



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

Propuesta de regulación/supervisión en México de los proyectos denominados Mecanismos de Desarrollo Limpio, pertenecientes al Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático.

Estudio de caso: sitio de disposición final de residuos sólidos, Ecatepec de Morelos, Estado de México

Pável Sosa Martínez

Director: Dr. Pablo Álvarez Watkins

Ciudad Universitaria, Distrito Federal. México, abril de 2013.

Tesis profesional
para obtener el título de
ingeniero civil
en el área de ingeniería
ambiental y sanitaria



DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/087/09

Señor
PÁVEL SOSA MARTÍNEZ
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor DR. PABLO ÁLVAREZ WATKINS, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"PROPUESTA DE REGULACIÓN/SUPERVISIÓN EN MÉXICO DE LOS PROYECTOS DENOMINADOS MECANISMOS DE DESARROLLO LIMPIO PERTENECIENTES AL PROTOCOLO DE KIOTO DE LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. ESTUDIO DE CASO: SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, ECATEPEC DE MORELOS, ESTADO DE MÉXICO"

- INTRODUCCIÓN
- I. MECANISMOS DE DESARROLLO LIMPIO
- II. ESTUDIO DE CASO: GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE ECATEPEC DE MORELOS
- III. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE ECATEPEC-ECOMETHANE
- IV. PROPUESTA DE REGULACIÓN DE LOS MDL PARA SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN MÉXICO
- V. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 4 de Enero del 2010.
EL PRESIDENTE

ING. RODOLFO SOLÍS UBALDO

RSU/MTH*gar.

agradezco a la

Universidad Nacional Autónoma de México

por todas las oportunidades que me brindó

en particular a:

M. en Ing. **Claudia** Patricia **Hernández** Barrios, Dra. **Claudia Sheinbaum** Pardo, M. en C. **María Eugenia de la Peña** Ramos, M. en Ing. **Agustin Demeneghi** Colín y Dr. **Pablo Álvarez** Watkins

dedico esta tesis

a mis corazones

Natalia, León y Darío

*por todo el amor que me comparten y
por lo feliz que me hacen todos los días...*

a Silvia, Toño y Líber

Tabla de Contenido

Introducción

marco de referencia.....	1
<i>Contexto</i>	1
<i>Objetivos</i>	3
Hipótesis.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
<i>Alcances de la tesis</i>	4
<i>Metodología</i>	5
Análisis de la normatividad vigente.....	5
Análisis de un estudio de caso: sitio de disposición final de Ecatepec de Morelos, estado de México: <i>Vertedero Chiconautla</i>	6
Evaluación de Cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003.....	7
Revisión del MDL: <i>The Ecatepec – EcoMethane Landfill Gas to Energy Project</i>	7
<i>Contenido</i>	8
Capítulo I.....	8
Capítulo II.....	8
Capítulo III.....	8
Capítulo IV.....	8
Capítulo V.....	9

Capítulo I

Mecanismos de desarrollo limpio (MDL).....	10
1.1 <i>Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático</i>	11
1.2 <i>Protocolo de Kioto</i>	14
1.3 <i>Procesos principales de un MDL</i>	19
Estudios del Impacto Ambiental de un proyecto MDL.....	24
1.4 <i>Autoridad Nacional Designada</i>	25
Comisión Intersecretarial de Cambio Climático.....	25
1.5 <i>Proyectos MDL en México</i>	26
Proyectos MDL relacionados con sitios de disposición final de residuos sólidos	28

Capítulo II

Gestión integral de residuos sólidos en el municipio de Ecatepec de Morelos: estudio de caso.....	30
II.1 Municipio de Ecatepec de Morelos, Estado de México.....	31
Relevancia estatal.....	31
Localización.....	31
Extensión Territorial y colindancias.....	32
Dinámica poblacional.....	33
Proyección demográfica.....	34
II.2 Manejo integral de residuos sólidos.....	34
Identificación de Fuentes Generadoras.....	34
Generación de residuos sólidos urbanos.....	35
Generación de residuos de manejo especial.....	35
Proyecciones de generación de residuos sólidos: urbanos + manejo especial...	36
Recolección.....	38
Disposición final.....	38
II.3 NOM-083-SEMARNAT-2003.....	39
Disposiciones generales.....	39
Especificaciones para la selección del sitio.....	40
Características constructivas y operativas del sitio de disposición final.....	43
Clausura del sitio.....	45

Capítulo III

MDL: Generación de energía eléctrica en el sitio de disposición final de residuos sólidos de Ecatepec - EcoMethane.....	47
III.1 Identificación del MDL.....	48
Ubicación.....	48
Categoría del MDL.....	48
III.2 Diseño.....	48
Estimación de la reducción de emisiones del MDL.....	48
III.3 Procesos del Proyecto.....	50
Tecnología de quemado.....	50
Tecnología de generación de energía eléctrica a utilizar.....	52
III.4 Impacto Ambiental: 2003-2006.....	52
Descripción de los impactos sociales y ambientales del MDL.....	52
Informe previo de Impacto ambiental.....	53
Manifestación de impacto ambiental del Proyecto: Clausura y Ampliación del Relleno Sanitario.....	56
Resolutivo en materia de impacto ambiental por parte de la Secretaría de Medio Ambiente del estado de México (SEMAGEM).....	59
Plan de regularización (PR) del Relleno Sanitario.....	59
III.5 Situación del MDL: 2006-2009.....	60
Evaluación de Cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003.....	60
Clausura del sitio de disposición final.....	65
Emisiones reducidas.....	68
Generación de energía eléctrica.....	68

Capítulo IV

Propuesta de regulación supervisada de los MDL para sitios de disposición final de residuos sólidos en México.....	70
IV.1 Principio legal.....	70
IV.2 Principio ambiental: visión de sistema.....	71
IV.3 Bases de la regulación supervisada propuesta.....	72
IV.4 Apartados de regulación propuestos.....	72
1. Apartado normativo.....	72
2. Componente programático.....	74
3. Factibilidad de generación de energía eléctrica.....	76
4. Viabilidad económica y financiera.....	79
5. Instituciones educativas, científicas y/o tecnológicas especializadas: UNAM	79
6. Arreglo institucional gubernamental.....	80

Capítulo V

Conclusiones.....	81
V.1 Mecanismos de desarrollo limpio.....	82
V.2 2 MDL: Generación de energía eléctrica en el sitio de disposición final de residuos sólidos de Ecatepec - EcoMethane.....	83
V.3 Esquema de regulación propuesto.....	83

Índice de tablas

Tabla 1.	Estatus de proyectos MDL de residuos sólidos en México.....	2
Tabla 2.	Situación de la ratificación del Protocolo de Kioto, y distribución de las emisiones de 1990-2005.....	17
Tabla 3.	Actores del ciclo del proyecto MDL y funciones desarrolladas.....	21
Tabla 4.	Proyectos MDL pertenecientes al COMEGEI.....	28
Tabla 5.	Identificación de fuentes generadoras de residuos sólidos.....	34
Tabla 6.	Indicador de generación per cápita de RSU Domésticos por Estrato..	35
Tabla 7.	Estimación de residuos de manejo especial.....	36
Tabla 8.	Resumen de las Proyecciones de Población y Generación de Residuos a 15 años, para el Municipio de Ecatepec de Morelos.....	37
Tabla 9.	Categorías de los sitios de disposición final.....	40
Tabla 10.	Estudios y análisis previos requeridos para la construcción de sitios de disposición final.....	42
Tabla 11.	Requerimientos de Compactación.....	43
Tabla 12.	Obras complementarias requeridas de acuerdo al tipo de disposición final.....	44
Tabla 13.	Reducciones estimadas del proyecto.....	49
Tabla 14.	Clasificación de las diferentes variables operativas empleadas en el modelo de evaluación de los SDF.....	61

Índice de figuras

Figura 1.	Diagrama de ciclo de un proyecto MDL.....	4
Figura 2.	Residuos sólidos sin cubierta diaria.....	7
Figura 3.	Lixiviados sin infraestructura para su manejo.....	7
Figura 4.	Resumen de Proyecto MDL y MDL Programáticos, por categoría y etapa al 31 de diciembre de 2010.....	27
Figura 5.	Ubicación del Municipio de Ecatepec en el Estado de México.....	32
Figura 6.	Tendencia Histórica de Crecimiento Poblacional en el Estado de México: 1910-2010.....	33
Figura 7.	Ubicación del MDL 0523: Ecatepec-EcoMethane Landfill Gas to Energy Project.....	48
Figura 8.	Ubicación del proyecto de ampliación.....	54
Figura 9.	Estimación de generación de GEI del proyecto de ampliación.....	54
Figura 10.	Ingeniería para el manejo de pasivos ambientales: lixiviados y biogás.....	55
Figura 11.	Arreglo tipo de los pozos de venteo.....	55
Figura 12.	Ubicación de los proyectos de Clausura y Ampliación del Relleno Sanitario.....	56
Figura 13.	Obras de ingeniería: caminos interiores, ampliación del relleno sanitario y ubicación de la laguna de lixiviados.....	57
Figura 14.	Planta "Enfardadora" de selección y compactación de residuos.....	57
Figura 15.	Desarrollo de infraestructura: construcción de la ampliación del relleno y manejo de biogás.....	58
Figura 16.	Distribución de los sondeos geofísicos.....	66
Figura 17.	Resultados de los sondeos en el perfil.....	67
Figura 18.	Esquema de apartados normativos relacionados con residuos sólidos.....	73
Figura 19.	Esquema de componentes programáticos relacionados con residuos sólidos.....	75
Figura 20.	Esquema de análisis y revisión de la factibilidad energética de los MDL (1/3).....	76
Figura 21.	Esquema de análisis y revisión de la factibilidad energética de los MDL (2/3).....	77
Figura 22.	Esquema de análisis y revisión de la factibilidad energética de los MDL (3/3).....	78

Índice de gráficas

Gráfica 1.	Proyecciones de la Población para el Municipio de Ecatepec de Morelos.....	34
Gráfica 2.	Generación de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial en Ecatepec de Morelos.....	38

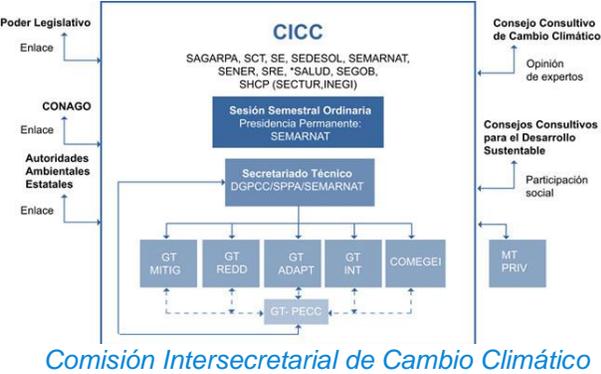
Índice de fotografías

Fotografía 1.	Sistema de quemadores de biogás instalados en SDF de Ecatepec.....	51
Fotografía 2.	Vista aérea del sitio de disposición final: zona de ampliación del sitio de disposición final.....	68
Fotografía 3.	Resolutivo de clausura de la SEMAGEM.....	69

Introducción

marco de referencia

Las competencias de las instituciones nacionales e internacionales que intervienen en el proceso de un Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y la descripción de proyectos específicos en materia de sitios de disposición final de residuos sólidos en México, forman parte del marco de referencia que fundamenta los objetivos de la presente tesis y la metodología través de la cual se proponen los esquemas y contenidos de la regulación y la supervisión planteada.



Contexto

El 9 de junio de 1998, México firmó el Protocolo de Kioto¹ (ONU, 1997), que es una disposición que propone la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, CMNUCC², (ONU, 1992), como una articulación de actividades locales con repercusiones globales y una serie de metas cuantificables de las Partes firmantes (40 Países, Comunidades y Reinos, que se consideran como potencias mundiales, sin incluir a México; Partes del Anexo I de la Convención) con respecto a la limitación y disminución de los Gases Efecto Invernadero, (GEI), producidos por las actividades humanas, como lo son el incremento en el consumo de bienes, lo que origina mayores residuos y esto tienen como consecuencia inmediata el incremento de biogás generado por la descomposición de la parte orgánica de los residuos y la generación de lixiviados, entre otros impactos directos al medio ambiente.

A partir de esa fecha y con vigencia hasta el año 2012, México ratifica el Protocolo el 7 de septiembre del año 2000 y entra en vigor a nivel internacional a partir del 16 de febrero de 2005.

De acuerdo al artículo 12 del Protocolo, el objetivo de un MDL, es el de ayudar a las Partes no incluidas en el Anexo I, como lo es México, a lograr un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo

¹ Publicado en el portal de internet de la Organización de las Naciones Unidas el 11 de diciembre de 1997

² UNFCCC (por sus siglas en inglés) United Nations Framework Convention on Climate Change, aprobada el 9 de mayo de 1992

último³ de la Convención así como ayudar a las Partes incluidas en el anexo I a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos, en latitudes diferentes a su ámbito territorial, en virtud de que los efectos adversos de los GEI tienen repercusiones globales.

La Tercera Comunicación de México ante la Convención (SEMARNAT-INE, 2006) determina que se generaron en México 643.18 millones de toneladas equivalentes de dióxido de carbono anuales, de las cuales 65.58 millones (10.2%) corresponden al sector de residuos en general - urbanos, de manejo especial y peligrosos- y, de éstos, un 5.44%, aproximadamente 35.38 millones de toneladas, a sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos

El Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos 2009-2012, PNPGRS⁴ (SEMARNAT, 2/oct/2009), establece la relación y estatus de proyectos MDL en México, mismos que se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Estatus de proyectos MDL de residuos sólidos en México.

Tipo	Característica principal	Cobertura geográfica (Estados)	Reducción estimada, toneladas equivalentes de CO₂ al año
Anteproyectos	Quema de biogás	9	2,005,000
Proyectos registrados	Extracción de biogás para generación de energía eléctrica y quema de biogás	6	911,541
Proyectos con solicitud de registro	Extracción de biogás para generación de energía eléctrica y quema de biogás	2	206,541
Proyectos en validación	Extracción de biogás para generación de energía eléctrica y quema de biogás	5	1,368,156
TOTAL:			4,491,238

Fuente: Elaboración propia con datos del PNPGRS (SEMARNAT, 2/oct/2009)

³ “la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible”. Artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre El Cambio Climático. ONU, 9/mayo/1992.

⁴ Publicado en el diario oficial de la federación, DOF el 2 de octubre de 2009

En lo que corresponde a los registrados, el *Proyecto de Generación de Energía en un Relleno Sanitario*, registrado por EcoMethane, Tecnología de Biogás S.A. de C.V, EcoSecurities Ltd.⁵ representa, la potencial disminución de GEI por 209,353 toneladas dióxido de carbono equivalentes anuales. Esta reducción representa el 23% del total estimado de este segmento/estatus de proyectos. De esta manera, dicho proyecto es el de mayor envergadura en México, por las metas de disminución propuestas en el documento de diseño del proyecto (*Project Design Document*, pdd, por sus siglas en inglés).

Objetivos

Hipótesis

Desde esta perspectiva, el planteamiento principal de la presente tesis se centra en proponer un mecanismo de regulación/supervisión que evaluaría de forma periódica y a futuro, el nivel de cumplimiento de la normatividad mexicana vigente con respecto a los sitios de disposición final, el cumplimiento de las metas de reducción de los GEI, y el monitoreo de los principales elementos contaminantes al aire, suelo y agua; mismos que deben ser asumidos explícitamente dentro del Protocolo de Kioto, haciendo valer el contenido de los artículos 13 y 20 del mismo, a través instancias reguladoras certificadas en competencias técnicas en México y/o en la Convención.

Objetivo general

Proponer un mecanismo de regulación/supervisión de los proyectos denominados MDL que evaluaría de forma periódica a los sitios de disposición final de residuos sólidos en México jerarquizando tres prioridades:

1. Cumplimiento de la NOM-083
2. Reducción de GEI
3. Gestión de impactos ambientales: prevención, mitigación, atenuación y restauración.

Objetivos específicos

- Suministrar información básica para la aprobación, evaluación, seguimiento y control de los MDL.
- Proponer elementos adicionales de monitoreo al Protocolo de Kioto ante las negociaciones preparatorias al año 2012 con la finalidad de que se evalúen los impactos reales de los MDL

⁵ Aprobado el 5 de junio de 2006 por la Comisión Intersecretarial sobre el Cambio Climático del Gobierno Mexicano y el 15 de junio por la contraparte del Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y asuntos Rurales del Gobierno de Inglaterra.

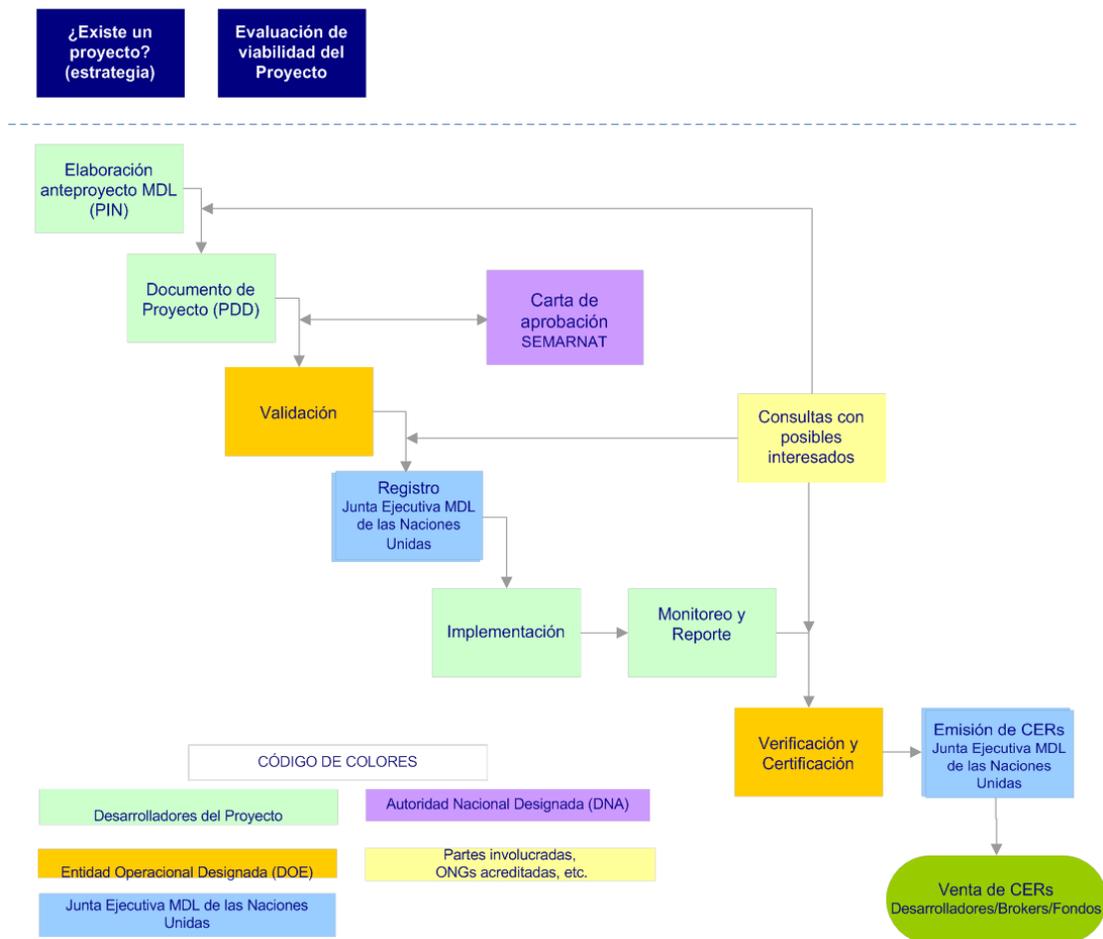
y la pertinencia y eficacia de dichos instrumentos con y sin regulaciones secundarias obligatorias.

- Precisar las competencias institucionales mexicanas con la finalidad de transparentar y fomentar los proyectos que se adapten o disminuyan los efectos de los GEI.

Alcances de la tesis

Dentro de los procesos establecidos en la inscripción de los MDL, a saber: diseño, validación, registro, implementación, monitoreo y reporte, verificación y certificación; se deberían establecer los apartados de evaluación a desarrollar por cada uno de los involucrados estableciendo con claridad que el mecanismo propuesto debe ser periódico en cuanto a su cumplimiento y dar seguimiento al proyecto mismo en todas sus etapas, estableciendo como prioridad los tres ejes descritos: el cumplimiento estricto de la norma, las metas de reducción establecidas en el diseño y el monitoreo de contaminantes derivados del proyecto.

Figura 1. Diagrama de ciclo de un proyecto MDL



Fuente: Elaboración propia con base en Protocolo de Kioto.

Esto implica una serie de modificaciones a los acuerdos y decretos emitidos por el Ejecutivo Federal, incluyendo a la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático y de estricto cumplimiento para las autoridades ambientales federales, estatales y municipales de tal manera, que permita evaluar el cumplimiento del diseño del proyecto MDL.

En lo que corresponde a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés), se propone una serie de modificaciones al articulado que fundamenta el Protocolo de Kioto y/o al mecanismo que entre en vigor a partir del año 2012, mismo que se discutirá en los encuentros anuales a celebrarse, mismo que genera una oportunidad para México en el año 2010 en virtud de ser sede de la Cumbre de la ONU sobre el Cambio Climático.

Metodología

La propuesta de regulación/supervisión se fundamenta en las siguientes etapas metodológicas, a saber:

Análisis de la normatividad vigente

En 1994 se publicaron dos proyectos de norma que establecían las condiciones que debían reunir los sitios destinados para la disposición final de los residuos y, la segunda, aquellos requisitos para el diseño y la construcción de obras complementarias: PROY-NOM-083-ECOL-1994 y PROY-NOM-084-ECOL-1994, respectivamente. La primera se convierte en NOM-083-ECOL-1996.

Ante la poca observancia de dicha norma, especialistas forman un grupo de trabajo coordinado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, con la finalidad de revisar la norma con dos objetivos:

- Incluir especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, y también para las etapas de diseño, operación y clausura, y
- Adecuar las especificaciones a las condiciones técnicas y económicas de los municipios mexicanos

Ambos apartados con la finalidad de adecuar dichas especificaciones a las condiciones técnicas y económicas de los municipios mexicanos⁶.

De esta manera, la norma oficial mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003⁷, establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de

⁶ Guía de Cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003. SEMARNAT-GTZ, México 2004.

⁷ Publicado en el DOF el 20 de octubre de 2004

residuos sólidos urbanos y de manejo especial; la obligatoriedad para las entidades públicas y privadas responsables de la disposición final de residuos sólidos y el periodo de cumplimiento de dicha norma que fue de un año a partir de la publicación, es decir, el 20 de octubre de 2005.

La NOM-083-SEMARNAT-2003 especifica que la regularización del sitio de disposición se presenta en un Plan y la dictaminación se definirá en dos sentidos (mutuamente excluyentes):

- Cancelación de operaciones. Conocido dicho proceso como clausura en un lapso de tiempo de entre 18 y 24 meses
- Autorización de continuar operaciones. Mejor conocido como rehabilitación, donde en función del proyecto de ingeniería presentado, se aprueba el tiempo máximo de: implementación, operación, clausura y monitoreo y control.

Análisis de un estudio de caso: sitio de disposición final de Ecatepec de Morelos, estado de México: *Vertedero Chiconautla*

Con una población de poco más de 1 millón 743 habitantes, el municipio de Ecatepec de Morelos genera 2,250 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos (73.4%) y de manejo especial (26.6%). Se estima que para el año 2007, cuando aún se encontraba en operación, ingresaban alrededor de 1,356 toneladas diarias. El sitio de disposición final operó desde 1992 como vertedero, hasta el inicio de su clausura en el año 2008.

El 6 de octubre de 2005, el H. Ayuntamiento de Ecatepec de Morelos concesiona el servicio de tratamiento y disposición final de residuos sólidos no peligrosos a la empresa Asia Automotores de México S.A. de C.V. (Asiamex) por 20 años, además de considerar en el contrato “*la habilitación y finalización de la construcción y operación de una planta procesadora de residuos sólidos no peligrosos, así como el saneamiento, clausura y rehabilitación del actual relleno sanitario*”.

Con un ingreso cercano estimado de 1,700 toneladas diarias y una vida útil de 1.26 años, la Dirección General de Ordenamiento e Impacto Ambiental adscrita a la Secretaría del Medio Ambiente del estado de México, autoriza el 26 de julio del año 2006 -con 58 condicionamientos- la ejecución del *Proyecto Clausura y Ampliación del Relleno Sanitario de Ecatepec de Morelos*, establecido en la Manifestación de Impacto Ambiental con su correspondiente *Plan de Regularización* a la empresa promotora y concesionaria del Vertedero Chiconautla.

Evaluación de Cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003

La evaluación de cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003 efectuada entre los años 2007 y 2008 por parte del H. Municipio de Ecatepec de Morelos, a la entonces concesionaria del Vertedero Chiconautla, se encontraron impactos ambientales negativos derivados del incumplimiento de la norma mencionada. El capítulo 2 de la presente tesis desarrolla con mayor profundidad la evaluación.

Dichos incumplimientos se centran en los procesos de preparación, construcción, operación, clausura, abandono, restauración y rehabilitación, monitoreo así como monitoreo y control, mismos que habían sido advertidos en resolutivos emitidos por las autoridades ambientales municipales, estatales y federales y señalados y denunciados por particulares.

