



**Universidad Michoacana  
de San Nicolás de Hidalgo**

Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales

**“EL COMERCIO INTERNACIONAL DE BONOS DE  
CARBONO EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO: UNA  
PROPUESTA PARA EL CAMPO GEOTÉRMICO LOS  
AZUFRES, MICHOACÁN.**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE  
**MAESTRO EN CIENCIAS EN COMERCIO EXTERIOR**

TESISTA

**I.Q. Claudia Victoria Hernández Ramírez**

DIRECTOR DE TESIS

**Dr. Rubén Molina Martínez**

Morelia, Mich., Febrero de 2010

# INDICE

<i>INDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS</i> .....	5
<i>ANEXOS</i> .....	6
<i>RESUMEN</i> .....	9
<i>ABSTRACT</i> .....	10
<i>GLOSARIO DE TÉRMINOS</i> .....	11
<i>ABREVIATURAS</i> .....	17
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>19</b>
<b>I. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>21</b>
A. Situación problemática .....	22
B. La Geotermia en México .....	27
C. Problema de investigación .....	35
D. Objetivos .....	35
E. Hipótesis .....	35
F. Variables .....	36
G. Justificación .....	36
H. Método .....	38
I. Operacionalización de variables.....	43
<b>CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>45</b>
<b>EL COMERCIO INTERNACIONAL Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO</b> .....	<b>46</b>
1.1. El Cambio Climático .....	46
1.1.1. Los Gases Efecto Invernadero .....	48
1.1.2. Los Efectos del Cambio Climático .....	48
1.2. La Economía Ambiental .....	56
1.2.1. Externalidades.....	58
1.2.2. Bienes .....	61
1.2.3. Bienes Públicos.....	62
1.2.4. Bienes Públicos Globales.....	63
1.2.5. Políticas para Corregir Externalidades .....	64
1.3. Acciones de las Instituciones Internacionales Ante el Cambio Climático .....	66
1.3.1. Protocolo de Kioto.....	69

1.4.	Mercado de Carbono .....	70
1.4.1.	Conceptos y Generalidades.....	70
1.4.2.	Los Participantes en el Mercado del Carbono.....	72
1.4.3.	El Fondo Prototipo del Carbono .....	73
1.4.4.	Mecanismos del Mercado del Carbono .....	76
1.4.5.	El Comportamiento del Mercado del Carbono.....	85
1.5.	El Beneficio.....	92
1.5.1.	Tipos de Riesgos de los CER's.....	95
 <b>CAPÍTULO 2. ....</b>		<b>97</b>
<b>CASO EXITOSO DE PROYECTOS MDL EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO.....</b>		<b>97</b>
2.1.	La Central Eoloeléctrica La Venta II, Oaxaca .....	98
2.2.	Cálculo del Beneficio para la CELV II .....	100
2.3.	Otros beneficios.....	104
 <b>PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN. PARTE I.....</b>		<b>106</b>
<b>CAPÍTULO 3. ....</b>		<b>107</b>
<b>DETERMINACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE EMISIONES EN EL CAMPO GEOTÉRMICO LOS AZUFRES, MICHOACÁN. ....</b>		<b>107</b>
3.1.	El Campo Geotérmico Los Azufres.....	108
3.2.	Proyecto Los Azufres III.....	110
3.3.	Medición y Cálculo de Resultados para el CGLA .....	112
3.3.1.	Determinación de las Emisiones Reducidas en el CGLA.....	113
3.3.2.	Factores de emisión.....	117
3.3.3.	Selección de Método del Margen de Operación (OM) .....	118
3.3.4.	Cálculo del Factor de Emisión de Margen Estructural (BM).....	120
3.3.5.	Cálculo del Factor de Emisión del Margen Combinado (CM) .....	122
3.3.6.	Cálculo de las Emisiones de CO2 Derivadas del Proyecto Los Azufres III. ....	125
3.3.7.	Cálculo de la Línea Base de Emisiones CO2 Desplazadas por las Actividades del Proyecto Los Azufres III.....	128
3.3.8.	Cálculo de Emisiones Reducidas.....	130
 <b>PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN. PARTE II.....</b>		<b>132</b>
<b>CAPÍTULO 4. ....</b>		<b>133</b>
<b>BENEFICIO FINANCIERO EN EL CGLA.....</b>		<b>133</b>

4.1.	Cálculo del Beneficio Financiero para el CGLA .....	134
4.2.	Costo-Beneficio Total del Proyecto Los Azufres III. ....	137
4.2.1.	Ingresos.....	141
4.2.2.	Egresos.....	141
4.3.	Estimación de la Relación Costo-Beneficio del Proyecto Los Azufres III.....	144
4.3.1.	Primer Escenario Financiero Sin Beneficio por BC con $td=12\%$ .....	147
4.3.2.	Segundo Escenario Financiero Sin Beneficio por BC con $td=14\%$ .....	148
4.3.3.	Tercer Escenario Financiero con $BC=10.43$ con $td=12\%$ .....	149
4.3.4.	Cuarto Escenario Financiero con $BC=19.37$ y $td=12\%$ .....	151
4.3.5.	Quinto Escenario Financiero con $BC=10.43$ y $td=14\%$ .....	152
4.3.6.	Sexto Escenario Financiero con $BC=19.37$ y $td=14\%$ .....	153
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>156</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>161</b>
<b>BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS .....</b>		<b>166</b>

## INDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

Figura 1. Emisiones de Gases Invernadero Globales por Fuente .....	23
Figura 2. Número de Proyectos MDL en México .....	24
Figura 3. Proyectos MDL en México por Sector .....	25
Figura 4. Distribución de Generación de Energía Eléctrica por Tecnología .....	26
Figura 5. Esquema de un Yacimiento Geotérmico.....	28
Figura 6. Esquema de una Central Geotérmica .....	29
Figura 7. Campos Geotérmicos en México.....	31
Figura 8. Localización del Campo Geotérmico Los Azufres, Michoacán.....	33
Figura 9. El Efecto Invernadero y el Calentamiento Global .....	46
Figura 10. Concentración de CO <sub>2</sub> en la Atmósfera y la Temperatura Media Global de los Últimos 1000 Años. ....	47
Figura 11. Impactos del Cambio Climático .....	51
Figura 12. Esquema del Comercio Internacional de Bonos de Carbono.....	71
Figura 13. Operativización del PCF .....	75
Figura 14. Etapas para la inscripción de un MDL ante la UNFCCC .....	82
Figura 15. Principales Vendedores de Proyectos MDL .....	87
Figura 16. Porcentaje Relativo de Países Compradores 2007.....	88
Figura 17. Gráfica Histórica de Volúmenes Transados por Tipo de Mecanismo .....	89
Figura 18. Las Experiencias de los Costos de Transacción de MDL e JI .....	94
Figura 19. Ventas de Bonos de Carbono vs Ventas por Energía Eléctrica en la CELV .....	103
Figura 20. Ingresos Netos Comparativos por Precio.....	135
Figura 21. Gráfico Comparativo de la Venta de Bonos de Carbono vs Inversión .....	155
Figura 22. Grafico Comparativo de la Relación C-B en 6 Diferentes Escenarios.....	155
Figura 23. Lugar en el Ciclo de Registro del MDL del Presente Trabajo .....	165

## ANEXOS

ANEXO I. Cuestionario para la obtención de la información del CGLA y la CELV II.....	173
ANEXO 2. Costos de transacción del proyecto MDL para la Central Eoloeléctrica La Venta II, Oaxaca. ....	175
ANEXO 3. Beneficio financiero obtenido en el proyecto de la Central Eoloeléctrica La Venta II, Oaxaca. ....	176
ANEXO 4. Estimación del margen de operación (OM) para la SIN .....	177
ANEXO 5. Estimación del margen de construcción (BM) para la SIN .....	178
ANEXO 6. Estructuras de financiamiento de las centrales de generación del proyecto Los Azufres III.....	179
ANEXO 7. Costo total desglosado de la Inversión por las Centrales Eléctricas de 25 y 50 MW.....	180
ANEXO 8. Relación Costo-Beneficio en seis escenarios diferentes. ....	181
ANEXO 9. Primer escenario financiero para la estimación de la relación B-C con una $td=12\%$ sin bonos de carbono. ....	182
ANEXO 10. Segundo escenario financiero para la estimación de la relación B-C con una $td=14\%$ sin bonos de carbono. ....	183
ANEXO 11. Tercer escenario financiero para la estimación de la relación B-C con una $td=12\%$ y con un precio del $bc=US\$10.43$ .....	184
ANEXO 12. Cuarto escenario financiero para la estimación de la relación B-C con una $td=12\%$ y con un precio del $bc=US\$19.37$ .....	185
ANEXO 13. Quinto escenario financiero para la estimación de la relación B-C con una $td=14\%$ y con un precio del $bc=US\$10.42$ .....	186
ANEXO 14. Sexto escenario financiero para la estimación de la relación B-C con una $td=14\%$ y con un precio del $bc=US\$19.37$ .....	187
ANEXO 15. Listado de DOE's acreditadas por la UNFCCC para la validación de proyectos MDL.....	188

*A mi madre, por ser una gran mujer y siempre mi consuelo;*  
*A mi padre, por darme el ejemplo que nunca es tarde para empezar;*  
*A mi hija, por su amor, su comprensión a mi ausencia, por su sonrisa, su*  
*existir y por ser el motor de mi vida;*  
*A mi esposo, por su impulso a derribar nuevas barreras y su gran apoyo*  
*para iniciar y concluir esta meta.*  
  
*A Dios por permitirme el privilegio de vivir.*

Los amo y gracias por compartir conmigo la vida.

Claudia

## **AGRADECIMIENTOS**

A todos y cada uno de los profesores que tuve el honor de conocer y me compartieron sus valiosos conocimientos. Para todas las personas que han contribuido para la realización de la presente investigación, como al Dr. Carlos Ortiz quien me orientó en la difícil decisión del tema de investigación. Al Dr. Odón García, quien con su comentario y análisis fue contribuyendo a la elaboración de un trabajo de calidad. Por supuesto al Dr. Rubén Molina, director de la presente investigación, cuyos consejos, enseñanzas y paciencia me asesoró lo largo de estos dos años, y por ultimo pero no menos importante, al M.A. Roberto Cadenas Tovar quien sin su valiosa asesoría hubiera sido imposible la exitosa conclusión del presente.

## RESUMEN

El Mercado del Carbono representa una nueva oportunidad para los países en vías de desarrollo - como México- , para realizar proyectos que ayuden a minimizar los efectos negativos de “Cambio Climático Global”, y además, obtener los beneficios financieros resultado del comercio de estas reducciones, transformadas en documentos financieros denominados bonos de carbono.

El Campo Geotérmico Los Azufres localizado en el Estado de Michoacán, es el segundo productor de vapor endógeno nacional, sin embargo, parte de su infraestructura está por cumplir casi 30 años de vida, lo cual provoca emisiones contaminantes al medio ambiente y con ello la contribución al calentamiento global.

En base a esta problemática, se desarrolla una propuesta en la cual el Campo Geotérmico Los Azufres a través de un proyecto MDL, logra obtener emisiones reducidas en el orden de 135,060 tCO<sub>2</sub>/año, a través del reemplazo de siete unidades de 5MW de baja eficiencia, por dos unidades de 50 MW y 25 MW de alta eficiencia, dentro de su proceso productivo.

De esta manera, el beneficio financiero potencial para este proyecto se estimó en el rango de €202,600 a €1,755,780 al año, de acuerdo a los diferentes escenarios planteados para el mismo.

Es así como el resultado de esta propuesta refleja que el desarrollo de proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) para la geotermia y en específico para el Campo Geotérmico Los Azufres, representan una excelente oportunidad de obtener ingresos extraordinarios para la compañía, a través del comercio internacional de bonos de carbono, y más aún de poder contribuir positivamente con la reducción de los impactos del Cambio Climático Global.

## **ABSTRACT**

Carbon market represents a new opportunity to developing countries - as Mexico- to develop projects that help to minimize the “Climate change” negative global effects, and also, to get financial benefit resulting of trade of these reductions and transformed into financial documents called carbon credits.

Los Azufres Geothermal Field (LAGF) located in the State of Michoacán, is the second national endogenous steam producer, nevertheless, part of its infrastructure is nearly to turn almost 30 years of life, which it causes polluting emissions to environment and its contribution to the global heating.

Based on this problematic situation, was developed a proposal in which Los Azufres Geothermal field through CDM project could obtain reduced emissions in the order of 135.060 tCO<sub>2</sub>/yr, through replacement of seven 5MW low efficiency units, by two 50 MW and 25 MW high efficiency units, within its productive process.

In this way, the potential financial benefit for this project was estimated from €202.600 to €1.755.780 per year, according from different scenes showed in it.

As well as it, the result of this investigation reflected proposal that the development of geothermic projects of Clean Develop Mechanism (CDM) and specifically for the Los Azufres Geothermal Field, represents an excellent opportunity to obtain extraordinary income for the company through international trade of carbon, and still more to be able to contribute positively with the reduction of the impacts of the Global Climatic Change.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Acido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S):** Es un ácido inorgánico de fórmula H<sub>2</sub>S. Gas más pesado que el aire, inflamable, incoloro, tóxico y su olor es el de la materia orgánica en descomposición, como los huevos podridos. Se produce naturalmente en el petróleo crudo, gas natural, gases volcánicos y manantiales de aguas termales. También puede ocurrir como resultado de la degradación bacteriana de materia orgánica o como producto de los desperdicios de animales y humanos ([www.atsdr.cdc.gov](http://www.atsdr.cdc.gov)).

**Amoniaco (NH<sub>3</sub>):** El amoníaco es un compuesto químico cuya molécula está compuesta por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de hidrógeno (H) y cuya fórmula química es NH<sub>3</sub>. El amoníaco, a temperatura ambiente, es un gas incoloro de olor muy penetrante y nauseabundo. Se produce naturalmente por descomposición de la materia orgánica y también se fabrica industrialmente. Se encuentra en el ambiente en el aire, el suelo y el agua, y en plantas y en animales, incluso seres humanos ([www.atsdr.cdc.gov](http://www.atsdr.cdc.gov)).

**Antropogénico.** Resultado de o producido por el ser humano (Watson, 2001)

**Atmósfera:** Envoltura gaseosa que rodea la Tierra. La atmósfera seca está compuesta casi enteramente de nitrógeno (en una relación de mezcla volumétrica de 78.1%) y oxígeno (en una relación de mezcla volumétrica de 20.9%), mas una serie de oligogases como el argón (en una relación de mezcla volumétrica de 0.93%), el helio y gases efecto invernadero como el dióxido de carbono (en una relación de mezcla volumétrica de 0.035%) y el ozono. La atmósfera desempeña un papel importante en la protección de la vida en la Tierra; absorbe la radiación solar ultravioleta y reduce la diferencia de temperatura entre el día y la noche (Glosario del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, 2006).

**Bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** Gas incoloro, inodoro e incombustible que se encuentra en baja concentración en el aire que respiramos (en torno a un 0,035% en volumen). El dióxido de carbono se genera cuando se quema cualquier sustancia que contiene carbono. También es un producto de la respiración y de la fermentación. Las plantas absorben dióxido de carbono durante la fotosíntesis. Aunque las actividades humanas liberan dióxido de carbono a través de la quema de combustibles fósiles, también se

produce con ciertos procesos naturales. El dióxido de carbono es el principal gas de efecto invernadero que contribuye al cambio climático ([www.greenfacts.org](http://www.greenfacts.org))

**Bonos de carbono:** Son las reducciones de emisiones certificadas internacionalmente que serían los títulos intercambiados en las transacciones que ocurran dentro de este mercado internacional (Acquatella, 2001).

**Cambio climático:** Es la variación global del clima de la Tierra. Es debido a causas naturales y también a la acción del hombre y se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc. ([www.mma.es](http://www.mma.es))

**Calentamiento global:** Es el fenómeno observado en las medidas de la temperatura que muestra en promedio un aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas. Es una teoría que predice, a partir de proyecciones basadas en simulaciones computacionales, un crecimiento futuro de las temperaturas. El IPCC indica que "*[...]La mayoría de los aumentos observados en las temperaturas medias del globo desde la mitad del siglo XX son muy probablemente debidos al aumento observado en las concentraciones de gases efecto invernadero antropogénicas.*" (IPCC, 2001).

**Clorofluorocarbonos (CFCs):** Gases de efecto invernadero contemplados dentro del Protocolo de Montreal de 1987. Usados para la refrigeración, aire acondicionado, empaquetamiento, aislamiento, como solventes o aerosoles. Como no son destruidos en la capa más baja de la atmósfera, los CFCs llegan a la parte atmosférica más alta donde, dadas ciertas condiciones, destruyen la capa de ozono. Estos gases están siendo reemplazados por otros compuestos incluyendo hidroclorocarbonos e hidrofluorocarbonos, los cuales son gases de efecto invernadero contemplados en el protocolo de Kioto (Watson, 2001).

**Combustibles fósiles:** Combustibles basados en el carbón de depósitos fósiles, incluyendo petróleo y gas natural humano (Watson, 2001).

**Comercio de mercado primario y mercado secundario:** Los compradores y vendedores que comercian directamente constituyen el Mercado Primario. Los que

comercian por medio de instituciones de intermediación e intercambio representan el Mercado Secundario humano (Watson, 2001).

**Comisión Federal de Electricidad (CFE):** Empresa paraestatal encargada de la generación, transmisión, distribución y venta de la energía eléctrica en México ([www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx))

**Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC):** Es el instrumento jurídico internacional en vigor respecto al tema. Este tratado internacional signado por la mayoría de los países fue firmado por México el 13 de junio de 1992 y fue ratificado el 11 de marzo de 1993. Entró en vigor el 21 de marzo de 1994. México es parte de la Convención como país no Anexo 1. La Convención establece la distinción entre los países que forman parte de ella, en función de su desarrollo económico. En este sentido, forman parte del Anexo 1 los países industrializados que fueron miembros de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) en 1992, además de otros países con economías consideradas en transición, que incluyen a la Federación Rusa y otros estados de Europa del Este. México, junto con el resto de los países parte de la Convención, integra el grupo no Anexo 1, es decir, economías en desarrollo (Watson, 2001).

**Economías en transición (EITs):** Países con economías nacionales en proceso de cambio; de sistemas económicos centralizados economías de mercado. Esta denominación se asigna principalmente a países europeos que formaron parte del antiguo bloque socialista (Watson, 2001).

