño ambiental del proyecto.

En el componente atmósfera, factor emisión de ruido, aun y cuando se estableció un monitoreo de ruido laboral y de fuentes fijas en forma mensual, no se establecieron medidas de mitigación para ser aplicadas en caso de que los límites establecidos en las normas se rebasaran. Algunas de esas medidas de mitigación incluyen barreras de aislamiento acústico, programación alternada de actividades o instalación de silenciadores en vehículos y maquinaria. Con respecto al factor emisiones de gases de combustión, no se consideraron las provenientes de la quema de la madera donada a la comunidad, la cual además de tener un beneficio social, si se condicionara su uso, se podría evitar que fuera quemada emitiendo gases de emisión producto de la combustión. Para el componente vegetación solo se estableció la limitación de áreas de trabajo para evitar dañar áreas no requeridas. Si bien el terreno ocupado era un predio de uso industrial ya afectado, donde ya no era factible el rescate de flora y donde evitar el uso de químicos durante el desmonte eran medidas que ya no aplicaban, si se podría haber establecido la creación de una barrera arbolada que pudiera haber contribuido a mitigar el impacto visual favoreciendo el paisaje o como barrera acústica (Conesa, 1997). Para el componente fauna, no se consideraron medidas de mitigación, el motivo fue el mismo que para vegetación, el predio ya estaba alterado, pero el impacto ambiental de un proyecto termoeléctrico no se circunscribe al terreno ocupado y existen efectos sinérgicos y acumulativos con la infraestructura existente que debieron ser considerados. Para el componente suelo, particularmente en el factor pérdida de suelo no se consideró el reuso de la capa superficial del suelo como tierra vegetal para áreas verdes, posiblemente debido a que se trataba de un suelo de uso industrial, motivo por el cual no se propusieron medidas de mitigación con respecto al componente uso de suelo. En

el componente uso de suelo no se establecieron medidas de mitigación, sin embargo existe un impacto indirecto por la extracción de materiales que podría ser mitigado si los espacios abiertos por la extracción de materiales, en donde sea factible y previo estudio del lugar, se rellenaran con el material térreo y concreto de desperdicio, lo cual permitiría además utilizar este desperdicio de forma controlada y sin alterar otras áreas o escurrimientos pluviales. En lo que respecta a contaminación de suelo se incluyeron la mayoría de las medidas de mitigación, aunque estas medidas de mitigación fueron determinadas cualitativamente y la cantidad de residuos a generar no fue estimada. Sin embargo, en este estudio se propuso la clasificación y separación de residuos, a diferencia de otros estudios de impacto ambiental como la CC Tamazunchale, CC Norte y CC Baja California (CIBNOR, 2003a y 2005; UAT, 2005). Lo que no se incluyó fue el asegurar que la disposición de basura se hiciera solo en sitios adecuados para tal fin (rellenos sanitarios). La medida de mitigación no propuesta fue la disposición de la basura, que al establecerse la obligatoriedad de utilizar solamente rellenos sanitarios, obligaría a los municipios a proveer de más espacios para este fin, y disminuiría la creación de tiraderos a cielo abierto. En el componente agua se omitió el concepto ahorro de agua, por lo que no se estableció ninguna medida de mitigación al respecto. Por los resultados de este estudio sabemos que sólo en la etapa constructiva se usaron alrededor de 87,040 m³ de agua para humectación, consumo, construcción y sanitarios. Tampoco se establecieron medidas de mitigación enfocadas a asegurar el manejo adecuado del agua residual, sin embargo en el proyecto se tomaron las medidas preventivas para el adecuado manejo de esta agua. Finalmente los impactos socioeconómicos fueron sólo parcialmente considerados. La mayoría de esos impactos se consideran positivos y por lo tanto pocas veces se proponen medidas de mitigación. Sin embargo si se comunicara a la comunidad la cantidad y magnitud de servicios requeridos para el proyecto, sería posible asegurar su disponibilidad, y por consiguiente un beneficio económico mejor planeado, o bien sería más claro el impacto (negativo o positivo) directo o indirecto a las comunidades afectadas. La mayoría de estas medidas de mitigación, aun y cuando no son propuestas, son realizadas en la práctica.