Figura 2. Residuos sólidos sin cubierta diaria



Figura 3. Lixiviados sin infraestructura para su manejo



Los impactos ambientales negativos resultantes se reflejaron en el suelo, el aire y la población residente cercana al sitio de disposición final de residuos y a la población de los municipios aledaños que dedican sus tierras al cultivo de productos agrícolas, estimados a partir de los estudios establecidos en la NOM-083-SEMARNAT-2003.

Revisión del MDL: *The Ecatepec – EcoMethane Landfill Gas to Energy Project*

En julio de 2006, las empresas Biogas Technology S.A. de C.V., Biogas Technology Ltd. y EcoSecurities Ltd., promueven el proyecto denominado *Ecatepec – EcoMethane Landfill Gas to Energy Project* como MDL con la finalidad de generar entre 2 y 5 MW de energía eléctrica con la extracción y recuperación del biogás del Vertedero y con una meta de reducción a lo largo del proyecto de 2,093,526 toneladas de bióxido de carbono equivalentes, hasta el año 2017.

La trayectoria que siguió este proyecto es la materia principal de la presente tesis.

Contenido

Capítulo I

En el primer capítulo se analizan los aspectos que dan origen a los MDL en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, a través del Protocolo de Kioto y se describe con un mayor énfasis los principios y virtudes de adoptar un instrumento como este para la disminución de los GEI partiendo del hecho del cumplimiento autoregulado de la normatividad vigente en los Países firmantes.

Así mismo, como resultado del análisis se describe el andamiaje institucional a través del cual los MDL se aprueban en México y las implicaciones que la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático tiene en el sentido del seguimiento de los proyectos, en sus distintas fases de análisis, y los puntos más delicados de analizar periódicamente.

Capítulo II

El capítulo dos se refiere en particular al estudio de caso del Vertedero Chiconautla, mismo que hasta la fecha de elaboración de esta tesis se encuentra en el proceso de clausura, en cumplimiento a los resultados derivados de la evaluación de la NOM-083-SEMARNAT-2003.

Cabe mencionar que es en este apartado donde se hace mayor énfasis a los impactos ambientales negativos derivados de una inadecuada operación del Vertedero y se evalúa con un índice ambiental el nivel de cumplimiento conforme a la norma.

Capítulo III

El resultado de este capítulo se centra en proponer una serie de indicadores que son determinantes en la mitigación de los impactos ambientales que fomentan el incremento de pasivos ambientales. En lo que corresponde al tercer capítulo, se analiza el proyecto denominado “Ecatepec-EcoMethane Lanfill Gas to Energy Project” promovido por las empresas privadas Biogas Technology S.A. de C.V., Biogas Technology Ltd y EcoSecurities Ltd, como mecanismo de desarrollo limpio ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

La importancia de este capítulo radica en la *independencia* de un MDL que se enfoca a la extracción, conducción y quema de biogás (en una primer fase) y a la generación de energía eléctrica (en un segundo momento), y la distancia significativa con respecto al cumplimiento de la normatividad vigente en México.

Capítulo IV

El cuarto capítulo, como resultado del análisis, se propone las medidas de seguimiento en cada uno de los procesos de ingeniería y con los actores involucrados, públicos y privados, nacionales e internacionales, así como la revisión periódica de una serie de indicadores que complementen la certificación de emisiones reducidas (CER), mejor conocidos como bonos de carbono, con la finalidad de mantener el instrumento que implica un MDL como un proyecto que realmente ofrece resultados positivos, de adaptación y disminución de GEI, como mecanismo de financiamiento e incentivos económicos y benéfico para el medio ambiente.

Capítulo V

Las conclusiones, presentadas en el capítulo quinto, sugieren una serie de medidas a corto, mediano y largo plazos que cada uno de los actores institucionales, de las organizaciones de la sociedad civil y aquellos relacionados con el tema debemos involucrarnos ante las Cumbres Mundiales sobre el Cambio Climático previas a la revisión, discusión, evaluación y renovación o renacimiento de un nuevo Protocolo o Acuerdo internacional, como instrumentos de regulación/supervisión de los mecanismos que se deriven del nuevo orden mundial en materia de adaptación y disminución de GEI.

Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL)

capítulo 1

Los cambios en el clima de origen antropogénico registrados en el siglo pasado fueron analizados y reportados por diferentes científicos y organizaciones, tomando relevancia para instituciones multinacionales y gobiernos hacia finales de los años setentas y principios de los ochentas.



United Nations
Framework Convention on
Climate Change

Convención Marco de la Organización de las
Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
(CMNUCC)

Para afrontar este problema, las Naciones Unidas han venido tomando una serie de acciones. En 1988 se creó el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC; IPCC por sus siglas en inglés) que es una organización de científicos de todo el mundo que fue establecida conjuntamente por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) con el mandato de analizar la información científica necesaria para abordar el problema del cambio climático y evaluar sus consecuencias medioambientales y socioeconómicas. Por otro lado, en el año de 1994, se creó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC; UNFCCC por sus siglas en inglés) como el órgano principal para promover las respuestas internacionales al cambio climático. Desde sus inicios, la Convención Marco determinó la necesidad de afrontar el cambio climático desde una perspectiva de equidad entre naciones, pero reconociendo responsabilidades diferenciadas.

A partir de ese momento, han existido anualmente reuniones de la Conferencia de las Partes (COP). En la tercera de ellas se elaboró y aprobó el Protocolo de Kioto, principal acuerdo entre las Partes (países) que tiene el objetivo de regular la generación de GEI y disminuir la concentración de éstos en la atmósfera. En éste documento se definieron tres instrumentos denominados flexibles para el cumplimiento de los compromisos establecidos. El que es tema del presente trabajo de tesis es el Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) que consiste en la ejecución de proyectos con tecnologías limpias que ayude al desarrollo sostenible de las Partes no incluidas en el Anexo I (países en desarrollo y transición) de la CMNUCC y generen Reducciones Certificadas de Emisiones (RCE), que pueden ser contabilizados por los países Anexo I (países desarrollados de la OCDE, de esa época). El presente capítulo desarrolla los temas brevemente enunciados.

I.1 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

La Organización Meteorológica Mundial (OMM), organismo especializado de las Naciones Unidas, ha realizado estudios desde 1951 sobre la influencia que tiene el CO₂ en la atmósfera; no fue sino hasta principios de los años setenta, que este tema cobró importancia ante la comunidad internacional, al hacerse evidente que las concentraciones de CO₂ estaban aumentando a pasos constantes y que la temperatura de la baja atmósfera también. Como consecuencia de la difusión de esta información científica, en 1979 se llevó a cabo la primera Conferencia del Clima Mundial, con el objetivo de revisar los conocimientos existentes sobre el cambio y la variabilidad climática debido a causas naturales y antropogénicas, y para evaluar las posibles modificaciones futuras y sus implicaciones en las actividades humanas.

A la década de 1980 se le conoce como la “década del invernadero”, debido a las altas temperaturas globales promedio registradas y a la serie de condiciones climáticas inusuales presentadas en varias partes del mundo, como sequías, inundaciones, ciclones, huracanes y tifones. Estos eventos provocaron que el calentamiento global se volviera un tema candente en la agenda política internacional. Fue así que en 1998, después del Congreso Mundial sobre Clima y Desarrollo, el Consejo Gobernante del Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA) se reunió en Kenya y estableció, de manera conjunta con la OMM, un organismo intergubernamental para realizar estudios sobre calentamiento global. Este organismo se convirtió en lo que actualmente se conoce como el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC) o Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (Martínez & Fernández, 2004, pp. 125,126)

Este grupo internacional, formado por destacados científicos especialistas en la materia provenientes de diversos países del mundo, presentó su primer informe en 1990, en él hizo evidente un incremento acelerado de la concentración atmosférica global de gases de efecto invernadero (principalmente bióxido de carbono [CO₂], metano [CH₄] y óxido nitroso [N₂O]) desde la época de la revolución industrial: se pasó de una concentración de 280 a 356 partes por millón por volumen (ppmv) en el caso del CO₂, de 0.7 a 1.7 ppmv para el CH₄, y de 275 a 310 parte por mil millones por volumen para el N₂O.

El PICC, en su reporte, separó la evidencia dura de aquella que hace una década presentaba incertidumbre, al señalar que:

- Existe firme evidencia de que ha existido en el último par de siglos una creciente concentración de gases termoactivos en la atmósfera planetaria.
- Es factible que dicha acumulación se deba a actividades antropogénicas, especialmente las vinculadas con el uso de combustibles fósiles.
- Para estabilizar las concentraciones atmosféricas de CO₂, sus emisiones tendrían que reducirse entre 60% y 80%.

- En esa época pareció que era posible y probable que dicha acumulación acarrearía un incremento en la temperatura media global de 0.3°C por década.
- Otra consecuencia probable es que en este nuevo siglo el nivel medio del mar se podría incrementar seis centímetros por década, tanto por efecto de expansión térmica, cuanto por el posible deshielo de polos y glaciares.
- De presentarse dicho cambio, los efectos sobre la actividad humana y los ecosistemas, aunque aún no totalmente definidos, probablemente serían diferentes de una región a otra.
- El problema sólo se podrá enfrentar exitosamente con la cooperación internacional. (Martínez & Fernández, 2004, pp. 143,144)

Ante los anuncios del PICC, la opinión mundial, la prensa y los gobiernos decidieron tomar cartas en el asunto e impulsar la negociación de una Convención internacional, bajo la égida de las Naciones Unidas, para lograr acuerdos en relación con el problema.

A fines de 1990 se acordó iniciar los trabajos de negociación para generar los consensos necesarios para la elaboración de una Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Dadas las incertidumbres asociadas al fenómeno, y particularmente a sus implicaciones económicas y ambientales, la negociación fue guiada por los principios de “precaución” y de “responsabilidad común pero diferenciada” en búsqueda de la equidad en la participación internacional. (Martínez & Fernández, 2004, pp. 144,145)

Las emisiones de los países desarrollados fueron consideradas como una deuda histórica, no sólo las actuales, por lo que la frase más utilizada durante la negociación fue que “los países en desarrollo no son los culpables, sino las víctimas del intenso uso de la atmósfera común por parte de los países desarrollados”, cuestión que planteó la necesidad de un apoyo especial de estos últimos a los países en desarrollo. Sólo mediante ese apoyo se aseguraría la participación de los países en desarrollo, sin costo para sus economías y con la condición de que esos apoyos se realizaran con recursos nuevos y adicionales. Europa promovió la creación del Fondo Ambiental Global (GEF por sus siglas en inglés) con objeto de promover la participación de los países en desarrollo en la solución de los problemas ambientales globales, entre ellos el de cambio climático. (Martínez & Fernández, 2004, p. 147)

Los países desarrollados fueron agrupados en el Anexo I de la Convención, que incorporó a todos los miembros de la OCDE y al nuevo grupo de países con economías en transición (los ex socialistas), y asumieron la obligación de disminuir sus crecientes emisiones de forma tal que para el año 2000 sólo alcanzaran el nivel existente alrededor de 1990, al tiempo que México quedó en el grupo de países “no-Anexo I”, que podían recibir los recursos nuevos y adicionales que estaban siendo negociados para promover su participación en la respuesta al problema. Los

proveedores de dichos recursos quedaron incluidos en el denominado Anexo II de la Convención, que a la sazón eran todos aquellos miembros de la OCDE, sin extenderse la obligación a México y Corea del Sur. (Martínez & Fernández, 2004, p. 148)

Una de las cuestiones que ocupó una importante parte del tiempo disponible para la negociación fue el establecimiento de los principios que guiarían las actividades durante la Convención. Destacan, entre ellos, el de “responsabilidades comunes pero diferenciadas”, reconociéndose el diferente grado de responsabilidad que podría ser atribuido a los países del concierto mundial. De acuerdo con este principio se crearon las listas de países correspondientes al Anexo I (países desarrollados y en transición) y al Anexo II (países de la OCDE de la época), a quienes correspondió el financiamiento del apoyo a países en desarrollo. Sin embargo, no fue sino posteriormente que se establecieron diferencias al interior del grupo de países del Anexo I.

Otro principio que causó gran controversia fue el relacionado con la certidumbre del fenómeno, aceptándose finalmente el principio de precaución que alienta la actividad colectiva e individual a favor de las generaciones presentes y futuras, a pesar de la falta de certeza científica absoluta.

Considerable atención fue prestada al balance que para una adecuada equidad tendría que haber entre la flexibilidad y la obligatoriedad de los resultados. Los países en desarrollo asumieron compromisos que están en concordancia con sus requerimientos socioeconómicos y que tienen que ser financiados por los mayores responsables. Mientras que los países desarrollados adquirieron compromisos (generalmente no cumplidos hasta ahora) respecto a la reducción de sus emisiones. (Martínez & Fernández, 2004, p. 150)

El mayor éxito de la Convención fue sin duda la amplia participación de los países miembros de las organizaciones internacionales del sistema de Naciones Unidas, tanto aquellos que podrían resultar perjudicados, como los que pudiesen resultar beneficiados por los acuerdos alcanzados (a la fecha, 186 países son parte). El objetivo mismo de la Convención de no interferencia con el clima mundial es un objetivo perdurable y que tiene que ser alcanzado de algún plazo. Se establecieron los criterios y mecanismos básicos para la instrumentación de la Convención, incluidas la Conferencia de las Partes, la Secretaría y los órganos técnicos principales.

Aunque sujeta a posteriores revisiones y algunos cambios menores, han quedado firmes los países en los Anexos I y II, lo que implica para los primeros la aceptación del compromiso de disminuir emisiones (que en la Convención se estableció equivalente a la reducción a los niveles de 1990 para el año 2000), mientras que los países del Anexo II han asumido compromisos de financiamiento hacia países en desarrollo.

Todos los países adquirieron compromisos para hacer reportes sobre la situación de emisiones y sumideros de carbono, así como sobre las medidas que han tomado para evitar el fenómeno del cambio climático. Los países en desarrollo mediante apoyos externos, y los desarrollados, sujetos a un detallado proceso de gestación y revisión de sus reportes.

Se establecieron asimismo compromisos para el intercambio de información y para promover la investigación sobre el fenómeno.

Para diversos grupos de países, y también para algunas organizaciones ambientalistas no gubernamentales, existen objetivos adicionales a los establecidos por la Convención, pues ven en ella una oportunidad para abatir el consumo de combustibles fósiles, argumentando que es el único verdadero mecanismo para el cumplimiento del objetivo de la misma, independientemente de los costos económicos que ello pudiese implicar. Enfatizan, además, que el cumplimiento de los compromisos asumidos debe lograrse en el interior de cada país, a pesar de que pudieran darse mejores condiciones económicas en acciones internacionales de carácter cooperativo.

Por otro lado, diversos países del mundo consideran a la Convención como una importante fuente adicional de recursos para su desarrollo, que al mismo tiempo les permite mejorar su grado tecnológico y fortalecer las actividades para preservación e incremento de los recursos naturales que poseen.

La Convención alcanzó su acuerdo en el seno de las Naciones Unidas y se firmó durante la “Cumbre de Río” en junio de 1992. Si bien su objetivo es el de estabilizar las concentraciones de gases termoactivos en la atmósfera a un nivel que impida una interferencia humana peligrosa en el sistema climático, fue reconocido que el abatimiento de las emisiones de los países desarrollados al nivel de 1990, es insuficiente para garantizar la estabilidad climática. Fue diversa la aceptación de los resultados en la Convención: para algunos era más que suficiente y para otros carecía de verdaderos compromisos (le faltaron dientes), mientras que otros lo consideraron el máximo accesible en el momento, o un buen inicio.

Una buena parte de los países miembros (incluido México) firmó la Convención durante la Cumbre de Río, y el proceso de ratificación fue relativamente rápido.

Con posterioridad, y en virtud de la creciente evidencia sobre la realidad y posibles consecuencias del cambio climático a ser recopilada y presentada posteriormente en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC (1995), en la primera Conferencia de las Partes de la Convención (1994) se decidió entrar en un nuevo proceso de negociación internacional que fijase más claramente las obligaciones explícitas y cuantificadas de los países del Anexo I para la reducción de sus emisiones netas (Mandato de Berlín). (Martínez & Fernández, 2004, pp. 151, 152).

I.2 Protocolo de Kioto

Un protocolo es un acuerdo internacional autónomo que está vinculado a un tratado ya existente. En este caso el Protocolo de Kioto comparte las preocupaciones y los principios establecidos en la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, pero establece asimismo compromisos más concretos y detallados que los estipulados en la CMNUCC.

El Protocolo de Kioto, adoptado en 1997 durante la tercera sesión de la Conferencia de las Partes (COP.3), es el instrumento legal que establece, por primera vez, un compromiso vinculante y

específico de limitación de las emisiones netas de gases de efecto invernadero (GEI) para los países desarrollados, incluyendo en ellos a los países en tránsito a economías de mercado.

El Protocolo de Kioto establece para los países de su Anexo B una limitación o reducción de emisiones antropogénicas de los GEI para un primer período de compromiso entre los años 2008 y 2012, mediante un porcentaje del nivel de emisiones que han tenido en 1990. Ahora bien, estas reducciones de las Partes podrán ser aseguradas individual o conjuntamente, como es el caso de los Estados de la Unión Europea (Artículo 3). La reducción global de todos los países debe ser el 5.2% respecto a las emisiones del año base, 1990, para el primer período de compromiso.

Asimismo el Protocolo de Kioto contempla en su Anexo A, a los siguientes gases como GEI: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), carburos hidrofluorados (HFC) y perfluorados (PFC), y hexafluoruro de azufre (SF₆). Los potenciales de calentamiento atmosférico (PCA) de cada uno de estos gases, necesarios para calcular las equivalencias con el CO₂, han sido establecidos por el PICC.

Otros gases de efectos invernadero no se computan en los totales nacionales debido a que, o bien no resultan directamente de emisiones antropogénicas, o están ya regulados por otros acuerdos internacionales, como es el caso de los gases fluorados, por ejemplo el clorofluorocarbono (CFC), recogidos en el Protocolo de Montreal relativo a la protección de la capa de ozono.

Después de la COP.3 de Kioto de 1997, la comunidad internacional trabajó intensamente para lograr un consenso sobre normas complementarias que facilitasen la implantación del Protocolo de Kioto. Un resumen de los acuerdos más importantes alcanzados hasta diciembre de 2004, en este proceso negociador, es el siguiente:

- En 1998, en la COP.4 de Buenos Aires, se establece un plan (Decisión 1/COP4) que relaciona los temas que deben ser acordados para aplicarse en el Protocolo de Kioto. Este acuerdo se conoce como “El Plan de Acción de Buenos Aires”.
- En 1999, en la COP.5 de Bonn, se siguen negociando los temas del citado Plan de Buenos Aires, y la Unión Europea anuncia su objetivo político de ratificar el Protocolo de Kioto en el 2002, como luego así fue.
- En 2001, en la COP.6bis de Bonn, se alcanza un Acuerdo Político sobre temas clave de la implantación del Protocolo de Kioto, como son los aspectos financieros a tener en cuenta en los mecanismos de flexibilidad y el régimen para su cumplimiento, los sumideros, etc. Son los elementos principales del Plan de Acción de Buenos Aires, y se tendrán en cuenta posteriormente en la Decisión 5/COP.6.
- En 2001, en la COP.7 de Marrakech, se traslada el Acuerdo Político adoptado en Bonn a decisiones legales jurídicamente vinculantes. Son conocidas como los Acuerdos de

Marrakech, que hicieron posible el que las Partes de la Convención pudieran iniciar sus respectivos procesos de ratificación. En ellos, se desarrolla la normativa de los mecanismos de flexibilidad formada por cuatro Decisiones: una, común, sobre el ámbito y los principios generales de estos mecanismos (Decisión 15/COP.7); y otras tres, relativas a las reglas de funcionamiento de los mecanismos de Aplicación Conjunta (Decisión 16/COP.7), Mecanismos de Desarrollo Limpio (Decisión 17/COP.7) y Comercio de Emisiones (Decisión 18/COP.7).

- En 2002, en la COP.8 de Nueva Delhi, se producen avances significativos en aspectos técnicos sobre el Mecanismo de Desarrollo Limpio y su Junta Ejecutiva, así como algunas características de los sumideros de carbono o el tipo de metodologías que pueden ser utilizadas. Otro resultado de esta COP fue la aprobación de la Declaración de Delhi sobre Cambio Climático y Desarrollo Sostenible, donde se reafirma que el desarrollo y la erradicación de la pobreza son temas prioritarios para los países menos desarrollados, que deben compatibilizarse con la aplicación de los compromisos recogidos en la Convención.
- En 2003, en la COP.9 de Milán, se desarrollan modalidades y procedimiento para la inclusión de la forestación y reforestación en el MDL, que como es sabido, son proyectos que tienen características muy específicas.
- En diciembre de 2004, se celebró la COP.10 en la ciudad de Buenos Aires. Se establecieron tres decisiones importantes en el ámbito del MDL: nuevos criterios relativos a procedimientos de este tipo de proyectos, diseño de la información precisa en proyectos de forestación y reforestación, y modalidades y procedimientos para los proyectos de sumideros de carbono de pequeña escala. Se dio, además, un fuerte apoyo al fortalecimiento de la Junta Ejecutiva del MDL.

Cabe señalar que el Protocolo de Kioto establecía su entrada en vigor “el nonagésimo día contado desde la fecha en que hayan depositado sus instrumentos de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión no menos de cincuenta y cinco Partes en la Convención, entre las que se cuenten Partes del Anexo I cuyas emisiones totales representen, por lo menos, el 55% del total de las emisiones de dióxido de carbono de las Partes del Anexo I correspondiente a 1990”. Por lo tanto, para que el Protocolo de Kioto entrase en vigor, era preciso que lo ratificasen al menos cincuenta y cinco países, y que éstos sean responsable del 55% de las emisiones del año base (Artículo 25). En noviembre de 2004, 145 Partes habían ratificado el Protocolo, incluyendo países industrializados que contribuían con un 61.6% de las emisiones. Por ello el 16 de febrero de 2005, el Protocolo de Kioto ha entrado en vigor.

Los países que han ratificado el Protocolo de Kioto se presentan en la tabla 1, así como la situación, a febrero de 2005, en que se encuentran los otros países.

Tabla 2. Situación de la ratificación del Protocolo de Kioto, y distribución de las emisiones de 1990-2005.

País	Estado	% emisiones 1990
Australia	--	2.1
Austria	R	0.4
Bélgica	R	0.8
Bulgaria	R	0.6
Canadá	R	3.3
Croacia	--	(1)
República Checa	Ap	1.2
Dinamarca	R	0.4
Lituania	R	(1)
Estonia	R	0.3
Finlandia	R	0.4
Francia	Ap	2.7
Alemania	R	7.4
Grecia	R	0.6
Hungría	Ac	0.5
Islandia	Ac	0.0
Irlanda	R	0.2
Italia	R	3.1
Japón	At	8.5
Letonia	R	0.2
Liechtenstein	R	0.0
Rumanía	R	1.2
Luxemburgo	R	0.1
Mónaco	--	0.0
Holanda	At	1.2
Nueva Zelanda	R	0.2
Noruega	R	0.3
Polonia	R	3.0
Portugal	Ap	0.3
Federación Rusa	R	17.4
Eslovaquia	R	0.4
España	R	1.9
Suecia	R	0.4
Suiza	R	0.3
Reino Unido	R	4.3
EE. UU.	--	36.1
Eslovenia	R	(1)
Ucrania	R	(1)

Fuente: UNFCCC, 2 Feb. 2005. R: ratificación; At: aceptación; Ap: aprobación; Ac: adhesión. (1) No se tienen en cuenta sus emisiones por no haberse sometido a consulta a nivel nacional.

Conviene recordar, en primer lugar, que el Protocolo de Kioto establece tres mecanismos flexibles para disminuir el costo de la reducción de emisiones de los gases de efecto invernadero

(GEI) para los países incluidos en el Anexo I de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMUNCC). Son los siguientes:

- **Aplicación conjunta (AC):** Este mecanismo permite contabilizar a las Partes incluidas en el Anexo I de la CMNUCC, las Unidades de Reducción de Emisiones (URE) obtenidas en proyectos realizados en Partes del Anexo I, y cuyo objetivo sea la reducción de emisiones antropogénicas o el incremento de las absorciones de GEI. Está regulado por el Artículo 6 del Protocolo de Kioto.
- **Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL):** Este mecanismo, objeto de la presente tesis, está regulado fundamentalmente por el Artículo 12 del Protocolo de Kioto, los acuerdos de Marrakech y las decisiones y recomendaciones que vaya tomando la Junta Ejecutiva del MDL. Permite, por un lado, ayudar al desarrollo sostenible de las Partes no incluidas en el Anexo I de la CMNUCC, mediante la ejecución de proyecto de tecnologías limpias; y por otro lado, permiten generar Reducciones Certificadas de Emisiones (RCE), que pueden ser contabilizados por los países Anexo I.
- **Comercio de emisiones (CE):** Este mecanismo, regulado por el Artículo 17 del Protocolo de Kioto, permite la compraventa de emisiones entre las Partes incluidas en el Anexo I de la CMNUCC, para el cumplimiento de sus compromisos.

En resumen, el objetivo que Naciones Unidas persigue con la introducción de estos mecanismos en el Protocolo de Kioto, es facilitar a los Países Anexo I de la Convención (Países desarrollados y Países con economías en transición de mercado) el cumplimiento de sus compromisos de reducción y/o limitación de emisiones. Además, en el caso del MDL el otro objetivo fundamental es el desarrollo sostenible de los países en desarrollo, a través de la transferencia de tecnologías respetuosas con el medio ambiente, es decir, limpias y eficientes. Téngase en cuenta el carácter global que tiene el tema del cambio climático, ya que el efecto de las reducciones de emisiones es independiente del origen de éstas.