**Efecto invernadero:** Se refiere es la retención del calor del Sol en la atmósfera de la Tierra por parte de una capa de gases en la atmósfera. Sin ellos la vida tal como la conocemos no sería posible, ya que el planeta sería demasiado frío. Entre estos gases se encuentran el dióxido de carbono, el óxido nitroso y el metano, que son liberados por la industria, la agricultura y la combustión de combustibles fósiles ([www.mmas.es](http://www.mmas.es)).

**Emisiones:** En el contexto de cambio climático, emisiones se refiere a la liberación de gases de efecto invernadero, sus precursores y aerosoles hacia la atmósfera en un área específica por un periodo de tiempo (Watson, 2001).

**Emisión bióxido de carbono equivalente, (CO<sub>2</sub>e):** La concentración de bióxido de carbono que cause la misma cantidad de fuerza de radiación como la mezcla dada de bióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero (Watson, 2001).

**Energías renovables:** Fuentes de energía sustentables (dentro del corto tiempo que toma a la Tierra realizar sus ciclos) e incluye tecnologías no basadas en carbono como la energía solar, la energía hidroeléctrica y la energía eólica, así como tecnologías de carbono neutrales como la biomasa (Watson, 2001).

**Extinción:** La completa desaparición de toda una especie (Watson, 2001).

**Factor de emisiones:** El factor de emisiones es el coeficiente que relaciona las emisiones actuales a la información de actividad como una medición estándar de las emisiones por unidad de actividad (Watson, 2001).

**Fuente:** Cualquier proceso, actividad o mecanismo el cual produzca un gas de invernadero o un aerosol hacia la atmósfera (Watson, 2001).

**Gases de efecto invernadero:** Gases que contribuyen al natural Efecto Invernadero (Watson, 2001).

**Hidrofluorocarbonos (HFCs):** Se encuentran dentro de los seis gases de efecto invernadero contemplados por el Protocolo de Kioto. Se produce comercialmente como sustituto de los Clorofluorocarbonos. Grandes cantidades de HFCs se utilizan como refrigerantes y semiconductores. Su potencial de calentamiento global se encuentra desde 1300 a 11, 700 (Watson, 2001).

**Línea base:** Un escenario sin intervención usado como base del análisis de los escenarios intervenidos (Watson, 2001).

**Mecanismo de desarrollo limpio (MDL):** Definido en el artículo 12 del Protocolo de Kioto, el Mecanismo de Desarrollo Limpio tiene dos objetivos: (1) asistir a los países no incluidos en el Anexo I a lograr un desarrollo sustentable (2) asistir a los países incluidos en el Anexo I a lograr el cumplimiento de sus compromisos de reducción de emisiones (Watson, 2001).

**Países anexo I:** Grupo de países incluidos en el Anexo I (como se estableció en 1998) al Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, incluyendo a

todos los países desarrollados de la OCDE y las economías en Transición. Dentro de los artículos 4.2 (a) y 4.2 (b) de la UNFCCC, los países incluidos en el Anexo I se comprometen específicamente a reducir individual o conjuntamente el nivel de gases de efecto invernadero al nivel que tenían en 1990 (Watson, 2001).

**Países no anexo I:** Países que han ratificado o accedido a la UNFCCC que no están incluidas en el Anexo I de la Convención (Watson, 2001).

**Perfluorocarbonos (PFCs):** Gases de efecto invernadero cubiertos en el Protocolo de Kioto como tales. Producto del manejo de aluminio y el enriquecimiento del uranio. Reemplazan a los Clorofluorocarbonos en la manufactura de semiconductores. El potencial de calentamiento global de los PFCs es de 6500 a 9200 veces mayor al del bióxido de carbono (Watson, 2001).

**Potencial de calentamiento global:** Define el efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce una liberación instantánea hoy de 1kg de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO<sub>2</sub>. Se consideran los efectos radiativos de cada gas, así como sus diferentes tiempos de permanencia en la atmósfera (Watson, 2001).

**Protocolo de Kioto:** El protocolo de Kioto de la UNFCCC es una adhesión acordada por los países, para adoptar medidas y establecer compromisos más ambiciosos entorno a lo ya establecido sobre cambio climático y las acciones para reducir el calentamiento atmosférico. Entró en vigor el pasado 15 de febrero de 2005 (Watson, 2001).

**Revolución industrial:** Período de rápido crecimiento industrial y de profundas consecuencias sociales y económicas. Comenzó en Inglaterra durante la segunda mitad del siglo XVIII y se extendió al resto de Europa y más tarde a otros países. La invención de la máquina de vapor fue un factor importante que desencadenó estos cambios. La revolución industrial marcó el comienzo de un período de fuerte aumento de utilización de combustibles de origen fósil y de las emisiones, en particular de dióxido de carbono de origen fósil (Watson, 2001).

**Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>):** Uno de los seis gases de efecto invernadero contemplados por el protocolo de Kioto. Es utilizado en grandes cantidades para aislar

equipo de alto voltaje y para la manufactura de sistemas de enfriamiento de cableado. Su potencial de calentamiento global es de 23,900 (Watson, 2001).

**Factor de planta:** Es un indicador del grado de utilización de la capacidad de unidades generadoras en un periodo específico. Se calcula como el cociente entre la generación media de la unidad y su capacidad efectiva (POISE 2008-2017).

## ABREVIATURAS

BC	Bonos de Carbono
BM	Margen de Construcción
CC	Cambio Climático
CER	Certificado de Emisión Reducida
CG	Calentamiento Global
CELV II	Central Eoloeléctrica La Venta II
CER	Certificado de Emisiones Reducidas
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CGLA	Campo Geotérmico Los Azufres
CO <sub>2</sub>	Bióxido de Carbono
CT	Costos de Transacción
ER	Emisiones Reducidas
GEI	Gases Efecto Invernadero
GPG	Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos
INE	Instituto Nacional de Ecología
JI	Implementación conjunta
MC	Mercado del Carbono
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MW	Megawatt
OM	Margen de Operación

PCF	Fondos Prototipo del Carbono
PFC	Perfloruro de Carbono
PK	Protocolo de Kioto
POISE	Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico
RNIM	Red nacional de interconexión mexicana
SENER	Secretaría de Energía
SIN	Sistema interconectado nacional
SF <sub>6</sub>	Hexafloruro de Azufre
tCO <sub>2</sub>	Tonelada de Bióxido de Carbono
tCO <sub>2</sub> e	Tonelada de Bióxido de Carbono Equivalente
td	Tasa de descuento
TIR	Tasa Interna de Retorno
UNFCCC	Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático
VER	Emisión Reducida Verificada
VPN	Valor Presente Neto

## Introducción

De acuerdo a algunos reportes científicos, el calentamiento del sistema climático global (CG), es incuestionable, ya que, se ha ido evidenciando con los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado de bloques y hielo, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar (Pachauri, 2007). Estas situaciones han coincidido con el incremento en la concentración de Gases Efecto Invernadero (GEI) en la composición promedio original de la Atmósfera terrestre. Por lo que se considera la posible incidencia de estos gases en el CG.

Para tratar de controlar y reducir estos efectos, las organizaciones internacionales han creado una serie de mecanismos que no solo intenta resolver la problemática ambiental, sino que además proporcionan incentivos económicos a aquellos países que por sus desventajas industriales, no son importantes generadores de contaminantes. Y de esta forma, estos puedan participar activamente en el Comercio Internacional del Mercado “Ambiental” y obtener beneficios extraordinarios para su economía nacional.

Es así como en un país en vías de desarrollo como México, caracterizado por sus debilidades tecnológicas-ambientales, se presenta una amplia gama de posibilidades de explotación en diferentes áreas del industriales para este mercado, tales como la agricultura, el uso de combustibles fósiles en el transporte público y privado, el cambio de uso de suelo, y principalmente en todas aquellas formas de quema de combustibles para la producción de energía.

Es por ello que la presente investigación en base a lo anterior, trata de utilizar las posibilidades de comercio de bonos de carbono, en una empresa generadora de energía eléctrica, presentando como base de investigación al Campo Geotérmico Los Azufres (CGLA), quien a partir de un proyecto MDL podría obtener beneficios financieros importantes para la eficiencia de sus procesos y además, promover otro tipo de externalidades positivas para la sociedad. De esta forma tener la oportunidad de contribuir con la promoción de nuevos mercados a partir de proyectos ambientales que ayudan al desarrollo económico, social y ambiental en nuestro país.

Para lograr obtener el objetivo de este trabajo, el desarrollo de la presente investigación, se divide en cuatro capítulos, los cuales se describen a continuación.

En la primera parte, se explica todo el contexto de la situación problemática, así como la hipótesis, las variables, la justificación y demás fundamentos en los cuales se va a basar la investigación.

El capítulo 1 desarrolla todo el marco teórico referente al cambio climático y su conexión con el mercado internacional de bonos de carbono y el beneficio financiero. En donde, en primera instancia se realiza una amplia revisión de los elementos teóricos en los diferentes autores se basan para establecer un ambiente de cambio climático global. En segundo lugar se describe la teoría de la economía ambiental que explica la relación directa que existe entre la economía y las externalidades del cambio climático. Y se prosiguió con la teoría en la que se establece la hipótesis del presente trabajo de investigación y por último se establece un caso de éxito

El capítulo 2 muestra un caso de éxito el caso exitoso referente a la implementación de energías renovables para la generación de energía eléctrica y el impacto financiero que ha tenido para la empresa. Caso para el cual se tomó el de la Central Eoloeléctrica La Venta II, primera central parte de la Comisión Federal de Electricidad, que participa en comercio de bonos de carbono y que actualmente está recibiendo beneficios financieros equivalentes al 11% de sus ventas anuales por energía eléctrica.

El capítulo 3 desarrolla toda la propuesta del presente trabajo de investigación iniciando con el planteamiento del diseño del trabajo experimental, continuando con el proceso de estimación de la línea base de emisiones GEI y la potencial reducción de emisiones (RE) sobre un proyecto denominado Azufres III para nuestro objeto de estudio El Campo Geotérmico Los Azufres.

El capítulo 4, se destinó al cálculo numérico del beneficio financiero para el CGLA y además de realizó un análisis beneficio-costos para conocer la forma más eficiente de realizar el proyecto. La última parte corresponde a las conclusiones, discusión y recomendaciones. Finalizando con las conclusiones, discusión y recomendaciones.

## **I. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN**

En este apartado se explica ampliamente las causales que motivaron la realización de la presente investigación basada en una problemática real del Campo Geotérmico Los Azufres, así también como la forma en la que se lleva a cabo el proceso investigativo, con el fin de cumplir el objetivo planteado y aceptar o negar la hipótesis establecida en base a los resultados de los indicadores propuestos.

## **A. Situación Problemática**

Desde ya hace algún tiempo, el fenómeno conocido como “efecto invernadero” se ha convertido en el protagonista de la problemática internacional que contempla la contaminación del medio ambiente. Ya que sus efectos en los últimos años se han intensificado, repercutiendo al planeta en diversas formas. De acuerdo con algunos estudios, los porcentajes de concentración de los gases efecto invernadero (GEI) causantes de dicho fenómeno se han intensificado a partir de la incremento de las actividades industriales y agrícolas que viene realizando el hombre.

El clima siempre ha variado, sin embargo, el problema del cambio climático es que en el último siglo el ritmo de estas variaciones se ha acelerado de manera anómala, a tal grado que afecta ya la vida planetaria (Pachauri, 2007), (Stern, 2007). Al buscar la causa de esta aceleración, algunos científicos encontraron que existe una relación directa entre el calentamiento global o cambio climático y el aumento de las emisiones de GEI, provocado principalmente por las sociedades industrializadas.

El sector eléctrico es una de las industrias más importantes de las naciones, ya que representa la fuente básica para el desarrollo económico de los mismos al cubrir las necesidades de la población, de la industria, la agricultura, el comercio y los servicios de los pueblos. Sin embargo, la creciente y rápida industrialización, ha provocado de igual manera la necesidad de incrementar de los servicios eléctricos para poder cubrir la demanda. Pero paralelamente, este incremento provoca el aumento de residuos contaminantes a la atmósfera. De tal manera que actualmente se considera uno de los sectores que mayor número de emisiones de GEI produce anualmente. (Ver Fig. 1)

**Figura 1.** Emisiones de Gases Invernadero Globales por Fuente



Fuente: Stern review: The economics of climate change obtenido de la página [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/media/4/3/Executive\\_Summary.pdf](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/media/4/3/Executive_Summary.pdf)

La generación de energía eléctrica se lleva a cabo mediante diversas fuentes de energía: gas, carbón, combustóleo, etc., (combustibles fósiles) y otras fuentes alternas como la geotermia, el viento, energía solar, entre otras. La fuente más utilizada en México es mediante la quema de combustibles fósiles, siendo esta la mayor generadora de emisiones contaminantes a la atmósfera. Sin embargo, existen también algunas fuentes alternas que generan emisiones contaminantes dentro del proceso productivo (Aversano, 2006).

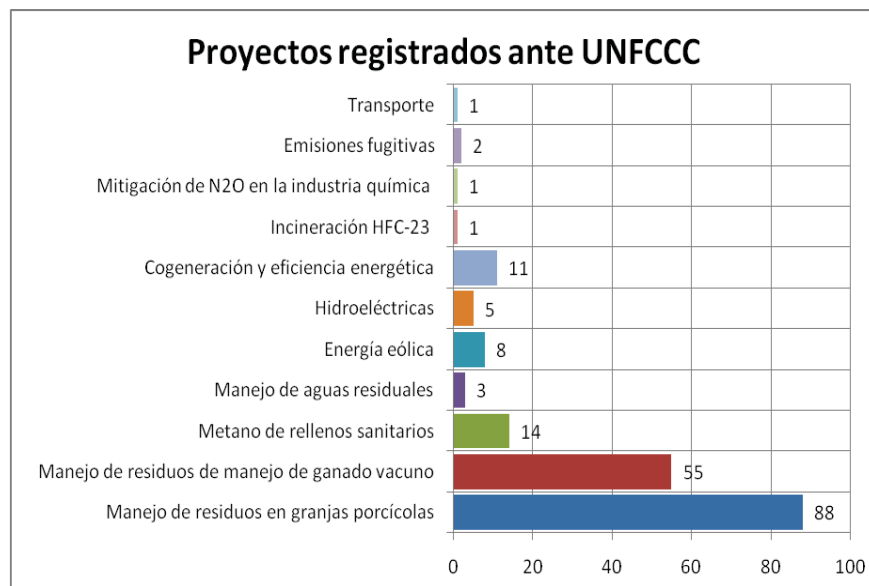
En conjunto estas emisiones podrían significar un beneficio para el sector, si se tomara la decisión de participar en el comercio internacional de bonos de carbono, mediante ciertos mecanismos que establece el protocolo de Kioto denominado mecanismos de desarrollo limpio (MDL).

Sin embargo pocas son aquellas centrales del sector, que han tomado la decisión de establecerlo, ya que de acuerdo con la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), solamente 24 proyectos del sector eléctrico (Diciembre, 2008), se encuentran en el proceso de inscripción (algunos ya aceptados) al Mercado

de Carbono, sin embargo solamente uno pertenece a la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

A continuación se observa un listado de las centrales y/o proyectos MDL para la generación de energía eléctrica que ya se encuentren registrados ante las instituciones nacionales (SEMARNAT) e internacionales (UNFCCC), para su participación para la venta de sus Certificados de Reducción de Emisiones (CER's) (Ver Fig. 2 y 3).

**Figura 2. Número de Proyectos MDL en México**

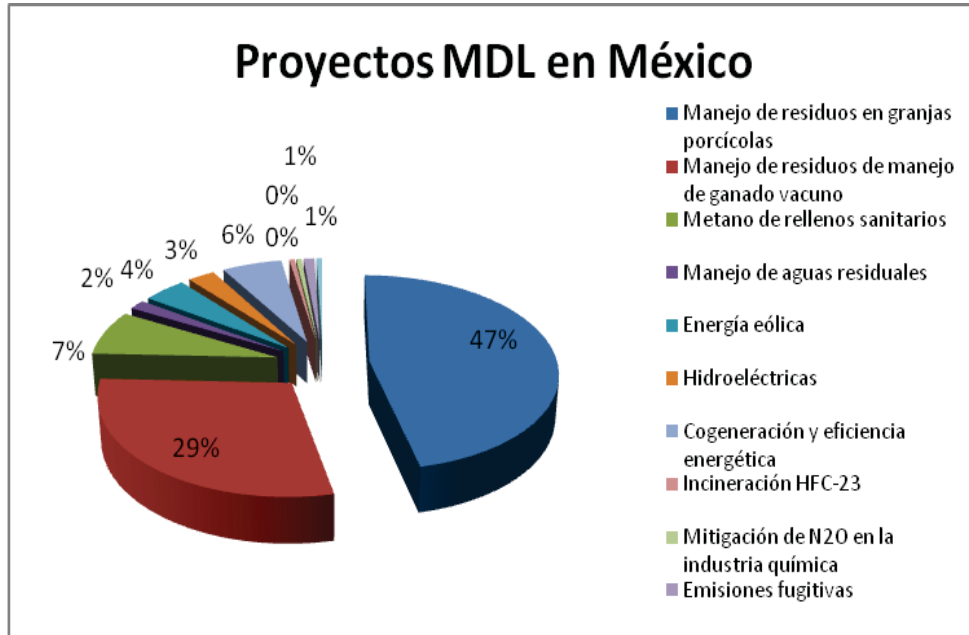


Fuente: Elaboración propia en base a datos SEMARNAT. 2008

Estos gráficos nos muestran de que el número de proyectos MDL presentados en el año 2008 es muy reducido (187 en total), y el sector que ha generado el mayor número de ellos es el referente al manejo de residuos en granjas porcinas y de ganado vacuno, ya que en su conjunto representan el 76% de los MDL, y el 30% del total de las reducciones de GEI (3490 KtCO<sub>2</sub>e). De igual manera podemos observar que el sector eléctrico (Energía eólica, hidroeléctricas y cogeneración y eficiencia energética) hay un total de 24 proyectos que promueven una reducción de 3151 KtCO<sub>2</sub> que equivale al 27.2% de emisiones GEI, sin embargo solamente un proyecto corresponde

a Comisión Federal de Electricidad (CFE), el resto pertenece a productores independientes.

Figura 3. Proyectos MDL en México por Sector



Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT. 2008

Esta situación llama la atención debido a la infraestructura y a la fuente de generación de electricidad que posee en la paraestatal justificaría un mayor número de propuestas de reducción de emisiones registradas ante las Naciones Unidas.