Criterio de revisión 7. Conclusiones. Fue adecuado con respecto a lo solicitado en la guía, pero debido a las deficiencias del proyecto en otras secciones las conclusiones son en principio también deficientes.

Criterio de revisión 8. Se refiere a la información que sustenta los criterios anteriores. Se cumplió con los requerimientos de la guía. En el estudio realizado por Sandham y Pretorius (2008) igualmente fue el criterio que mayor grado de cumplimiento tuvo (96%).

Los resultados de este estudio muestran que si bien en general los estudios de impacto ambiental, la identificación de impactos y el establecimiento de medidas de mitigación son de gran utilidad para evitar o reducir los daños causados al ambiente, también existen deficiencias que requieren ser atendidas para mejorar su efectividad.

Al igual que en el caso de Sandham y Pretorius (2008), en el estudio de impacto ambiental de la central Carboeléctrica del Pacífico se acentuó la descripción de las particularidades del proyecto y sus ventajas técnicas, con respecto a la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que son el objetivo principal de una evaluación de impacto ambiental (Conesa, 1997). Así mismo, en el caso del proyecto de estudio no se describen debidamente los residuos o emisiones a generar ni el manejo que se les dará, tampoco se estiman los volúmenes a generar, lo que hace suponer que las medidas de mitigación propuestas no parten de una base cuantitativa que permita predecir acertadamente los impactos durante todas las etapas de la construcción de un proyecto termoeléctrico.

En cuanto a la descripción del sistema ambiental, se pudo observar que se hace extenso uso de la información bibliográfica, en cuanto al listado de especies y descripción del medio. Sobre todo en los componentes flora y fauna donde los muestreos y mediciones son escasamente utilizados o bien se realizan en periodos muy cortos que hacen imposible tener un panorama general de la dinámica ambiental existente en el sitio de estudio.

Además, es claro que el estudio de impacto ambiental se sesga a los impactos causados durante la etapa operativa del proyecto y en proponer sus

respectivas medidas de mitigación, pero se subestiman o se omiten los impactos causados durante la etapa constructiva. Eso podría ser también cierto para otros casos de estudios de impacto ambiental. Es evidente que en la etapa constructiva se generan impactos relevantes que en la mayoría de los casos son ignorados o que no son evaluados de forma real; como en el caso del agua, el gasto estimado durante toda la etapa de construcción era de 15,000 m³, sin embargo, éste ha sido cuatro veces superior (81,163 m³) hasta el periodo estudiado.

En el estudio del proyecto CCE Pacífico los impactos ambientales identificados para la etapa constructiva fueron la emisión de polvos y partículas, emisión de gases de combustión de maquinaria y vehículos, generación de ruido, explotación de bancos de materiales, uso de agua y contaminación del suelo por residuos peligrosos provenientes del desmantelamiento de los tanques de combustible y maquinaria. Con excepción del agua, la identificación de los impactos no se hizo con base a una estimación de los mismos, sino más bien tomando como referencia la bibliografía y la experiencia de los consultores en proyectos similares. La guía para elaboración del estudio de impacto ambiental, también señala que se deben usar indicadores que permitan evaluar la dimensión de las alteraciones que podrán producirse como consecuencia del establecimiento del proyecto. Los indicadores propuestos en el estudio de la CCE Pacífico se limitaron a seguir los ejemplos de la guía. Dos de los cuatro indicadores fueron para la etapa operativa y dos para la etapa de construcción, obviamente cuatro indicadores no son suficientes para dimensionar el impacto ambiental del proyecto. Se propuso el indicador de emisión de ruido por la operación de la maquinaria de construcción, tomando como referencia los límites establecidos en la norma NOM-081-ECOL-1994, sin embargo no se estimó la superficie afectada. El segundo indicador para la etapa constructiva, consideró únicamente la posible contaminación del suelo por hidrocarburos en la zona de los tanques desmantelados, sin embargo en el proceso de construcción existen muchas más actividades que pueden ser fuente de contaminación del suelo y que sin embargo no fueron consideradas.

Dada la poca profundidad en la identificación de impactos ambientales para la etapa constructiva, las medidas de mitigación son igualmente escasas y se centran en el mantenimiento de vehículos y maquinaria para mitigar la contaminación por ruido y emisión de residuos, en la obtención de materiales de bancos autorizados, en el tratamiento del suelo en áreas de tanques en caso de estar contaminado (lo cual no sucedió) y en el manejo de residuos sólidos y agua siguiendo los lineamientos de la legislación aplicable.