En el marco concreto de los proyectos de MDL, debe señalarse la necesidad del cumplimiento por las Partes de varios requisitos que, entre otros, pueden resumirse así: a) Ratificación del Protocolo; b) Utilizar las metodologías aprobadas para la base de referencia y de vigilancia para determinar la reducción de emisiones de gases efecto invernadero (GEI), así como contar con los sistemas de información y revisión necesarios; c) Tener establecida la Autoridad Nacional Designada del País anfitrión para regular los proyectos MDL; d) Establecer un Registro Nacional, donde se contabilicen los RCE asignados a la Parte, así como las transferencias y cancelaciones que puedan realizarse.

Los proyectos que se hayan iniciado después del 1 de enero de 2000 podrán ser registrados como proyecto de MDL, siempre y cuando se solicite su registro antes del 31 de diciembre de 2005. Los créditos obtenidos con estos proyectos pueden contabilizarse para el cumplimiento del

primer período de compromiso del Protocolo de Kioto, que, como es sabido, abarca el quinquenio 2008-2012.

Cuando los países del Anexo I rindan cuentas del cumplimiento de sus compromisos recogidos en el Protocolo de Kioto, deberán presentar sus balances de emisiones de GEI, en lo que se integrarán la disminución de emisiones alcanzados por las políticas aplicadas a sus sectores económicos, las deducciones por el incremento de absorción de sus sumideros, y las reducciones obtenidas mediante la utilización de los mecanismos del Protocolo de Kioto.

Los proyectos acogidos al MDL se gestionan, como ya se ha indicado, a través de un organismo regulador, la Junta Ejecutiva del MDL (JE), y las reducciones o absorciones conseguidas con la ejecución de los proyectos deben ser verificadas y certificadas por Entidades Operacionales Designadas (EOD) acreditadas por la Conferencia de las Partes (COP). Para llevar a buen fin un proyecto y obtener las RCE, las Partes participantes deberán demostrar una reducción real medible y prolongada en el tiempo de emisiones o secuestro de carbono, teniendo en cuenta el requisito de adicionalidad ambiental del proyecto, es decir, que la reducción conseguida de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) no se hubiera producido de no realizarse el proyecto registrado. (Unión Europea, Programa Synergy, 2005, pp. 1.7, 1.10)

I.3 Procesos principales de un MDL

El artículo 12 del Protocolo de Kioto define el mecanismo de desarrollo limpio en los siguientes términos: “El propósito del MDL es ayudar a las Partes no incluidas en el Anexo I de la Convención Marco y en el Anexo B del Protocolo de Kioto, a lograr un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último de la Convención, así como ayudar a las Partes incluidas en el Anexo I a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones.”

El mecanismo de desarrollo limpio constituye, junto con el mecanismo de aplicación conjunta (AC) y el comercio internacional de emisiones los denominados *mecanismos de flexibilidad del Protocolo de Kioto*. El propósito de los tres mecanismos es poner a disposición de las Partes del Protocolo de Kioto instrumentos de mercado que puedan facilitar el cumplimiento de los objetivos de reducción asumidos por los Países Anexo I, al proporcionar una disminución en los costos de su cumplimiento. El fundamento ambiental de los mecanismos reside en el hecho de que el cambio climático es un problema de carácter global; por ello, el objetivo de la Convención y del Protocolo es alcanzar unas deducciones de los niveles globales de GEI en la atmósfera, siendo indistinto el conseguir las reducciones en uno u otro país.

En aplicación de esta teoría, el MDL se ha considerado prioritario por su contribución no sólo a los objetivos generales de mitigación de los efectos del cambio climático, sino al desarrollo sostenible de los países donde se ubican este tipo de proyectos.

A través del MDL, un País Anexo I que tiene compromisos cuantificados de reducción o limitación de sus emisiones de GEI, puede desarrollar objetivos en la reducción de estas emisiones. Por la realización de estos proyectos, el país recibe una cantidad de reducciones certificadas igual a la cantidad de gases reducida por los mismos, pudiendo utilizar estos certificados a efectos de contabilizar el cumplimiento de sus objetivos.

De este modo, ambas Partes obtienen los siguientes beneficios:

- Las Partes no Anexo I se benefician de una transferencia tecnológica mediante actividades de proyectos que tengan por resultado reducciones certificadas de emisiones (RCE), y que contribuyen a su desarrollo sostenible.
- Las Partes Anexo I pueden utilizar las RCE generadas en los proyectos MDL, para contribuir al cumplimiento de una parte de sus compromisos de reducción o limitación de emisiones de GEI asumidos al ratificar el Protocolo de Kioto.

Junto con la argumentación ambiental, existe otra de índole económico que justifica la existencia de este mecanismo, ya que los costos marginales de reducción de emisiones en los países en desarrollo son bastante menores que los costos de reducción en los países desarrollados.

El MDL se rige por un Acuerdo Político alcanzado en Bonn en la segunda parte de la Sexta Conferencia de las Partes, y por unas normas aprobadas en la Séptima Conferencia de las Partes celebrada en Marrakech en el año 2001 (Acuerdos de Marrakech, Decisión 17/CP7). Así, con el fin de controlar la integridad ambiental económica y social del mecanismo, existen condicionantes estrictos para todos los participantes en los proyectos y una estructura que supervisa su funcionamiento.

Para que pueda llevarse a cabo un proyecto MDL es necesaria la intervención de varios actores con unas funciones claramente definidas (tabla 2), y debiendo cumplirse los denominados requisitos de elegibilidad, que se presentan más adelante en este capítulo. (Unión Europea, Programa Synergy, 2005, pp. 2.1, 2.2)

Tabla 3. Actores del ciclo del proyecto MDL y funciones desarrolladas

Actor(es)	Función desarrollada
Participantes del proyecto	Elaboración del Documento de Diseño del Proyecto (DDP), implementación del proyecto y plan de vigilancia de su operación.
Autoridad Nacional Designada	<ul style="list-style-type: none"> País Anexo I: Autorización de la participación voluntaria en el MDL de entidades públicas y/o privadas. País no Anexo I: Autorización de participación voluntaria de entidades. Revisión y aprobación del DDP en relación a su contribución al desarrollo sostenible del País anfitrión.
Entidad Operacional Designada	Entidad independiente acreditada por la Junta Ejecutiva para realizar las funciones de validación del proyecto MDL, y/o la verificación y certificación de las emisiones evitadas.
Junta Ejecutiva del MDL	<ul style="list-style-type: none"> Supervisión del MDL siguiendo directrices de la CP/RP. Establecimiento de reglas relativas a metodologías de cálculo de la base de referencia, vigilancia de emisiones y procedimientos de verificación, de aprobación del proyecto, y de acreditación de entidades operativas. Procedimiento y definiciones para proyecto de pequeña escala, sumideros,... Elaboración y gestión del registro MDL. Información al público.

Fuente: Decisión 17/CP.7 (Acuerdo de Marrakech), retomado en (Unión Europea, Programa Synergy, 2005, p. 2.6)

En cuanto a los requisitos de elegibilidad de los proyectos, ni el Protocolo de Kioto en su artículo 12 ni los Acuerdos de Marrakech, proporcionan una lista de actividades o tecnologías que califiquen a los mismos como MDL. No se establece, por tanto, un listado de tecnologías que puedan optar a participar en el mecanismo, sino que existen unos criterios básicos que deben cumplir, independientemente de la tecnología o actividad de la que se trate. Estos criterios básicos pueden resumirse de la siguiente forma:

- Los Proyectos MDL deben generar reducciones de emisiones de GEI en un país en desarrollo que sean *reales, mensurable y a largo plazo*.
- La delimitación del proyecto definirá el ámbito en el cual ocurre la reducción o secuestro de los gases de efecto invernadero.
- Las reducciones de emisiones de GEI generadas en el proyecto deben ser *adicionales*. Este es un requisito básico para cualquier proyecto MDL. Para ser consideradas adicionales, su emisiones de GEI deben ser menores que las emisiones que hubieran ocurrido en ausencia

del mismo; además, debe demostrarse que el proyecto no se habría implementado en ausencia del mecanismo MDL. Las reducciones adicionales de GEI serán calculadas en relación con un escenario referencial hipotético que no incluye el proyecto, y que se define como base de referencia (o línea base).

- Los proyectos MDL deben contribuir al *desarrollo sostenible* del País anfitrión. El Protocolo de Kioto especifica que uno de los principales objetivos del mecanismo MDL es la contribución al desarrollo sostenible de las Partes no Anexo 1. Sin embargo, no existen directrices claras para la aplicación de este requisito, sino que los Países anfitriones son soberanos para elegir el modelo de desarrollo sostenible que han de seguir y, por tanto, basta con una declaración por su parte en el sentido de que efectivamente la tecnología o actividad propuesta realiza dicha contribución.
- Numerosos gobiernos y entidades internacionales han trabajado desde hace tiempo en la elaboración de indicadores que pudieran medir el camino que debe seguir un país, para que mayoritariamente se entienda por desarrollo sostenible. Esto podría orientar a los participantes del proyecto sobre el tipo de tecnologías que en cada caso realizan esta aportación.
- Varios países Latinoamericanos han elaborado procedimientos claros y transparentes que evalúan la contribución de un proyecto a su modelo de desarrollo sostenible facilitando la labor a los participantes del proyecto. Aunque la contribución al desarrollo sostenible de un proyecto MDL pertenece a la soberanía de cada país, puede decirse que se aplican generalmente criterios como los siguientes:
 - *Criterios sociales*: como la contribución del proyecto a la mejora de la calidad de vida y a las condiciones de salud de la población, a la disminución de la pobreza y a una mayor equidad entre sus habitantes.
 - *Criterios económicos*: como la aportación del proyecto a los ingresos de entidades locales, la creación de un impacto positivo sobre la balanza de pagos del País anfitrión, o a la realización de transferencias tecnológicas.
 - *Criterios ambientales*: como la reducción de emisiones atmosféricas, la conservación de los recursos naturales locales y de la biodiversidad o la contribución a la puesta en práctica de políticas medioambientales.
- Los proyectos deben ser compatibles con cualquier requisito legal del País anfitrión.
- Las Partes deben evitar los certificados generados por proyectos que utilicen la *energía nuclear*.
- No podrán utilizarse *fondos* provenientes de la Ayuda Oficial al Desarrollo para financiar proyectos MDL.

- Por último, y aunque no se trata de un requisito básico para la elegibilidad del proyecto, se debe promover una distribución geográfica equitativa de las actividades de estos proyectos para conseguir un desarrollo limpio en los ámbitos regional y subregional, aspecto que es vigilado por la Junta Ejecutiva. (Unión Europea, Programa Synergy, 2005, pp. 2.7, 2.8)

Como ya se ha indicado en apartados anteriores, el objetivo de un proyecto MDL es doble, debiendo promover el desarrollo sostenible de las Partes no Anexo I en donde se ubica el proyecto, o País anfitrión, y también ayudar a los Países Anexo I en el cumplimiento de sus compromisos de limitación y/o reducción de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero.

En un proyecto MDL se distinguen las siete etapas que a continuación se describen y que se reflejan en las actividades de la figura 1 (Capítulo Introducción, pág. 4), etapas que se añaden al desarrollo del proyecto convencional.

4. Diseño: Los participantes (PP) deberán evaluar la actividad de proyecto propuesta y los requisitos de elegibilidad. El Documento de Proyecto (PDD) incluirá la metodología y determinación de la base de referencia, el cálculo de la reducción de emisiones, y la metodología y plan de vigilancia de la actividad del proyecto.
5. Validación: Evaluación independiente del diseño por una Entidad Operacional Designada (DOE), en relación con los requisitos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).
6. Registro: Aceptación oficial por la Junta Ejecutiva (JE) de un proyecto validado como proyecto MDL.
7. Implementación del diseño (PP).
8. Vigilancia: La vigilancia incluye la recopilación y archivo de todos los datos necesarios para medir o estimar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del proyecto MDL, de la base de referencia y cálculo de las reducciones de emisiones debidas al proyecto (PP).
9. Verificación y certificación: La verificación consiste en un examen independiente y periódico por una DOE de las reducciones de emisiones registradas; unida a la certificación escrita de la DOE confirmando las reducciones de emisiones durante un tiempo determinado.
10. Expedición de las reducciones certificadas de emisiones (RCE) por la Junta Ejecutiva del MDL. (Unión Europea, Programa Synergy, 2005, pp. 3.1, 3.2)

Los participantes deben analizar los impactos ambientales del proyecto, considerando el documento del proyecto si éste produce un impacto ambiental significativo, incluidos los impactos transfronterizos.

En caso de que los impactos ambientales se consideren significativos, los participantes deberán exponer los medios previstos para su mitigación.

Estudios del Impacto Ambiental de un proyecto MDL

La política ambiental de los países debe ser orientada hacia la existencia y desarrollo de proyectos de inversión, en donde hay que conciliar la estrategia de crecimiento económico con la debida protección del medio ambiente. Las inversiones públicas y/o privadas deben estar orientadas al uso sustentable de los recursos naturales, sin que por ello se afecte el desarrollo económico. En la práctica el objetivo será incorporar la dimensión ambiental en la evaluación de proyectos y actividades.

La responsabilidad de implementar y administrar un sistema para evaluar el impacto Ambiental es del gobierno y la verificación de su aplicación a algún proyecto MDL lo debe hacer la Entidad Operacional Designada. El impacto ambiental se debe evaluar en el área de influencia de un proyecto. Los límites del proyecto deben abarcar todas las emisiones antropogénicas de GEI bajo el control del titular, que son significativas y que razonablemente pueden ser atribuidas al proyecto MDL.

Durante la ejecución del proyecto, se debe hacer una evaluación de los impactos ambientales y sociales. Si durante la implementación del proyecto, ocurren impactos negativos, el proyecto debe hacer una amplia notificación pública; para que no se vea afectada su credibilidad.

Las reglas para la selección de cualquier proyecto MDL deben ser tales que protejan los ecosistemas, eviten impactos indeseables y promuevan el cumplimiento de la normativa. Los proyectos deben ser consistentes con los objetivos y la evolución de los convenios sobre medio ambiente, el igual que con la legislación ambiental local y/o nacional. La metodología para calcular bases de referencia y fugas, debe ser sólida.

Todo proyecto MDL debe hacerse con una actitud y tendencia positiva, por lo que tanto para los resultados como las aplicaciones hay que ser específicos, evitando que el sensacionalismo/catastrofismo sesgue la información y por lo tanto la decisión de sus aceptación o rechazo.

En el caso de que el proyecto reduzca las emisiones de GEI por encima de los valores estimados en el DDP – MDL, hay que realizar conservadoramente los cálculos para demostrar esta disminución de las emisiones, citando el impacto logrado en casos similares. (Unión Europea, Programa Synergy, 2005, pp. 3.10, 3.11)

I.4 Autoridad Nacional Designada

México al ser un país en vías de desarrollo, no perteneciente al anexo B del Protocolo de Kioto ni al Anexo I de la CMNUCC, puede participar en la modalidad de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) que se encuentra definido en el artículo 12 del Protocolo, cuyo propósito es lograr tanto un desarrollo sostenible, así como ayudar a las Partes incluidas en el Anexo I a dar

cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones. Con ello, México es beneficiado al poder obtener reducciones certificadas de las emisiones debido a los diferentes proyectos, y en la actualidad se tienen registrados 189 proyectos con carta de aprobación por parte del **Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de Gases de Efecto Invernadero (COMEGEI)**.

El COMEGEI fue creado en el 2004 y es un grupo de trabajo dentro de la estructura de la **Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC)**.

Comisión Intersecretarial de Cambio Climático

Las funciones de la Comisión son, entre otras:

- Fungir como Autoridad Nacional Designada para fines relativos a la CMNUCC y su Protocolo de Kioto.
- Emitir la carta de aprobación para proyectos de reducción y captura de emisiones de gases de efecto invernadero, dando constancia de que los mismos promueven el desarrollo sustentable del país.
- Promover y facilitar el desarrollo de proyectos.
- Desarrollar funciones de registro de proyectos, así como de reducciones y captura de gases de efecto invernadero.
- Promover la suscripción de memorandos de entendimiento y acuerdos de colaboración en asuntos relativos a proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y de captura de carbono.

La CICC elaboró la **Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC)** que en mayo 2007, el Presidente de la República presentó públicamente y dio instrucciones para que, con base en ella, la Comisión elabore un Programa Especial de Cambio Climático 2008 – 2012, en el marco del **Plan Nacional de Desarrollo 2007 – 2012**. El tema de Cambio Climático ha sido incluido por primera vez en dicho Plan en su Eje Rector 4 dedicado a la Sustentabilidad Ambiental, con lo cual queda constancia de que el Gobierno de México reconoce que el impacto de las emisiones de GEI es cada vez más evidente.

Adicionalmente el día 28 de noviembre del año 2008 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética la cual tiene por objeto *regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica, así como establecer la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de la transición energética, se excluye el aprovechamiento de rellenos sanitarios que no cumplan con la normatividad ambiental.*

En el Artículo 30 de la misma ley se establece que *El Ejecutivo Federal, los gobiernos de las entidades federativas, del Distrito Federal y de los Municipios, podrán firmar convenios con los Suministradores con objeto de que, de manera conjunta, se lleven a cabo proyectos de aprovechamiento de las energías renovables disponibles en su territorio y en su artículo 31 El Ejecutivo Federal diseñará e instrumentará las políticas y medidas para facilitar el flujo de recursos derivados de los mecanismos internacionales de financiamiento relacionados con la mitigación del cambio climático.*

*Dichas políticas y medidas promoverán la aplicación de los mecanismos internacionales orientados a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, de conformidad con la legislación ambiental aplicable. Asimismo, las Dependencias, entidades competentes, o a quien designen éstas, podrán desempeñar al igual que los Suministradores, el papel de intermediarios entre los proyectos de aprovechamiento de las energías renovables y los compradores de certificados de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el mercado internacional. Dentro de las fuentes de energía renovable se considera a los bioenergéticos, para su utilización se encuentran normados por la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos publicada en el Diario Oficial de la Federación el día primero de febrero del año 2008, en la cual los define como *combustibles obtenidos de la biomasa provenientes de materia orgánica de las actividades, agrícola, pecuaria, silvícola, acuacultura, algacultura, residuos de la pesca, domésticas, comerciales, industriales, de microorganismos, y de enzimas, así como sus derivados, producidos, por procesos tecnológicos sustentables que cumplan con las especificaciones y normas de calidad establecidas por la autoridad competente.**

Por lo cual al promover proyecto para el aprovechamiento del biogás para la generación de energía eléctrica se es congruente la línea estratégica nacional.

I.5 Proyectos MDL en México

La información existente en la sección de Cambio climático de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) reporta que México se ubica en el cuarto lugar por el número de proyectos registrados, en el quinto lugar por el promedio anual de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, y en el quinto lugar por la reducciones certificadas de emisiones obtenidas. Los proyectos MDL registrados ante la Junta Ejecutiva del MSL son 32, ver tabla 3, con una reducción de emisiones esperada de 3.3 millones de toneladas de CO₂ equivalente. (SEMARNAT, 2010).

Figura 4. Resumen de Proyecto MDL y MDL Programáticos, por categoría y etapa al 31 de diciembre de 2010.

Proyecto MDL por Categoría	RCEs* emitidas de proyectos registrados		Proyectos registrados ante la Junta Ejecutiva del MDL		Proyectos con Carta de Aprobación que no han sido registrados		Anteproyectos con Carta de No Objeción que no tienen Carta de Aprobación	
	RCEs obtenidas		Promedio anual de RCEs esperadas		Promedio anual de RCE esperadas		Promedio anual de RCE esperadas	
	No.	tCO ₂ e	No.	tCO ₂ e/año	No.	tCO ₂ e/año	No.	tCO ₂ e/año
Distribución de Electricidad	0	0	0		0	0	1	266,535
Eficiencia Energética	1	120,859	3	265,678	8	420,055	37	13,453,473
Emisiones de Gases Industriales	1	4,789,363	2	2,540,280	1	102,592	4	800,773
Emisiones Fugitivas de Metano	0	0	1	82,645	1	89,841	3	768,305
Eólica	3	174,928	8	2,434,730	12	2,675,710	5	1,133,206
Geotérmica	0	0	0		1	75,812	2	174,684
Hidroeléctrica	3	244,574	3	118,844	8	761,791	22	3,111,509
Manejo de Residuos en Establos de Ganado Vacuno	1	3,273	17	160,441	7	279,881	1	32,000
Manejo de Residuos en Granjas Porcícolas	24	1,364,384	74	2,253,434	21	662,985	4	308,925
Mareomotriz	0	0	0		0	0	3	47,500
Reforestación – Forestación	0	0	0		0	0	5	971,491
Reinyección de gas amargo en pozos petroleros	0	0	0		0	0	1	22,549,810
Relleno Sanitario	2	227,388	15	1,905,528	14	1,569,578	19	3,240,734
Solar	0	0	0		0	0	3	155,189
Sustitución de Combustibles	0	0	1	47,043	6	377,168	3	189,381
Transporte	0	0	0		4	294,948	1	55,102
Tratamiento de Aguas Residuales	0	0	1	15,153	4	109,930	3	916,906
Cogeneración	0	0	0		0	0	11	2,874,846
Subtotal proyectos	35	6,924,769	125	9,823,776	87	7,420,290	128	51,050,369
Eficiencia Energética	0	0	1	24,283	1	10,744	2	905,364
Transporte	0	0	0		0	0	1	170,000
Subtotal programáticos	0	0	1	24,283	1	10,744	3	1,075,364
Total general	35	6,924,769	126	9,848,059	88	7,431,034	131	52,125,733

Fuente: (SEMARNAT, 2010)

Proyectos MDL relacionados con sitios de disposición final de residuos sólidos

Hasta principios del 2008, dentro de la cartera de proyectos del COMEGEI, y con cartas de no objeción y aprobación, se encontraban 14 proyectos de MDL referentes a la recuperación de biogás de rellenos sanitarios en México, en los Estados de Aguascalientes, Chihuahua, Durango, Estado de México y Jalisco entre otros; traducándose en una reducción de emisiones a la atmósfera de aproximadamente 2 millones de toneladas equivalentes de CO₂ⁱ.

A continuación se presenta un cuadro comparativo de los proyectos MDL autorizados por las autoridades mexicanas y dentro del Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de Gases de Efecto Invernadero (COMEGEI).

Tabla 4. Proyectos MDL pertenecientes al COMEGEI

Nombre registrado del proyecto	Localización	Reducción estimada (kTon CO ₂ eq/año)	Empresa encargada de desarrollar el proyecto	Uso del Gas extraído
Proyecto de gas de relleno sanitario para energía, Ecometano, Tecnología de Biogás S.A. de C.V.	Aguascalientes, Agascalientes	163	Tecnología de Biogás S.A. de C.V.	Generación Eléctrica (3-4 MW)
Proyecto de gas de relleno sanitario para energía en Ecatepec, Ecometano, Tecnología de Biogás S.A. de C.V., Tecnología de Biogás Ltd. Y EcoSecurities Ltd.	Ecatepec, Estado de México	209	Tecnología de Biogás S.A. de C.V., Tecnología de Biogás Ltd. Y EcoSecurities Ltd.	Generación Eléctrica (3-5 MW)
Proyecto de gas metano para energía en Tultitlán, Tecnología Biogás S.A. de C.V., Tecnologías Biogás Ltd. y EcoSecurities PLC.	Tultitlán, Estado de México	42	Tecnología Biogás S.A. de C.V., Tecnologías Biogás Ltd. y EcoSecurities PLC.	Generación Eléctrica de (1.3 MW)
Proyecto de gas de relleno sanitario para energía Puerto Vallarta, Estudios y Técnicas Especializadas en Ingeniería (ETEISA), S.A. de C.V.	Puerto Vallarta, Jalisco	56	Estudios y Técnicas Especializadas en Ingeniería (ETEISA), S.A. de C.V	Tratamiento de Lixiviados
Proyecto de gas de relleno sanitario Hasars, Técnicas Avanzadas Medioambientales S. de R.L.	Zapopan, Jalisco	138	Técnicas Avanzadas Medioambientales (TAM), S. de R.L.	Generación Eléctrica para autoconsumo
Proyecto de gas metano en el relleno sanitario Ciudad Juárez para energía, Biogás de Juárez S.A. de C.V.	Ciudad Juárez, Chihuahua	170	Biogás de Juárez S.A. de C.V	Generación eléctrica (6-20 MW)

Nombre registrado del proyecto	Localización	Reducción estimada (kTon CO2 eq/año)	Empresa encargada de desarrollar el proyecto	Uso del Gas extraído
Proyecto de gas metano para energía, Tecnología Biogás S.A. de C.V., Tecnología Biogás Ltd. y EcoSecurities PLC.	Victoria, Durango	83	Tecnología Biogás S.A. de C.V., Tecnología Biogás Ltd. y EcoSecurities PLC.	Generación Eléctrica (2MW)
Captura y quema de biogás del relleno sanitario en Mérida, Proactiva Medio Ambiente México, S.A. de C.V.	Mérida, Yucatán	106	Proactiva Medio Ambiente México, S.A. de C.V.	Recuperación y quema
Proyecto de recuperación de gas en el relleno sanitario Milpillás, Tú transformas	Morelos	154	NA	NA
Proyecto Monterrey II para energía, Bioenergía de Nuevo León, S.A. de C.V. (BENILESA)	Monterrey, Nuevo León	177	Bioenergía de Nuevo León, S.A. de C.V. (BENLESA)	Generación eléctrica (5 - 13 MW)
Proyecto de relleno sanitario Monterrey I para energía, SIMEPRODE	Salinas Victoria, Nuevo León	236	Bioenergía de Nuevo León, S.A. de C.V. (BENLESA)	Generación eléctrica (7MW)
Proyecto de gas en el relleno sanitario "Verde Valle", Promotora Ambiental S.A.B. de C.V. y Administración del Verde Valle S.A. de C.V.	Tijuana, Baja California Norte	216	Promotora Ambiental S.A.B. de C.V. y Administración del Verde Valle S.A. de C.V.	Recuperación y quema
Proyecto de recuperación y quema de gas de relleno sanitario "El Verde", Promotora Ambiental S.A.B. de C.V. y MGM Carbon Portafolio	León, Guanajuato	145	Promotora Ambiental S.A.B. de C.V. y MGM Carbon Portafolio	Generación eléctrica (3.5 MW)
Proyecto de relleno sanitario del Norte de Culiacán, PASA y SCS Engineerrs	Culiacán, Sinaloa	73	PASA y SCS Engineerrs	NA

Fuente: (SEMARNAT, 2/oct/2009)

Gestión integral de residuos sólidos en el Municipio de Ecatepec de Morelos: estudio de caso

capítulo II

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, LGPGIR (2003), clasificó los residuos y estableció las competencias, desde la perspectiva de los 3 órdenes de gobierno, a saber:

- **Residuos Peligrosos (RP)**, son aquellos que poseen alguna característica de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o que contengan agentes infecciosos⁸. Son responsabilidad de la federación.
- **Residuos Sólidos Urbanos (RSU)**, conocidos como “basura”, son aquellos desechos generados en las casas, en comercios o en la vía pública, tales como los envases, empaques, restos de comida, o lo que resulta de la limpieza de las calles y lugares públicos. Son responsabilidad de lo municipios.
- **Residuos de Manejo Especial (RME)**, producidos por grandes generadores sin que tengan características de peligrosidad o de ser RSU⁹, son responsabilidad de las entidades federativas, mismos que se subclasifican en:
 - i. residuos de las rocas o de los productos de su descomposición
 - ii. residuos de servicios de salud, con excepción de los biológico infecciosos
 - iii. residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas y ganaderas, incluyendo los residuos de insumos
 - iv. residuos de los servicios de transporte, generados en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias, así como aduanas
 - v. lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales
 - vi. residuos de tiendas departamentales o centros comerciales
 - vii. residuos de la construcción, mantenimiento y demolición
 - viii. residuos tecnológicos provenientes de la industria de la informática, electrónica, vehículos automotores y
 - ix. otros que determine la SEMARNAT.