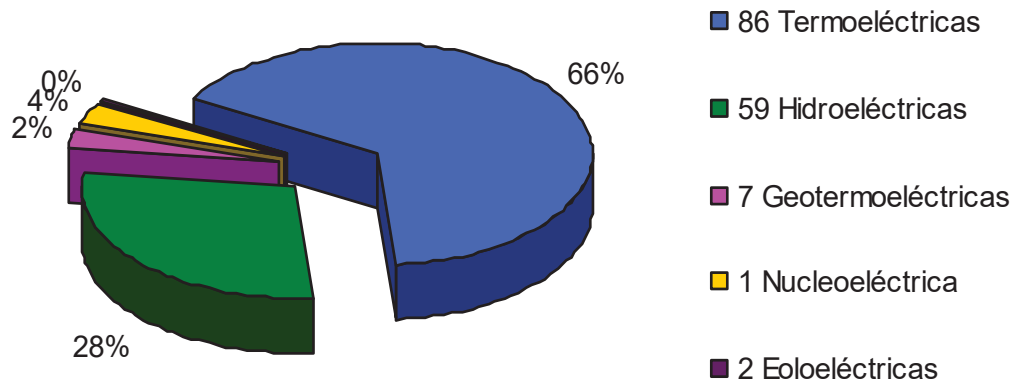
Si tomamos en cuenta exclusivamente la infraestructura de la CFE destinada a la generación (centrales en servicio) y la clasificamos por su fuente de producción, quedaría de la siguiente manera:

**Tabla 1.** Características de las Centrales Eléctricas de la CFE

No. centrales	Tipo de generación	Capacidad efectiva (MW)
106	Termoeléctricas	25322.11
61	Hidroeléctricas	11054.00
7	Geotermoeléctricas	964.50
1	Nucleoeléctrica	1364.88
2	Eoloeléctricas	85.48
<b>177</b>		<b>38,790.97</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de CFE. 2008

**Figura 4.** Distribución de Generación de Energía Eléctrica por Tecnología



Datos basados en la capacidad efectiva de las unidades de generación (MW)

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la página

[http://www.cfe.gob.mx/QuienesSomos/publicaciones/genElectricidad/Paginas/Generacion deelectricidad.aspx](http://www.cfe.gob.mx/QuienesSomos/publicaciones/genElectricidad/Paginas/Generacion%20deelectricidad.aspx). 2009

La Tabla 1 y la Fig. 4 muestran que actualmente la CFE tiene un total de 177 centrales de generación eléctrica con una capacidad de producción de 38791 MW, y donde la principal tecnología de producción es la termoeléctrica con el 60% de las

centrales actuales, las cuales utilizan combustible fósil (vapor, carbón, gas, etc.) para su proceso productivo, y por ende emanan una mayor cantidad de emisiones de GEI a la atmósfera respecto al resto de las tecnologías del sector.

Sin embargo, existe otra tecnología de generación eléctrica que por la naturaleza de su proceso también produce aunque en menor medida que las termoeléctricas, una cantidad de emisiones a la atmósfera, pero contribuye al aumento de las concentraciones de GEI en la atmósfera y por ende al cambio climático, y que además, no se encuentra participando en ninguna de sus centrales para el mercado de carbono, me refiero a la geotermia.

## **B. La Geotermia en México**

### **1. Conceptos y generalidades**

La energía geotérmica es aquella en donde energía calorífica proveniente del núcleo de la Tierra, se desplaza hacia arriba en el magma que fluye a través de fisuras en rocas y que alcanza niveles cercanos a la superficie. Este tipo de yacimiento está asociado a fenómenos volcánicos y sísmicos, cuyo origen común son los movimientos profundos que ocurren continuamente entre los límites de las placas litosféricas en las que se divide la porción sólida más externa del planeta ([www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)).

Un yacimiento geotérmico tiene tres elementos principales (Ver Fig. 5):

- Fuente principal de energía el calor;
- Una cámara magmática en proceso de enfriamiento con un acuífero que tenga la permeabilidad suficiente para alojar agua meteórica; y
- Una capa-sello, cuya función es impedir que los fluidos geotérmicos se disipen totalmente en la superficie.

**Figura 5.** Esquema de un Yacimiento Geotérmico



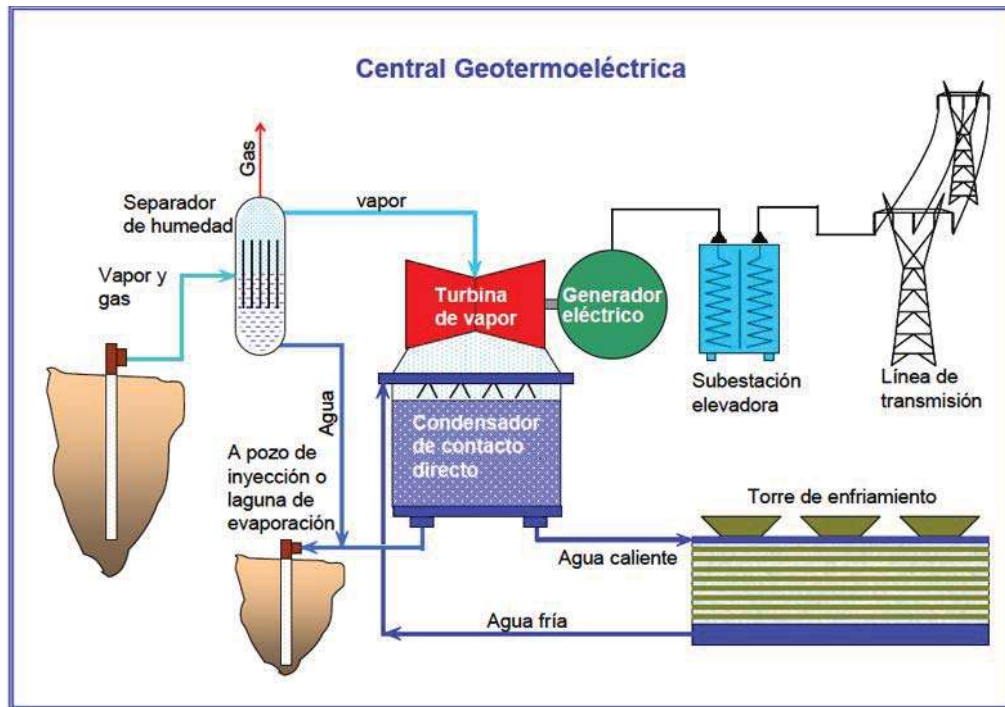
Fuente: <http://www.cfe.gob.mx/QuienesSomos/publicaciones/genElectricidad/Paginas/Generaciondeelectricidad.aspx>. 2009.

El vapor geotérmico o vapor endógeno, además de ser aprovechado en la generación de electricidad, también tiene una gran variedad de usos alternos de “usos directos”. Entre los mismos se pueden mencionar los siguientes: calefacción, procesado de alimentos, lavado y secado de lana, fermentación, industria papelera, producción de ácido sulfúrico, manufactura de cemento (Islandia y China), teñido de telas ([www.iie.org.mx/geotermia/informe1.doc](http://www.iie.org.mx/geotermia/informe1.doc)), etc.

Su proceso inicia a partir de la perforación de pozos estratégicamente localizados, en donde las aguas subterráneas que poseen una gran cantidad de energía térmica almacenada, se extraen a la superficie transformándose en vapor que se utiliza para generación de energía eléctrica.

Este tipo de central opera con los mismos principios a los de una termoeléctrica tipo vapor, excepto por la fuente de origen del vapor, que en este caso se extrae del subsuelo. La mezcla agua-vapor que se obtiene del pozo se envía a un separador; el vapor ya seco se dirige a la turbina donde se transforma la energía cinética en mecánica y ésta, a su vez, se transforma en electricidad en el generador (Ver fig. 6).

**Figura 6.** Esquema de una Central Geotérmica



Fuente: <http://www.cfe.gob.mx/QuienesSomos/publicaciones/genElectricidad/Paginas/Generaciondeelectricidad.aspx>. 2009

Durante el proceso de obtención de la materia prima o vapor endógeno, existe una parte del fluido que no es necesario para el proceso de generación de electricidad, ésta es el agua que se envía directamente a una laguna de evaporación. Es aquí, donde al mismo tiempo se desecha también una parte del fluido que no entra al proceso, al cual se le denomina "gases incondensables", los cuales se descarga a través de un silenciador o chimenea a la atmósfera. El contenido de este gas, es en su mayoría bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), seguido de otros componentes amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), entre otros. La composición exacta varía dependiendo el tipo de yacimiento que se trate.

## 2. Aspectos Ambientales

La energía geotérmica se considera una fuente de energía limpia. Ya que el impacto ambiental de los desarrollos geotérmicos se puede eliminar *casí* completamente.

Las plantas geotermoeléctricas *generan aproximadamente un sexto del CO<sub>2</sub>* que producen las plantas que queman *gas natural* y prácticamente no producen óxidos de nitrógeno o de azufre.

De acuerdo con información del Instituto de Investigaciones Eléctricas ([www.iie.gob.mx](http://www.iie.gob.mx)), por cada 1,000 MWe generados con geotermia, se evita la emisión anual a la atmósfera de aproximadamente 3.5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> y 860 toneladas de diversas partículas contaminantes de las plantas que queman gas.

Sin embargo, aunque las emisiones se reducen en gran volumen, el problema no está resuelto. Ya que las emisiones remanentes continúan descargándose directamente a la atmósfera y contribuyendo al cambio climático, situación que se puede corroborar en la siguiente tabla, donde se exponen las emisiones de cada tipo de fuente de generación eléctrica.

**Tabla 2.** Impacto Ambiental del Uso de la Geotermia en el CGLA vs Otras Fuentes

Centrales termoeléctricas en base a:	Emisiones a la atmosfera en kg/MWh			
	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S
Carbón, promedio	1.96	4.72	994.71	0.00
Petróleo, promedio	1.82	5.45	759.09	0.00
Gas natural, promedio	1.34	0.01	550.25	0.00
<b>Vapor geotérmico, Los Azufres</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>221.19</b>	<b>2.92</b>

Fuente: Recursos geotérmicos para generar electricidad en México, obtenido de la página

[http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art91/dic\\_art91.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art91/dic_art91.pdf)

Por lo tanto es evidente que el uso de vapor geotérmico para generar electricidad reduce el impacto ambiental que esta provoca comparado con cualquier otra fuente, excepto las plantas hidroeléctricas y eoloeléctricas.

### 3. Campos Geotérmicos en México

Actualmente existen cuatro campos geotérmicos en funcionamiento: Cerro Prieto, Los Azufres, Los Humeros y Las Tres Vírgenes (Ver Fig. 7). Estos en conjunto producen 70.22 millones de toneladas de vapor endógeno al año<sup>1</sup>, lo que significa que si tomáramos como base ejemplificativa que el 3% se descarga como gas de desecho a la atmósfera, estaríamos hablando de 2.10 millones de toneladas de emisiones por año, lo cual multiplicado por un precio 7 euros (precio del CER pactado para la Venta II) equivaldría a casi 15 millones de euros, beneficio que se están dejando de ganar, ya que ninguno de los cuatro campos ha inscrito algún tipo de proyecto ante los organismos internacionales de participación en el mercado de carbono.

Figura 7. Campos Geotérmicos en México



Fuente: Recursos geotérmicos para generar electricidad en México, obtenido de la página [http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art91/dic\\_art91.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art91/dic_art91.pdf) 2008

Tomando en cuenta los datos anteriores podemos destacar que el área de geotermia de la CFE que tiene un importante potencial de reducciones de GEI para poder

<sup>1</sup> Información obtenida del Área de Ingeniería de Yacimientos de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos de la CFE Morelia, Michoacán. 2008

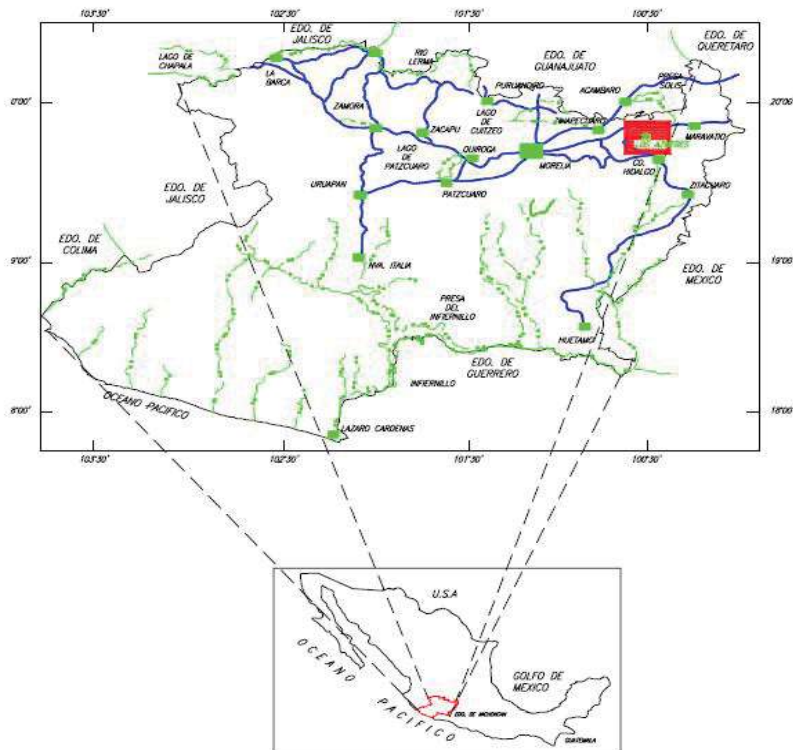
transar en el mercado del carbono, a través del potencial de sus cuatro campo geotérmicos actualmente en funcionamiento, pero principalmente en aquellos que tienen mayor número de emisiones derivado de su alto volumen de producción.

Es por esto que de acuerdo a los resultados que se obtendrán respecto a los beneficios adicionales que representa el comercio de bonos de carbono en la Central Eoloeléctrica La Venta II, se establece una propuesta, tomando como referencia al Campo Geotérmico Los Azufres (CGLA), ya que es el segundo campo en orden de volumen de producción de vapor en México y por ende segundo mayor emisor de GEI y quien además no ha desarrollado una iniciativa de reducción de emisiones en un MDL.

#### **4. Campo Geotérmico Los Azufres**

El Campo Geotérmico de Los Azufres (CGLA) se localiza en la sierra de San Andrés, en el límite oriental del estado de Michoacán, a 80 km al oriente de la ciudad de Morelia y 250 km de la ciudad de México (Fig. 8). Cuenta con dos caminos de acceso, construidos y preservados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE): uno al norte, entronca con la carretera federal No.12 Morelia-México, y el segundo, al sur, entronca con la carretera federal No.15 Morelia-Ciudad Hidalgo. Está enclavado en un complejo volcánico a una elevación promedio de 2800 metros sobre el nivel del mar. La zona es boscosa, considerada desde 1979 zona de protección forestal. El sector estudiado comprende un área de 56 km<sup>2</sup>, con las siguientes coordenadas UTM: norte: 2'194,000; sur: 2'187,000; este: 328,000; oeste: 320,000 (Torres, 2007) (Ver Fig. 8).

**Figura 8.** Localización del Campo Geotérmico Los Azufres, Michoacán



Fuente: Torres, (2007). Proyecto Azufres III 75 MW. Localizado en la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos.CFE. Morelia, Michoacán.

En 1982 inició la explotación comercial del campo, con la instalación y puesta en servicio las primeras 5 unidades turbogeneradoras a contrapresión, de 5 MW cada una, y se fue incrementando en forma gradual hasta el 2003, cuando fueron puestas en servicio 4 unidades de 25 MW.

Actualmente, la capacidad instalada es de 188 MW, consistiendo en 14 unidades distribuidas de la siguiente manera: cinco en la zona sur alimentadas por el vapor de un grupo de 18 pozos productores, dos unidades de ciclo binario utilizando la salmuera residual y siete unidades en la zona norte alimentadas por el vapor de 22 pozos. Para mantener operando las unidades se produce anualmente 14 millones de toneladas de vapor endógeno, en promedio, y 6,9 millones de toneladas de salmuera que son inyectadas en el yacimiento a través de 6 pozos inyectores, con la finalidad de recargar el mismo y además evitar impactos negativos en el medio ambiente.

A la fecha se han perforado 80 pozos con una profundidad de 600 a 3500 m de los cuales se tienen en su mayoría productores, inyectores, de monitoreo, entre otros (Ver tabla 3).

**Tabla 3.** Pozos Construidos en el CGLA

Productores integrados	Inyectores Integrados	No productores	Monitoreo	Exploratorios	Abandonados
42	6	21	4	2	5

Fuente: Torres, (2007). Proyecto Azufres III 75 MW. Localizado en la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos.CFE. Morelia, Michoacán.

Con la finalidad de mostrar a la CFE los beneficios del comercio internacional de bonos de carbono, se propone una alternativa en donde se reduzcan las actuales emisiones de GEI que desfogan en los silenciadores de los pozos productores, lo que equivale a 420,000 t/año. Estos gases de acuerdo a su composición, nos muestra que en su mayoría presentan la siguiente composición:

**Tabla 4.** Composición de Gases Incondensables del Vapor Endógeno

Gas	%	Cantidad (t/año)	GEI
Bióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	97	407,000	Si
Acido Sulfhídrico (H <sub>2</sub> S)	2.5	10.5	No
Amonio	1.3	5.5	No
Otros	1.2	5.0	No

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos de la CFE. 2009

Este dato nos indica que si el campo geotérmico lograra la reducción de las actuales emisiones GEI, podría significar su participación en mercado internacional de carbono, y con ello obtener beneficios económicos, sociales y ambientales que derivan de él.

Por ello, este trabajo tendrá el propósito de mostrar las oportunidades financieras que el comercio internacional de bonos de carbono a partir de la reducción de emisiones en el CGLA ubicado en el estado de Michoacán podrá obtener a partir de un proyecto de reducción de emisiones actuales. Propósito que se plantea y justifica a partir de los fundamentos principales para el estudio de este problema de investigación, y que se muestra a continuación:

### **C. Problema de Investigación**

El problema encontrado y establecido para esta investigación, se estableció a manera de pregunta, por lo que tenemos:

¿De qué manera el Campo Geotérmico Los Azufres, Michoacán, puede obtener los beneficios financieros del comercio internacional de bonos de carbono?

### **D. Objetivos**

Realizar una propuesta para que el Campo Geotérmico Los Azufres, Michoacán, obtenga los beneficios financieros del mercado internacional de bonos carbono.

### **E. Hipótesis**

La participación del Campo Geotérmico Los Azufres, Michoacán, en el comercio internacional de bonos de carbono, determina beneficios financieros positivos para la paraestatal.