En el estudio no se visualizan los efectos acumulativos o sinérgicos que pueden ocurrir, con excepción del impacto en la calidad del aire y contaminación en los alrededores provocada por los habitantes de la comunidad (categorizados como impactos acumulativos), tal es el caso del manejo de residuos no peligrosos, donde no se visualizan medidas de mitigación para los impactos que se generan después de aplicadas las medidas de mitigación, ya sea por la poca efectividad de la misma o bien por la limitada aplicación de la medida. Debido a la ambigüedad en la legislación referente al manejo de estos residuos, los proyectos se limitan a disponerlos en sitios autorizados por la autoridad, sin considerar los impactos que estos puedan causar en sitios externos al proyecto, ya que en ocasiones la autoridad local no cuenta con la infraestructura ni con el personal técnico capacitado para el manejo adecuado de dichos residuos, tal es el caso de la zona donde se ubica en proyecto CCE Pacífico. Otro aspecto importante y que no fue considerado para la etapa de construcción en el estudio de impacto ambiental del proyecto fue la contaminación de agua por uso en sanitarios portátiles y el impacto que pudieran causar de no tratarse correctamente. No se existe la obligatoriedad de que las empresas de servicio de limpieza de sanitarios se aseguren del tratamiento del agua residual, lo que ocasiona que a veces se descarguen sin tratamiento a cuerpos de agua. Para el caso del proyecto CCE Pacífico, el agua residual se dispuso en plantas de tratamiento de aguas residuales.

A pesar de que se establecieron medidas de mitigación para los impactos ambientales identificados, esas medidas fueron en su mayoría enfocadas a impactos directos y simples, es decir aquellos efectos que se manifiestan sobre un solo componente ambiental y que no tienen consecuencias posteriores. Sin duda,

en la guía para elaboración del estudio ambiental y en el propio cuerpo del documento se mencionan los impactos sinérgicos, acumulativos, indirectos y residuales, pero su inclusión es limitada solamente al reconocimiento de su existencia. En el estudio de impacto ambiental se mencionan como parte de las metodologías de evaluación de éstos impactos ambientales; sin embargo, solamente para los impactos sinérgicos se adiciona un diagrama de interacción y como impacto residual se identifican las emisiones a la atmósfera por la operación de la Carboeléctrica, pero como impacto no significativo. El resto de los tipos de impactos no fueron analizados, a pesar de que en el presente estudio fueron identificados.

Como mencionan Arévalo y Díaz (1997), los estudios de impacto ambiental frecuentemente presentan deficiencias que pueden provenir del promovente, del consultor responsable del estudio o de los organismos evaluadores. La falta de conciencia ambiental provoca que las evaluaciones de impacto ambiental sean vistas sólo como un requisito y los vicios e ineficiencias burocráticas refuerzan esa visión. Por otra parte para Pinho et al. (2007) la calidad de los estudios parece estar en función del tamaño del proyecto y depende de factores y circunstancias del mismo y de fallas en la legislación. Las características técnicas y operativas del proyecto son un factor importante en la generación de impactos ambientales, sobre todo por el tipo de combustible a utilizar (Quintanilla 1997).

Después de analizar la base técnica de 30 manifestaciones de impacto ambiental, Juárez (2003) concluyó que la aplicación de las técnicas y metodologías para la evaluación del impacto ambiental son mal utilizadas y mal fundamentadas en la mayoría de los reportes y que no se apegan a lo solicitado en la guía sectorial. Resultados similares fueron encontrados por Sandham y Pretorius (2008). De 28 estudios solo 86% cumplieron los requisitos de la legislación. Estas deficiencias hacen difícil el diseño y seguimiento de medidas de mitigación y dan como consecuencia la predicción inadecuada de los impactos ambientales. En un análisis de 3 manifestaciones de impacto ambiental, Rivera (2007) encontró que solo una hizo la diferenciación entre residuos sólidos y

residuos de la construcción, pero en ninguno de los casos se propusieron medidas de mitigación para los últimos.