⁸ Artículos 16°, 21° – 24° y Título V Manejo integral de residuos peligrosos.

⁹ Artículos 19°, 95° – 100°.

El manejo integral de cada uno de los residuos definidos en la LGPGIR implica definir el *trazo* (es decir, la identificación de las fuentes de generación, los actores y volúmenes que son manejados en los eslabones del manejo integral) desde la generación, limpia, barrido, recolección, tratamiento y disposición final. Así, su trayectoria enfatiza la importancia de las instancias responsables de identificar las fuentes generadoras, regularlas y, en su caso, sancionar a aquellas que no cumplen con el principio de corresponsabilidad.

En el municipio de Ecatepec de Morelos, los resultados del manejo integral de los residuos sólidos presenta tres características relevantes que se plantean como consideraciones del presente capítulo:

- El periodo en que se sistematizan los estudios establecidos en la NOM-083-SEMARNAT-2003 se refirió al periodo de Gobierno Municipal 2006-2009
- Se presenta los cálculos realizados durante el periodo referido y se actualizan con base en los resultados del Censo de Población y Vivienda 2010 y el Censo Económico 2009 del INEGI.
- Las condiciones actuales para enero de 2012 han cambiado significativamente. La infraestructura y equipamiento del MDL ha sido retirada por la empresa promotora del proyecto de recuperación de biogás y generación de energía eléctrica.

II.1 Municipio de Ecatepec de Morelos, Estado de México.

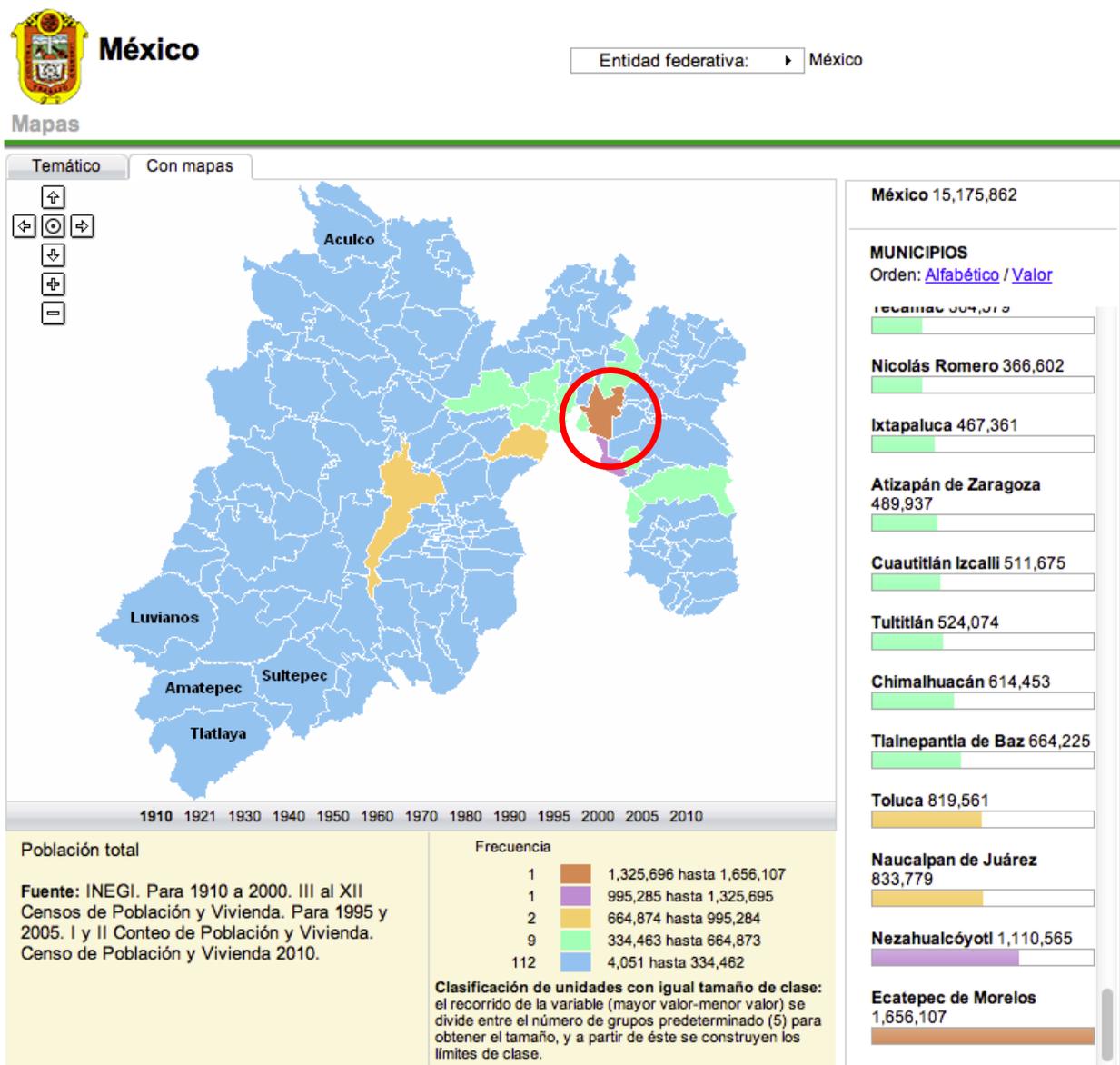
Relevancia estatal

En el año 2010, la población del Estado de México se contabilizó en 15,175,862 habitantes lo que lo coloca como el primer lugar, con el 13.51%, de la población total de México (INEGI 2010). Para el mismo año, el Municipio de Ecatepec de Morelos, concentró el 10.91% de la población total de la entidad, es decir, 1,656,107 habitantes lo que lo posiciona como el municipio más poblado del Estado, de la República Mexicana y de América Latina.

Localización

Ecatepec de Morelos se localiza entre las coordenadas de los paralelos Latitud Norte: mínima 19° 29'02" y máxima 19° 39'30"; y los meridianos Longitud Oriente: mínima 98° 58'30" y máxima 99° 07'06", a una altura media de 2,250 metros sobre el nivel del mar y pertenece a la región 5, del Estado de México.

Figura 5. Ubicación del Municipio de Ecatepec en el Estado de México



Fuente: (INEGI 2010)

Extensión Territorial y colindancias

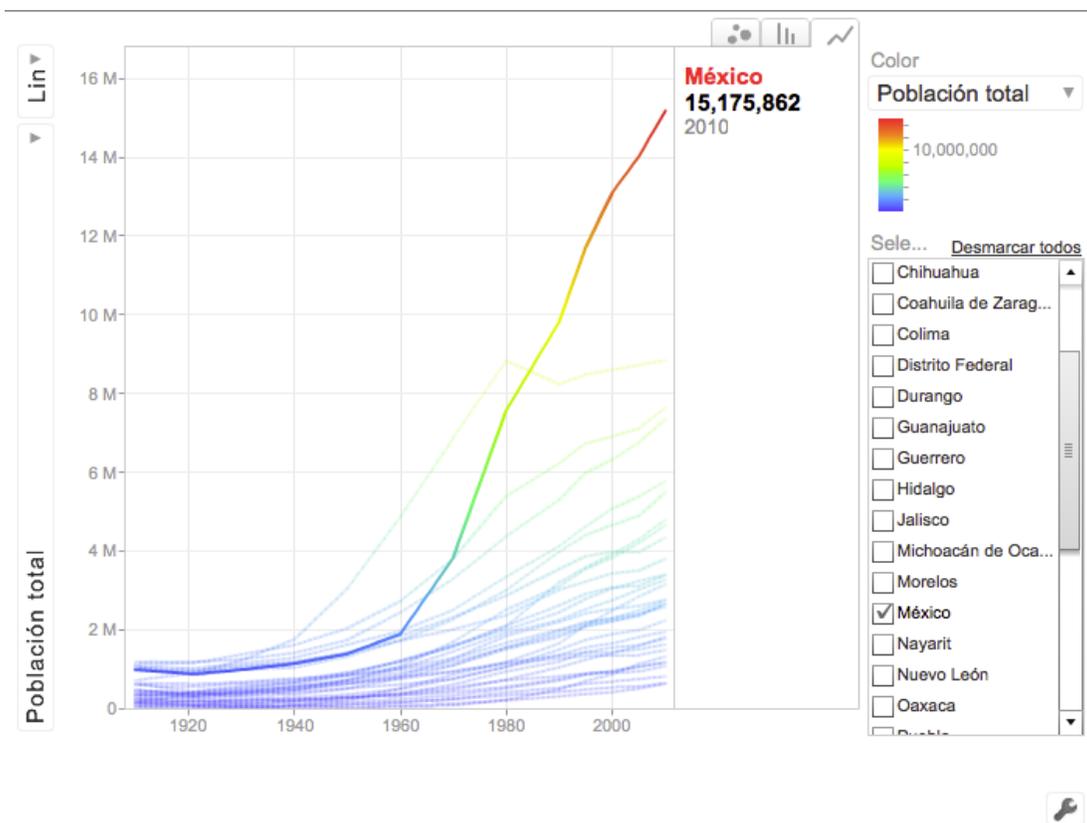
Ocupa una extensión territorial de 186.9 km², colinda al norte con los municipios de Coacalco y Tecamac, al sur con Nezahualcóyotl y la Delegación Gustavo A. Madero, al oriente con los municipios de Atenco, Texcoco y Acolman, al poniente con el Municipio de Tlalnepantla y la Delegación Gustavo A. Madero.

Dinámica poblacional

De acuerdo a los datos censales históricos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), la dinámica poblacional del Municipio de Ecatepec de Morelos tiene un comportamiento *espejo* como el del estado de México. La población municipal ha ido en aumento desde 1950 (figura 2). A partir de 1970 se presentó un crecimiento exponencial, ya que Ecatepec pasa a ser parte de las zonas de crecimiento de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), teniendo en ese entonces terrenos para la construcción de nuevas zonas habitacionales e incluso albergar un gran parque industrial.

La región mantuvo su crecimiento poblacional elevado al darse la migración de personas después de los sismos de 1985. A la fecha, la superficie para el desarrollo de asentamientos humanos ha llegado a su límite, y por lo tanto, las tasas de crecimiento poblacional están bajando, incluso con una expectativa decreciente a largo plazo.

Figura 6. Tendencia Histórica de Crecimiento Poblacional en el Estado de México: 1910-2010

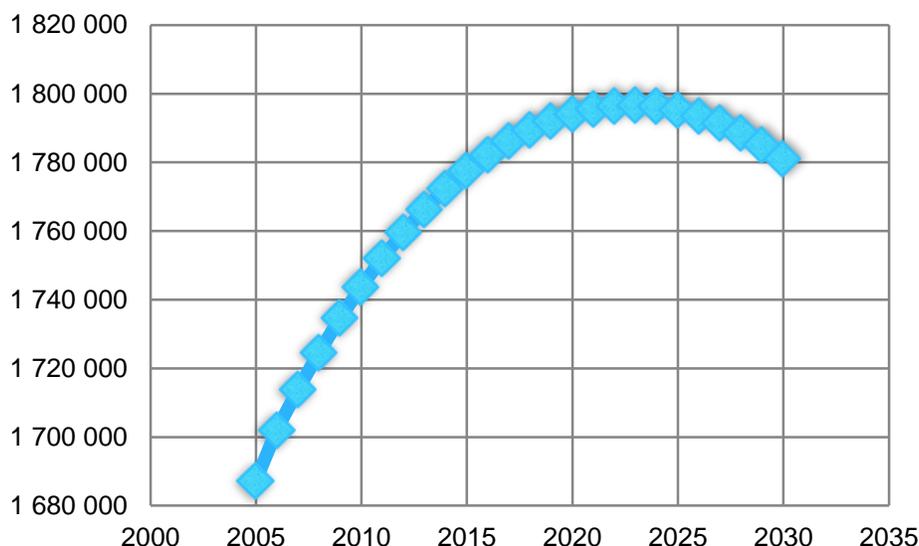


Fuente: (INEGI 2010)

Proyección demográfica

De acuerdo con las proyecciones demográficas del Consejo Nacional de Población (CONAPO 2006), la población del Municipio continuará su dinámica de crecimiento hasta el año 2023 con 1,796,712 habitantes e iniciará una etapa decreciente.

Gráfica 1. Proyecciones de la Población para el Municipio de Ecatepec de Morelos



Fuente: (CONAPO 2006)

II.2 Manejo integral de residuos sólidos

Identificación de Fuentes Generadoras

De acuerdo a la clasificación establecida en la LGPGIR, las fuentes de generación identificadas fueron:

Tabla 5. Identificación de fuentes generadoras de residuos sólidos

Residuos sólidos urbanos		Residuos de manejo especial	
Indicador: generación <i>per cápita</i>		Indicador: general por unidad económica	
Variables: población e índice		Variables: unidades económicas e índice	
Fuente: población		Fuente: unidades económicas	
2005¹⁰: 1,688,258	2010¹¹: 1,656,107	2004: 49,457	2009: 57,635

Fuente: (INEGI 2005), (INEGI 2010), (INEGI 2005) e (INEGI 2009)

¹⁰ Estimación de población de acuerdo al Censo de población y Vivienda 2005.

¹¹ Resultado del Censo de Población y Vivienda 2010.

Generación de residuos sólidos urbanos

La generación de residuos sólidos urbanos está asociada a la población que reside en casas habitación: viviendas unifamiliares y multifamiliares así como a aquellas actividades productivas de baja escala (27.1 kg/hab/año). Su estimación, de acuerdo a los resultados del estudio de generación se estiman, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 6. Indicador de generación per cápita de RSU Domésticos por Estrato

Estrato	Generación Per Cápita (kg/hab/día)
Alto	0.531 ± 9.3%
Medio	0.829 ± 2.1%
Bajo	1.323 ± 1.98%
Promedio ponderado domiciliar	0.926
Comercios	0.665 ± 3.0%

Fuente: (Municipio de Ecatepec de Morelos 2007)

Así, la cantidad de residuos sólidos que genera un habitante por día en promedio ponderado¹² en el Municipio de Ecatepec es de 0.927 kg, recordando que es el valor encontrado del estudio de campo en el que se analizaron RSU generados en casas habitación.

Generación de residuos de manejo especial

De acuerdo a la información disponible de fuentes oficiales para estimar y comparar la generación de residuos de manejo especial, se empleó el método de aplicar un indicador global por las unidades económicas obtenidas de los censos económicos 2004 y 2005:

Aplicación del Indicador General por Unidad Económica

Con el objetivo de facilitar la estimación de la generación de RME en Ecatepec se utilizó una metodología aplicando el término correspondiente de un modelo matemático de regresión lineal múltiple para el cálculo de los residuos sólidos municipales¹³.

El procedimiento consiste en obtener a través del Censo Económico 2004 y 2009 del INEGI la cantidad de Unidades Económicas (UE)¹⁴ por giro y sector, de tal manera que el total de ellas se multiplica por el factor 11.86 ± 2.5 kg/ UE.

El cuadro resumen con la aplicación de la metodología descrita se presenta en la Tabla 3.

¹² Considera la distribución porcentual en que se divide la población, según estratos socioeconómicos.

¹³ Rodríguez Salinas, Marcos A. Diseño de un modelo matemático de la generación de RSM en Nicolás Romero, México. Tesis de maestría. IPN, CIEMAD. 2004

¹⁴ Son las unidades estadísticas sobre las cuales se recopilan datos, se dedican principalmente a un tipo de actividad de manera permanente en construcciones e instalaciones fijas, combinando acciones y recursos bajo el control de una sola entidad propietaria o controladora, para llevar a cabo producción de bienes y servicios, sea con fines mercantiles o no. Se definen por sector de acuerdo con la disponibilidad de registros contables y la necesidad de obtener información con el mayor nivel de precisión analítica.

Tabla 7. Estimación de residuos de manejo especial

Residuos de manejo especial	
Indicador:	general por unidad económica
Variables:	Índice general: 11.86± 2.5 (kg/ue)
Fuente:	Censos económicos
2004:	586.56 ± 21.1%
2009:	683.55 ± 21.1%

Fuente: elaboración propia

Proyecciones de generación de residuos sólidos: urbanos + manejo especial

Partiendo de los resultados obtenidos en los estudios de generación de RSU domésticos y las estimaciones para la generación de RME en Ecatepec, se efectuó la proyección de los mismos tomando en consideración una tasa de crecimiento anual de la generación del 1 %¹⁵ en el horizonte de 20 años.

Dentro del procedimiento, se hizo el ejercicio de trabajar con las proyecciones de la población bajo los siguientes escenarios:

- Tendencias presentadas por INEGI a la fecha y lo que implicará el hecho de que el Municipio presenta un crecimiento sostenido en la última década: 2000-2010.
- Tendencias de crecimiento reportadas por CONAPO.
- Modelo de crecimiento bajo el escenario de máximo crecimiento.

La proyección de generación de residuos está pues en función de las proyecciones realizadas para la población de Ecatepec de Morelos y de los hábitos de consumo de la misma, que lleva a la generación de residuos tanto en domicilios como en servicios; por lo que la cantidad obtenida de residuos resulta ser tan grande como la población proyectada.

En cuanto a la base de proyección para la generación de residuos sólidos, los parámetros calculados en los puntos anteriores del presente documento representan la base de generación para RSU de origen doméstico y los RME procedentes de las Unidades Económicas registradas en los Censos Económicos del INEGI al año 2004 y 2009. Los resultados se presentan a manera de resumen en la tabla 4.

¹⁵ Esta tasa de incremento anual de la generación de residuos es la que por experiencias a nivel nacional se tiene en poblaciones en zonas urbanas y metropolitanas, según reportes de la SEDSOL (Manejo de los RSU y de ME Abril, 2005).

Tabla 8. Resumen de las Proyecciones de Población y Generación de Residuos a 15 años, para el Municipio de Ecatepec de Morelos (cálculo base 2007)

Modelo	Población (Habitantes)	Generación de RSU y RME (Ton /día):		Generación per cápita (Kg / hab día):	
		UE ¹⁶	PO ¹⁷	UE	PO
INEGI	1'715,378	2,197.83	2,114.82	1.281	1.233
Modelo de Crecimiento Mínimo	1'729,266	2,215.62	2,131.95	1.281	1.233
CONAPO	1'713,834	2,195.85	2,112.92	1.281	1.233

Cálculo base año 2021

Modelo	Población (Habitantes)	Generación de RSU y RME (Ton /día):		Generación per cápita (Kg / hab día):	
		UE	PO	UE	PO
INEGI	1'917,818	2,824.49	2,669.56	1.473	1.403
Modelo de Crecimiento Mínimo	2'945,612	3,012.70	2,898.92	1.473	1.417
CONAPO	1'795,650	2,644.57	2,544.69	1.473	1.417

Fuente: (Municipio de Ecatepec de Morelos 2007)

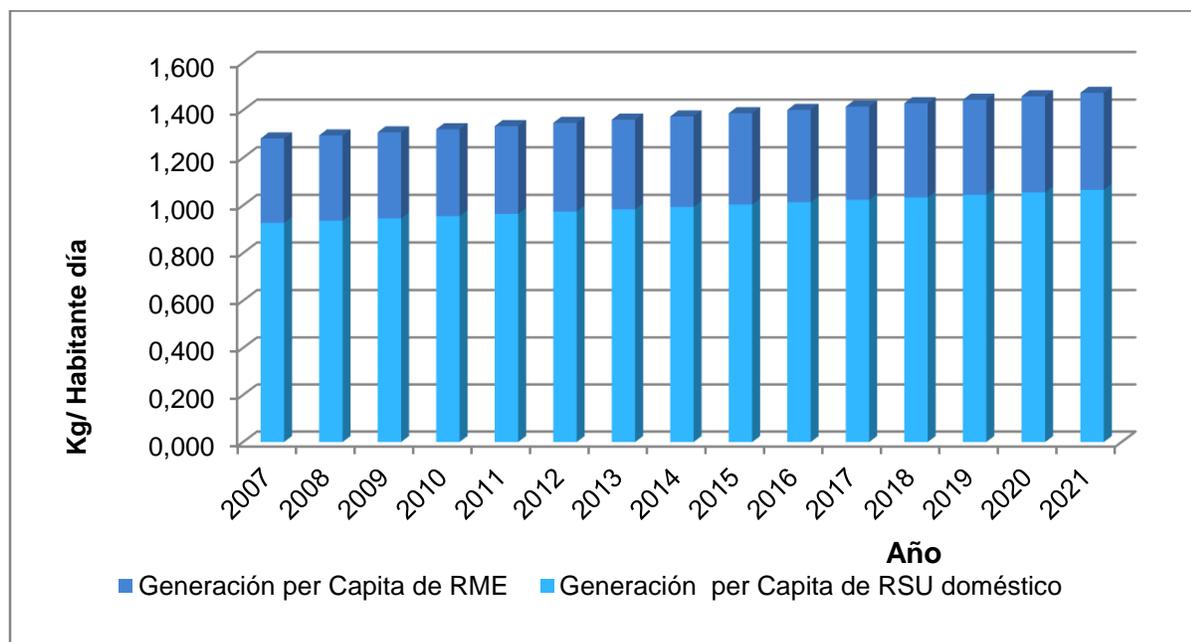
Los resultados más conservadores se obtienen a partir de los datos de CONAPO, para el año 2007 (2,112.92 toneladas diarias), mientras que los de mayor proporción se obtienen a partir del modelo de crecimiento, con la tasa de crecimiento mínima. Los valores de generación de residuos sólidos, tanto RSU como RME, se encuentran en el rango de 2,100 a 2,200 ton/día, y están en función del modelo de crecimiento poblacional empleado.

Así, las proyecciones de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, se presentan en la siguiente gráfica:

¹⁶ UE: son las unidades económicas registradas para el Municipio por INEGI

¹⁷ PO: es el personal ocupado en las diferentes actividades económicas del Municipio

Gráfica 2. Generación de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial en Ecatepec de Morelos.



Fuente: (Municipio de Ecatepec de Morelos 2007)

Recolección

La recolección de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y aún los peligrosos que generan los microprocesadores son recolectados por uniones de trabajadores y de representación social y política como CNC, entre otros.

Disposición final

El Ayuntamiento de Ecatepec de Morelos, en sesión de Cabildo de fecha 22 de junio de 2005, acordó concesionar el servicio público de tratamiento y disposición final de residuos sólidos no peligrosos, a favor de terceros que cumplan las disposiciones de la Ley Orgánica Municipal del Estado de México, ante la imposibilidad económica, técnica y financiera para prestar por sí mismo el servicio referido.

La concesión del servicio público municipal de tratamiento y disposición final de residuos sólidos no peligrosos se otorgaría por 20 años, en razón a la inversión que se requería para prestar dichos servicios.