## **F. Variables**

### Dependiente:

- Beneficio financiero

### Independiente:

- El comercio internacional de bonos de carbono

## **G. Justificación**

El cambio climático (CC) es una externalidad negativa propiciada principalmente por los países desarrollados, afectando la atmósfera del planeta de manera global. Es por ello que los institutos internacionales, con el fin de evitar repercusiones mayores, implementó una serie de mecanismos que compensan económicamente aquellas entidades quienes reducen las emisiones contaminantes a la atmósfera, pero, quienes rebasan los límites permisibles de contaminación, deben a su vez compensar por las repercusiones negativas de sus actividades. Logrando un acuerdo denominado protocolo de Kioto (PK) en donde se establecen las figuras que lo conforman, el tipo de compromiso adquirido y la forma de poder alcanzar las obligaciones de reducción de contaminantes a través del denominado mercado del carbono (MC).

Dentro de la clasificación de los mayores emisores de GEI causantes del cambio de la composición original de la atmósfera, se encuentra la producción de energía eléctrica, representado en México el 13% de la emisión total de dichos gases. Estas emisiones (pensando que todas pertenecen a GEI), transformadas en “permisos de contaminación” o bonos, en el mercado internacional de carbono equivalen a un ingreso aproximado de 800 millones de euros (tomando en cuenta un precio de €7), ingreso que podría traducirse en innovación tecnológica, gestión del conocimiento, investigación y desarrollo, entre otros.

En México las técnicas de generación eléctrica son variadas, de entre ellas la geotermia es una de las formas más limpias de producir electricidad, sin embargo como parte de su proceso, desechan una cantidad importante de gases principalmente CO<sub>2</sub>. Lo cual representa la oportunidad de participación en el Mercado del Carbono por parte del sector y con ello la posibilidad de obtener los beneficios que otorga dicho comercio y, por otra parte la paraestatal (CGLA) puede contribuir con la reducción de las emisiones de gases contaminantes posibles causantes de cambio climático.

Existen cuatro campos geotérmicos actualmente en funcionamiento: Cerro Prieto, Los Azufres, Los Humeros y Las Tres Vírgenes. El Campo Geotérmico los Azufres, se encuentra localizado en el estado de Michoacán. Este es el segundo campo geotérmico con mayor producción de vapor y por ende importante emisor de desechos a la atmósfera. El potencial estimado de dicho campo es de 188MW para lo cual requiere 14 millones de toneladas de vapor endógeno al año para poder cubrir las necesidades de generación requerida. De los 14 millones de toneladas aproximadamente el 3% se emite como producto de desecho a la atmósfera. Si dicho campo participara con un proyecto o MDL en el comercio internacional del carbono, podría obtener un ingreso adicional importante para el desarrollo del campo y además posicionarse como una empresa comprometida con el medio ambiente y tecnológicamente a la vanguardia.

En el caso de la Central de La Venta II, es un claro ejemplo de los beneficios de dicho comercio, siendo el único proyecto MDL registrado ante la junta ejecutiva de las Naciones Unidas por parte de la CFE (Ver capítulo 2).

El comercio internacional de bonos de carbono le permite actualmente a la Venta II participar con la reducción de 180,000 tCO<sub>2</sub> al año de emisiones a la atmósfera, con lo cual recauda un ingreso aproximado anual de 1,260,000 euros/año, equivalente al 11% de sus ventas anuales por concepto de energía eléctrica. Además de haber obtenido 10 millones de pesos por parte del Banco Mundial para el desarrollo del proyecto.

Es así como se demuestra que este mercado se encuentra muy poco explotado y sus beneficios no solo se demarcan en el aspecto financiero, sino en el cuidado ambiental, desarrollo tecnológico, humano y otros aspectos que representan los beneficios del mercado del carbono. Sin embargo, con fines de demostrar la base financiera del mercado del carbono en un MDL del sector eléctrico, este trabajo propone estudiar los beneficios financieros potenciales del mercado del carbono en el sector eléctrico mexicano, estudiándolo de manera particular en el Campo Geotérmico Los Azufres; con el objetivo de dar a conocer los ingresos que no se están aprovechando por el comercio internacional en la paraestatal, y de igual manera mostrar la contribución ambiental, resultado de la reducción de GEI emitidas a la atmósfera que se podrían establecer a través de la modalidad de comercio como MDL en todas y cada una de las centrales, principalmente las de utilización de combustible fósil.

## **H. Método**

Este trabajo de investigación se lleva a cabo a partir del método científico, el cual, debido a la naturaleza de los objetivos y del alcance que se pretende obtener del mismo llevará un enfoque cuantitativo, ya que se establecen claramente las variables, las cuales se medirán a través de indicadores de desempeño. De igual manera el tipo de estudio establecido es hipotético-deductivo que se pretende probar una hipótesis previamente establecida a través de un proceso de recolección controlado del objeto de investigación acotado y el resultado se establece a través de un modelo económico del beneficio financiero (Gómez, 2004), cuyos resultados podrían generalizarse hacia los campos geotérmicos con características semejantes.

De esta manera, este trabajo se realiza tomando como base el modelo de Neil J.Salkind (Salkind, 1999), denominado como el ciclo de la investigación científica, a donde se establecen los siguientes pasos:

Pasos previos

Paso 1. Formulación de un problema.

- Paso 2. Identificar factores importantes.
- Paso 3. Formulación de hipótesis de investigación
- Paso 4. Recopilación de la información.
- Paso 5. Probar la Hipótesis.
- Paso 6. Trabajar con la hipótesis.
- Paso 7. Reconsiderar la teoría
- Paso 8. Formular nuevas preguntas.
- Paso 9. Crear una conclusión para el tema.

A continuación se describe cada uno de los pasos:

### *Pasos previos*

La formulación del problema siempre precisa de dos pasos anteriores:

- La selección de una idea o tema a investigar. En el cual la idea para la presente fue basarse en el área ambiental, debido a la novedad e importancia del tema.
- Realizar una investigación exploratoria de ese tema. Siendo la presente una investigación dirigida hacia el aspecto del Cambio Climático, se dio a la tarea de realizar una vasta investigación del estado del arte al respecto.

### *Paso 1. Formulación de un problema.*

De acuerdo al autor este paso consiste en formular un problema de investigación planteando una pregunta que será el fruto de la investigación (sin ambigüedad), la base para el marco teórico.

En investigación, el planteamiento de la pregunta o problema involucra tres pasos, los cuales fueron elaborados e incorporados a la investigación:

- Establecimiento de los objetivos de investigación.

- Justificar la investigación (Dar razones de la utilidad de la investigación)

### *Paso 2. Identificar factores importantes.*

Esto significa identificar:

- Los factores que forman parte del problema, es decir, que lo describen.
- Los factores que están correlacionados con él.
- Los factores que inciden en él precisando sus relaciones causales.

Estos factores básicamente se refieren a las variables que se establecen a la investigación.

### *Paso 3. Formulación de hipótesis de investigación*

Una hipótesis es una conjetura, una respuesta posible a la pregunta que se formuló como problema de investigación. Las hipótesis se expresan en la forma de una afirmación que describe una variable o relaciona dos o más variables.

### *Paso 4. Recopilación de la información.*

Consiste en la búsqueda de los datos que permitirán confirmar o refutar una hipótesis. Una búsqueda indebida de confirmación de las hipótesis puede dar lugar a investigaciones sesgadas, contrarias a investigaciones fiables.

La recopilación de información se debe realizar en base a dos aspectos:

La *recopilar la información teórica*, que vendría siendo el Marco teórico de nuestra investigación; información que se obtuvo a partir de la revisión exhaustiva de teorías, informes de investigaciones anteriores, datos encontrados en la web, libros especializados, etc.; y por otra parte;

La *recopilación de datos prácticos*, que vendría siendo toda la información derivada de un proceso experimental, tal como el cálculo de resultados, estimación de datos, etc. es así como para esta investigación, este proceso se lleva a cabo de en base a algunas técnicas, tal como:

- Un cuestionario para un alto ejecutivo de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos encargado del diseño de proyectos, establecimiento de MDL's, y del manejo, análisis y resguardo de la información de las centrales de generación de energía renovable (Ver Anexo 1); el cual tendrá la finalidad de recopilar la información necesaria respecto a los datos de la CELV II y del CGLA.
- Información de las centrales de la red eléctrica nacional obtenida de la web, CENACE (Centro Nacional de Control de Energía), Point Carbon y el IFAI (Instituto de Federal del Acceso a la Información).

Una vez obtenidos los datos necesarios para llevar a cabo la parte práctica de la investigación, se manejarán los datos para lograr establecer una estimación de reducción de emisiones para el CGLA y la determinación del beneficio en el comercio internacional de dichas reducciones, para lo cual se utilizan las siguientes técnicas:

- Para la estimación de la línea base de emisiones y el número de emisiones reducidas finales, se utilizará la metodología autorizada por la UNFCCC para el establecimiento de dicha línea para el caso de centrales geotérmicas, la cual se denomina: "Metodología consolidada de línea base para la red interconectada de generación eléctrica para fuentes renovables (ACM0002).

En base a lo anterior se procede con la medición, cálculo y estimación de las emisiones reducidas para el CGLA, con lo cual completaremos el cuarto capítulo.

#### *Paso 5. Probar la Hipótesis.*

Una vez obtenida la información necesaria para poder llevar a cabo la parte práctica o experimental de nuestra investigación, el siguiente paso consiste en contrastar o comparar las hipótesis propuestas con la información real obtenida en el proceso de la recopilación de datos.

Este paso se realiza a través de la determinación del beneficio financiero del proyecto de reducción de emisiones se utilizará una hoja de cálculo de excel, en donde se vaciaran los datos obtenidos del número de reducciones obtenidas, así como el valor

del precio establecido a partir de la literatura en diferentes escenarios. Siendo precisamente este paso, el más importante para determinar la aceptación o refutación de la hipótesis principal de la investigación.

A continuación se realizará un análisis Beneficio/Costo mediante una hoja de cálculo de Excel en el cual, partiendo de los resultados obtenidos de la estimación del beneficio y los datos financieros del proyecto Los Azufres III, se obtendrán el valor presente neto (VPN), el valor de la tasa interna de retorno (TIR) del proyecto y el valor de la razón Beneficio/Costo del mismo, con el cual se pretende establecer un panorama más completo de la situación real del proyecto propuesto.

*Paso 6. Trabajar con la hipótesis.*

Los resultados de una investigación se expresan mediante índices aritméticos tales como frecuencias absolutas, porcentajes o tasas, índices de correlación, etc. y se muestran en tablas de frecuencias, gráficos, etc. de tal manera que se pueda extraer una conclusión.

*Paso 7. Reconsiderar la teoría.*

La naturaleza misma de las teorías empíricas es que pueden modificarse según los resultados de las investigaciones futuras. En este sentido, la confirmación o la refutación de una hipótesis es una contribución más en la construcción de una teoría, contribuyendo de forma general en la ciencia misma.

*Paso 8. Formular nuevas preguntas.*

La confirmación o refutación de una hipótesis es una plataforma para plantear nuevas preguntas de investigación o mejorar, actualizar o sustituir las conclusiones obtenidas de la fuente respectiva. Es precisamente en donde nuestro trabajo intenta ir más allá de establecer una solución a un problema encontrado, ya que se encuentran nuevas preguntas de potencial investigación para aquellos que estén interesados en esta línea de investigación en el apartado denominado discusión.

*Paso 9. Crear una conclusión para el tema.*

A partir de toda la información recopilada en el transcurso de la investigación, se crea una opinión de los detalles importantes de la investigación por la persona que la haya realizado, en la cual se encuentra el punto de vista del investigador, los detalles de la investigación, etc.

Es así como se establece el método científico con el ciclo de la investigación científica de Salkind (Salkind, 1999), con el cual se aprovecha a establecer el diseño de la investigación correspondiente a la presente.

El siguiente paso corresponde a ilustrar de manera más específica la operacionalidad de hipótesis establecida.

## **I. Operacionalización de variables**

Una vez establecidos todos los fundamentos de la investigación, se procede a Operacionalizar la hipótesis, de tal modo la estructura como tal se pueda contextualizar en forma cuantitativa. Por lo que a continuación se define la matriz de congruencia (ver tabla 5).

**Tabla 5. Matriz de congruencia**

Identificación	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicadores
¿De qué manera el Campo Geotérmico Los Azufres, Michoacán, puede obtener los beneficios financieros del Comercio Internacional de bonos de carbono?	Realizar una propuesta para que el Campo Geotérmico Los Azufres, Michoacán, obtenga los beneficios financieros del mercado internacional de bonos de carbono.	La participación del Campo Geotérmico Los Azufres, Michoacán, en el comercio internacional de bonos de carbono, determina beneficios financieros positivos para la paraestatal.	<b>Variable dependiente</b>  El beneficio financiero	<i>Beneficio financiero</i>  "Los beneficios son los ingresos netos, esto es la diferencia entre las ventas totales y los costes totales".  (Samuelson y Nordhaus, 2005)	De Beneficio financiero:  • Ingreso neto
			<b>Variable independiente</b>  El comercio internacional de bonos de carbono.	<i>Comercio internacional de bonos de carbono</i>  "Los bonos de carbono son las reducciones de emisiones certificadas internacionalmente que serían los títulos intercambiados en las transacciones que ocurren dentro de este mercado internacional"  (Acquella, 2001)	Para el Comercio Internacional de bonos de Carbono.  • El número de Reducciones emitidas potenciales • Precio del CER en el mercado • Costos de transacción del proyecto MDL

## **CAPÍTULO 1.**

### **MARCO TEÓRICO**

Este capítulo se encarga de explicar ampliamente las teorías de diferentes autores respecto a las bases en las que se fundamenta la presente investigación, partiendo de un problema del tipo ambiental, como lo es la contribución que hacen las empresas al cambio climático por la emisión de gases efecto invernadero (GEI) en sus procesos productivos, siendo el objeto de estudio el Campo Geotérmico Los Azufres (CGLA) en su proceso de generación de energía eléctrica dentro de un proceso geotérmico. En segunda instancia, se realiza la vinculación del aspecto ambiental con un proceso de compra venta de “permisos de contaminación” o también denominados bonos de carbono en el mercado internacional denominado mercado del carbono (MC), basado en las teorías de bienes públicos, externalidades y las acciones que apoyan la minimización de fallas de mercado, y de esta manera, cómo el mercado del carbono contribuye con un país en vías de desarrollo como México a través del beneficio financiero generado de dicho intercambio.

# El Comercio Internacional y su Relación con el Cambio Climático

## 1.1. El Cambio Climático

El “efecto invernadero” es un fenómeno natural que permite la vida en la Tierra. Es causado por una serie de gases que se encuentran en la atmósfera, provocando que parte del calor del sol que nuestro planeta refleja quede atrapado manteniendo la temperatura media global en +15° centígrados, favorable a la vida, en lugar de -18 ° centígrados, que resultarían en la ausencia de dicho fenómeno (Aversano, 2006) (Ver Fig. 9).

**Figura 9.** El Efecto Invernadero y el Calentamiento Global



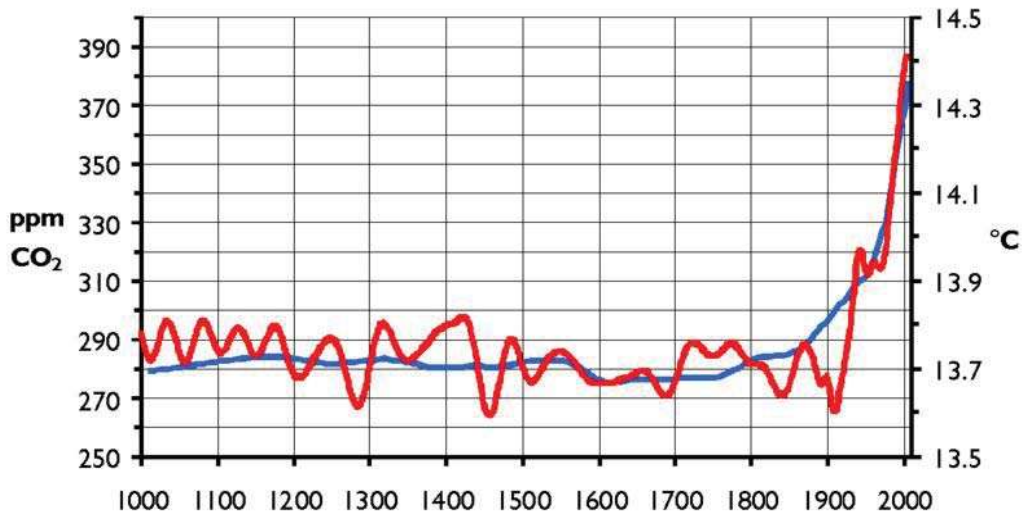
Fuente: <http://thecarbonfunds.com/panoramaambiental/efectoinvernadero.html>

Durante muchos millones de años, el efecto invernadero natural mantuvo el clima de la Tierra a una temperatura media relativamente estable y permitía que se desarrollase la

vida. Los gases invernadero retenían el calor del sol cerca de la superficie de la tierra, ayudando a la evaporación del agua superficial para formar las nubes, las cuales devuelven el agua a la Tierra, en un ciclo vital que se había mantenido en equilibrio.

Sin embargo, el incremento de la concentración de GEI en la atmósfera terrestre está provocando alteraciones en el clima. Alteraciones que coinciden con el hecho de que las emisiones de GEI han sido muy intensas a partir de la Revolución Industrial, momento a partir del cual la acción del hombre sobre la naturaleza se hizo intensa. Ya que el nivel actual de gases invernadero en la atmósfera equivale a unas 430 partes por millón (ppm) de CO<sub>2</sub>, en comparación con 280ppm solamente con anterioridad a la Revolución Industrial (Ver Fig. 10). Estas concentraciones han llevado ya a un calentamiento del planeta de más de medio grado Celsius y resultará en otro medio grado de calentamiento durante las próximas décadas, como resultado de la inercia en el sistema climático (Stern, 2007).

**Figura 10.** Concentración de CO<sub>2</sub> en la Atmósfera y la Temperatura Media Global de los Últimos 1000 Años.



Fuente: Aversano, 2006.

Debido a que las concentraciones de GEI en la atmósfera han crecido rápidamente, como consecuencia de la intensidad de actividades industriales y agrícolas que viene realizando el hombre, esto ha resultado en la limitación de la capacidad regenerativa

de la atmósfera para eliminar el CO<sub>2</sub> (principal responsable del efecto invernadero), y por consecuencia el aumento de la temperatura global. Esto ha iniciado una serie de afectaciones que van desde las pérdidas materiales hasta las humanas.