Específicamente la evaluación de los impactos acumulativos es pocas veces considerada en el proceso formal de evaluación de impactos ambientales, a pesar de ser un componente importante (Ma *et al.* 2009). Los impactos acumulativos nos dan el efecto que resulta del incremento de los impactos por acciones particulares ocasionadas por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente (Conesa, 1997). En el caso particular del proyecto CCE Pacifico el término impacto acumulativo se menciona, pero ningún impacto acumulativo fue evaluado. Söderman (2009), quien analizó los estudios de impacto ambiental realizados en la Unión Europea entre 1997 y 2005, encontró que los estudios presentan deficiencias en la identificación de impactos acumulativos y en el grado de detalle de sus medidas de mitigación, sobre todo derivado de la dificultad del acceso de la información de algunos proyectos. Por otra parte, en un análisis de 50 estudios de impacto ambiental en la Unión Europea, realizado por Cooper y Sheate (2002), se encontró que de 24 estudios el 48% mencionan el término impactos acumulativos, 4 (8%) se refieren al termino como efectos en combinación o interacción de efectos; 18 estudios (36%) lo mencionan en el índice, en el resumen o en la introducción; 5 (10%) mencionan el término en el contenido del estudio; y 1 de los estudios mencionó que los impactos acumulativos son competencia de la autoridad. Así mismo mencionan que pocos estudios proporcionan un análisis de estos impactos (18%) y que de algunos concluyen que no fueron significativos (8%), ya que la mayoría de las medidas de mitigación propuestas estuvieron direccionadas a los impactos directos del proyecto. Solamente en 4 proyectos se propusieron medidas de mitigación para impactos acumulativos. En 30 estudios de impacto ambiental analizados por Burris y Canter (1997) sólo 14 (47%) mencionaron el término impactos acumulativos, 6 (20%) los consideran indirectamente y únicamente 7 (17%) hacen una discusión de dichos impactos; por lo que esos autores concluyen que en los Estados Unidos se carece de atención a los impactos acumulativos ya

que de los 14 estudios que si lo mencionan, el grado de documentación y análisis varia considerablemente.

Con respecto a los impactos socioeconómicos y en particular al factor salud, es pocas veces considerado en los estudios de impacto ambiental, o bien son considerados pero de forma indirecta a través de los impactos al ambiente físico, pero en menor medida se abracan los impactos sociales y económicos. Harris *et al.* (2009), consideran que probablemente los profesionales expertos en evaluación de impacto ambiental, requieran mayores conocimientos y guías para evaluar este tipo de impactos.

V. CONCLUSIONES

En este trabajo se revisaron los impactos ambientales asociados a la etapa de construcción de la CCE Pacífico, incluyendo aquellos impactos que fueron y los que no fueron considerados en el estudio de impacto ambiental del proyecto. Mediante la cuantificación de los impactos ambientales se contrastaron los impactos reales con los considerados originalmente en el estudio. Con base en eso se concluye que:

- El estudio de impacto ambiental del proyecto CCE Pacífico cumplió, en revisión de escritorio, con los requisitos de la guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental del sector eléctrico, modalidad particular.
- En el estudio de impacto ambiental se detectaron áreas de oportunidad en la cuantificación de impactos ambientales y en la determinación de medidas de mitigación; algunos impactos ambientales importantes no se consideraron o se subestimaron y las medidas de mitigación fueron, por lo tanto, menos efectivas.
- La cuantificación de los impactos ambientales generados en la etapa de construcción del proyecto fue una estrategia útil para determinar el impacto real del proyecto y para determinar la efectividad del estudio de impacto ambiental. Esa estrategia se puede usar en estudios de impacto ambiental de centrales termoeléctricas futuros para mejorar la predicción de los impactos.
- Solo 60.38% de los impactos ambientales identificados en este estudio como pertinentes para la etapa de construcción de la CCE Pacífico fueron considerados en el estudio de impacto ambiental, sin embargo para 84.91% fueron aplicadas medidas de mitigación.
- El estudio de impacto ambiental de la CCE Pacífico fue de utilidad para llevar un manejo ambiental en cumplimiento con la normativa y legislación ambiental vigente, pero su actuación es limitada como pauta para realizar un seguimiento de los impactos más allá de los límites de proyecto.
- El estudio de impacto ambiental de la CCE Pacífico se sesga a los impactos en la etapa operativa del proyecto, siendo que en la etapa constructiva existen impactos ambientales importantes que merecen ser evaluados y controlados apropiadamente.