Posteriormente, el 5 de agosto de 2005, la LV Legislatura del Estado de México, por medio del Decreto número 147 autoriza al Ayuntamiento a concesionar el servicio público municipal de tratamiento y disposición final de residuos sólidos no peligrosos, en favor de los terceros que cumplan las normas que sobre la materia determina la Ley Orgánica Municipal del Estado de México, el Código Administrativo del Estado de México y demás disposiciones legales. Esta autorización se otorgó bajo las siguientes condiciones:

- Que la concesión fuera por el plazo de 20 años, siempre y cuando se cumplan las condiciones que fije la autoridad municipal;
- Que el sistema que se utilice para la disposición final de los residuos sólidos deberá ser avalado y certificado por institución educativa con reconocimiento nacional;
- Que la Legislatura del Estado de México integrará una comisión que tendrá por objeto verificar el cumplimiento del Decreto, teniendo que rendir informes semestrales al Pleno; y
- Que el Ayuntamiento deberá informar a la comisión sobre el cumplimiento puntual de la legislación ambiental en lo que se refiere a la recolección, almacenamiento y transportación de los residuos sólidos no peligrosos, así como el desarrollo del proceso de licitación pública.

Bajo este contexto, en de agosto de 2005 se publicó la convocatoria para la Licitación Pública Nacional LPN-ME-CONC/01/2005 en la Gaceta del Gobierno del Estado de México.

Los actos de la licitación (registro de oferentes, visita al sitio de los trabajos, junta de aclaraciones, presentación de ofertas y fallo) se llevaron a cabo entre el 29 de agosto y el 19 de septiembre, teniéndose como adjudicado de la concesión a la firma ASIA Automotores de México S.A. de C.V. (ASIAMEX).

II.3 NOM-083-SEMARNAT-2003

Disposiciones generales

- i. Los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, que no sean aprovechados o tratados, deben disponerse en sitios de disposición final con apego a la Norma comentada en este apartado.
- ii. Para efectos de la Norma Oficial Mexicana, los sitios de disposición final se categorizan de acuerdo a la cantidad de toneladas de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que ingresan por día, como se establece en la Tabla 5.

Tabla 9. Categorías de los sitios de disposición final

TIPO	TONELAJE RECIBIDO TON/DIA
A	Mayor a 100
B	50 hasta 100
C	10 y menor a 50
D	Menor a 10

Especificaciones para la selección del sitio

iii. Restricciones para la ubicación del sitio

Además de cumplir con las disposiciones legales aplicables, las condiciones mínimas que debe cumplir cualquier sitio de disposición final (tipo A, B, C o D) son las siguientes:

- Cuando un sitio de disposición final se pretenda ubicar a una distancia menor de 13 kilómetros del centro de la(s) pista(s) de un aeródromo de servicio al público o aeropuerto, la distancia elegida se determinará mediante un estudio de riesgo aviario.
- No se deben ubicar sitios dentro de áreas naturales protegidas, a excepción de los sitios que estén contemplados en el Plan de manejo de éstas.
- En localidades mayores de 2,500 habitantes, el límite del sitio de disposición final debe estar a una distancia mínima de 500 m (quinientos metros) contados a partir del límite de la traza urbana existente o contemplada en el plan de desarrollo urbano.
- No debe ubicarse en zonas de: marismas, manglares, esteros, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos, arqueológicas; ni sobre cavernas, fracturas o fallas geológicas.
- El sitio de disposición final se debe localizar fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 años. En caso de no cumplir lo anterior, se debe demostrar que no existirá obstrucción del flujo en el área de inundación o posibilidad de deslaves o erosión que afecten la estabilidad física de las obras que integren el sitio de disposición final.
- La distancia de ubicación del sitio de disposición final, con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, lagos y lagunas, debe ser de 500 m (quinientos metros) como mínimo.
- La ubicación entre el límite del sitio de disposición final y cualquier pozo de extracción de agua para uso doméstico, industrial, riego y ganadero, tanto en operación como abandonados, será de 100 metros adicionales a la proyección horizontal de la mayor circunferencia del cono de abatimiento. Cuando no se pueda determinar el cono de abatimiento, la distancia al pozo no será menor de 500 metros.

iv. Estudios y análisis previos requeridos para la selección del sitio

- Estudio geológico

Deberá determinar el marco geológico regional con el fin de obtener su descripción estratigráfica, así como su geometría y distribución, considerando también la identificación de discontinuidades, tales como fallas y fracturas. Asimismo, se debe incluir todo tipo de información existente que ayude a un mejor conocimiento de las condiciones del sitio; esta información puede ser de cortes litológicos de pozos perforados en la zona e informes realizados por alguna institución particular u oficial.

- Estudios hidrogeológicos

a) Evidencias y uso del agua subterránea

Definir la ubicación de las evidencias de agua subterránea, tales como manantiales, pozos y norias, en la zona de influencia, para conocer el gradiente hidráulico. Asimismo, se debe determinar el volumen de extracción, tendencias de la explotación y planes de desarrollo en la zona de estudio.

b) Identificación del tipo de acuífero

Identificar las unidades hidrogeológicas, tipo de acuífero (confinado o semiconfinado) y relación entre las diferentes unidades hidrogeológicas que definen el sistema acuífero.

c) Análisis del sistema de flujo

Determinar la dirección del flujo subterráneo regional.

- v. Estudios y análisis, en el sitio, previos a la construcción y operación de un sitio de disposición final.

La realización del proyecto para la construcción y operación de un sitio de disposición final debe contar con estudios y análisis previos, de acuerdo al tipo de sitio de disposición final especificado en la Tabla 16.

a) Estudio Topográfico

Se debe realizar un estudio topográfico incluyendo planimetría y altimetría a detalle del sitio seleccionado para el sitio de disposición final.

b) Estudio geotécnico

Se deberá realizar para obtener los elementos de diseño necesarios y garantizar la protección del suelo, subsuelo, agua superficial y subterránea, la estabilidad de las obras civiles y del sitio de disposición final a construirse, incluyendo al menos las siguientes pruebas:

b.1 Exploración y Muestreo:

- Exploración para definir sitios de muestreo.
- Muestreo e identificación de muestras.
- Análisis de permeabilidad de campo.
- Peso volumétrico In-situ.

b.2 Estudios en laboratorio:

- Clasificación de muestras según el Sistema Unificado de Clasificación de suelos.
- Análisis granulométrico.
- Permeabilidad.
- Prueba Proctor.
- Límites de Consistencia (Límites de Atterberg).
- Consolidación unidimensional.
- Análisis de resistencia al esfuerzo cortante.
- Humedad.

Con las propiedades físicas y mecánicas definidas a partir de los resultados de laboratorio, se deben realizar los análisis de estabilidad de taludes de las obras de terracería correspondientes.

c) Evaluación geológica

c.1 Se deberá precisar la litología de los materiales, así como la geometría, distribución y presencia de fracturas y fallas geológicas en el sitio.

c.2 Se deberán determinar las características estratigráficas del sitio.

d) Evaluación hidrogeológica

d.1 Se deben determinar los parámetros hidráulicos, dirección del flujo subterráneo, características físicas, químicas y biológicas del agua.

d.2 Se deben determinar las unidades hidrogeológicas que componen el subsuelo, así como las características que las identifican (espesor y permeabilidad).

vi. Estudios de generación y composición

a) Generación y composición de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial

Se deben elaborar los estudios de generación y composición de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial de la población por servir, con proyección para al menos la vida útil del sitio de disposición final.

b) Generación de biogás

Se debe estimar la cantidad de generación esperada del biogás, mediante análisis químicos estequiométricos, que tomen en cuenta la composición química de los residuos por manejar.

c) Generación del lixiviado

Se debe cuantificar el lixiviado mediante algún balance hídrico.

- Cumplimiento de estudios y análisis previos

En la siguiente tabla, se indican los estudios que se deben realizar, según sea el tipo de sitio por desarrollar.

Tabla 10. Estudios y análisis previos requeridos para la construcción de sitios de disposición final

Estudios y Análisis	A	B	C
Geológico y Geohidrológico Regionales	X		
Evaluación Geológica y Geohidrológica	X	X	
Hidrológico	X	X	
Topográfico	X	X	X
Geotécnico	X	X	X
Generación y composición de los RSU y de Manejo Especial	X	X	X
Generación de biogás	X	X	
Generación de lixiviado	X	X	

Características constructivas y operativas del sitio de disposición final

Una vez que se cuente con los estudios y análisis señalados en la Tabla 16 el proyecto ejecutivo del sitio de disposición final deberá cumplir con lo establecido en este punto.

- vii. Todos los sitios de disposición final deben contar con una barrera geológica natural o equivalente, a un espesor de un metro y un coeficiente de conductividad hidráulica, de al menos 1×10^{-7} cm/seg sobre la zona destinada al establecimiento de las celdas de disposición final; o bien, garantizarla con un sistema de impermeabilización equivalente.
- viii. Se debe garantizar la extracción, captación, conducción y control del biogás generado en el sitio de disposición final. Una vez que los volúmenes y la edad de los residuos propicien la generación de biogás y de no disponerse de sistemas para su aprovechamiento conveniente, se procederá a su quema ya sea a través de pozos individuales o mediante el establecimiento de una red con quemadores centrales.
- ix. Debe construirse un sistema que garantice la captación y extracción del lixiviado generado en el sitio de disposición final. El lixiviado debe ser recirculado en las celdas de residuos confinados en función de los requerimientos de humedad para la descomposición de los residuos, o bien ser tratado, o una combinación de ambas.
- x. Se debe diseñar un drenaje pluvial para el desvío de escurrimientos pluviales y el desalojo del agua de lluvia, minimizando de esta forma su infiltración a las celdas.
- xi. El sitio de disposición final deberá contar con un área de emergencia para la recepción de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, cuando alguna eventualidad, desastre natural o emergencia de cualquier orden no permitan la operación en el frente de trabajo; dicha área debe proporcionar la misma seguridad ambiental y sanitaria que las celdas de operación ordinarias.
- xii. Los sitios de disposición final, de acuerdo a la clasificación antes detallada, deberán alcanzar los siguientes niveles mínimos de compactación (tabla 7):

Tabla 11. Requerimientos de Compactación

SITIO		COMPACTACION DE LOS RESIDUOS KG/M ³	RECEPCION DE RESIDUOS SOLIDOS TON/DIA
A	A1	Mayor de 700	Mayor de 750
	A2	Mayor de 600	100-750
B		Mayor de 500	50-100
	C	Mayor de 400	10-50

- xiii. Se debe controlar la dispersión de materiales ligeros, la fauna nociva y la infiltración pluvial. Los residuos deben ser cubiertos en forma continua y dentro de un lapso menor a 24 horas posteriores a su depósito.
- xiv. El sitio de disposición final, adoptará medidas para que los siguientes residuos no sean admitidos:
 - a) Residuos líquidos tales como aguas residuales y líquidos industriales de proceso, así como lodos hidratados de cualquier origen, con más de 85% de humedad con respecto al peso total de la muestra.
 - b) Residuos conteniendo aceites minerales.
 - c) Residuos peligrosos clasificados de acuerdo a la normatividad vigente.

- xv. Los lodos deben ser previamente tratados o acondicionados antes de su disposición final en el frente de trabajo, conforme a la normatividad vigente.
- xvi. Los sitios de disposición final deberán contener las siguientes obras complementarias (tabla 13):

Tabla 12. Obras complementarias requeridas de acuerdo al tipo de disposición final

	A	B	C
Caminos de acceso	X	X	X
Caminos interiores	X	X	
Cerca perimetral	X	X	X
Caseta de vigilancia y control de acceso	X	X	X
Báscula	X	X	
Agua potable, electricidad y drenaje	X	X	
Vestidores y servicios sanitarios	X	X	X
Franja de amortiguamiento (Mínimo 10 metros)	X	X	X
Oficinas	X		
Servicio Médico y Seguridad Personal	X		

- xvii. El sitio de disposición final deberá contar con:
 - a) Un manual de operación que contenga:**
 - Dispositivos de control de accesos de personal, vehículos y materiales, prohibiendo el ingreso de residuos peligrosos, radiactivos o inaceptables.
 - Método de registro de tipo y cantidad de residuos ingresados.
 - Cronogramas de operación.
 - Programas específicos de control de calidad, mantenimiento y monitoreo ambiental de biogás, lixiviados y acuíferos.
 - Dispositivos de seguridad y planes de contingencia para: incendios, explosiones, sismos, fenómenos meteorológicos y manejo de lixiviados, sustancias reactivas, explosivas e inflamables.
 - Procedimientos de operación.
 - Perfil de puestos.
 - Reglamento Interno.
 - b) Un Control de Registro:**
 - Ingreso de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, materiales, vehículos, personal y visitantes.
 - Secuencia de llenado del sitio de disposición final.
 - Generación y manejo de lixiviados y biogás.
 - Contingencias.
 - c) Informe mensual de actividades.**
- xviii. Para asegurar la adecuada operación de los sitios de disposición final, se deberá instrumentar un programa que incluya la medición y control de los impactos ambientales,

además del programa de monitoreo ambiental de dichos sitios y conservar y mantener los registros correspondientes:

Monitoreo de biogás

Se debe elaborar un programa de monitoreo de biogás que tenga como objetivo, conocer el grado de estabilización de los residuos para proteger la integridad del sitio de disposición final y detectar migraciones fuera del predio. Dicho programa debe especificar los parámetros de composición, explosividad y flujo del biogás.

Monitoreo de lixiviado

Se debe elaborar un programa de monitoreo del lixiviado, que tenga como objetivo conocer sus características de Potencial de Hidrógeno (pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y metales pesados.

Monitoreo de acuíferos

Los programas de monitoreo deben contar con puntos de muestreo que respondan a las condiciones particulares del sistema de flujo hidráulico, mismo que define la zona de influencia del sitio de disposición final, y por lo menos, dos pozos de muestreo, uno aguas arriba y otro aguas abajo del sitio de disposición final. Los parámetros básicos que se considerarán en el diseño de los pozos son:

- Gradientes superior y descendente hidráulico.
 - Variaciones naturales del flujo del acuífero.
 - Variaciones estacionales del flujo del acuífero.
 - Calidad del agua antes y después del establecimiento del sitio de disposición final. La calidad de referencia estará definida por las características del agua nativa.
- xix. Cualquier actividad de separación de residuos en el sitio de disposición final no deberá afectar el cumplimiento de las especificaciones de operación contenidas en la Norma, ni significar un riesgo para las personas que la realicen.

Clausura del sitio

xx. Cobertura final de clausura

La cobertura debe aislar los residuos, minimizar la infiltración de líquidos en las celdas, controlar el flujo del biogás generado, minimizar la erosión y brindar un drenaje adecuado.

Las áreas que alcancen su altura final y tengan una extensión de dos hectáreas deben ser cubiertas conforme al avance de los trabajos y el diseño específico del sitio.

xxi. Conformación final del sitio

La conformación final que se debe dar al sitio de disposición final debe contemplar las restricciones relacionadas con el uso del sitio, estabilidad de taludes, límites del predio, características de la cobertura final de clausura, drenajes superficiales y la infraestructura para control del lixiviado y biogás.

xxii. Mantenimiento

Se debe elaborar y operar un programa de mantenimiento de posclausura para todas las instalaciones del sitio de disposición final, por un periodo de al menos 20 años. Este periodo puede ser reducido cuando se demuestre que ya no existe riesgo para la salud y el ambiente. El programa debe incluir el mantenimiento de la cobertura final de clausura, para reparar grietas y hundimientos provocados por la degradación de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como los daños ocasionados por erosión (escurrimientos pluviales y viento).

xxiii. Programa de monitoreo

Se debe elaborar y operar un programa de monitoreo para detectar condiciones inaceptables de riesgo al ambiente por la emisión de biogás y generación de lixiviado, el cual debe mantenerse vigente por el mismo periodo que en el punto xxii de la Norma.

xxiv. Uso final del sitio de disposición final:

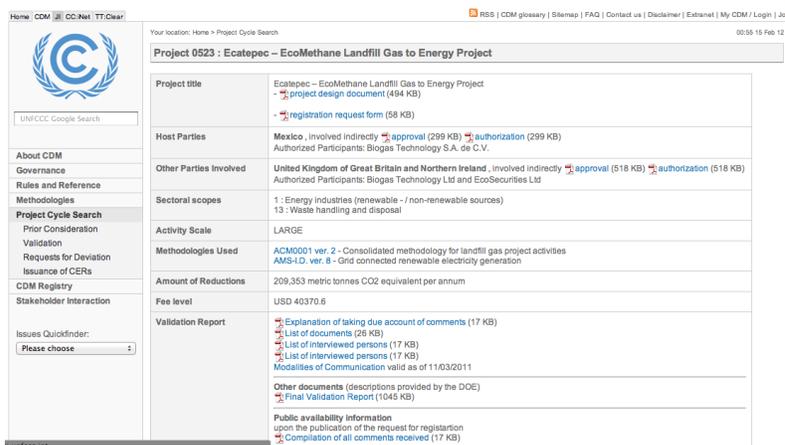
Debe ser acorde con el uso de suelo aprobado por la autoridad competente con las restricciones inherentes a la baja capacidad de carga, posibilidad de hundimientos diferenciales y presencia de biogás.

MDL: Generación de energía eléctrica en el sitio de disposición final de residuos sólidos de Ecatepec - EcoMethane

capítulo III

Con fecha 6 de octubre de 2005 el H. Municipio de Ecatepec de Morelos, concesionó el tratamiento y la disposición final de los residuos sólidos no peligrosos a la empresa Asia Automotores de México, s.a. de c.v. (Asiamex) por 20 años.

Dentro del Contrato de Concesión (2005) quedaron establecidos dos apartados relevantes para el Concesionario:



Project 0523 : Ecatepec - EcoMethane Landfill Gas to Energy Project	
Project title	Ecatepec - EcoMethane Landfill Gas to Energy Project - project design document (494 KB) - registration request form (58 KB)
Host Parties	Mexico, involved indirectly approval (299 KB) authorization (299 KB)
Other Parties Involved	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, involved indirectly approval (518 KB) authorization (518 KB) Authorized Participants: Biogas Technology S.A. de C.V.
Sectoral scopes	1 - Energy industries (renewable - / non-renewable sources) 13 - Waste handling and disposal
Activity Scale	LARGE
Methodologies Used	ACM0001 ver. 2 - Consolidated methodology for landfill gas project activities AMS-4.D, ver. 8 - Grid connected renewable electricity generation
Amount of Reductions	209,353 metric tonnes CO2 equivalent per annum
Fee level	USD 40370.6
Validation Report	Explanation of taking due account of comments (17 KB) List of documents (26 KB) List of interviewed persons (17 KB) List of interviewed persons (17 KB) Modalities of Communication valid as of 11/03/2011 Final Validation Report (1045 KB) Public availability information upon the publication of the request for registration Compilation of all comments received (17 KB)

Proyecto MDL No. 0523: Ecatepec-EcoMethane Landfill Gas to Energy Project

- "Ampliar, aumentar, aplicar, complementar, desarrollar en cualquier forma o sentido la tecnología utilizada o diversa, siempre y cuando cumpla mínimamente con todos los elementos, niveles, calidades ó características de la oferta técnica que se obliga en la Concesión..." (Municipio de Ecatepec de Morelos, 2005, p. Objeto 1.10).
- "...Realizar todas y cada una de las acciones, procedimientos, procesos, contrataciones, implementación colocación y operación de tecnología necesaria y requerida para este fin, considerando los aspectos de normatividad interna e internacional en el tema del tratamiento de biogases, su quema segura, explotación y aprovechamiento; así como a sus aspectos de tratamiento dentro del modelo (sic) de desarrollo limpio (MDL) y criterios de desarrollo sostenido, que México busca fomentar a través de su participación en convenciones internacionales." (pp. Íbidem, cláusula SEXTA).

A partir del 4 de julio de 2006, Biogas Technology s.a. de c.v., Biogas Technology Ltd. y EcoSecurities Ltd. iniciaron el proceso para el registro como MDL del proyecto Ecatepec-EcoMethane Landfill Gas to Energy Project (UNFCCC, 2006) y el registro ante la Junta Ejecutiva de la UNFCCC se realizó el 2 de octubre de 2006, con número 0523.

III.1 Identificación del MDL

Ubicación

La ubicación del MDL registrado se encuentra en el Municipio de Ecatepec de Morelos, Estado de México, en las coordenadas **N 19°38'33"** y **W 98°58'26"**, y el País anfitrión es México, al norte del Pueblo de Santa María Chiconautla.

Figura 7. Ubicación del MDL 0523: Ecatepec-EcoMethane Landfill Gas to Energy Project



Fuente: (UNFCCC, 2006, p. 6)

Categoría del MDL

En función a lo establecido en el Anexo A del Protocolo de Kioto (ONU, 1998), los principales gases efecto invernadero a reducir son CO₂ y CH₄. Así mismo, el sector en el cual se encuentra inscrito es de residuos o desechos, en particular el manejo y la disposición final.

III.2 Diseño

Desde el documento de diseño del proyecto (PDD, por sus siglas en inglés), el MDL estableció una reducción de emisiones -mismas que se convierten Certificados de emisiones reducidas (CER's), una vez que se realiza la verificación y certificación- y las fases para quemar el biogás y generar energía eléctrica.

De esta manera, los principales aspectos relacionados con éstos procesos se describen a continuación:

Estimación de la reducción de emisiones del MDL

El MDL se basó en los siguientes procesos:

- Captación del biogás, convirtiendo el gas metano (principal traza del biogás) en toneladas equivalentes de CO₂ reduciendo su efecto de gas efecto invernadero a través de la quema del mismo.
- Generación de electricidad, empleando como combustible el biogás, y la entrega de energía a la red, desplazando los combustibles fósiles usados para producción eléctrica, con una capacidad instalada entre 2 y 5 MW.

El escenario de línea base es la emisión no controlada de biogás a la atmósfera, que es lo que ocurre generalmente en los rellenos sanitarios en México. Dado que los resultados del análisis financiero condujeron claramente la demostración de que la puesta en marcha de este tipo de proyectos no es la línea de económicamente más atractiva y no hay incentivo económico o alguna ayuda para desarrollar el proyecto, motivo por el cual se requiere del mecanismo de financiamiento, el **proyecto es adicional**.

Se esperaba que las reducciones totales de la emisión del proyecto y su período de acreditación sea de diez años con un total de 2,771,245 toneladas de CO₂ equivalentes (tCO₂e), mismos que se normalizaron en certificados de emisiones reducidas (CER).

La cantidad de biogás se estimó usando el modelo de decaimiento de primer orden Lo (generación potencial de metano) y valores de k (constante de decaimiento de metano) apropiados para México y asumiendo que el 60% del biogás generado en el sitio de disposición final es recogido por el sistema de la captación (promedio para sitios en países en vías de desarrollo). Esta proyección es solo una estimación, la precisión de estos valores y las reducciones reales de las emisiones serán supervisadas directamente a través del monitoreo del biogás.

En la siguiente tabla se muestra las estimaciones de CERs del proyecto.

Tabla 13. Reducciones estimadas del proyecto

Año	Estimación de las ton. de CO ₂ e total anual
1	218,835
2	230,263
3	242,628
4	255,054
5	271,861
6	284,508
7	297,312
8	310,304
9	323,513
10	336,968
Reducciones estimadas totales	2,771,245

Fuente: (UNFCCC, 2006).

III.3 Procesos del Proyecto

Tecnología de quemado

El desarrollador del proyecto, **Biogas Technology Ltd**, había diseñado, fabricado e instalado los quemadores para la quema del biogás por más de veinte años. La chimenea proveía las condiciones para la combustión a altas temperaturas y aseguraba la eficacia en la destrucción del metano con otros componentes combustibles del biogás y cumplía con las regulaciones de emisión bajas e la emisión de acuerdo con las guías de mejores prácticas agencia Británica del Ambiente (Guías sobre quema de biogás 2002 - versión 2.1), en el año 2004.

La actividad del proyecto implicó la instalación de un quemador de biogás cerrado modular que consiste en, válvulas, soplador, con panel con quemadores, y panel de para la instrumentación y de control. Las características principales del sistema de quemado son:

Periodo de crédito (años)	10
Promedio anual de las reducciones estimadas sobre el periodo de crédito (ton/año)	277,124

- La tubería conecta a todos los cabezales y los lleva hacia el quemador, cuenta con un filtro, válvulas de control y asilamiento, soplador (con su propia instrumentación). La tubería y las conexiones están galvanizadas completamente. Existe un elemento que protege al ventilador contra la humedad y las partículas que fluyen con el biogás. La tubería cuenta con válvulas de drenaje para la remoción del condensado que se acumule en ella.
- Las válvulas utilizadas son manuales o funcionan automáticamente. Pueden mantener aislado el biogás o mantener parte de la tubería aislada trabajando de acuerdo con requisitos operacionales. También se utilizan para regular el flujo y la presión del gas.
- La unidad cuenta con un arrestador de flama para propósitos de seguridad. El arrestador de flama es del tipo de deflagración, se instala sobre la tubería principal de entrega y del piloto. El arrestador protege el soplador y a la tubería del retroceso de la flama e los quemadores internos.
- El sistema incluye un soplador centrifugo accionado eléctricamente, que es una máquina que genera la succión en el sistema de captación de biogás y presión positiva (por arriba de la atmosférica) en los quemadores. El soplador conduce el gas de los pozos hacia el quemador cerrado.
- El quemador está fabricado de una cubierta de acero galvanizada circular con recubrimiento de cerámica que mantiene altas temperaturas de combustión. Las dimensiones de la chimenea están diseñadas para garantizar la destrucción segura y eficaz del biogás con un impacto mínimo para el medio ambiente (bajas emisiones). En el fondo de la chimenea está un sistema manual y automático que suministro el aire a los quemadores internos para mantener los parámetros óptimos en la combustión. La chimenea cuenta con un sistema de ignición en los quemadores y con un termopar (para medir la temperatura) y un detector de la flama.
- Los quemadores de la empresa Biogas Technology Ltd, aseguran la destrucción completa de los componentes combustibles encontrados en biogás (altas temperaturas) de acuerdo con las guías Británicas de la agencia del ambiente.