### 1.1.1. Los Gases Efecto Invernadero

Los GEI son aquellos gases con potencial de calentamiento (ver glosario de términos). En el protocolo de Kioto, se indica seis gases a reducir y cada uno de ellos tiene un potencial diferente (Ver tabla 6).

**Tabla 6.** Clasificación y Potencial de Calentamiento de los GEI

GEI	Fuente	Potencial de calentamiento
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	-Combustión de carburantes fósiles (petróleo, gas, hulla) y madera -Erupciones volcánicas	1
Metano (CH <sub>3</sub> )	-Descomposición anaeróbica de vegetales en tierras húmedas (pantanos, ciénagas, arrozales) -combustión de biomasa -venteo de gas natural	21
Oxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	-Prácticas agrícolas (uso de fertilizantes nitrogenados) -Combustión de combustibles fósiles (motores)	310
Hidrofluorocarbonados (HFCs)	-Emitidos en procesos de manufactura y usados como refrigerantes	140 -11,700
Perfluorocarbonados (PFCs)	Emitidos en procesos de manufactura y usados como refrigerantes	6500-9200
Hexafloruro de Azufre (SF <sub>6</sub> )	Emitido en procesos de manufactura donde se usa como fluido dieléctrico.	23900

Fuente: Benavides, (2007) localizado en la página

<http://www.cambioclimatico.gov.co/documentos/notatecnicagasesefectoinvertado.pdf>

### 1.1.2. Los Efectos del Cambio Climático

Existen algunos estudios que muestran los impactos económicos y no económicos del cambio climático, si todos los países (incluidos Estados Unidos y China) no

contribuyen a revertir el proceso en poco menos de 100 años, cambiaría la economía y la calidad de vida humana de manera permanente.

### **1.1.2.1. Las Consecuencias No Económicas**

Son aquellas que son medibles a través del impacto que sobre el medio ambiente y la disponibilidad de los recursos naturales.

El cambio climático incidirá sobre los elementos básicos de la vida humana en distintas partes del mundo: acceso a suministro de agua, producción de alimentos, salud y medio ambiente. A medida que se va produciendo el calentamiento del planeta, cientos de millones de personas podrían padecer hambre, escasez de agua e inundaciones costeras.

De no adoptarse medidas para reducir las emisiones, la concentración atmosférica de GEI podría alcanzar el doble de su nivel industrial para el 2035, con lo que la temperatura media del planeta experimentaría un aumento de más de 2°C y más aun, en un plazo más largo, existiría más del 50% de probabilidad de que el incremento en la temperatura superara los 5°C. Este aumento sería altamente peligroso, puesto que equivaldría al cambio ocurrido en la temperatura media desde la última glaciación hasta nuestros días. Esta radical transformación de la geografía física del mundo llevaría por necesidad a importantes cambios en la geografía humana: lugares de asentamiento de la población y manera como se desenvuelven sus vidas.

Es por ello, que debe tomarse en cuenta los estudios que nos muestran algunas de las posibles consecuencias de continuar emitiendo gases a la atmósfera pasivamente. Siendo este el caso de:

“La economía del cambio climático” escrito por Nicholas Stern, muestra entre otros aspectos las diversas consecuencias que podrían experimentarse a medida que el mundo emita una mayor cantidad de GEI. Por ejemplo, el siguiente cuadro muestra la gama de temperaturas proyectada a niveles de estabilización de entre 400 ppm y 750ppm de CO<sub>2</sub>e en equilibrio (hay que tomar en cuenta que el nivel actual de GEI es

de 430 ppm), respecto a la gama de repercusiones esperadas a distintos niveles de calentamiento. El autor destaca que la relación entre los cambios térmicos medios globales y los cambios climáticos regionales es muy incierta, particularmente, por cuanto respecta a los cambios en las precipitaciones (Ver Fig. 11).

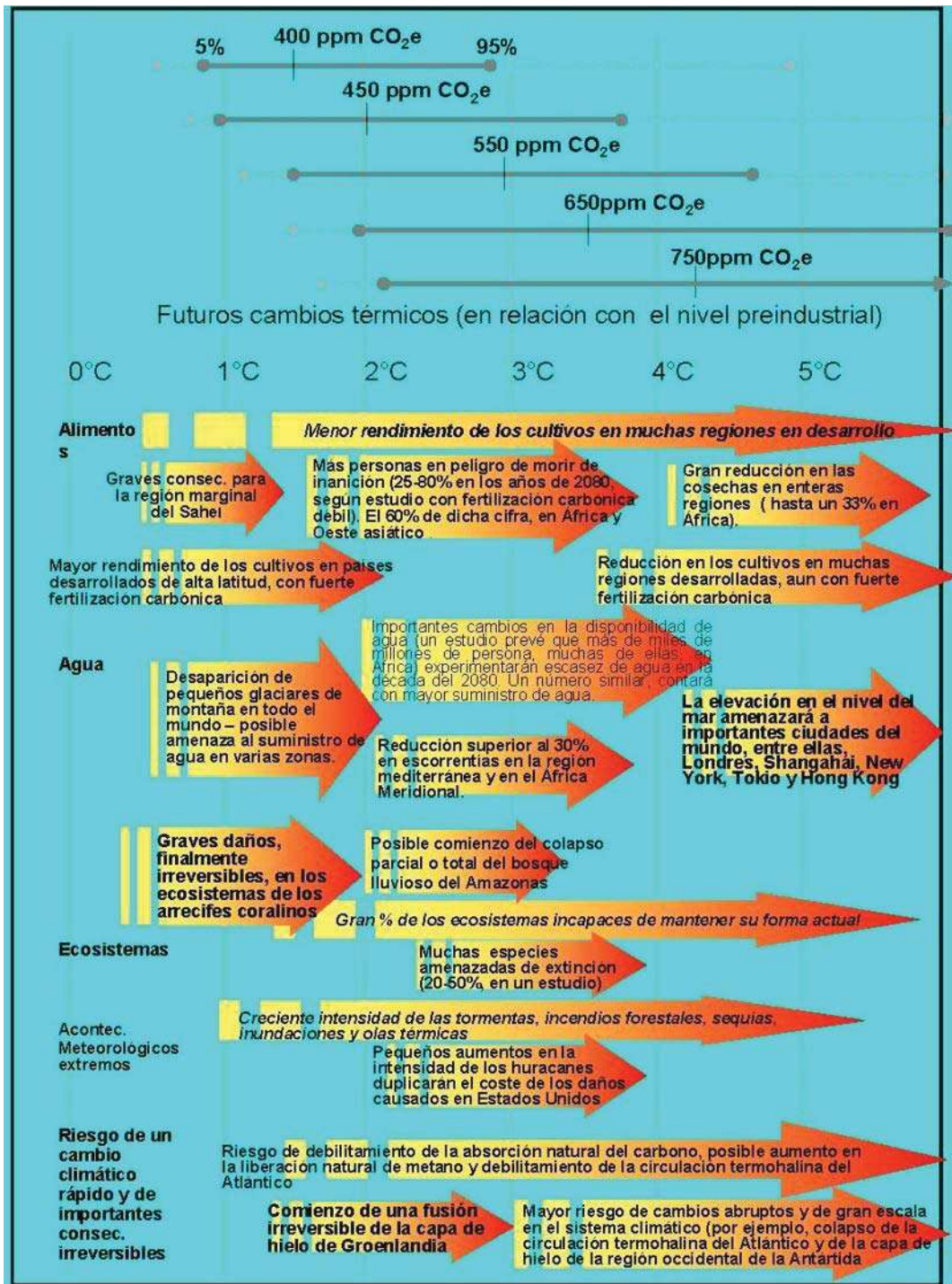
Las principales consecuencias mostradas en la figura 11, estiman que podrían recaer en aspectos básicos para la subsistencia humana, tales como los alimentos, el agua; y algunos otros que disminuirán la calidad de vida o la vida misma del hombre, estos se refieren a los cambios en los ecosistemas, diversos acontecimientos meteorológicos extremos y en consecuencias irreversibles en el sistema climático. Estas consecuencias afectará de manera diferente en cada lugar del planeta y los países más afectados serán aquellos en vías de desarrollo y las comunidades más pobres, ya que para ellas las sequías, inundaciones y tormentas suelen ser experiencias terribles al poner en riesgo su vida debido a su alta dependencia de los recursos naturales que las rodean y su limitada posibilidad de adaptación a las futuras condiciones climáticas sin ayuda externa.

Otra información establece que los impactos del cambio climático recaerán principalmente sobre el sector más vulnerable, y el nivel variarán según el contexto geográfico, características económicas de la región, aspectos sociales y culturales; prioridades y preocupaciones de los individuos, modos de vida, así también como la fuerza de las instituciones y las políticas vigentes del mismo (African, 2003).

Las consecuencias de las comunidades y sus pobladores concuerdan a estudios posteriores, los cuales son:

1. Servicios y Bienes Ambientales (African, 2003);
2. Suministro de Agua (African, 2003);
3. Agricultura y por ende la Seguridad Alimentaria (African, 2003);
4. Nivel de Salud (African, 2003);
5. Desplazamiento Involuntario, Migraciones y Conflictos bélicos (African, 2003).

Figura 11. Impactos del Cambio Climático



Fuente: Stern review: The Economics of Climate Change obtenido de la pagina [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/media/4/3/Executive\\_Summary.pdf](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/media/4/3/Executive_Summary.pdf)

## 1. Servicios y Bienes Ambientales

Las poblaciones pobres usualmente dependen directamente de los bienes y servicios provistos por los ecosistemas, tanto como fuente primaria como suplementaria de alimentos, forraje, material para la construcción y combustible. Mientras que las condiciones sociales y económicas los conducen a áreas marginales y los fuerza a explotar los recursos naturales, el cambio climático degrada la calidad de estos recursos y, por lo tanto, refuerza las condiciones de pobreza. Pero además, también se incluye la degradación de los residuos y contaminantes, los costos por la purificación del agua y el mantenimiento de la fertilidad del suelo.

## 2. Agua

La escasez de agua es actualmente un problema importante. Se proyecta que el cambio climático reduzca aún más su disponibilidad debido a un aumento en la frecuencia de sequías, aumento de la evaporación y cambios en los patrones de precipitación.

## 3. Agricultura y seguridad alimentaria

La degradación de la tierra, cambios en los precios y el crecimiento poblacional se plantean como las mayores preocupaciones a fin de sostener la productividad agrícola. Los cambios en la temperatura, precipitación y extremos climáticos se sumarán al estrés de los recursos agrícolas. Esto será particularmente serio en aquellas áreas donde las sequías y la degradación de la tierra, incluyendo la desertificación, son actualmente severos.

Por otro lado, en áreas donde la pesca constituye una significativa fuente de proteínas para las poblaciones, la reducción o migración del stock de peces debido al cambio climático, asociado esto a cambios en el ambiente marino, deberá ser considerado en su impacto sobre la seguridad alimentaria local.

#### 4. Salud

De acuerdo al reporte anteriormente citado el potencial impacto del cambio climático en la salud humana aumentará la vulnerabilidad y reducirá las oportunidades al interferir en la educación y la habilidad para trabajar. Es probable que el cambio climático tenga impactos directos así como también indirectos sobre la salud humana.

Un *efecto directo* de dicho impacto es el incremento de las enfermedades y muertes vinculadas con un aumento de la temperatura. La prolongación de intensas olas de calor combinadas con la humedad pueden incrementar los índices de mortalidad, particularmente entre los pobres y los ancianos. Otro impacto directo será el aumento de muertes y lesiones por eventos climáticos extremos tales como inundaciones, tormentas y deslizamiento de laderas.

Los *efectos indirectos* estarán dados por cambios en la temperatura y en la precipitación que pueden derivar en cambios de la distribución geográfica de enfermedades transmitidas por vectores como el chagas y la fiebre amarilla, entre otras, exponiendo a la población a este tipo de enfermedades.

#### 5. Desplazamiento involuntario, migraciones y conflictos

El efecto directo e indirecto del cambio climático y sus interacciones con otras vulnerabilidades y exposiciones ambientales pueden llevar a migraciones en masa debido a la degradación de recursos cruciales y a las amenazas a los medios de subsistencia.

Aunque tanto la gente como los sistemas parecen ser generalmente más vulnerables a cambios abruptos que a cambios graduales, los cambios climáticos a largo plazo pueden ser igualmente dañinos.

### 1.1.2.2. Efectos Económicos

El cambio climático representa un desafío único para la economía: es la falla de mercado más grande que se haya visto nunca. Esto se debe a que los emisores de GEI no pagan el costo total de las emisiones, ya que este es transmitido a la sociedad en la forma de CC. En consecuencia, se puede afirmar que debido esta falla existente, se asigna más recursos hacia actividades emisoras de GEI de los que se asignarían en un mercado eficiente.

Observando la importancia de este hecho, algunos investigadores se han dado a la tarea de establecer estudios importantes referentes a las implicaciones o consecuencias económicas o “del costo de no actuar”. El primero es el “Reporte Stern” (Stern, 2007), el cual fue solicitado como iniciativa del gobierno británico sobre las posibles consecuencias del cambio climático, en el cual señala existan diferentes escenarios en los que se puede medir el costo económico de la actividad pasiva ante el cambio climático, y muestra diferentes escenarios, pero uno de los más devastadores, indica que el coste económico podría representar pérdidas de hasta 20% del Producto Interno Bruto (PIB) mundial.

Los daños ocasionados por inundaciones, aumentos del nivel del mar, derretimiento de hielos y sequías, entre otros, podría ocasionar pérdidas equivalentes a 5 o 20% del PBI bruto mundial por año.

En los dos próximos siglos, el coste total del cambio climático asociado con emisiones en el escenario BAU (*Business As Usual*) llevará consigo consecuencias y un riesgo equivalente a una reducción media mínima del consumo mundial per cápita del 5%, en la actualidad y para siempre. Este coste del escenario BAU aumentaría aún más si el modelo tuviera sistemáticamente en cuenta tres importantes factores (Stern, 2007):

- En primer lugar, si se incluyera las consecuencias directas sobre el medio ambiente y sobre la salud humana (coste no comercial), el cálculo del coste total del cambio climático incrementa en este escenario del 5% al 11% del consumo global per cápita.

- En segundo lugar, si la reacción del sistema climático a las emisiones de GEI sea mayor de lo hasta ahora supuesto, debido, a la existencia de una retroacción amplificadora, (liberación de metano y el debilitamiento de los sumideros del carbono), entonces el coste del cambio climático en un escenario BAU aumentara del 5% al 7% del consumo global o del 11% al 14%.
- En tercer lugar, un porcentaje desproporcionado de la carga del cambio climático recae sobre las regiones pobres del mundo. Una ponderación apropiada de esta carga desigual haría que el coste global calculado del cambio climático con un calentamiento de 5-6°C fuera un 25% más alto que si no se tuviera en cuenta esta ponderación.

Por tanto el cambio climático en un escenario BAU equivaldría, a una reducción del 20% en el consumo per cápita.

Por otra parte, el reporte indica que existe una correlación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el PIB per cápita y, como resultado de ello, desde mediados de siglo XIX, Norteamérica y Europa han producido alrededor del 70% de todas las emisiones de CO<sub>2</sub>, mientras que las aportaciones de los países en desarrollo han sido inferiores al 25%. Sin embargo esta tendencia cambiará debido al rápido crecimiento poblacional, del PIB y creciente porcentaje de industrias con uso energético (caso China).

Otro estudio (Ackerman, 2008) que se tomara como referencia, muestra el costo para EUA de continuar con las tendencias actuales (BAU para Stern), los efectos podrían resultar principalmente en cuatro áreas de impacto: Daños por huracanes, pérdidas inmobiliarias, costos de energía y costos de agua.

Quienes en su conjunto en el mejor de los casos podría costarle de entre el 1.8 y el 3.6% del PIB de EEUU (Ver Tabla 7).

Este trabajo refleja (en un escenario BAU) que Estados Unidos tendrá una tendencia de incremento de los gastos en CC de manera permanente hasta el equivalente a 1,900 mil millones de dólares, equivalente al 1.84% del PIB anual del mismo, sin

embargo este escenario podría cambiar drásticamente según el nivel de crecimiento industrial. Además este costo solo representa las cuatro categorías descritas, si sumáramos todos los costos económicos e impactos no económicos, este valor podría incrementarse en no menor del 3.6% PIB.

**Tabla 7.** El Precio del Calentamiento Global 2025 al 2100

	Costo en miles de millones de dólares del 2006				Costo como porcentaje del PIB				Regiones de EE.UU que corren más riesgo
	2025	2050	2075	2100	2025	2050	2075	2100	
<b>Daños por huracanes</b>	\$10	\$43	\$142	\$422	0.05%	0.12%	0.24%	0.41%	Estados de las costas del Atlántico y el Golfo
<b>Pérdidas inmobiliarias</b>	\$34	\$80	\$173	\$360	0.17%	0.23%	0.29%	0.35%	Estados de las costas del Atlántico y el Golfo
<b>Costos de energía</b>	\$28	\$47	\$82	\$141	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	Sureste y Suroeste
<b>Costos de agua</b>	\$200	\$336	\$565	\$950	1.00%	0.98%	0.95%	0.93%	Estados del Oeste
<b>Subtotal de estos cuatro impactos</b>	<b>\$271</b>	<b>\$506</b>	<b>\$961</b>	<b>\$1873</b>	<b>1.36%</b>	<b>1.47%</b>	<b>1.62%</b>	<b>1.84%</b>	

Fuente: Ackerman, (2008) localizado en la página <http://www.nrdc.org/globalWarming/cost/contents.asp>

## 1.2. La Economía Ambiental

En los tiempos modernos donde la globalización gana los titulares de los medios de comunicación, parece mostrarnos una aparente falta de interés hacia la conservación del medio ambiente, pero en realidad no es así, una verdadera integración económica debe ir a la par de la implementación de medidas regulatorias que no coarten la actividad económica y que contribuyan a un desarrollo sustentable, además de una gestión ambiental en donde se vea implicada la ciudadanía, no como grupo de

presión, sino como personas partícipes al tomar decisiones con consecuencias ambientales.

Es precisamente en este esquema general donde la economía ambiental surge para buscar o por lo menos plantear vías favorables que conlleven a la optimización en la explotación de recursos naturales, cuyas reservas son escasas pero con usos diversos por los cuales hay que optar.

La economía ambiental abarca el estudio de los problemas ambientales empleando la visión y las herramientas de la economía. Para ello, una primera idea que se debería autocuestionar es ¿por qué causar el deterioro del medio ambiente?, para responder se puede hacer alusión a diversas causas, la más común, sería por una falta de respeto implícita en la cultura de la sociedad, la carencia de ética, o el simple posicionamiento de “no hacer nada”.