Se considera importante que en futuros estudios de impacto ambiental del sector eléctrico se consideren todos los impactos pertinentes aplicables al proyecto, eso mejorará la evaluación de los impactos ambientales y el establecimiento de medidas de mitigación para mayor protección del ambiente. Una mejor estimación de los impactos permitirá la asignación apropiada de recursos financieros que asegurarán la implantación total y adecuada de medidas de mitigación.

El análisis de los impactos sinérgicos, acumulativos, indirectos y residuales se debería incorporar en las guías para la elaboración de los estudios de impacto ambiental para realizarse independientemente del tipo y dimensiones del proyecto. Eso permitiría llevar a cabo una evaluación más completa de la interacción del proyecto que se propone con los diferentes componentes del medio.

LITERATURA CITADA

- Arévalo, C.J. y B.I. Díaz. 1997. Consideraciones sobre la relación coste/calidad de los estudios de impacto ambiental. En: Avances en evaluación de impacto ambiental y ecoauditoría. Ed. Trottat, serie medio ambiente. España. Pág. 69-84.
- Azcárate L. B. y J.A. Mingorance. 2003. Energías e impacto ambiental. 1ª edición. Ed. Equipo Sirius, España. Pág. 161-177.
- Barker, A. and Ch. Wood. 1999. An evaluation of EIA system performance in eight EU countries. Environmental Impact Assessment Review 19: 387-404.
- Bazán, P.V.S. 2005. Impacto ambiental en la generación de energía secundaria: costos, desarrollo sustentable y calentamiento global. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería, UNAM. México, D.F.
- Bregman, J.I. and K.M. Machenthum. 2000. Environmental impact statements. Ed. Lewis Publishers. EUA. Pág. 121-140.
- Burris, R.K. and L.W. Canter. 1997. Cumulative impacts are not properly addressed in environmental assessments. Environmental Impact Assessment Review 17: 5-18.
- CENAM (Centro Nacional de Meteorología). 2003. El sistema internacional de unidades (SI). Publicación técnica CNM-MMM-PT-003.
- CFE (Comisión Federal de Electricidad). 2008. Informe Mensual de Supervisión, No. 31, correspondiente al mes de diciembre de 2008.
- Chow, C.J. 1995. Measurement methods to determine compliance with ambient air quality for suspended particles. Journal of the Air & Waste Management Association 45:320-382.
- CIBNOR (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C). 2003a. Manifestación de Impacto Ambiental modalidad particular, del proyecto 21 CC Tamazunchale. México. Comisión Federal de Electricidad.
- CIBNOR (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C). 2003b. Manifestación de Impacto Ambiental modalidad particular, del proyecto Depósito de Ceniza Zona de Playa de la CTPPEC. México. Comisión Federal de Electricidad.
- CIBNOR (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C). 2005. Manifestación de Impacto Ambiental modalidad particular del proyecto 147 CCC Baja California. México. Comisión Federal de Electricidad.

- Conesa, F.V. 1997. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. 3ª edición. Ed. Mundi-Prensa. España. 413 pp.
- Cooper, M.L. and Sheate, R.W. 2002. Cumulative effects assessment: A review of UK environmental impact statements. Environmental Impact Assessment Review 22: 415-439.
- EPA (Environmental Protection Agency). Reporte AP42 Actualización 1996, Capítulo 3, sección 3.3, tabla 3.3-1.
- EPA (Environmental Protection Agency). Reporte AP42 Actualización 2000, Capítulo 3, sección 3.2, tabla 3.2-1.
- Espinoza, G. 2001. Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental, Banco Interamericano de Desarrollo/Centro de Estudios para el Desarrollo. 183 pp.
- Gómez, O.D. 1999. Evaluación de impacto ambiental. Ed. Mundi-Prensa. España. Pág. 161-183.
- Harris, P.J., Harris, E., Thompson, S., Harris-Roxas, B. and L. Kemp. 2009. Human health and wellbeing in environmental impact assessment in new South Wales, Australia: Auditing health impacts within environmental assessments of major projects. Environmental Impact Assessment Review 29: 310-318.
- Hidy, G.M. 1986. Definition and characterization of suspended particles in ambient air. In: "Aerosol", research, risk assesmente and control strategies. Duck, S.L., Schneider, T., Grant, D.L. and Verkerk, P.J. (Ed), Lewis Publishers, Inc. Pág.19-42.
- INE (Instituto Nacional de Ecología) 2000. La evaluación de impacto ambiental. 1ª edición. SEMARNAP. México. 160 pp.
- Jiménez, C.B.E. 2002. La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. 2ª edición. Ed. Limusa. México. 926 p.
- Juárez, M.M.A. 2003. Análisis de la base técnica de manifestaciones de impacto ambiental. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería, UNAM. México, D.F.
- LGEEPA. 2008. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. México.
- LPGGIR. 2003. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México.