La unidad incluye instrumentación sofisticada:

- Medidores de presión, vacío y temperatura y transmisores instalados en la tubería (parámetros a monitorear en el de biogás)
- Medidor de flujo para asegurar el flujo de gas a través del sistema
- Analizador de biogás (metano, bióxido de carbono, oxígeno) que mide la calidad del gas a entregar en el quemador así como el caudal del gas y presión (y otros parámetros seleccionados)
- Puertos de monitoreo para la toma de muestras con el instrumento portátil y para análisis de laboratorio.
- Detector ultravioleta que supervisa la presencia de la flama.

Fotografía 1. Sistema de quemadores de biogás instalados en SDF de Ecatepec



Fuente: (Municipio de Ecatepec de Morelos, 2007)

Tecnología de generación de energía eléctrica a utilizar

Una vez que se aseguraba que la cantidad y la calidad de biogás generado satisfacía la producción de energía, se realizaría un acuerdo de compra de la energía, el cual permita la generación de la electricidad y para ello se instalaría un motogenerador modular.

El desarrollador del proyecto realizaría el componente de la generación de electricidad a través de su relación con el grupo de ENER*G subsidiario de ENER*G Natural Power el cual tiene experiencia extensa en el diseño, construcción y operación de los generadores que usan biogás para producir energía a partir de biogás.

El área entera se cercó para mayor seguridad. El sistema de la generación de electricidad consiste de un motogenerador (Caterpillar # 3516). Estas unidades se diseñan para ser completamente móviles. El contenedor se sella (para que no exista derrames de aceite al piso. Si la producción del gas aumenta, de acuerdo a los modelos de estimación iniciales, entonces se podría incorporar mayor número de motogeneradores.

III.4 Impacto Ambiental: 2003-2006

Descripción de los impactos sociales y ambientales del MDL

El Proyecto, en su diseño, tendría impactos sociales y ambientales positivos

1. La captación y destrucción correcta de la quema del biogás reduciría los riesgos asociados con explosiones en el sitio y alrededor del mismo. Esto es importante ya que el sistema de captación de biogás puede reducir al mínimo el potencial para la migración biogás, ya que puede infiltrarse en zonas que se encuentran fuera de los límites del sitio y provocar algún peligro para la población circundante y las estructuras aledañas.
2. La destrucción del biogás mejoraría el ambiente local disminuyendo la cantidad de la contaminación de aire que proviene del relleno y una reducción considerable de las molestias por los olores y también los riesgos de salud asociados a estas emisiones, sobre todo para la población circundante localizada cerca del sitio de disposición final.
3. El proyecto proporcionaría un modelo para manejar biogás, un elemento clave en el mejoramiento de las prácticas de manejo de rellenos sanitarios en México.
4. El proyecto actuaría como proyecto de demostración de la tecnología limpia, teniendo menor dependencia de la energía suministrada por la red, y representaría la transferencia de tecnología del Reino Unido a México.
5. Quinto, el proyecto daría empleo a corto y a largo plazo para personal local. Requiriendo contratistas y trabajadores locales para la construcción, y se ocupará a personal a largo plazo para el funcionamiento y mantenimiento del sistema.

El proyecto ayudaría a México a llegar a los objetivos de promoción del desarrollo sostenible y a las metas de reducción de GEI.

Cualitativamente, el proyecto considera los siguientes impactos sociales, tecnológicos y ambientales:

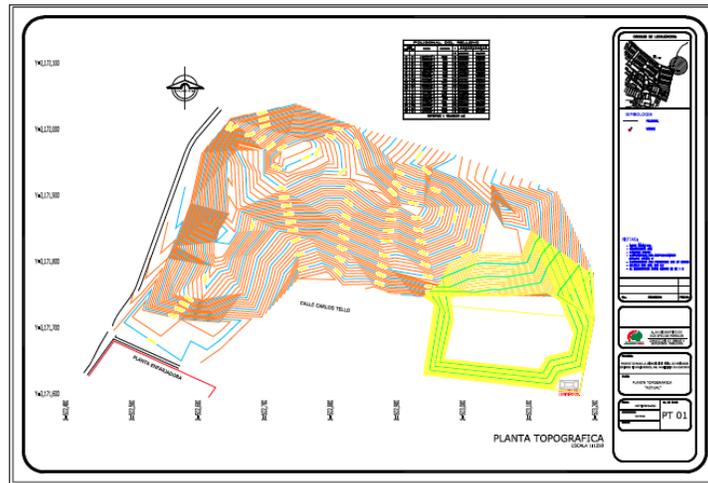
- Aumenta posibilidades de empleo en el área donde se localiza el proyecto
- Diversifica las fuentes de la producción eléctrica
- Utiliza tecnologías limpias y eficientes, y conserva recursos naturales
- Actúa como proyecto de demostración de la tecnología limpia, apoyando el desarrollo de la generación moderna y más eficiente de la electricidad usando el biogás
- Optimiza el uso de recursos naturales
- Mejora las prácticas de gerenciales del sitio de disposición final.

Informe previo de Impacto ambiental

En mayo de 2006 la Concesionaria, a través de un documento denominado "*Ampliación del Relleno Sanitario de Ecatepec de Morelos, estado de México. Informe previo de impacto ambiental*" (SIGEA) y presentado ante la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de México (SEMAGEM), promueve un proyecto con las siguientes características, a saber:

1. El informe se refiere a una porción de 26,836.589 m² (polígono amarillo) del predio ubicado al sur-este del sitio de disposición final para el almacenamiento de residuos sólidos municipales.

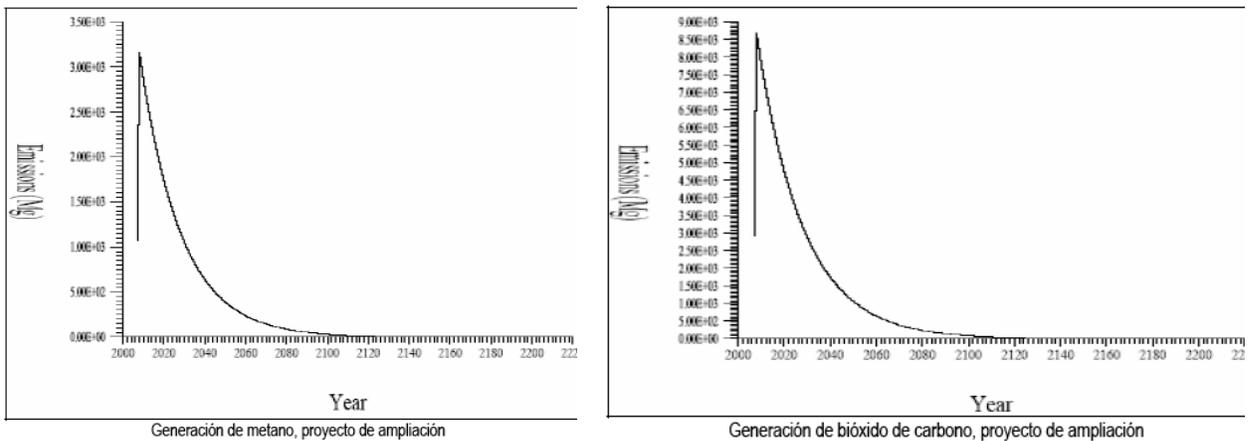
Figura 8. Ubicación del proyecto de ampliación



Fuente: (SIGEA, 2006)

2. Justificó la concesionaria que la vida útil del sitio de disposición final había llegado a su límite y con este proyecto la capacidad volumétrica se adicionaba en 893,625.73 metros cúbicos equivalentes a 625 mil toneladas en un período de 459 días con una tasa de recepción de 1,360 toneladas diarias.
3. Estimaron un comportamiento en la generación de GEI del siguiente orden.

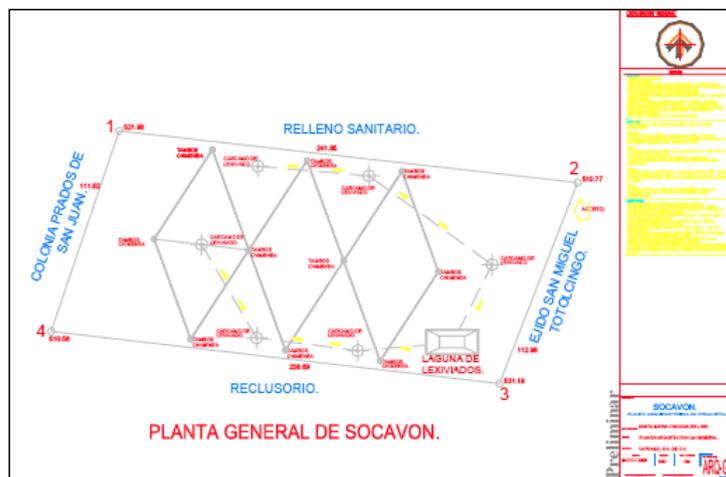
Figura 9. Estimación de generación de GEI del proyecto de ampliación



Fuente: (SIGEA, 2006, p. 39)

4. El manejo de lixiviados: producción (490 m³/día), conducción a través de un sistema de drenaje y la frecuencia en su monitoreo (4 veces por año durante la operación y 2 veces por año después de la clausura).

Figura 10. Ingeniería para el manejo de pasivos ambientales: lixiviados y biogás

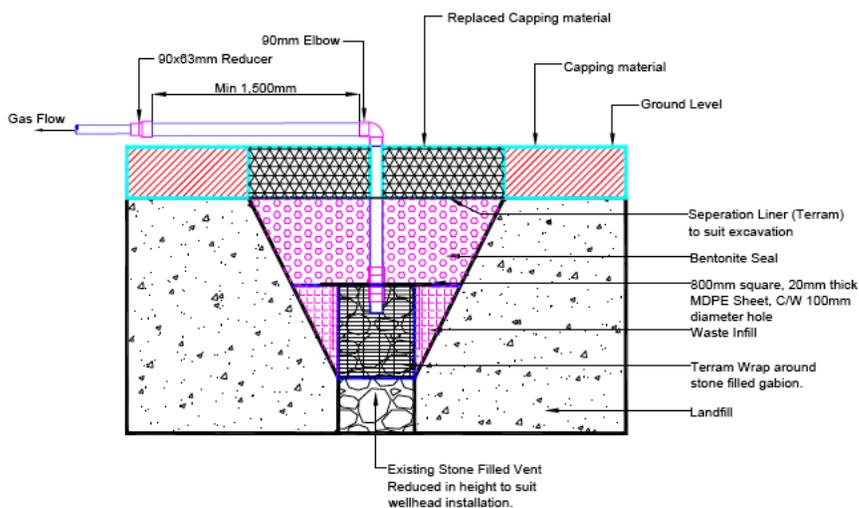


Captación de lixiviados y venteo de biogás

Fuente: (SIGEA, 2006, p. 46)

5. En lo que corresponde al manejo de biogás, el informe señala (SIGEA, 2006, p. 62):
- Se realizará la instalación de una red de recolección de biogás con pozos de venteo a cada 50 metros de distancia, una vez que el volumen de biogás sea el suficiente se conducirá a un sistema de quemado. Este sistema constituye la medida de mitigación para las emisiones de biogás y sus posibles impactos.
 - Se realizará el monitoreo de biogás cada cuatro meses durante la operación del relleno y dos por año después de su clausura, determinándose la composición, explosividad y flujo de biogás.

Figura 11. Arreglo tipo de los pozos de venteo



Fuente: (SIGEA, 2006, p. 42)

6. A manera de conclusiones, se establece (pp. Idem, 64):
 - "La Evaluación de Impacto Ambiental realizada a través del Informe Previo de Impacto Ambiental ha permitido constatar que el proyecto denominado **"Ampliación del Relleno Sanitario de Ecatepec"** no induce nuevos impactos ambientales al área de influencia del proyecto, toda vez que el relleno actual lleva varios años funcionando en ese lugar, se debe considerar que el relleno sanitario representa una infraestructura de servicio urbano fundamental e imprescindible para la sociedad y considerando que la vida útil del relleno sanitario actual ha llegado a su término, necesariamente debe continuar sin interrupción la prestación del servicio que brinda el relleno y buscar que el nuevo sitio de disposición se encuentre en concordancia con la normatividad vigente.
 - Finalmente, el proyecto de expansión del **"Ampliación del Relleno Sanitario de Ecatepec"** ubicado en las orillas del cerro de Chiconautla, municipio de Ecatepec, se considera viable siempre y cuando se lleven a cabo las medidas de prevención y mitigación propuestas para la correcta operación materia ambiental del relleno sanitario."

Manifestación de impacto ambiental del Proyecto: Clausura y Ampliación del Relleno Sanitario

El 26 de julio de 2006 la Concesionaria, a través de un documento denominado "Clausura y ampliación del Relleno Sanitario de Ecatepec de Morelos, estado de México. Manifestación de Impacto Ambiental (SIGEA, 2006)" y presentado ante la SEMAGEM, promueve dos proyectos con las siguientes características:

1. El primero se refiere a la Ampliación del Relleno Sanitario, es decir, al mismo contenido del documento presentado en mayo del 2006.
2. El segundo analizó el sitio de disposición final sujeto a la clausura por una superficie de 159,923.54 m², que colinda con la Ampliación del primer proyecto promovido.

Figura 12. Ubicación de los proyectos de Clausura y Ampliación del Relleno Sanitario



Fuente: (SIGEA, 2006, p. 86 y 88)

3. Presenta, en concordancia a la NOM-083-SEMARNAT-2003, la ingeniería de la infraestructura y el equipamiento propuestos para las etapas de construcción, operación, clausura y monitoreo.

Figura 13. Obras de ingeniería: caminos interiores, ampliación del relleno sanitario y ubicación de la laguna de lixiviados



Fuente: (SIGEA, 2006, p. 12 y 19)

4. Propone la puesta en marcha de una planta de selección mecánica de residuos sólidos, con una capacidad de procesamiento y recuperación de 510 toneladas diarias (30% de reciclables, aproximadamente), como estrategia para incrementar la vida útil durante la etapa de ampliación del relleno sanitario 1.26 años a 1.44 años.

Figura 14. Planta "Enfardadora" de selección y compactación de residuos



Fuente: (SIGEA, 2006, p. 70)

5. Así mismo, presenta los "avances" del cumplimiento ambiental. Cabe mencionar que *ambos* proyectos propuestos en el mismo documento incluye acciones, desarrollo de infraestructura y ,étodos de operación, aún sin estar dictaminada el informe previo, ni la MIA.

Figura 15. Desarrollo de infraestructura: construcción de la ampliación del relleno y manejo de biogás



Fuente: (SIGEA, 2006)

6. En lo que correspondió a las conclusiones, se mencionan las más relevantes (SIGEA, 2006, pp. 180-181):
- "El desarrollo de la Evaluación de Impacto Ambiental por del estudio de Manifestación de Impacto Ambiental, han permitido constatar que el proyecto denominado "**Clausura y ampliación del Relleno Sanitario de Ecatepec**" no induce nuevos impactos ambientales al área de influencia del proyecto, toda vez que el relleno actual lleva aproximadamente 15 años funcionando en ese lugar, consecuentemente el las condiciones naturales reencuentran altamente perturbadas.
 - Los resultados de la evaluación realizada durante la clausura del relleno mediante planes de regularización arrojan impactos positivos en los componentes físico químicos; en congruencia con las obras de ingeniería a implementar tales conformación, compactación y sellado de los residuos ya dispuestos, instalación de sistemas de control y escurrimientos para drenaje pluvial, sistemas de control de biogás y lixiviados y los sistemas de monitoreo de agua subterránea, biogás, lixiviados, asentamientos diferenciales y estabilidad de taludes. Por otro lado y en función de situarse en proyecto en una zona totalmente perturbada; los componentes biológico ecológicos presentan un impacto positivo debido a la recuperación de uso de suelo mediante el programa de reforestación y creación de áreas verdes a desarrollarse en el sitio en el mismo sentido los componentes socioculturales se muestran favorecidos al mejorarse la salud pública por el sellado de residuos y el consiguiente control de focos de infección en congruencia las cualidades estéticas paisajísticas mejorarán notablemente. Por último y en menor magnitud la economía local se presenta beneficiada por la creación de empleos para la realización de las obras de clausura.
 - En cuanto a los resultados de evaluación aplicada a las obras de adaptación de un socavón y posterior operación del mismo como sitio de disposición final de residuos sólidos se **presentan impactos negativos** por las actividades como cambios en la topografía del terreno, afectación en la calidad del aire y generación de ruido, en cuanto a los componentes físico químicos se refiere, se afectarán los atributos suelo y aire, así como la salud y cualidades estéticas en sus componentes socio culturales; todo lo anterior mediante un bajo impacto negativo; esto sucede a que el sitio ya se encuentra alterado y a que la superficie de la ampliación corresponde a 2.6 ha aproximadamente.

Resolutivo en materia de impacto ambiental por parte de la Secretaría de Medio Ambiente del estado de México (SEMAGEM)

En respuesta al informe previo de impacto ambiental y a la MIA descritas anteriormente, el 26 de julio el Gobierno del estado de México, a través de la SEMAGEM (2006) resuelve:

1. La autorización estuvo condicionada al cumplimiento de 58 apartados relacionados con la NOM-083-SEMARNAT-2003 en las etapas de construcción, operación, clausura y monitoreo, con una vigencia de 12 meses, a partir de la notificación de dicha resolución.
2. La autorización para una celda en una superficie menor (22,544.81 m²) a la promovida en el proyecto "Ampliación del Relleno sanitario...".
3. La emisión de dicha autorización "sin perjuicio de las sanciones a que se ha hecho acreedora la empresa ASIA AUTOMOTORES DE MÉXICO, S.A. DE C.V., por haber iniciado la preparación del sitio de interés, sin contar previamente con la autorización en materia de impacto ambiental".

Plan de regularización (PR) del Relleno Sanitario:

Con la entrada en vigor de la NOM-083-SEMARNAT-2003 a partir de su publicación el 20 de octubre de 2004, los sitios de disposición final de residuos sólidos debieron acatar las siguientes resoluciones (SEMARNAT, 2004):

- a. Una vez que esta Norma entre en vigor, todos los sitios de disposición final deberán apegarse a la misma,
- b. Los sitios de disposición final que estén en funcionamiento en el momento de entrada en vigor de la presente Norma, no podrán seguir operando, a menos que regularicen su situación, conforme al siguiente procedimiento:
 - Durante el periodo de un año a partir de la fecha de entrada en vigor de la Norma, la entidad responsable de la instalación elaborará y someterá a la aprobación de las autoridades competentes un Plan de Regularización (PR) de la misma, que incluya acciones y medidas que juzguen necesarias, con el fin de cumplir los requisitos de la presente Norma.
 - Una vez presentado el PR, las autoridades competentes adoptarán una decisión definitiva en un plazo no mayor a 6 meses, sobre la cancelación o autorización de continuar las operaciones, con base en el PR y de lo dispuesto en la presente Norma. Las autoridades competentes, adoptarán las medidas necesarias para cerrar las instalaciones que no hayan obtenido, de conformidad con esta Norma, la autorización para continuar sus actividades.
 - Sobre la base del PR aprobado, la autoridad competente fijará un periodo transitorio para el cumplimiento de dicho PR.
- c. Todos aquellos sitios que deban ser clausurados, se apegarán al siguiente procedimiento:
 - Sitio no controlado: aplicación rutinaria de material de cobertura final antes de un periodo de 6 meses. Clausura en un término que no exceda 18 meses.
 - Sitio controlado: Limitación del crecimiento horizontal en un periodo de 6 meses. clausura en un plazo máximo de 24 meses.

De esta manera, el Plan de Regularización (PR) presentado por la Concesionaria el 17 de julio del 2006, señala dos proyectos en un mismo sitio de disposición final, compatibles técnicamente hablando, incompatibles desde el punto de vista normativo y de cumplimiento ambiental.

Sin embargo y de manera irregular, el PR no está considerado en la resolución emitida por la SEMAGEM.

III.5 Situación del MDL: 2006-2009

Evaluación de Cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003

El relleno sanitario representa la opción más utilizada para la disposición final de los residuos sólidos urbanos, de ahí que para lograr un buen funcionamiento de estos sitios, es necesario asegurar el cumplimiento de la NOM-08.-SEMARNAT-2003, durante las etapas de diseño, operación y clausura del sitio.

Para la realización del dictamen de cumplimiento respecto a la NOM-083-EMARNAT-2003, se propone el uso de un índice ambiental, a través de un modelo de evaluación, con base en las especificaciones que establece la norma; con la finalidad de contar con un instrumento de valor¹⁸

La construcción de los indicadores es un proceso de clasificación o medición y mientras más concretos y menor número de indicadores, mayor será la probabilidad de profundizar en su análisis y mayor será su aporte. En su formulación se conjugan elementos cuantitativos y cualitativos.

Para traducir las dimensiones abstractas, nos apoyamos de la teoría de decisiones de atributos múltiples, técnicas auxiliares de valoración y método de ponderación a través de un grupo de expertos.

Metodología de Teoría de Decisiones de Atributos Múltiples

La metodología de Teoría de Decisiones de Atributos Múltiples desglosa el problema a analizar en un árbol de decisiones en el que el tronco principal se divide en criterios generales y estos a su vez en criterios específicos o atributos que también pueden subdividirse¹⁹. De esta forma, el problema a evaluar se fracciona en aspectos cada vez más específicos que son más sencillos de valorar.

Cada uno de los criterios generales se subdivide en criterios específicos (o atributos), que precisamente son los indicadores que componen a cada sistema. A cada atributo se le asigna un

¹⁸ Tesis "Diseño de un índice ambiental para la evaluación de sitios de disposición final de acuerdo con la NOM-083-SEMARNAT-2003 / IPN / 2006.

¹⁹ Saldivar A (coordinador). De la economía ambiental al desarrollo sustentable. México: 93

factor de peso y una función de utilidad que da uniformidad en unidades y valores a los atributos. La función de utilidad de un atributo es la escala de valores con la que se califican el o los aspectos considerados por dicho atributo, en la región. Esta función permite comparar entre sí parámetros que pertenecen a diferentes sistemas y tienen distintas unidades. Es decir, la escala de valores con la que se califican los indicadores para la zona de estudio queda entre 0 y 1.

Con ésta base metodológica se evaluó el cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003. Para mayor referencia técnica, consultar la fuente Rodríguez (2006).

La información de cada uno de los indicadores seleccionados de los sitios de disposición final de acuerdo a la NOM- 083-SEMARNAT-2003 están agrupados con la finalidad de elaborar tres modelos de evaluación, es decir los indicadores 6 y 7 que nos hablan sobre las especificaciones para la selección del sitio y características constructivas y operativas del SDF respectivamente, nos ayudaran para evaluar a los SDF tipo “A, B y C”, mientras que los indicadores 6.1 y 8 que corresponden a las restricciones del sitio y requisitos mínimos que deben reunir los SDF de RSU y de Manejo Especial, tipo “D” nos ayudaran a evaluar los tipo “D” y finalmente el indicador 9 nos ayudara a evaluar clausura de sitios. En tanto la función de utilidad aplicada en atributos múltiples requiere de parámetros delimitados, otro criterio utilizado es en bases teóricas para proponer el rango dentro del cual se evaluara el indicador. Por otro lado, se menciona la formula obtenida por la función de utilidad. Finalmente, se consideraran aquellos parámetros para los cuales existe información a nivel estatal o bien nacional.

Tabla 14. Clasificación de las diferentes variables operativas empleadas en el modelo de evaluación de los SDF

NO.	DESCRIPCIÓN
5.2	Clasificación de acuerdo a la cantidad de RSM Ton/día
6.1	Restricciones para la ubicación del sitio
6.1.1	Distancia mínima a la pista más cercana de un aeropuerto
6.1.2	No ubicar sitios dentro de áreas protegidas
6.1.3	Distancia mín. de los SDF respecto a localidades >2,500 habitantes
6.1.4	No ubicarse en zonas de acuíferos, manglares, arqueológicas
6.1.5	SDF localizarse fuera de zonas de inundación
6.1.6	Distancia de los SDF respecto a cuerpos de aguas superficiales
6.1.7	Ubicación de los SDF y cualquier pozo de extracción de agua
6.2	Estudios y análisis previos para la selección del sitio
6.2.1	Estudio geológico
6.2.2	Estudios hidrogeológicos
6.2.2a	Evidencias y uso del agua subterránea
6.2.2b	Identificación del tipo de acuífero
6.2.2c	Análisis del sistema de flujo
6.3	Estudio y análisis en el sitio previo a la construcción y operación del sitio
6.3.a	Estudio topográfico
6.3.b	Estudio geotécnico
6.3.b1	Exploración y muestreo

6.3b2	Estudios en laboratorio
6.3.c	Evaluación geológica
6.3c1	Precisar litología de los materiales geometría, fallas y fracturas
6.3d1	Parámetros hidráulicos
6.3d2	Determinar unidades hidrogeológicas
6.4	Estudios de generación y composición
6.4.a	Generación y composición de los RSU y de manejo especial
6.4.b	Generación de biogás
6.4.c	Generación de lixiviados
6.5	Cumplimiento y estudios y análisis previos
7	Características constructivas y operativas del SDF
7.1	SDF con barrera geológica natural o equivalente
7.2	Garantizar la extracción, captación, conducción y control del biogás
7.3	Construcción de sistema que garantice la captación y extracción. del lixiviado
7.4	Diseño de drenaje pluvial
7.5	Contar con área de emergencia
7.6	Niveles de compactación de acuerdo al tipo de SDF
7.7	Control de la dispersión de fauna nociva y la infiltración pluvial
7.8	Adoptar medidas para evitar los materiales contenidos en a, b y c
7.8.a	Residuos líquidos
7.8.b	Residuos conteniendo aceites minerales
7.8.1	Residuos peligrosos clasificados a la normatividad vigente
7.9	Contener obras complementarias
7.10.a	Contar con manual de operación
7.10.b	Un control de registro
7.10.c	Informe mensual de actividades
7.11	Medición y control de impactos ambientales, así como de monitoreo a.
7.11.1	Monitoreo de biogás
7.11.2	Monitoreo de lixiviado
7.11.3	Monitoreo de acuíferos
7.12	Actividad de separación de residuos en el SDF,
8	Requisitos mínimos para los SDF tipo D
8.1	Coefficiente de conductividad hidráulica
8.2	Compactación mínima de la basura
8.3	Cobertura de los residuos
8.4	Evitar el ingreso de los residuos peligrosos
8.5	Control de fauna nociva
8.6	Cercar el SDF
9	Clausura del sitio
9.1	Cobertura final del sitio
9.2	Conformación final del sitio
9.3	Mantenimiento
9.4	Programa de monitoreo
9.5	Uso final del sitio

Fuente: Tesis "Diseño de un índice ambiental para la evaluación de sitios de disposición final de acuerdo con la NOM-083-SEMARNAT-2003 / IPN / 2006. (Rodríguez, 2006)

El modelo de evaluación conceptual se elabora conforme los niveles de disagregación del método de Whitman, donde los 64 indicadores utilizados para modelar, se traducen en el modelo más adecuado para la elaboración de índices, dependiendo de su regla de aplicación. Los modelos utilizados son el Modelo General y el Modelo Binario.