Las mejores propuestas para alcanzar la protección y preservación del medio, es la concientización de las personas en sus ámbitos de consumo, y de la responsabilidad inherente de las instituciones privadas y públicas a crear incentivos que conduzcan a los consumidores a tomar decisiones en una dirección determinada.

Las empresas deben implementar medidas estratégicas que evalúen los efectos sociales, tecnológico – culturales, económicos y ecológicos, que permitan crear una cultura ambiental, y olvidarse de ganancias que se obtengan a expensas del medio ambiente. Así como los grandes corporativos establecen un costo social, deberían comenzar a considerar un costo ambiental, en donde las actividades sean en pro del medio ambiente e inclusive complementario.

Por otro lado, no sólo las empresas son fuente de contaminación, los consumidores individuales contribuyen a esta problemática de una manera potencial, un ciudadano no cuenta con un registro contable que le permita conocer la utilidad o pérdida que le ocasiona contaminar, pero sí conoce las consecuencias de hacerlo.

Un aspecto que ha cobrado importancia en el campo de la economía ambiental es la correlación de los impactos del crecimiento económico en la calidad ambiental, esta problemática tiene infiltraciones serias en el comportamiento de los consumidores y en la planeación económica familiar.

No podemos hablar de un verdadero desarrollo económico si primero no revisamos las políticas en materia ambiental, la sociedad debe estar comprometida a buscar una representación democrática que exponga de manera clara las carencias que comparten y que comúnmente se agravan con el paso del tiempo.

Es por ello que el papel del economista ha cobrado importancia en la resolución de controversias al aplicar métodos de análisis como el de riesgo, costo-beneficio y el de costo-efectividad ([www.eumed.net](http://www.eumed.net))

### **1.2.1. Externalidades**

De acuerdo al Teorema de Coase ([www.eumed.net](http://www.eumed.net)), una externalidad o "efecto externo" se define como el beneficio o perjuicio que recibe un agente económico (ya sea consumidor o empresa) como consecuencia del acto de producción o consumo de un segundo agente económico. Así el receptor de la externalidad puede ser un consumidor o productor, y el emisor de la misma también, por lo que podemos tener cuatro tipos de externalidad:

1.- De productor a consumidor

Ejemplo: el humo que suelta la chimenea de una gran fábrica situada cercana al núcleo urbano de una ciudad, que afecta a la salud de los ciudadanos. También la vacuna desarrollada por una compañía farmacéutica que previene de enfermedades a muchas personas.

2.- De productor a productor

Ejemplo: la empresa papelera que contamina un río, que también es usado por una piscifactoría.

### 3.- De consumidor a productor

Ejemplo: el cambio de moda en el consumo de un nuevo tipo de coche, que incorpora una mejor tecnología, lo que obliga a las empresas automovilísticas a modificar sus esquemas productivos.

### 4.- De consumidor a consumidor

Ejemplo: un señor, saltándose la norma, fuma en un lugar público. Ese acto causará un perjuicio físico a otras personas.

De acuerdo al autor, según el efecto que reciba el receptor de la externalidad, ya sea beneficioso o dañino, se habla de externalidades positivas y negativas, siendo éstas últimas las más habituales ([www.eumed.net](http://www.eumed.net)).

Por ello, se puede decir que una externalidad positiva se produce cuando las acciones de un agente aumentan el bienestar de otros agentes de la economía; y una externalidad negativa cuando las acciones de un agente reducen el bienestar de otros agentes de la economía. Por ejemplo, el cambio climático producido por la contaminación o aumento de gases efecto invernadero (GEI) en la composición de la atmósfera terrestre por efectos de la actividad industrial y tecnológica del hombre. A medida que nuestra sociedad ha ido poblándose más densamente y que ha ido aumentando la producción de energía, de productos químicos y otros, las externalidades o efectos-difusión negativa ha dejado de ser una pequeña molestia para convertirse en una gran amenaza.

En este sentido podemos referir que los países desarrollados, han implementado importantes avances tecnológicos, para lo cual han tenido que hacer uso intensivo de energía eléctrica, causando de esta manera una importante cantidad de desechos derivados de dicha industrialización. Esta situación ha resultado en demerito de los principales recursos naturales como son el agua, el aire y la tierra. Recursos que forman parte del uso común global, y por su naturaleza, son productos que no se

mantienen estáticos y sus efectos nocivos son de igual manera globales a la humanidad.

Por tanto el cambio climático es una externalidad negativa propiciada principalmente por los países desarrollados, afectando al planeta de manera global; no obstante, los países con menos recursos y capacidades para hacerle frente, serán los más afectados, derivando en diferentes cambios (IPCC), tales como:

- La disminución en la cantidad y calidad del agua en muchas zonas áridas y semiáridas, además de la disminución en la posibilidad de abastecer de agua limpia a más de mil millones de personas que ya experimentan una grave falta del elemento vital (África subsahariana principalmente);
- La disminución en la confiabilidad de la energía hidroeléctrica y la biomasa de las plantaciones, donde el suministro de energía ya es inestable (países tercer mundistas y en vías de desarrollo);
- El aumento en la incidencia de las enfermedades de transmisión vectorial (por ejemplo, el paludismo y el dengue), las enfermedades transmitidas por el agua (por ejemplo, el cólera) y la malnutrición en todas las regiones tropicales y subtropicales, donde se pierden millones de vidas todos los años (Centroamérica, África);
- La disminución de la productividad agrícola en las regiones tropicales y subtropicales, donde ya existe hambre. En particular, algunos sectores de África sufrirán presiones adicionales, ya que se estima una pérdida de 10% a 30% de la producción de cereales durante los próximos decenios;
- El aumento en la pérdida de especies y la degradación de ecosistemas clave como los arrecifes de coral, que juegan un papel decisivo en la economía de algunos países en desarrollo;
- El desplazamiento de decenas de millones de personas en áreas deltaicas situadas a bajo nivel; y
- Una mayor amenaza a la seguridad nacional y regional debido a la pérdida de recursos naturales y refugiados por causas ambientales.

La internalización de las externalidades implica el reconocimiento económico a quien produce una externalidad positiva, a fin de compensarle los servicios brindados, sin embargo también quien produce una externalidad negativa debe compensar a su vez económicamente por las repercusiones negativas que su actuar repercute a terceros.

Es por ello que el CC global ha puesto de manifiesto la necesidad de regular a nivel internacional las emisiones de los GEI ante la saturación de los mismos en la atmósfera terrestre. Para ello, dentro del protocolo de Kioto se ha establecido una serie de mecanismos que tienen el propósito de disminuir y regular las emisiones actuales y prevenir las futuras, a través de incentivos económicos denominados “bonos de carbono” que se negocian a su vez en un mercado financiero, sustentado para comercializar a nivel internacional ya que otros países puedan cubrir las cuotas de los países comprometidos a realizar dichas reducciones.

Esta situación se debe a que se considera que la contaminación es un efecto global y por tanto las reducciones de GEI, beneficia a la atmósfera global, y por ende representa una externalidad positiva, ya que se paga un precio por la obtención de los “bonos de carbono” en cualquier parte del mundo y de esta manera se repara el daño hecho. De esta manera los países no obligados o que emiten menores niveles de GEI podrán verse beneficiados por los recursos económicos derivados de proyectos para la reducción de GEI.

### **1.2.2. Bienes**

Los bienes son objetos útiles, provechosos o agradables que proporcionan a quienes los consumen un cierto valor o utilidad. Estos bienes pueden ser mercancías o aquellos de oferta ilimitada o de libre acceso en un mercado. En economía, los bienes se clasifican de acuerdo a sus características, de ahí tenemos: los bienes de capital, bienes intermedios, bienes de consumo; de bienes privados, públicos o mixtos; de bienes complementarios o sustitutivos, etc. (Samuelson, 2005).

Respecto a esta clasificación y a las características tipo de bien que se considera la atmósfera, esta se considerará como un bien público, definición que a continuación se esclarece.

### **1.2.3. Bienes Públicos**

Los bienes públicos son aquellos cuyos beneficios se reparten de manera indivisible entre toda la comunidad, quiera o no el individuo comprar el bien público (“free rider”). La diferencia principal que guardan con los bienes privados, es que estos pueden ser divididos y proporcionados de manera separada a los diferentes individuos, sin ningún beneficio o costo externo para los demás (Aburto, 2008).

Los bienes públicos tienen dos propiedades muy características que lo distinguen del resto de los bienes, por un lado son no rivales, lo que significa que su utilización por parte de una persona no reduce la cantidad de que disponen las demás, y por otro lado son no excluibles, lo que significa que es imposible o prohibitivo impedir que lo utilicen las personas que no lo pagan. Esto último sumado a que hay un gran número de agentes involucrados que padecen la externalidad, genera el problema del *free rider* (persona que recibe el beneficio de un bien pero evita pagar por él), ya que la acción de cualquiera de los agentes dentro del bien público, es beneficiosa para todos los damnificados a pesar de que no todos ellos participen de la misma. Por lo tanto, ninguno de los agentes tendrá incentivos para actuar, esperando que el resto de los agentes lo haga.

Nótese que como los bienes públicos no son excluibles, es por ello que el problema del “free rider” impide al mercado privado suministrarlos. Sin embargo, si los beneficios totales son superiores a los costos totales, el gobierno puede suministrar el bien público y pagarlo con ingresos fiscales. Por ejemplo, la seguridad, la investigación básica, la infraestructura básica, etc.

### 1.2.4. Bienes Públicos Globales

De acuerdo a lo anterior, se deduce que la *atmósfera* puede ser considerada como un bien público, ya que no muestra rivalidad entre sus demandantes y no son excluibles de su uso a pesar de que alguno no pague por dicha actividad, sin embargo existe otra característica que lo clasifica específicamente como un “bien público global”, y es el hecho de que el bien reparte sus externalidades de manera indivisible en todo el planeta, caso concreto el CC, hecho que además se considera la mayor falla de mercado, ya que los costos que actualmente se ha pagado por el uso de la atmósfera son muy inferiores al daño provocado por la creciente industrialización global (Samuelson, 2005).

Analizando lo anterior se sabe que los bienes públicos globales plantean problemas particulares porque no hay un mercado o mecanismos políticos capaces de distribuirlos eficazmente y de esta manera evitar el problema de la sobreexplotación de estos bienes globales. Aquí es el punto donde fallan los mercados, ya que los individuos no tienen los suficientes incentivos para producir estos bienes, y los gobiernos no pueden capturar todos los beneficios de una inversión de un bien público global. De tal manera que el tratar una problemática referida a estos bienes, generalmente el costo marginal para todo individuo o país, es mucho menor que el beneficio marginal global, y el resultado seguro es la inversión insuficiente.

El caso de la atmósfera, al no tener precio en el mercado, no genera ningún incentivo para las empresas privadas para la conservación del mismo, por lo que ha sido sobreexplotado. Los institutos internacionales en aras de su conservación han acudido a la regulación de las actividades productivas y de consumo, estableciendo estándares máximos de contaminación y de utilización de los recursos ecológicos, además de establecer impuestos y subsidios ambientales, para estimular conductas que beneficien su entorno y desincentivar aquellas que vulneren el equilibrio ecológico. Sin embargo, no pueden evitar el uso de este bien público global a aquellas entidades que no paguen por ello. Por lo tanto:

“La Atmósfera es un bien público global, un bien sin límites geográficos y por tanto imposible de establecer derechos de propiedad” (Aburto, 2008). Tiene un carácter supranacional complica la metodología para la corrección de sus efectos nocivos y su naturaleza común propicia el “free riding” en el contexto internacional cuando se trate de adoptar medidas que procuren la mejoría en la conservación de la misma.

### **1.2.5. Políticas para Corregir Externalidades**

Las herramientas que se pueden utilizar con la finalidad de combatir las ineficacias que surgen de las externalidades son de dos tipos: los programas del gobierno contra la contaminación y los métodos privados (Samuelson, 2005):

#### **1.2.5.1. Programas del Gobierno**

Son aquellas formas en donde el Estado interviene para corregir las fallas de mercado relacionadas con la contaminación y con otras externalidades. De entre los más utilizados tenemos los controles directos, cuotas por emisión y permisos negociables

*Controles directos.* Son controles regulatorios directos, también denominados regulaciones sociales. Estas mediante las disposiciones oficiales de mando y control, obliga a la empresa al cumplimiento de ellas. Hay poca libertad para desarrollar métodos nuevos o alternativos. Desafortunadamente este tipo de control no garantiza la eficiencia económica, ya que no tienen la oportunidad de comparar los costos y los beneficios marginales de las diferentes opciones, por tanto, no se puede determinar el nivel más eficiente de control de la contaminación. Además, no permiten una diferenciación entre empresas, regiones o industrias, por tanto la regulación es la misma para la empresa grande que para la pequeña, o para las ciudades que para la zona rural, para las industrias altamente contaminantes que para la industria poco contaminante.

*Cuotas por emisión.* Son pagos realizados por las empresas que quieren contaminar. Este pago es un impuesto igual a la cantidad de daño externo que causan. Esta medida significa internalizar la externalidad para obligar a la empresa a enfrentar los costes sociales de su actividad.

*Permisos negociables de emisión.* Con este método el gobierno no requiere aplicar impuestos ya que se maneja mediante el uso de permisos negociables de emisiones. Aquí en lugar de indicarle a la empresa la cantidad del pago por el número de Unidades de contaminación, el gobierno elige el nivel de contaminación y distribuye la cantidad adecuada de permisos. El precio de los permisos, el cual representa el nivel de la cuota de emisiones, es establecido mediante la Oferta y la Demanda en el mercado de permisos. Una característica de esta metodología es que con frecuencia el gobierno otorga permisos de emisión con el objeto de obtener su apoyo político.

Estos son los métodos que fueron acogidos por la UNFCCC para el establecimiento del mercado del carbono, ya que hasta el momento, los métodos privados solamente han sido aplicados de manera interna en algunos países o empresas.

### **1.2.5.2. Métodos Privados**

Son métodos que en algunos casos pueden sustituir a la regulación y se clasifican en: derechos de propiedad y responsabilidad legal.

*Leyes de responsabilidad legal.* En este método el sistema hace al generador de externalidades legalmente responsable de cualquier daño causado a otras personas. De esta forma la externalización es internalizada. Algunas de las limitantes de esta metodología son los costes, los derechos incompletos de propiedad (limpieza del aire) o por la gran cantidad de empresas que contribuyen a la externalidad.

*Derechos de propiedad privada y la negociación entre las partes.* Algunas veces la negociación entre las partes afectadas puede llevar a un resultado eficiente. En otras palabras, si se puede lograr una ganancia neta a partir de la reorganización de

nuestra actividad conjunta, se tendrá un poderoso incentivo para llegar a un acuerdo, sin la necesidad de la intervención gubernamental.

Para el caso de CC mundial, algunos gobiernos internacionales, se dieron a la tarea de establecer acciones de tipo gubernamental a fin de establecer los parámetros.

### **1.3. Acciones de las Instituciones Internacionales Ante el Cambio Climático**

De acuerdo con información de la UNFCCC ([www.unfccc.org.mx](http://www.unfccc.org.mx)), durante las décadas de 1970 y 1980, fue creciendo en los foros internacionales la toma de conciencia sobre la problemática ambiental. Se vio que las formas de producción de bienes y servicios que se fueron desarrollando a partir de la era industrial, así como los estilos de vida que se venían imponiendo en la llamada "sociedad de consumo", estaban impactando negativamente sobre los recursos naturales y el medio ambiente en general. Fue entonces el comienzo de la gestación de la idea de una forma de desarrollo económico que fuera sustentable, en el sentido de que no condujera a desestabilizaciones de los sistemas naturales o sociales.

A continuación, de acuerdo con la información de la UNFCCC, se describe brevemente de manera cronológica las acciones por parte de los gobiernos e instituciones internacionales en favor de la reducción de los efectos negativos del CC:

**1988:** Toronto, Canadá: Se celebra la Conferencia de Toronto sobre Cambios en la Atmósfera. Siendo la primera reunión en donde participaron científicos y políticos de alto nivel. En esta, los países industrializados se comprometieron a reducir voluntariamente las emisiones de CO<sub>2</sub> un 20% para el año 2005, lo que se conoció como el "Objetivo Toronto". Se crea el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), constituido por reconocidos expertos y científicos provenientes de todas las regiones del planeta, quien elabora los informes claves sobre el estado y evolución del sistema climático, y acerca de los impactos producidos sobre éste por las actividades humanas.

**1990:** Sundsvall, Suecia: Se hace público el Primer Informe de Evaluación del IPCC. En este informe se ve la necesidad de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 60-80% sobre los niveles de 1990, para conseguir estabilizar la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Las evidencias encontradas en este primer informe, inciden en la creación de la Convención Marco sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas.

**1990: Ginebra, Suiza:** Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima. El informe del IPCC se convierte en el impulso necesario a nivel político para hacer frente de manera global al problema del cambio climático a través de la UNFCCC. Se acuerda que el objetivo final de las acciones medioambientales debería ser estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero a un nivel que prevenga las interferencias antropogénicas con el clima.

**1990: ONU, Nueva York:** La Resolución 45/212 de la ONU establecía el Comité Negociador de la UNFCCC, bajo los auspicios de la Asamblea General, con el mandato de desarrollar estas negociaciones con el objeto de llegar a tiempo a la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro de 1992.

**1991: ONU, Nueva York:** Los países industrializados se comprometían a reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub> a los niveles de 1990 para el año 2000. Para decepción de la mayoría de los países, y bajo la presión de la Administración de Bush padre, los compromisos que se adoptaron no eran legalmente vinculantes.

**1992: Río de Janeiro, Brasil:** Durante la Cumbre de la Tierra, entra en vigor la UNFCCC abriéndose el período para la adhesión de todos los países.

**1994:** La Asociación de Pequeños Países Insulares (AOSIS) intenta introducir un protocolo solicitando a los países industrializados la reducción de sus emisiones de CO<sub>2</sub> en un 20% sobre los niveles de 1990 para el año 2005. Su supervivencia está en juego.

**1995: Cumbre de Berlín** sobre clima. Primera Conferencia de las Partes (COP1). En esta reunión se llegó a la conclusión de que los acuerdos de la UNFCCC eran demasiado laxos para conseguir el objetivo de proteger al planeta de cambio

climático, por tanto las Partes acordaron negociar un protocolo o un acuerdo legal a tiempo para la COP3 que contuviese limitaciones y reducciones de emisiones específicas. El protocolo propuesto se introdujo como elemento de negociación.

**1995: Italia:** Se publica el Segundo Informe de Evaluación del IPCC. En este informe colaboran 2000 científicos y expertos concluyendo que “el balance de las evidencias sugiere la influencia humana discernible sobre el clima global”, cuyos primeros impactos se encuentran ya en evidencia.