- Ma, Z. Becker, R.D. and A.M. Kilgore. 2009. Assessing cumulative impacts within state environmental review frameworks in the United States. Environmental Impact Assessment Review. Article in press.
- NOM-081-SEMARNAT-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición
- Pinho, P., Maia, R. and A. Monterroso. 2007. The quality of Portuguese Environmental Impact Studies: The case of small hydropower projects. Environmental Impact Assessment Review 27: 89-205
- Quintanilla, M.J. 1997. La generación eléctrica en México y sus impactos ambientales: pasado, presente y futuro. En: Energía eléctrica y medio ambiente en México. 1ª. Edición. Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM. México. Pág.33-42.
- Söderman, T. 2009. Natura 2000 appropriate assessment: Shortcoming and improvements in Finnish practice. Environmental Impact Assessment Review 29: 79-86.
- Rivera, M. C.J. 2007. Análisis del impacto ambiental por la inadecuada disposición de residuos de la construcción y demolición en el Valle de México y propuestas de solución. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería, UNAM. México, D.F.
- RLGEEPA. 2000. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental. México.
- RLGPGIR. 2006. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México.
- Sandham, L.A. and Pretorius, H.M. 2008. A review of EIA report quality in the North West province of South Africa. Environmental Impact Assessment Review 28: 229-240.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente Recursos naturales y Pesca). 2002. Guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental del sector eléctrico. Modalidad: particular.
- UAT (Universidad Autónoma de Tamaulipas). 2005. Manifestación de Impacto Ambiental modalidad particular, del proyecto 29 CC Norte PEE. México. Comisión Federal de Electricidad.

UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México), Instituto de Ingeniería. 2004. Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular, del Proyecto 62 CCE Pacífico (Central Carboeléctrica). México. Comisión Federal de Electricidad.

Zuk, M., Garibay, B. V., Iniestra, G. R., López, V. M. T., Rojas-Bracho, L. y M.I. Laguna. 2006. Introducción a la evaluación de los impactos de las termoeléctricas de México. 1ª edición. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México. 129 pp.

Recursos en línea

HDS (Hoja de datos de seguridad del argón)
[http://www.aga.com.co/International/Web/LG/CO/Likelgagaco.nsf/repositorybyalias/pdf_msds_a/\\$file/Argon.pdf](http://www.aga.com.co/International/Web/LG/CO/Likelgagaco.nsf/repositorybyalias/pdf_msds_a/$file/Argon.pdf). [consulta: 03 marzo 2009].

HDS (Hoja de datos de seguridad del acetileno).
[http://www.aga.com.co/International/Web/LG/CO/Likelgagaco.nsf/repositorybyalias/pdf_msds_a/\\$file/Argon.pdf](http://www.aga.com.co/International/Web/LG/CO/Likelgagaco.nsf/repositorybyalias/pdf_msds_a/$file/Argon.pdf). [consulta: 02 marzo 2009].

Mastrángelo, S. 2003. Boletín energético No. 11. Comisión Nacional de Energía Atómica. Argentina. <http://www.cnea.gov.ar/xxi/energe/b11/mastrangelo.pdf>, [Consulta: 02 marzo 2009].

OMS (Organización Mundial de la Salud).1999. Guidelines for Comunita Noise. Ginebra. [www. Who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html](http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html). [Consulta: 02 marzo 2009].

MDHFS (Minnesota Departament of Health Fact Sheet), 2008. Carbon dioxide (CO₂) en the indoor environmental.
<http://www.health.state.mn.us/divs/eh/indoorair/co2/index.html>.