La tesis en la que se encuentra basado el dictamen, elaboro dos modelos matemáticos para la elaboración de los índices.

- El primer modelo corresponde al índice general. Su regla de aplicación: Todos aquellos índices que estén formados por subíndices y se representa en la siguiente ecuación matemática.

$$i_x = \sum_{j=1}^{n_x} w_{xj} \cdot i_{xj}$$

- El modelo 2 corresponde a la forma binaria. La regla de aplicación: en todos aquellos indicadores en los cuales no existan posibilidades intermedias, sea un tajante Si ó No (ver gráfica 1). Y se representa de la siguiente manera.

$$i_x = \begin{cases} 1 & \text{Si cumple con el requisito establecido.} \\ 0 & \text{Cuando no se cumple} \end{cases}$$

El modelo de evaluación es incluido en el Microsoft Excel © 2000 y en él se muestran los resultados de la evaluación del SDF ubicado al noreste de la comunidad de Santa María Chiconautla y de donde se desprende que, a través de la información con que se contó para elaborar el presente estudio, el índice de cumplimiento ambiental del SDF de Santa María Chiconautla tiene **37** de **200** puntos requeridos para un sitio tipo "A".

Una vez que se cuente con los resultados geológicos, hidrogeológicos, geotécnicos y topográficos, se emitirá un dictamen que establezca el estado del sitio de disposición final objeto de evaluación con respecto al cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003.

Riesgos Ambientales por infraestructura

La disposición final de residuos requiere de la instalación de infraestructura para la mitigación de los posibles daños ambientales y de salud que pueda ocasionar, por lo que derivado de los trabajos de campo se puede determinar que uno de los principales riesgos que existen en el SDF de Santa María Chiconautla es el relacionado con la liberación de lixiviados, toda vez que carece de un sistema de extracción, captación y control de los mismos, así como de un sistema que

garantice la impermeabilización del sitio, lo que incrementa el riesgo de contaminación al suelo, subsuelo y la posibilidad de que se llegue a contaminar el aguas subterráneas.

Aunado a esto no cuenta con dren perimetral que impida el exceso de las aguas pluviales, por lo que al mezclarse con los lixiviados se incrementa el riesgo por derrame fuera del sitio de disposición final, lo que además puede convertirse en un riesgo para los habitantes de los alrededores y poseedores de predios vecinos.

La extracción de los gases generados en el interior del SDF por la descomposición de la materia orgánica, es uno de los aspectos que tienen mayor relevancia, debido a que la acumulación de gases en el interior del SDF incrementa el riesgo por incendio.

La maquinaria para extender, compactar y cubrir los sitio de disposición final es otro factor que requiere de especial atención, ya que si no se opera con la maquinaria que se tiene, no es posible realizar la operación de manera correcta y se incrementa el riesgo de inconformidades por parte de los pobladores cercanos al SDF por los impactos visuales, incendios, malos olores, presencia de vectores como lo son las moscas, jaurías de perros, roedores entre otro.

El SDF no cuenta con el cercado perimetral completo, no obstante que éste es parte de la infraestructura básica, toda vez que impide el acceso a personas ajenas al mismo, por lo que existe el riesgo de que sean depositados residuos con características de peligrosidad o sean provocados incendios, lo que ocasionaría la emisión de distintos contaminantes a la atmosfera.

La falta de mantenimiento a los caminos interiores del SDF, conlleva el riesgo de que los vehículos que transportan los residuos sólidos urbanos o de manejo especial, no puedan acceder hasta el frente de trabajo, aunado a esto el sitio no cuenta con un área de emergencia para estas eventualidades, por lo que el riesgo de que se pierda el control de la operación del sitio se incrementa.

Riesgos Ambientales Operacionales

El objetivo básico de operación del SDF, es aislar los residuos de modo de crear en el menor tiempo posible condiciones para la estabilización de los mismos e impedir la propagación de vectores contaminantes, así como impedir, la infiltración de agua de lluvia lo cual aumenta el volumen de lixiviados generados y disminuir el riesgo por incendio.

Por lo que uno de los aspectos de mayor importancia durante la operación del sitio de disposición final es contar con un frente de trabajo el cual nos ayude a concentrar todos los residuos en un solo lugar para la compactación y cubierta de los mismos con la finalidad de mitigar los riesgos de generación de fauna nociva, malos olores, incremento de lixiviados por infiltración de agua de lluvia, incendio e inconformidad de la población cercana al SDF.

Sin embargo durante los recorridos al SDF de Chiconautla, se observó que no se aplica la cobertura como lo señala la NOM-083-SEMARNAT-2003, aunado a esto, los taludes no solo no están cubiertos, sino que además la inclinación de la pendiente representa un riesgo de deslizamiento y dispersión de los residuos acumulados.

No obstante que la maquinaria es la principal herramienta de trabajo en el SDF de Chiconautla, esta no recibe el mantenimiento suficiente ni los insumos necesarios, por lo la operación no es constante.

A pesar de que el SDF cuenta con un sistema para el tratamiento de el biogás instalado en el lado poniente, este no se lleva a cabo en lado sur, debido a que no realizan la cobertura y no han instalado el sistema de captación de biogás, lo que incrementa el riesgo de incendio, así como, la emisión de gases de efecto invernadero.

La pepena representa un riesgo de salud para quienes se dedican a esta actividad ya que se encuentran expuestos a los residuos, asimismo, realizan actividades de sobre los taludes los que representa un riesgo a su integridad física.

Clausura del sitio de disposición final

H. Ayuntamiento de Ecatepec de Morelos: 2006-2009

En el año 2008, el Cabildo del H. Ayuntamiento de Ecatepec de Morelos, decidió clausurar el sitio de disposición final y, de esta manera, iniciar los trabajos de desarrollo de infraestructura para el manejo de los lixiviados y el drenaje pluvial, así como la conformación definitiva de los taludes, los caminos interiores y las capas finales de material inerte, de acuerdo a las especificaciones que establecen para la clausura y monitoreo de la NOM-083-SEMARNAT-2003.

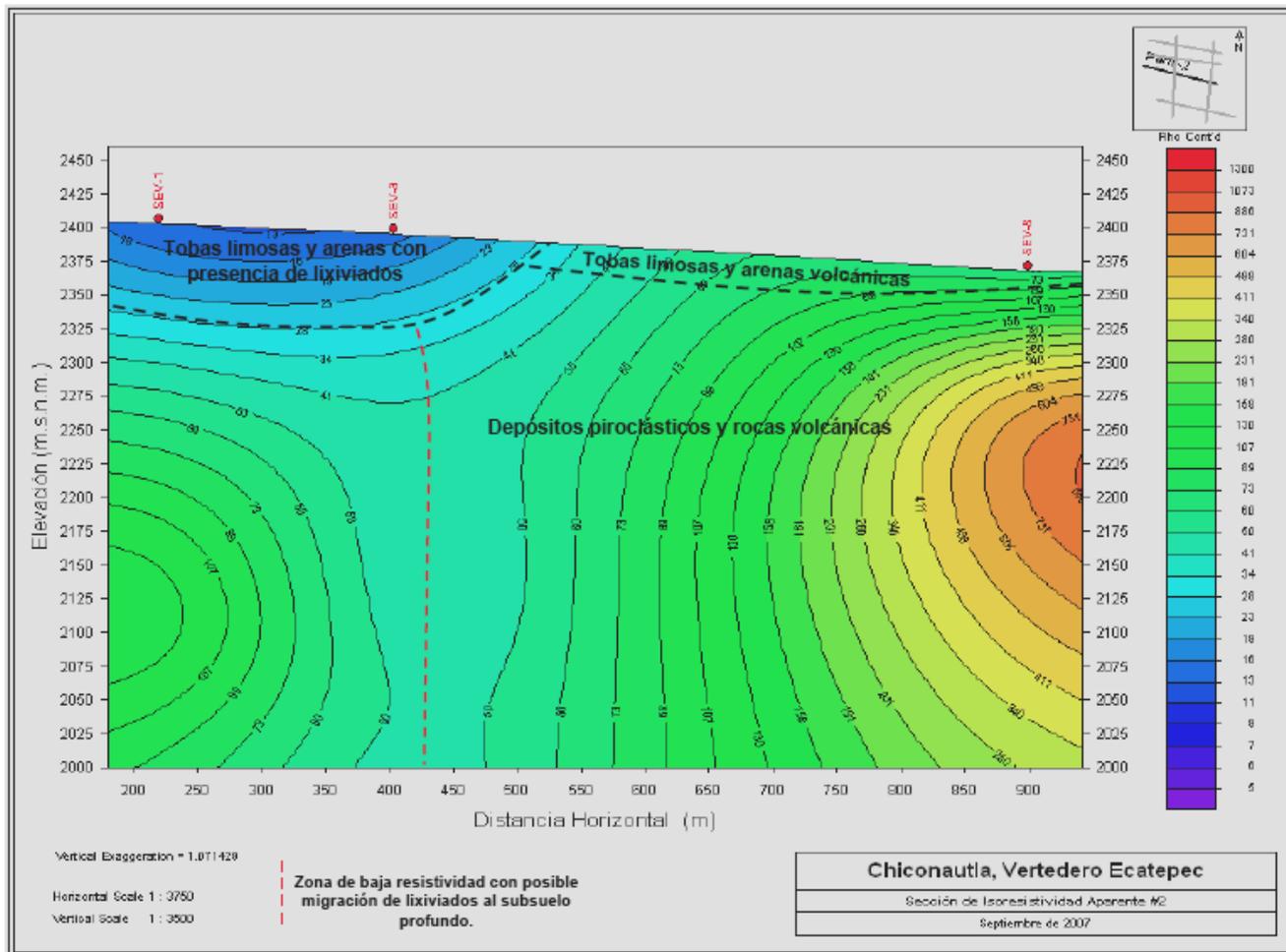
El incumplimiento en la normatividad federal, así como los siguientes elementos que ocasionaron un pasivo ambiental significativo fueron parte de los elementos que consideró el cuerpo edilicio del Ayuntamiento:

1. **Manejo de lixiviados.** A través de estudios geofísicos de resistividad para caracterizar el subsuelo de los predios circundantes del sitio de disposición final se encontró evidencia de la migración de los lixiviados hacia el subsuelo en direcciones varias y el riesgo de migración hacia capas del subsuelo con una baja resistividad.

Figura 16. Distribución de los sondeos geofísicos



Figura 17. Resultados de los sondeos en el perfil -3



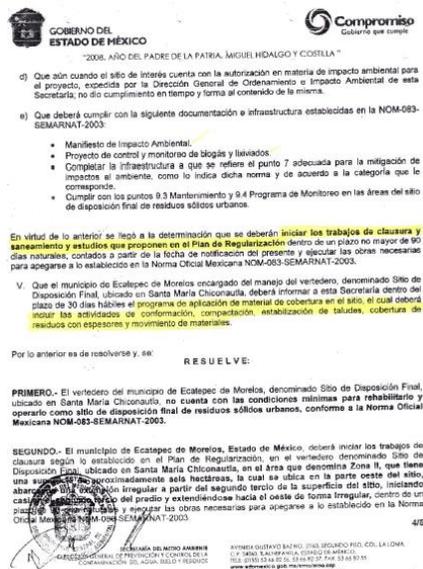
Fotografía 2. Vista aérea del sitio de disposición final: zona de ampliación del sitio de disposición final



Clausura del Sitio de disposición final por parte de la SEMAGEM: 2008

Derivado de la presentación de un Plan de Regularización modalidad clausura que promovió el H. Ayuntamiento Constitucional del Municipio de Ecatepec de Morelos, ante la SEMAGEM, el Gobierno del estado de México a través de dicha Secretaría emite un resolutivo con fecha del 26 de junio del 2008 para iniciar los trabajos de clausura de dicho sitio, en correspondencia y congruencia con los estudios técnicos elaborados *ex professo*.

Fotografía 3. Resolutivo de clausura de la SEMAGEM



Emisiones reducidas

Como lo establecen los procesos del Protocolo de Kioto, con fecha 17 de septiembre de 2007, EcoSecurities presenta el primer reporte de emisiones reducidas.



Los resultados de dicho periodo son:

UNFCCC Clean Development Mechanism Monitoring Report
Ecatepec – EcoMethane Landfill Gas to Energy Project

1. Las emisiones reducidas se calcularon en 9,633 toneladas equivalente de CO₂.
2. Corresponden a un periodo del 2/oct/2006 al 7/sept/2007
3. Las emisiones estimadas en el MDL para este periodo fueron de 218,835 de CO₂.
4. Las emisiones reducidas representan el **4.40%** de las emisiones estimadas.
5. El diseño, la construcción y la operación del sitio de disposición final tienen una relación directamente proporcional con la reducción final de dichas emisiones.

CDM registration number 0523
 Monitoring period 02/10/06 – 07/09/07
 Document ID: CDM0523-M1
 Date: 17 September 2007

Generación de energía eléctrica

Nunca se generó energía eléctrica.

Propuesta de regulación supervisada de los MDL para sitios de disposición final de residuos sólidos en México

capítulo IV

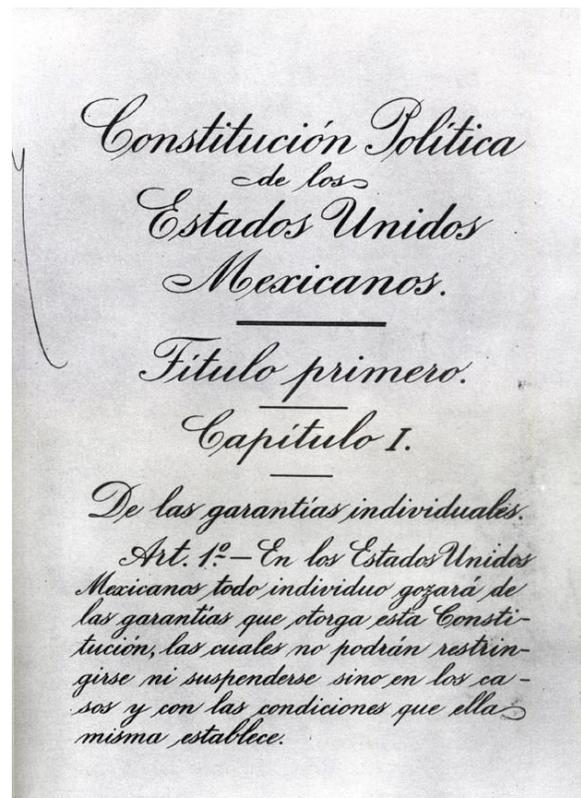
IV.1 Principio legal

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (14/10/2012) establece en su artículo 4 el "**derecho (a toda persona) a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar**". Éste señala que "**El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley**".

Así mismo, en el artículo 25 de la Constitución se señala que "**Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable**, que fortalezca la Soberanía de la Nación y su régimen democrático y que, mediante el fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales, cuya seguridad protege esta Constitución.

*El Estado planeará, conducirá, coordinará y orientará la actividad económica nacional, y llevará al cabo la **regulación y fomento de las actividades que demande el interés general** en el marco de libertades que otorga esta Constitución....*

*Bajo criterios de equidad social y productividad se **apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado** de la economía, **sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general**, de los recursos productivos, **cuidando su conservación y el medio ambiente**".*



Primera página del facsimil de la Constitución de 1917 (INEHRM)

De esta manera, las responsabilidades establecidas en la Carta Magna, dotan al Estado mexicano con las herramientas para regular los mecanismos de desarrollo limpio (MDL) implementados en territorio nacional.

IV.2 Principio ambiental: visión de sistema

"La historia del hombre ha sido la búsqueda constante de instrumentos y formas de establecer relaciones con la naturaleza y, a través de este proceso histórico, la ha ido utilizando y adaptando a sus necesidades. Dicha modificación permanente de la naturaleza afecta al mismo tiempo al hombre, originando cambios en sus condiciones de vida y en las relaciones con sus semejantes.

Dentro de este proceso dialéctico de influencias recíprocas, la relación hombre naturaleza no se da en términos abstractos, sino del hombre en tanto grupo social, parte de un determinado sistema social, en un medio ambiente específico. La relación del hombre con la naturaleza y la transformación que deriva de esta relación es así un fenómeno social. No existe, por lo tanto, una escisión entre sociedad y naturaleza o, mejor dicho entre sistema social y sistema natural, debiendo éstos ser concebidos como partes de un todo, como dos subsistemas interrelacionados a un sistema mayor" (Bifani Cosentini, 2007).

Desde esta perspectiva, la visión de sistema, como principio de la regulación objeto de esta tesis, presupone que todo componente de un sitio de disposición final de residuos, entendiéndose como ubicación, diseño, operación, clausura, aprovechamiento de biogás o bien generación de energía, forman parte del sistema y como tal, debe atenderse en la promoción de un MDL.

Dicho de otra manera: por las evidencias técnicas sistematizadas en la presente tesis, resulta negativo para el medio ambiente y el entorno social, económico y político, promover un proceso - subsistema: extracción y aprovechamiento del biogás- de un sitio de disposición final, sin considerar la totalidad de los procesos de un sitio de disposición final.

IV.3 Bases de la regulación supervisada propuesta.

En virtud de que:

- i. Hasta noviembre de 2012 únicamente los MDL promovidos por Bioenergía de Nuevo León, s.a. de c.v. (**BENLESA**) y el Sistema Integral para el Manejo Ecológico y Procesamiento de Desechos (**SIMEPRODE**), cuya meta de reducción entre ambos es de **413 mil toneladas de bióxido de carbono equivalente** (Ver capítulo 1, Proyectos MDL pertenecientes al COMEGEI),

- correspondientes al 21 por ciento de los proyectos registrados en la COMEGEI²⁰- son los únicos proyectos que generan energía eléctrica
- ii. El arreglo institucional de ambos MDL implican la participación en sociedad del Estado, es decir, Nuevo León y algunos de sus municipios, son los consumidores de la energía generada, con una capacidad instalada de entre 12 y 20 MW, para dotar a los servicios urbanos de la metrópoli de Monterrey.
 - iii. El cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003 obliga a las instancias estatales y federales - en el ámbito de sus competencias- a garantizar, y en su caso, a sancionar el incumplimiento de dicha norma,
 - iv. Los cambios ó impactos ambientales, benéficos y adversos, se presentaron simultáneamente en el MDL No. 0523: *Ecatepec-EcoMethane Landfill Gas to Energy Project*, de Ecatepec de Morelos, estado de México.

IV.4 Apartados de regulación propuestos.

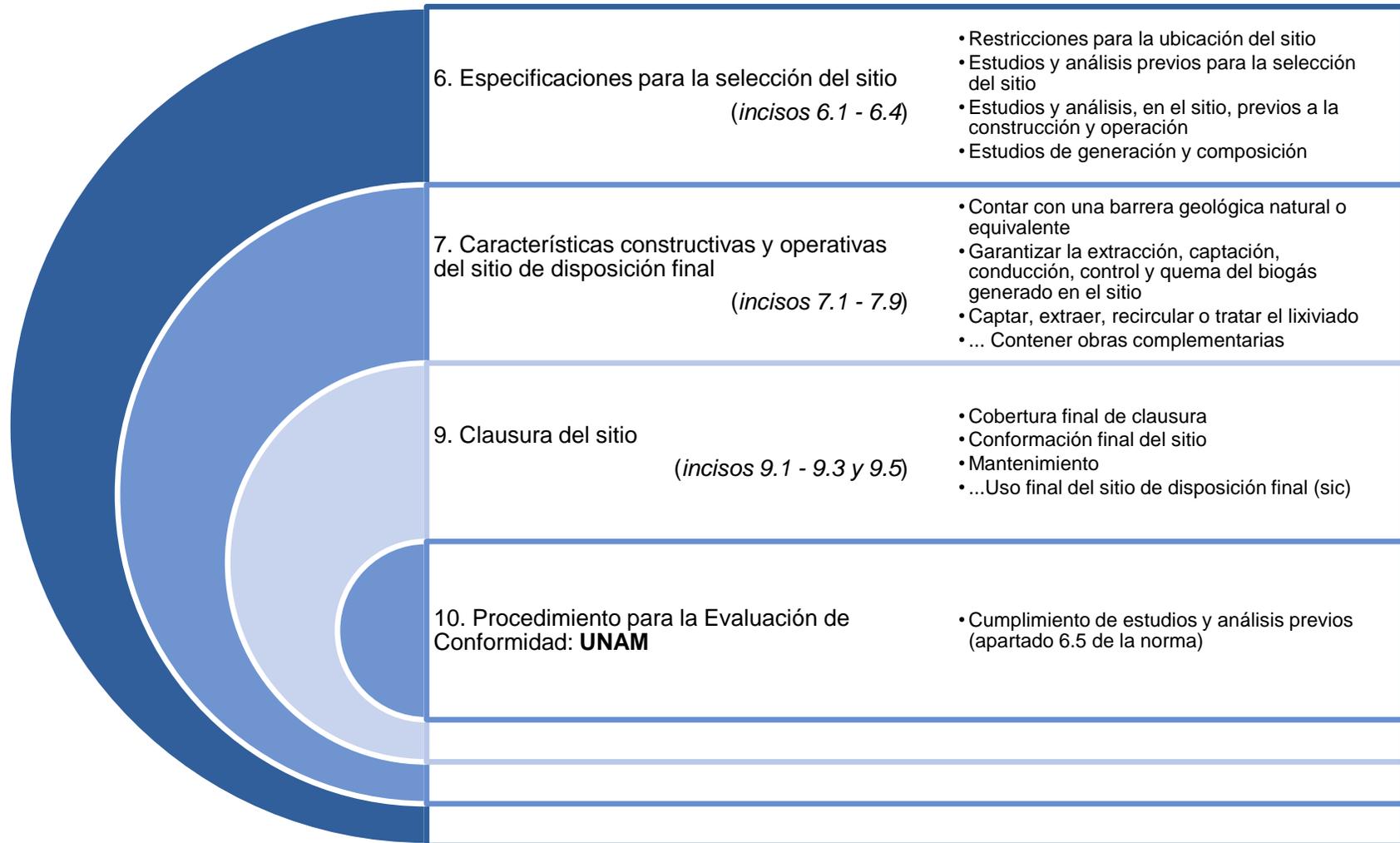
Por estas razones y retomando las buenas prácticas de BENLESA-SIMPRODE Se fundamenta el esquema propuesto de regulación supervisada en las siguientes vertientes, a saber:

1. Apartado normativo

Es decir, el cumplimiento de lo establecido en la NOM-083-SEMARNAT-2003, incluyendo los escenarios de mayor riesgo ambiental y las medidas de prevención, adaptación y mitigación donde se incluya la infraestructura, el equipamiento, la maquinaria, operación, clausura y monitoreo de los principales elementos de riesgo de contaminación: lixiviados y biogás.