**1996: Suiza:** Segunda Reunión de las Partes (COP2). EU solicita que el protocolo sea legalmente vinculante. Se introdujo por primera vez el concepto de comercio de emisiones. En la declaración de Ginebra se asienta el trabajo del IPCC sobre la necesidad de fortalecer urgentemente las acciones a tomar, ya que el planeta tiene que hacer frente a impactos significativos, frecuentemente adversos del CC.

**1997: Bélgica:** Los ministros de Medio Ambiente de la Unión Europea (UE) acuerdan un objetivo de reducción de cara a las negociaciones de Kioto de un 15% para el año 2010. La propuesta europea generó una gran actividad diplomática y fue atacado duramente por EU y Japón.

**1997: ONU, Nueva York:** Solo se delimitaron los temas a tratar en la próxima reunión en Kioto, Japón.

**1997: Alemania:** EU anunció su posición de lograr una estabilización de sus emisiones sobre los niveles de 1990 para el 2010 y una reducción de 5% para el 2015. Japón apuesta por una reducción del 5% para 2010 de tres gases de efecto invernadero pero sin que sean legalmente vinculantes.

**1997: Japón:** Se negocia un acuerdo denominado protocolo de Kioto (PK), donde se concluye con la adopción de un compromiso legalmente vinculante de reducción para todos los países industrializados. Este compromiso consiste en lograr una reducción global promedio del 5,2% para el año 2012 sobre los niveles de 1990. El PK también incluía la posibilidad de establecer un comercio de emisiones entre países industrializados. Este acuerdo fue firmado por 160 países.

**1998: Argentina:** Se celebró la COP4 donde se empezaron a negociar algunos aspectos no resueltos como los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), el Comercio de Emisiones (ET) y la transferencia de tecnología. Así mismo, se establece una fecha límite para decidir las reglas de Kioto.

**1999: Alemania:** Se celebra la COP5, en donde se intensifican los trabajos para conseguir cumplir con los calendarios establecidos en la COP4.

**2000: Holanda:** Se celebra la COP6, donde se previa la oportunidad de poder cerrar todos los aspectos inconclusos de Kioto y asegurar unas reducciones reales de GEI. Finalmente, no fue así.

**2001: Alemania:** Se da lugar a la conocida COP6-bis, con el objetivo de desbloquear lo ocurrido durante la COP6 en La Haya, de manera que se pueda llegar a un acuerdo que permita poner en marcha el PK.

**2001: Marruecos:** En Marrakech se celebra la COP7, donde finalmente se llega a un texto legal donde se recogen los compromisos de cada uno de los países y se estructuran muchos de los mecanismos del PK, a pesar de que aún quedan determinados aspectos que faltan por resolver.

**2002: India:** Se da lugar la COP8 en Nueva Delhi avanzando sobre aspectos relativos a los MDL.

**2003: Italia:** Se celebra la COP9 avanzando en aspectos tratados durante la COP8, siendo el acontecimiento más sonado las confirmaciones y desmentidos por parte de Rusia sobre su ratificación.

Rusia ratifica el protocolo de Kioto en septiembre de 2004 ([archivo.greenpeace.org](http://archivo.greenpeace.org)).

### **1.3.1. Protocolo de Kioto**

A través del protocolo de Kioto (PK), los países desarrollados del mundo que ratificaron el acuerdo, asumieron un compromiso legal y vinculante de reducir sus

emisiones de GEI en 5,2% promedio con respecto a los niveles de emisiones del año 1990. Esta reducción de emisiones debe realizarse en el período 2008-2012 al finalizar el llamado "primer período de compromiso".

Los países ratificados del PK se denominan Partes y se agrupan según su grado de desarrollo como países Anexo I y países no Anexo I. El primer grupo se integra con países desarrollados que han adoptado compromisos de reducción de GEI y el segundo con países en desarrollo que, por este motivo, no han asumido obligaciones de disminución de emisiones pero que contribuyen al objetivo del PK a través de la acogida en sus territorios de actividades que reduzcan y/o absorban cantidades de GEI en la atmósfera.

El PK contempla la disminución de seis clases de GEI: bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ); metano ( $\text{CH}_4$ ); óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ); hidrofluorocarbonos (HFC); perfluorocarbono (PFC) y hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ) a un 5,2% menos del nivel de emisiones de 1990. A estos gases se les asigna un potencial de calentamiento o de generación de efecto invernadero, que permite referenciar cada uno al  $\text{CO}_2$  y así utilizar como unidad común de referencia el  $\text{CO}_2$  equivalente ( $\text{CO}_2\text{e}$ ).

Con carácter suplementario a las políticas nacionales de reducción de emisiones de GEI, el PK introduce tres mecanismos cuyo objetivo principal es ofrecer a las Partes medios para recortar las emisiones con menos gastos en el exterior que en el propio país, promoviendo el desarrollo de un mercado global de comercialización de permisos y/o créditos de carbono denominado Mercado del Carbono, el cual se explica ampliamente a continuación.

## **1.4. Mercado de Carbono**

### **1.4.1. Conceptos y Generalidades**

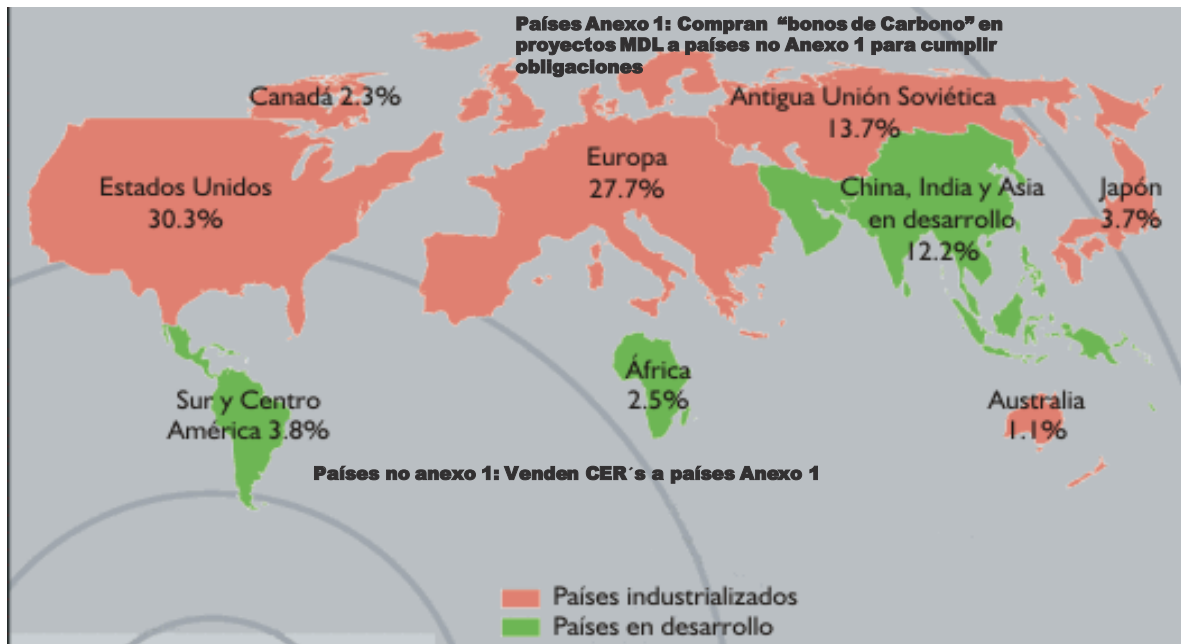
*Definición Mercado.*- "Mecanismo mediante el cual los compradores y los vendedores determinan conjuntamente los precios y las cantidades de las mercancías"

(Samuelson, 2005). Algunos se encuentran en un lugar físico, otros a través del teléfono, o internet. Este mecanismo les permite a los agentes económicos llevar a cabo un intercambio de dinero por valores (securities) o materias primas (commodities).

Los mercados financieros están afectados por las fuerzas de la oferta y la demanda. Una de las características de este tipo de mercado es que facilitan el aumento de capital, la transferencia de riesgo y el comercio internacional. Siendo el Mercado del Carbono (MC) un mercado del tipo de commodities.

En este caso el MC, es el sistema de comercio a través del cual los gobiernos, empresas o individuos pueden vender o adquirir unidades de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (bonos de carbono), en un esfuerzo por cumplir con compromisos obligatorios o de manera voluntaria.

**Figura 12.** Esquema del Comercio Internacional de Bonos de Carbono



Fuente: [www.app1.semarnat.gob.mx](http://www.app1.semarnat.gob.mx). 2002

El punto de conexión entre la teoría de la economía ambiental y el comercio de bonos de carbono se muestra gráficamente en la figura 12. La explicación se enmarca en el hecho de que los GEI se mezclan uniformemente en la atmósfera, lo cual desde el punto de vista ambiental es lo mismo reducir las emisiones en cualquier lugar del mundo, los beneficios o externalidades positivas se reparten indivisiblemente a lo largo de toda la atmosfera global, por ello, los países Anexo 1, dada la obligación de reducir sus emisiones, tiene la facultad de realizar proyectos de reducción de emisiones en cualquier parte del mundo, puede ser con otro país Anexo 1 o con un país No Anexo 1 (países en desarrollo), donde dichos proyectos tienen la cualidad de que los costos de los mismos son más bajos que los que se realizan en los países Anexo 1.

Por ello los países Anexo 1 (identificados en color rojo) pueden invertir en los países en vías de desarrollo (identificados en color verde) en proyectos de reducción de emisiones MDL, le resulta una oportunidad, para lograr reducir las obligaciones pactadas en el PK, y además contribuir al desarrollo sostenible y a la transferencia de nuevas tecnologías no contaminantes hacia los países en desarrollo.

#### **1.4.2. Los Participantes en el Mercado del Carbono**

En el MC existen diferentes figuras o agentes económicos que participan, los cuales van desde firmas que proporcionan asesoría y gestión para empresas; empresas dedicadas a validar y verificar las cantidades de carbono fijadas emitidas por empresas u organizaciones, brokers; organismos de las Naciones Unidas, como el Programa para el Desarrollo (PNUD) y el Programa Ambiental (PNUMA), que ayudan a las corporaciones a investigar y hacerse de nuevos sumideros; organizaciones ambientalistas, como la World Resources Institute (WRI) y Environmental Defense, el Banco Mundial (BM), el Instituciones privadas, etc.

Cada uno de estos agentes ha tenido un impacto y una importancia preponderante para el desarrollo del MC, sin embargo dadas las características de desigualdad de información, existen algunos que han obtenido mayores beneficios que otros,

situación que podría servir de tema para la realización de algún otro trabajo de investigación.

### **1.4.3. El Fondo Prototipo del Carbono**

Habiendo explicado parte de los fundamentos del fondo prototipo del carbono, es de igual importancia conocer ¿qué es, el fondo prototipo del Carbono? o ¿quiénes son los que aportan los recursos financieros para su creación y manejo? ¿Cómo trabaja y cuáles son las metas de la conformación del mismo?. Preguntas que trataran se explicarse a continuación.

El Fondo Prototipo del Carbono (PCF por sus siglas en inglés) es un fideicomiso creado el 20 de junio de 1999, promovido por el BM cuya función principal es impulsar el mercado del carbono a través de la inversión en proyectos de Implementación Conjunta (JI) y Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), en pro de ayudar a los países clientes del Banco Mundial a posicionarse y a beneficiarse de flujos financieros que contribuyan a su desarrollo sostenible.

#### **1.4.3.1. Objetivos del PCF**

Los resultados específicos que busca el PCF en los proyectos MDL e JI, son la obtención de:

##### *1. Reducciones de Emisiones de Alta Calidad*

El PCF financia proyectos que producen RE de GEI de alta calidad, las cuales pueden ser registradas ante la UNFCCC para los propósitos del PK. Para incrementar la probabilidad que las reducciones sean reconocidas por las Partes de la UNFCCC, expertos independientes proveen procedimientos de validación de línea base y procedimientos de verificación / certificación para las reducción de emisiones que corresponden a las reglas del UNFCCC conforme éstas se desarrollan ([www.wbcarbonfinance.org](http://www.wbcarbonfinance.org)).

## *2. Conocimiento*

Al comercializar actividades de RE de GEI, el PCF desarrolla una base de conocimiento sobre los procesos y prácticas de estas actividades para facilitar las inversiones amigables con el ambiente e informar sobre el estado de las negociaciones de la UNFCCC. El PCF está liderando enfoques para la obtención la RE veraces, comenzando por la definición de línea base para actividades más ambientalmente amigables, y continuando con la verificación, certificación y transferencia de RE realizadas.

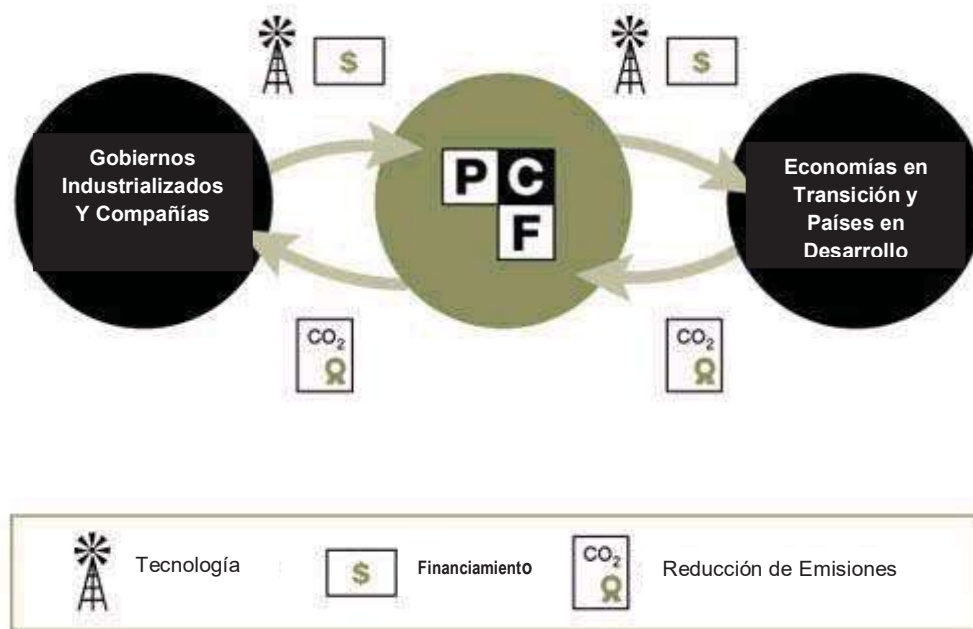
## *3. Sociedad Pública – Privada*

Por último, los recursos del PCF son aportados por los sectores público y privado. El PCF demuestra como las experiencias y conocimientos de ambos sectores, pueden ser reunidos para movilizar recursos adicionales para el desarrollo sostenible y el manejo de aspectos relacionados con el ambiente global. La activa participación de ambos sectores asegura que el PCF opere de forma eficiente y en concordancia con el PK, mientras sirve a los intereses de los países clientes del Banco Mundial.

### **1.4.3.2. ¿Cómo Trabaja el PCF?**

Algunas compañías y los gobiernos han contribuido al PCF para apoyar proyectos diseñados para la reducción de emisiones completamente consistentes con el PK, los MDL e JI. Los contribuyentes o “participantes” en el PCF, reciben una participación relativa de la reducción de emisiones, verificadas y certificadas en concordancia con los acuerdos de compra de carbono realizados con los respectivos países anfitriones de los proyectos. Es decir el proceso inicia con una aportación que realizan los países Anexo I (países desarrollados y países en transición), obligados a reducir emisiones de GEI, de esta forma se crea un fideicomiso que sirve para realizar las inversiones que tengan el propósito de reducir de emisiones (RE) a través de proyectos. De esta manera se pueden realizar dichas inversiones tanto en los propios países Anexo 1, como en países en vías de desarrollo (Ver Fig. 13).

Figura 13. Operativización del PCF



Fuente: [www.wbcarbonfinance.org](http://www.wbcarbonfinance.org)

### 1.4.3.3. Lineamientos del Proyecto que Financia el PCF

El PCF se esfuerza por alcanzar un portafolio balanceado geográfica y tecnológicamente. Se busca que aproximadamente la mitad de las inversiones sean realizadas por economías en transición que demuestren CI, y la otra mitad se realicen por países en desarrollo apoyando el MDL. En donde se hará mayor énfasis en proyectos de energía renovable y de eficiencia energética, los cuales tienen un gran potencial para replicación y para atenuar el CC a un costo razonable.

Normalmente, el PCF compra RE directamente de los proyectos, y no a través de intermediarios. Sin embargo, el PCF algunas veces trabaja también a través de intermediarios establecidos, tales como fondos de inversión de energía regionales o locales, compañías proveedoras de energía, bancos comerciales y otros, con el fin de

reunir pequeños proyectos de forma eficiente y construir capacidad en pequeñas economías para ofrecer reducciones de alta calidad, y precio atractivo.

#### **1.4.3.4. ¿Quién Contribuye al Fondo Prototipo de Carbono?**

Para demostrar de forma convincente a los gobiernos de países en desarrollo del real interés por parte de la iniciativa privada y de los países desarrollados en el mercado del carbono, y de su inversión en proyectos en estos países (bajo el marco de JI y MDL's), el Banco Mundial logró la conjunción de fondos financieros por parte de 17 empresas y seis gobiernos, a los cuales también se les denominan "participantes del PCF" (Ver **Tabla 8**) ([www.wbcarbonfinance.org](http://www.wbcarbonfinance.org)).

La participación de las empresas privadas es esencial en este esfuerzo, dado que las inversiones del sector privado deben dominar el comercio bajo el Mecanismo de Kioto, con el fin de alcanzar la escala necesaria para manejar el CC de forma efectiva. Por otra parte, los gobiernos están involucrados con el fin de asegurar a las compañías que el PCF operará dentro del marco regulatorio que está siendo desarrollado por las Partes del UNFCCC, y con el fin de utilizar la experiencia del PCF para apoyar el desarrollo sostenible. De esta manera, los países, empresas o personas participantes, recibirán una parte proporcional de la RE verificado y certificado de conformidad a los acuerdos alcanzados. Actualmente el PFC cuenta con un capital total de 180 millones de dólares, capital que fue invertido por las instituciones (Ver **Tabla 8**) para cubrir el primer periodo de acreditación programado de 2008 a 2012.