²⁰ Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de Gases de Efecto Invernadero: COMEGEI

Figura 18. Esquema de apartados normativos relacionados con residuos sólidos

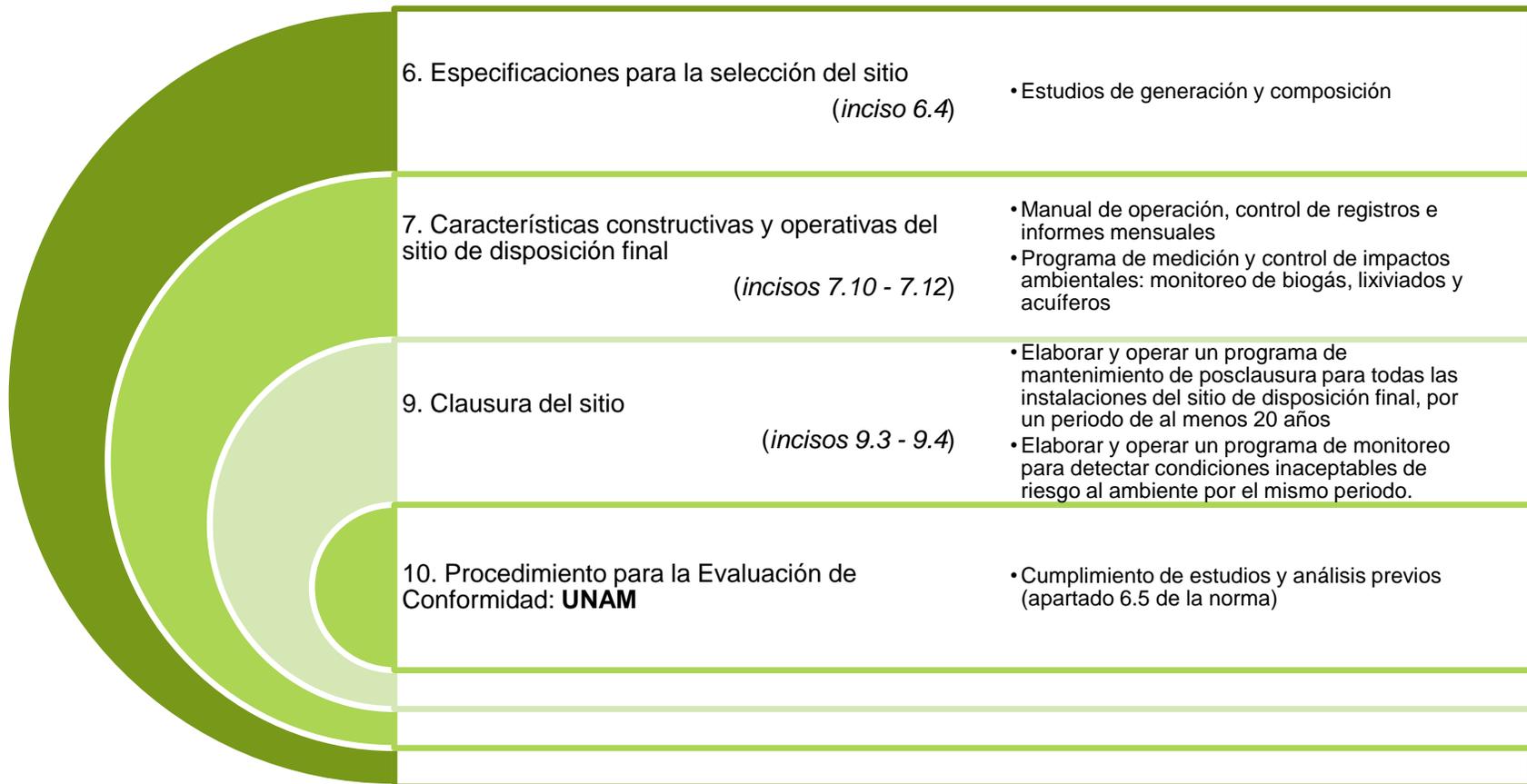


2. Componente programático

Las actividades, los tiempos, las instituciones gubernamentales y los actores privados, asociados a cada una de las etapas de desarrollo de los MDL, constituyen un punto crítico para el éxito o fracaso de los proyectos. Esto es, bajo los esquemas actuales de implementación de los MDL, donde se *transfiere* la responsabilidad al sector privado²¹ - sin necesariamente una supervisión estricta de lo normativo- a través de concesiones, el Estado debe seguir garantizando el derecho a la salud y a un medio ambiente. No se trata de que a través de *interpósita* personas se provea un servicio público - como lo es el manejo integral de residuos- sino que el estado es corresponsable de lo que suceda con los MDL. Esto es, el Estado es responsable de supervisar el cumplimiento de cada una de las etapas del desarrollo de los MDL y de coadyuvar al éxito de éstos.

²¹ De acuerdo al artículo 115 de la Constitución.

Figura 19. Esquema de componentes programáticos relacionados con residuos sólidos



3. Factibilidad de generación de energía eléctrica

Así mismo, los MDL que pretendan generar energía eléctrica en cualesquiera de los esquemas de permisionarios, deberán presentar dentro de los proyectos ejecutivos, la factibilidad de producir energía incluyendo el esquema de autoabastecimiento, cogeneración ó pequeña producción de acuerdo al artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Cámara de Diputados, 14/10/2012); a los artículos 3 y 36 de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica (Cámara de Diputados, 09/04/2012) y a su Reglamento (Cámara de Diputados, 30/11/2012).

Figura 20. Esquema de análisis y revisión de la factibilidad energética de los MDL (1/3)

1. Marco legal:

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (art. 27) y Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (art. 3)

- **Art. 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.** *Corresponde exclusivamente a la Nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público*
- **Art. 3 (incisos I y III), de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE).** *No se considera servicio público; I. La generación de energía eléctrica para autoabastecimiento, cogeneración o pequeña producción; III. La generación de energía eléctrica para su exportación, derivada de cogeneración, producción independiente y pequeña producción.*

2. Esquema de Generación:

Permisos referidos en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (art. 36 y 39)

- De **autoabastecimiento** de energía eléctrica destinada a la satisfacción de necesidades propias de personas físicas o morales, siempre que no resulte inconveniente para el país a juicio de la Secretaría de Energía (inciso I de la LSPEE). De acuerdo al art. 39, no se requerirá permiso -para este esquema- si no excede de 0.5 MW
- De **Cogeneración**, para generar energía eléctrica producida conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, o ambos; cuando la energía térmica no aprovechada en los procesos se utilice para la producción directa o indirecta de energía eléctrica o cuando se utilicen combustibles producidos en sus procesos para la generación directa o indirecta de energía eléctrica (inciso II de la LSPEE).
- De **pequeña producción** de energía eléctrica (inciso IV de la LSPEE). De acuerdo al Reglamento de la LSPEE la generación debe ser máximo de 1.0 MW.
- De importación o **exportación de energía eléctrica** (inciso V de la LSPEE).

Figura 21. Esquema de análisis y revisión de la factibilidad energética de los MDL (2/3)

3. Requerimientos normativos y programáticos para la solicitud de Permisos de Generación

De acuerdo al Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (art. 82-83)

- Nombre, denominación o razón social y domicilio del solicitante;
- Objeto del permiso y, en su caso, plazo propuesto por el solicitante;
- Ubicación de la planta, capacidad de la instalación y lugares donde se utilizará la energía;
- Programa de abastecimiento de energéticos, incluyendo datos sobre su fuente, tipo, sustitutos y costos, o de uso de aguas nacionales, en su caso;
- En su caso, disponibilidad y firmeza de excedentes de capacidad y energía asociada; requerimientos de capacidad y energía de carácter complementario, como respaldo firme o sujeto a disponibilidad, así como de servicios de transmisión, y
- Los demás que, de acuerdo con el objeto del permiso, se consignan en los correspondientes apartados de este capítulo (art. 82 del Reglamento de la LSPEE)
- Los que acrediten la personalidad y existencia legal, en su caso, del solicitante
- Descripción, en términos generales, del proyecto, incluyendo las características de la planta y de las instalaciones accesorias; los datos estimados de la generación anual y consumo de combustibles; la información relativa al uso de aguas que se pretenda efectuar, así como la concerniente al cumplimiento de las normas en materia ecológica y sobre uso del suelo, de conformidad con lo que dispongan los ordenamientos respectivos, y
- Las que acrediten la propiedad, posesión o autorización para el aprovechamiento de la superficie que ocuparán las instalaciones o, en su defecto, informe acerca de los actos jurídicos previstos para el efecto

4. Contenido de los permisos

De acuerdo al Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (art. 88)

- Nombre, denominación o razón social y domicilio del permisionario;
- Ubicación de las instalaciones;
- Programa de obra, en su caso;
- Fechas de inicio y terminación de las obras respectivas, incluyendo la fecha de puesta en servicio y considerando, en su caso, las etapas sucesivas;
- Plazo del permiso;
- Descripción de las instalaciones;
- Actividades autorizadas, y
- Obligaciones del titular del permiso, causas y plazos de terminación del mismo.

Figura 22. Esquema de análisis y revisión de la factibilidad energética de los MDL (3/3)

5. Obligaciones de los permisionarios

De acuerdo a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (art. 37) y su Reglamento (art. 90)

- Proporcionar, en la medida de sus posibilidades, la energía eléctrica disponible para el servicio público, cuando por causas de fuerza mayor o caso fortuito el servicio público se interrumpa o restrinja, y únicamente por el lapso que comprenda la interrupción o restricción. Para estos casos, habrá una contraprestación a favor del titular del permiso (art. 37, inciso a de la LSPEE).
- Cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas que expida la Secretaría de Energía, relativas a las obras e instalaciones objeto de los permisos a que se refiere el artículo 36, y (art. 37, inciso b de la LSPEE).
- La entrega de energía eléctrica a la red de servicio público, se sujetará a las reglas de despacho y operación del Sistema Eléctrico Nacional que establezca la Comisión Federal de Electricidad (art. 37, inciso c de la LSPEE).
- No vender, revender o enajenar por ningún título, directa o indirectamente, capacidad o energía eléctrica, salvo los casos autorizados por la Ley y este Reglamento;
- Notificar a la Secretaría de la fecha en que las obras hayan sido concluidas, dentro de los quince días hábiles siguientes a la terminación de las mismas;
- Proporcionar, en la medida de sus posibilidades y mediante la retribución correspondiente, la energía eléctrica requerida para el servicio público, cuando por caso fortuito o fuerza mayor dicho servicio se vea interrumpido o restringido, y únicamente por el lapso que comprenda la interrupción o restricción;
- Cumplir con las disposiciones legales y reglamentarias, así como con las normas oficiales mexicanas y las demás disposiciones aplicables respecto de las obras e instalaciones objeto de los permisos;
- Operar y mantener sus instalaciones y equipos en forma tal que no constituyan peligro alguno para el propio permisionario o para terceros, y
- Una vez que se inicie la operación de las instalaciones, y exclusivamente para fines estadísticos, informar a la Secretaría, en los formatos que la misma defina, el tipo y volumen del combustible utilizado y la cantidad de energía eléctrica generada, especificando la parte utilizada para la satisfacción de necesidades propias del permisionario y la entregada a la Comisión o destinada a la exportación, así como, en su caso, las importaciones de energía eléctrica realizadas.

4. Viabilidad económico financiera

Los MDL se crearon como proyectos cuya viabilidad implicaba contar con instrumentos financieros para apalancar las inversiones tendientes a disminuir emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera. Así, los certificados de emisiones reducidas (CER), comúnmente llamados bonos de carbono, forman parte del flujo de ingresos del proyecto y, de esta manera, recuperar las inversiones y una tasa interna de retorno positiva igual ó de cero -en el escenario más adverso-, considerando el costo de las externalidades.

Así, desde una visión de sistema -fundamento de la regulación propuesta en este capítulo-, la viabilidad económica y financiera del proyecto no debe valorar únicamente a la infraestructura para la quema o aprovechamiento del biogás, dejando a un lado los pasivos ambientales generados antes del MDL, sino las inversiones deben considerar el Sistema *per se* en su totalidad. Si el punto de equilibrio económico-financiero no hace *rentable* el proyecto, se debe establecer estos ingresos/subsidios/compensaciones necesarias para el correcto desarrollo del MDL, en su totalidad.

Es decir, resulta contradictorio para un MDL y al Protocolo de Kioto mismo, que se reduzcan emisiones de gases efecto invernadero (gas metano, entre otros contaminantes) mitigando los impactos ambientales al aire y, al mismo tiempo, se generen pasivos ambientales en el suelo y el agua, como queda demostrado en los resultados de esta tesis y de los estudios donde se fundamenta.

Así, el análisis de la viabilidad propuesta debe considerar los flujos en todo el sistema, las externalidades para la rehabilitación o clausura de los sitios de disposición final y el aprovechamiento del biogás, ya sea para la quema o para la generación de energía eléctrica y el cumplimiento de la normatividad vigente. Los MDL que no consideran dichas inversiones y costos, pueden tener un riesgo mucho mayor de incumplirse contractualmente y generar pasivos ambientales significativos.

5. Instituciones educativas, científicas y/o tecnológicas especializadas: UNAM

Como parte de la responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México con la sociedad y de la Facultad de Ingeniería (FI) como parte del desarrollo de recursos humanos competentes para los nuevos retos ambientales que enfrentan cíclicamente los gobiernos municipales, es menester coadyuvar al diseño, supervisión y desarrollo de infraestructura y equipamiento ambiental. La infraestructura con la que cuenta la FI y los recursos humanos que genera son parte fundamental de esta tesis.

Así mismo, se propone que como ente educativo, en primer lugar desarrollo el Procedimiento para la Evaluación de Conformidad establecida en la NOM-083-SEMARNAT-2003; la supervisión de los apartados normativos y programáticos establecidos en esta tesis; la revisión de la factibilidad energética y la viabilidad económico y financiera de los MDL, con la visión de sistema.

6. Arreglo institucional gubernamental

La participación activa de los tres niveles de gobierno fortalece el modelo de desarrollo de los MDL. Si bien es cierto que la competencia de los municipios en materia de residuos sólidos es constitucional (Art. 115), las Secretarías y sus Procuradurías de medio ambientes -o equivalente- estatales y las federales, tienen competencias específicas en la materia. Sin embargo, su participación se ha dado principalmente al inicio del proyecto y hasta la carta de aprobación por parte de la SEMARNAT. Por esta razón, los actores tienen la responsabilidad y obligación de participar después de este proceso, es decir en los procesos de supervisión, acompañamiento y, por supuesto, sanción preventiva y correctiva.

Conclusiones

capítulo V

México ha sido precursor en la firma de 53 acuerdos internacionales relacionados con el Medio ambiente y la agenda de Cambio Climático (SEMARNAT, 2011). Su regulación, instrumentación, supervisión y evaluación, son aún un reto pendiente.

Así mismo, a través de la Corte Interamericana de Derechos Humanos; de las modificaciones al artículo 4 de la

Carta Magna y de los pronunciamientos del Ministro José Ramón Cossío Díaz a dichas modificaciones del artículo referido en relación a la publicación del "**derecho a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar de la persona**", que a la letra dice:

"Si se acepta, como creo que debe hacerse, que estamos frente a derechos, podemos avanzar diciendo que son sociales. Esto significa que a diferencia de los llamados derechos de libertad, que en lo general prohíben actuaciones a cargo del Estado, en los sociales se requiere que éste realice acciones positivas. Es decir, mientras que en un caso el derecho se protege con abstenciones ..., en el otro se logra con actuaciones concretas. Para entender esta diferencia, piénsese en los derechos a la libre expresión de las ideas y a la educación gratuita. En aquél (sic), el Estado debe permitir decir cosas, sin censurar previamente ni detener por hacerlo; en el de educación, debe proveer de bienes y servicios materiales a efecto de, precisamente, lograr el proceso educativo.

Partiendo de lo anterior, ¿qué significa jurídicamente la constitucionalización de los derechos, dicho sintéticamente, al medio ambiente y al agua? Desde luego, a que el Estado "haga cosas" con ellos. En primer lugar, que el legislador emita leyes que determinen las formas de actuación de todos los órganos federales, locales y municipales, a efecto de actualizar los contenidos constitucionales. En segundo lugar, que todas las autoridades administrativas creen normas regulatorias que desarrollen los contenidos constitucionales y legales y, adicionalmente, realicen los actos que permitan aplicar las normas generales. En tercer lugar, que los órganos de justicia y, en particular la Suprema Corte, valoren la constitucionalidad de las normas emitidas para anular aquellas que no desarrollen cabalmente los contenidos constitucionales."



Imagen del Portal de la SEMARNAT de Cambio Climático

Partiendo de este razonamiento, dentro del esquema de regulación propuesto en esta tesis se señalan los *momentos*, dentro del ámbito de las responsabilidades de los actores, y sus *alcances* en función de la normatividad, leyes y reglamentos en la materia, a saber.

V.1 Mecanismos de desarrollo limpio

La urgente regulación *local* de los mecanismos de desarrollo limpio es menester. Independientemente de la vigencia de los Acuerdos internacionales como el Protocolo de Kioto, cuyo primer periodo de compromiso terminó su vigencia en el 2012, es importante evaluar los proyectos en particular y el entorno bajo el cual se ejecutaron. La visión de gestión integral de residuos sólidos permite contar con un marco lógico de referencia a través del cual, conociendo las responsabilidades de las autoridades, los promoventes de los MDL y el entorno social y ambiental, permite contrastar la ejecución de los mismos en México.

Así mismo, de acuerdo al Programa Synergy (Unión Europea, Programa Synergy, 2005) y en relación a los impactos ambientales, se concluye:

"La política ambiental de los países debe ser orientada hacia la existencia y desarrollo de proyectos de inversión, en donde hay que conciliar la estrategia de crecimiento económico con la debida protección del medio ambiente. Las inversiones públicas y/o privadas deben estar orientadas al uso sustentable de los recursos naturales, sin que por ello se afecte el desarrollo económico. En la práctica el objetivo será incorporar la dimensión ambiental en la evaluación de proyectos y actividades.

La responsabilidad de implementar y administrar un sistema para evaluar el impacto Ambiental es del gobierno y la verificación de su aplicación a algún proyecto MDL lo debe hacer la Entidad Operacional Designada. El impacto ambiental se debe evaluar en el área de influencia de un proyecto. Los límites del proyecto deben abarcar todas las emisiones antropogénicas de GEI bajo el control del titular, que son significativas y que razonablemente pueden ser atribuidas al proyecto MDL.

Durante la ejecución del proyecto, se debe hacer una evaluación de los impactos ambientales y sociales. Si durante la implementación del proyecto, ocurren impactos negativos, el proyecto debe hacer una amplia notificación pública; para que no se vea afectada su credibilidad.

Las reglas para la selección de cualquier proyecto MDL deben ser tales que protejan los ecosistemas, eviten impactos indeseables y promuevan el cumplimiento de la normativa. Los proyectos deben ser consistentes con los objetivos y la evolución de los convenios sobre medio ambiente, el igual que con la legislación ambiental local y/o nacional. La metodología para calcular bases de referencia y fugas, debe ser sólida.

Todo proyecto MDL debe hacerse con una actitud y tendencia positiva, por lo que tanto para los resultados como las aplicaciones hay que ser específicos, evitando que el sensacionalismo/catastrofismo sesgue la información y por lo tanto la decisión de sus aceptación o rechazo.

En el caso de que el proyecto reduzca las emisiones de GEI por encima de los valores estimados en el DDP – MDL, hay que realizar conservadoramente los cálculos para demostrar esta disminución de las emisiones, citando el impacto logrado en casos similares". (Unión Europea, Programa Synergy, 2005, pp. 3.10, 3.11)

V.2 MDL: Generación de energía eléctrica en el sitio de disposición final de residuos sólidos de Ecatepec - EcoMethane

Los impactos ambientales negativos se centraron en dos apartados:

- A través de estudios geofísicos de resistividad para caracterizar el subsuelo de los predios circundantes del sitio de disposición final se encontró evidencia de la migración de los lixiviados hacia el subsuelo en direcciones varias a una profundidad de 75 metros y el riesgo de migración hacia capas del subsuelo con una baja resistividad hasta una profundidad de 400 metros.
- De acuerdo al primer periodo de emisiones reducidas, los resultados fueron los siguientes:
 - Corresponden a un periodo del 2/oct/2006 al 7/sept/2007
 - Las emisiones reducidas se calcularon en 9,633 toneladas equivalente de CO₂.
 - Las emisiones estimadas en el MDL para este periodo fueron de 218,835 de CO₂.
 - Las emisiones reducidas representan el 4.40% de las emisiones estimadas.
- No se generó energía eléctrica, ni se realizó una notificación pública por parte de los promoventes del PDD.

V.3 Esquema de regulación propuesto

Desde la perspectiva de evaluación de los 14 MDL promovidos con carta de no objeción y en virtud de que de éstos únicamente 1 genera energía eléctrica, conviene valorar si aquellos MDL que se promovieron como proyectos para reducir emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera y, al mismo tiempo, generar energía eléctrica (9 de 14) cumplieron con los 6 apartados referidos al esquema de regulación propuesto.

La presente tesis pretende contribuir, como una aproximación, para valorar los impactos de los MDL y analizar su viabilidad y factibilidad en sitios de disposición final de residuos en México.

Referencias bibliográficas

- Bifani Cosentini, P. (2007). *Medio Ambiente y Desarrollo*. Guadalajara: Editorial Universitaria.
- Cámara de Diputados. (09/04/2012). *Ley de Servicio Público de Generación de Energía Eléctrica*. Distrito Federal: Diario Oficial de la Federación.
- Cámara de Diputados. (14/10/2012). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Distrito Federal: H. Congreso de la Unión.
- Cámara de Diputados. (2003). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos*. México, D.F.: Diario Oficial de la Federación.
- Cámara de Diputados. (30/11/2012). *Reglamento de la Ley del servicio público de energía eléctrica*. Distrito Federal: Diario Oficial de la Federación.
- CONAPO. (noviembre de 2006). *Consejo Nacional de Población*. Recuperado el 8 de febrero de 2012, de De la Población en México: 2005-2030: http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=234
- INEGI. (2005). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 11 de febrero de 2012, de Censo de Población y Vivienda 2005: http://www.inegi.org.mx/lib/Olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=17352
- INEGI. (2005). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 11 de febrero de 2012, de Censo Económico 2004: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ce/ce2004/default.aspx>
- INEGI. (2009). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 11 de febrero de 2012, de Censo Económico 2009: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/default.asp?s=est&c=14220>
- INEGI. (12 de junio de 2010). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 8 de febrero de 2012, de México en cifras: información nacional, por entidad federativa y municipios: <http://www2.inegi.org.mx/sistemas/mapatematicomexicocifras3d/default.aspx?e=15&mun=0&sec=M&ind=1002000001&ani=2010&src=487&i=>
- INEHRM. (s.f.). *Instituto Nacional de Estudios Históricos de las Revoluciones de México*. Recuperado el 20 de noviembre de 2012, de Colección Gráfica y de Sonido del INEHRM, 5 de febrero de 1917.: <http://www.inehrm.gob.mx/Portal/PtMain.php?pagina=exp-dos-constituciones-galeria>
- Martínez, J., & Fernández, A. (2004). *Cambio climático: una visión desde México*. D.F.: Instituto Nacional de

- Ecología y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Municipio de Ecatepec de Morelos. (2005). *Concesión del Servicio de Tratamiento y Disposición final de residuos sólidos no peligrosos*. México: Municipio de Ecatepec de Morelos.
- Municipio de Ecatepec de Morelos. (2007). *Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Municipio de Ecatepec de Morelos. Ecatepec de Morelos: Municipio de Ecatepec de Morelos.
- ONU. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. New York: Organización de las Naciones Unidas.
- ONU. (1997). *Protocolo de Kyoto*. New York: Organización de las Naciones Unidas.
- ONU. (1998). *Protocolo de Kyoto*. New York: Organización de las Naciones Unidas.
- ONU. (1998). *Protocolo de Kyoto*. New York: Organización de las Naciones Unidas.
- Rodriguez, M. (2006). *Diseño de un índice ambiental para la evaluación de sitios de disposición final de acuerdo con la NOM-083-SEMARNAT-2003*. IPN. México, D.F.: Instituto Politécnico Nacional.
- SEMAGEM. (2006). *Resolutivo en materia de Impacto Ambiental*. Toluca: Gobierno del estado de México - Secretaría de Medio Ambiente.
- SEMARNAT. (2/oct/2009). *Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos 2009-2012*. México, D.F.: Diario Oficial de la Federación.
- SEMARNAT. (2004). *NOM-083-SEMARNAT-2003*. Distrito Federal: Diario oficial de la Federación.
- SEMARNAT. (31 de Diciembre de 2010). *Cambio climático*. Recuperado el 19 de abril de 2011, de <http://www.cambioclimatico.gob.mx/index.php/mecanismo-de-mercado.html>
- SEMARNAT. (10-11 de Mayo de 2011). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Recuperado el 15 de Octubre de 2012, de SEMARNAT: Agenda internacional: http://www.semarnat.gob.mx/temas/internacional/Paginas/Tratados_pais.aspx
- SEMARNAT-INE. (2006). *México Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Ciudad de México: SEMARNAT-INE.
- SIGEA. (2006). *Ampliación del Relleno Sanitario de Ecatepec de Morelos, estado de México. Informe previo de manifestación de impacto ambiental*. Ecatepec de Morelos: Sistemas Integrales de Gestión Ambiental, S.C.-Asia Automotores de México, s.a. de c.v.
- SIGEA. (2006). *Clausura y Ampliación del Relleno Sanitario de Ecatepec de Morelos, estado de México. Manifestación de impacto ambiental*.

Ecatepec de Morelos, Edomex.:
Sistemas Integrales de Gestión
Ambiental, S.C.-Asia Automotores de
México, s.a. de c.v.

UNFCCC. (4 de julio de 2006). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Recuperado el 14 de febrero de 2012, de Project 0523 : Ecatepec – EcoMethane Landfill Gas to Energy Project:
<http://cdm.unfccc.int/filestorage/3/W/E/3WEX136BA57MKV0WQDR0AR1JJYPO0C/PDD%20Ecatepec%20Final%20v4%20-%20registration.pdf?t=ZEN8bHplcmlyfDDc16Aivw9v8Jo2rVQnxgTm>

Unión Europea, Programa Synergy. (2005). *Metodologías para la Implementación de los Mecanismos flexibles de Kioto*. Madrid: UNESA.

Universidad Nacional Autónoma de México. (s.f.). *Revista Digital Universitaria*. Recuperado el 4 de abril de 2013, de Sistema, ambiente, procesos: información, aprendizaje y comunicación:
<http://www.revista.unam.mx/vol.5/num10/art68/art68-1b2.htm>