#### **1.4.4. Mecanismos del Mercado del Carbono**

Teniendo como meta principal la necesidad imperiosa de reducir las emisiones de GEI para de igual manera minimizar los efectos negativos del CC, se han combinado políticas de intervención pública que responden de mejor manera a la ecuación costo-beneficio social. Esta propuesta consiste que bajo un sistema en el que se busca modificar el comportamiento ambiental de los agentes que hacen uso de él, se implementen un juego de incentivos en donde se combinen permisos transferibles de

contaminación, junto a la política de un umbral máximo y global de emisiones permitidas (Aversano, 2006).

Es así como dentro del PK se agregaron tres instrumentos denominados “mecanismos de flexibilidad”, cuyo objetivo es posibilitar a los países que asumieron obligaciones, el cumplimiento de las mismas a costos mínimos. Estos mecanismos son:

*Mecanismo de Implementación Conjunta* (JI: Joint Implementation). Se refiere a la posibilidad de que un país Anexo I financie proyectos de reducción (o captura) de emisiones en otro país de Anexo I que se encuentre en transición hacia una economía de mercado, y tal reducción sea atribuida y contabilizada al primero. La financiación se realizara a través de la compra de ERUs (Emission Reduction Units) generadas por dichos proyectos (Protocolo de Kioto, 1998).

*Comercio de Derechos de Emisión* (ET: Emissions Trading). Se refiere a la venta de derechos de emisión entre países del Anexo I. Este caso corresponde cuando los esfuerzos de reducir sus emisiones por parte de un país Anexo I han sido mayores que los requeridos por el compromiso, este país puede comerciar esos excedentes de derechos de emisión para que otro país también Anexo I alcance de este modo sus objetivos de reducción (Protocolo de Kioto, 1998).

Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Instrumento que se explica ampliamente a continuación:

**Tabla 8.** Gobiernos y Compañías Privadas Participantes en el Fondo del Carbón

Nombre	Sector	País
Gobierno		Canadá
Gobierno		Finlandia
Gobierno		Noruega
Gobierno		Suecia
Gobierno		Holanda
Agencia Internacional de Cooperación de Japón (Gobierno)		Japón
<hr/>		
British Petroleum - Amoco	Petróleo	Gran Bretaña
Chubu Electric Power Co.	Electricidad	Japón
Chugoku Electric Power Co.	Electricidad	Japón
Deutsche Bank	Financiero	Alemania
Electrabel	Energía	Bélgica
Fortum	Energía	Finlandia
Gaz de France	Energía	Francia
Kyushu Electric Power Co.	Electricidad	Japón
MIT Carbon	Comercio	Japón
Mitsubishi Corp.	Comercio	Japón
Norsk Hydro	Petróleo	Noruega
RaboBank	Financiero	Holanda
RWE	Electricidad	Alemania
Shikoku Electric Power Co.	Electricidad	Japón
Statoil ASA	Petróleo	Noruega
Tohoku Electric Power Co.	Electricidad	Japón
Tokyo Electric Power Co.	Electricidad	Japón

Fuente: Prototype Carbon Fund. 2009

### **1.4.4.1. Mecanismo de Desarrollo Limpio**

El MDL es un acuerdo suscrito en el artículo 12 del PK, que permite a los gobiernos de los países industrializados o países del Anexo 1, y a las empresas (personas naturales o jurídicas, entidades públicas o privadas) suscribir acuerdos para cumplir con metas de reducción de GEI en el primer periodo de compromiso comprendido entre los años 2008 - 2012, invirtiendo en proyectos de reducción de emisiones en países en vías de desarrollo o también denominados países No Anexo 1, como una alternativa para adquirir reducciones certificadas de emisiones (CER's) a menores costos que en sus mercados.

La idea fundamental del MDL parte del hecho de que los GEI causales de los trastornos climáticos (“externalidades negativas”, Samuelson, 2005), se distribuyen uniformemente en la atmósfera (debido a que esta es un bien público global, Samuelson, 2005), y por lo tanto la reducción y/o secuestro de estos gases en cualquier sitio del planeta produce el mismo efecto. Esta acción, permite a los países industrializados comprometidos ante el Protocolo de Kioto a reducir las emisiones de GEI, realizar dichas reducciones a través de proyectos en los países en desarrollo donde los costos de reducción son inferiores a los costos equivalentes en los países industrializados (Ver Fig. 12). Por ejemplo, mientras en un país en vías de Desarrollo (caso de México) el precio de un CER el país demandante (Caso Unión Europea o países en transición) lo pacta en 4 o 5 euros bajo el esquema de MDL, este mismo CER en país desarrollado (Anexo 1) lo pactaría en 15 o 20 euros en el esquema de Reducción de Unidades de Emisión (ERU's), según se maneje el precio en el mercado (Ver [www.carbonpoint.com](http://www.carbonpoint.com)).

De igual manera los proyectos en los países en vías de desarrollo (MDL), obtendrán una nueva fuente de financiación para el desarrollo sostenible de la energía, sectores industriales y de gestión de residuos, rehabilitación de tierras, y en la introducción de tecnologías limpias y renovables.

Las reglas establecidas por el Consejo Ejecutivo del MDL señalan las siguientes categorías como aquellas autorizadas para el desarrollo de proyectos MDL (Protocolo de Kioto, 1998):

1. Industrias energéticas (renovables/no renovables)
2. Distribución de energía
3. Demanda de energía
4. Industrias manufactureras
5. Industrias químicas
6. Construcción
7. Transporte
8. Minas / producción mineral
9. Producción metalúrgica
10. Emisiones fugitivas de combustibles (sólidos, petróleo y gas natural)
11. Emisiones fugitivas de la producción y consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre
12. Uso de solventes
13. Disposición y manejo de desechos
14. Forestación y reforestación
15. Agricultura

#### **1.4.4.2. Condiciones Fundamentales de Elegibilidad de Proyectos MDL**

El proceso de elegibilidad de un proyecto MDL, es largo y complicado, ya que debe cumplir con las rigurosas condicionantes que solicita el PK representado por la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC).

Estas condicionantes son:

1. Que las Reducciones de emisiones de GEI reales y medibles

Los proyectos MDL deben generar reducciones / secuestro de emisiones de GEI que sean “reales, medibles y a largo plazo” en un país en desarrollo con una delimitación que definirá el ámbito en el cual ocurrirá la reducción / secuestro. Por lo tanto debe comprobarse el impacto medioambiental del entorno del sujeto del proyecto.

2. Que las reducciones de emisiones de GEI sean adicionales

Para ser adicionales, las emisiones de GEI de un proyecto MDL, deben ser reducidas por debajo de las que habrían ocurrido en ausencia del proyecto MDL; de hecho, se debe demostrar que el proyecto no habría sido implementado en ausencia del MDL. Las reducciones adicionales de GEI serán calculadas en relación con un escenario referencial definido como línea base.

3. Que exista una contribución al desarrollo sostenible del país anfitrión

El propósito del MDL es la contribución al desarrollo sostenible de las partes No – Anexo I. No existe una guía común ni única para establecer criterios de desarrollo sostenible, por lo que dichos criterios son materia de soberanía del gobierno del país anfitrión de proyectos MDL.

Sin embargo, el análisis podría partir de:

- *Criterios sociales:* El proyecto mejora la calidad de vida, disminuye la pobreza y aumenta la equidad.
- *Criterios económicos:* El proyecto proporciona réditos a las entidades locales, resulta en un impacto positivo sobre la balanza de pagos y genera transferencia de tecnología.
- *Criterios ambientales:* El proyecto además de reducir las emisiones de GEI y la utilización de combustibles fósiles, preserva los recursos locales, reduce la presión sobre los ambientes locales, procura salud y otros beneficios ambientales, y genera políticas ambientales y energéticas

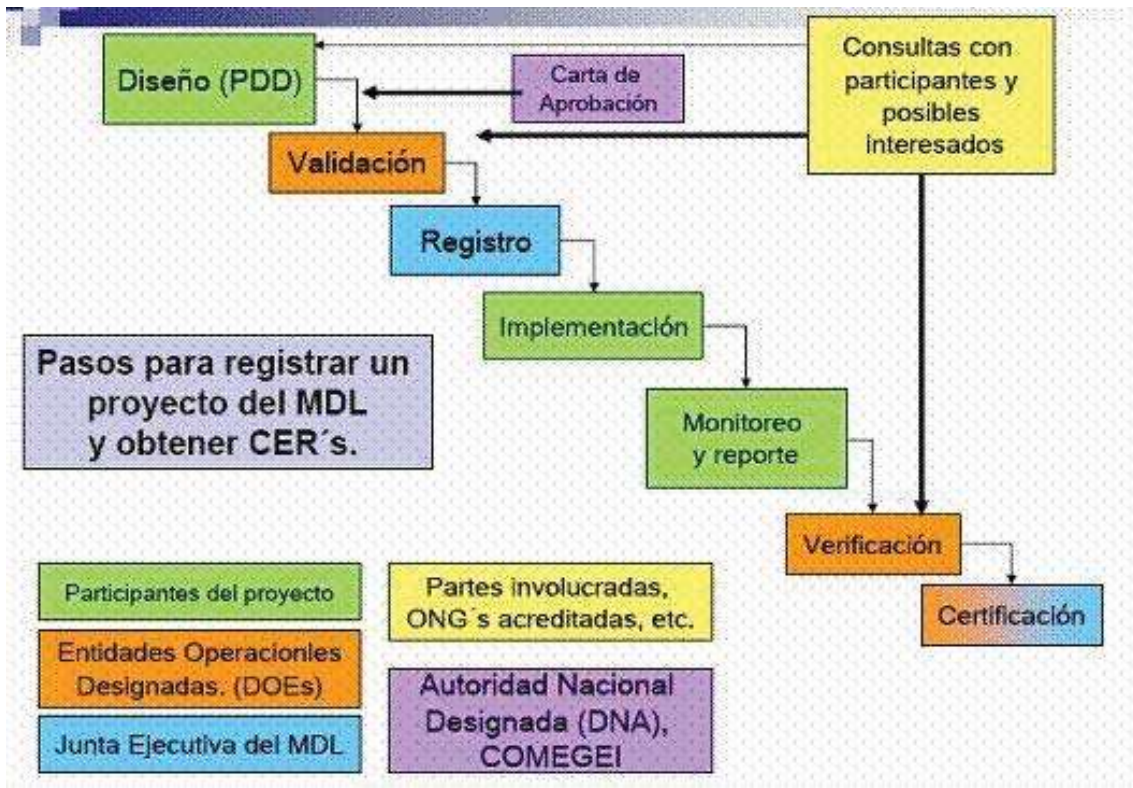
4. Y por último, la aprobación del país anfitrión

Los proyectos deben aprobarse por la autoridad nacional designada en el país ‘anfitrión’ del proyecto. Este proceso puede durar entre 18 y 36 meses, de acuerdo al tipo de proyecto que se trate, y los costos de transacción podrían valorarse entre 250,000 y 500,000 dólares. Situaciones que deben preverse antes del establecimiento de una propuesta.

### 1.4.4.3. Etapas del Ciclo del Proyecto MDL

Un proyecto que participa en el MDL debe cumplir con el ciclo establecido de por el Consejo Directivo del MDL antes de poder recibir los beneficios económicos que resultan de esa participación. De acuerdo con esto, los proyectos MDL deben cubrir los siguientes pasos (Ver Fig. 14):

**Figura 14.** Etapas para la inscripción de un MDL ante la UNFCCC



Fuente: [http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx](http://cambio_climatico.ine.gob.mx)

#### 1. Elaboración del Documento de Diseño de Proyecto (PDD)

El primer paso dentro del ciclo de un proyecto MDL es la identificación y formulación de potenciales proyectos MDL y representa el documento oficial de la UNFCCC para la presentación del proyecto.

Como ya se había comentado, la formulación del proyecto, para los propósitos del MDL, debe abordar una serie de requisitos de información que permitan establecer el cumplimiento de los criterios de elegibilidad del MDL, los cuales se mencionan a continuación ([http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx](http://cambio_climatico.ine.gob.mx)):

- Descripción del proyecto;
- Metodología de Línea base;
- Duración del proyecto/periodo de crédito;
- Plan y Metodología de Monitoreo;
- Cálculo de emisiones GEI;
- Impactos ambientales;
- Comentarios involucrados (Comunidades aledañas, gobiernos locales, Organizaciones No Gubernamentales, etc.);
- Anexo 1. Información de los Desarrolladores
- Anexo 2. Información del financiamiento
- Anexo 3. Nueva metodología para línea base
- Anexo 4. Nueva metodología para el monitoreo
- Anexo 5. Datos de la línea base

## *2. Aprobación Nacional*

Es un proceso de evaluación local del proyecto, que concluye con la obtención de un aval gubernamental expedido por la Autoridad Nacional designada para el MDL.

## *3. Validación*

Se refiere al proceso de evaluación de la documentación del proyecto por una Entidad Operacional Designada (EOD). Estas podrán ejecutar solamente una función: realizarán la validación/ registro o harán la verificación/ certificación.

La documentación a ser validada por la EOD incluye:

- El documento de diseño del proyecto (DDP) incluido el Plan de Monitoreo;
- La descripción de la metodología aplicada para la definición de la Línea de Base;
- Un reporte que resume los comentarios de las partes afectadas por el proyecto y como esos comentarios son tomados en consideración en la implementación del proyecto; y
- La confirmación por parte de la Autoridad Nacional del MDL sobre la aprobación del proyecto, incluido el cumplimiento del proyecto con los objetivos de desarrollo sostenible del país.

#### *4. Registro*

El registro de un proyecto constituye la aceptación formal por parte de la Junta Ejecutiva de un proyecto en calidad de un proyecto MDL. La solicitud para el registro de un proyecto MDL es responsabilidad de la Entidad Operacional Designada encargada de la verificación del proyecto. Para ello se deberá presentar el reporte favorable sobre la validación del proyecto conjuntamente con su aprobación por el país anfitrión a la Junta Ejecutiva.

Habiendo cumplido con la documentación y trámites correspondientes, continuaría la segunda etapa que corresponde a los pasos correspondientes a la ejecución del proyecto.

#### *5. Monitoreo*

El Monitoreo debe ser ejecutado por el proponente del proyecto, a lo largo del periodo de crédito, y de acuerdo al Plan de Monitoreo que fuera validado como parte del DDP.

#### *6. Verificación y Certificación*

Es la revisión periódica y la determinación ante-post de las reducciones de GEI que han tenido lugar como resultado de la implementación del proyecto. La verificación debe ser efectuada por una EOD (distinta a la Entidad Operacional que realizó la

Validación) y es responsabilidad del proponente del proyecto organizar y proceder a los arreglos contractuales con la entidad operacional. La entidad operacional debe asegurarse que las reducciones de emisiones reportadas por el proyecto han sido efectivamente generadas, y que, en general, el proyecto opera en concordancia con las condiciones establecidas en la validación inicial del proyecto.

#### *7. Expedición de los CER's*

El reporte de certificación enviado por la entidad operacional a la Junta Ejecutiva equivale a una solicitud de expedición de las Certificado de las Emisiones Reducidas (CER). La cantidad de CER expedidos para un proyecto deberá ser igual a la cantidad de emisiones de GEI reducidas especificada en el reporte de certificación. La expedición de los CER es responsabilidad de la Junta Ejecutiva ([www.unfccc.int/cdm](http://www.unfccc.int/cdm)).

### **1.4.5. El Comportamiento del Mercado del Carbono**

Una vez, explicados todos los componentes del mercado del carbono resulta pertinente explicar cómo funciona el mismo.

El mercado del carbono funciona a través de la oferta y la demanda de bonos de carbono, pudiendo establecer un criterio en base al comportamiento del mismo. Por lo mismo a continuación se explican las referentes teorías.

#### **1.4.5.1. Oferta y demanda**

El modelo de la oferta y la demanda describe la interacción en el mercado de un determinado bien entre consumidores y productores, en relación con el precio y las ventas de dicho bien. Es el modelo fundamental de la microeconomía, y se usa para explicar una gran variedad de escenarios microeconómicos. Además, sirve como base para otras teorías y modelos económicos.

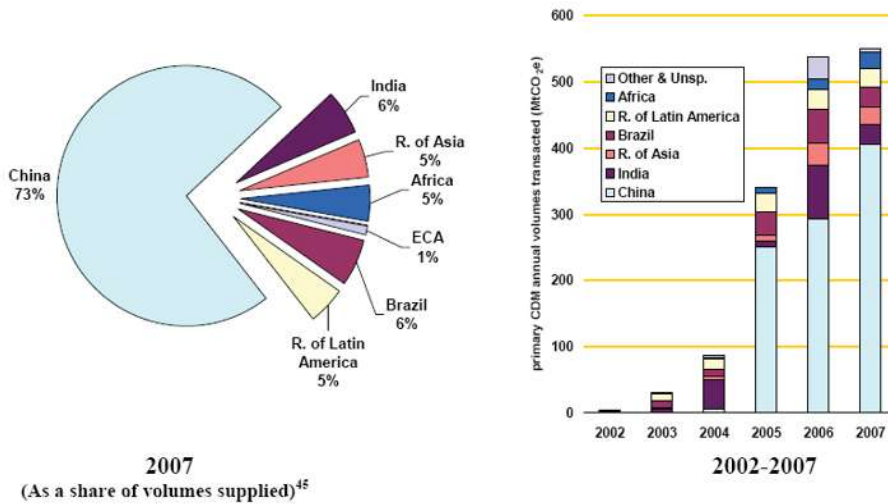
## 1. Teoría de la Oferta

La ley de la oferta indica que la oferta es directamente proporcional al precio; cuanto más alto sea el precio del producto, más unidades se ofrecerán a la venta. Por el contrario, la ley de la demanda indica que la demanda es inversamente proporcional al precio; cuanto más alto sea el precio, menos demandarán los consumidores. Por tanto, la oferta y la demanda hacen variar el precio del bien (Samuelson, 2005).

Según la ley de la oferta y la demanda, el precio de un bien se sitúa en la intersección de las curvas de oferta y demanda. Si el precio de un bien está demasiado bajo y los consumidores demandan más de lo que los productores pueden poner en el mercado, se produce una situación de escasez, y por tanto los consumidores estarán dispuestos a pagar más. Los productores subirán los precios hasta que se alcance el nivel al cual los consumidores no estén dispuestos a comprar más si sigue subiendo el precio. En la situación inversa, si el precio de un bien es demasiado alto y los consumidores no están dispuestos a pagarlo, la tendencia será a que baje el precio, hasta que se llegue al nivel al cual los consumidores acepten el precio y se pueda vender todo lo que se produce.

De esta forma en la siguiente figura se muestra el comportamiento de oferta de bonos de carbono bajo el esquema de MDL de manera global. Este grafico muestra como para el año 2008, China ocupó el primer lugar en ventas con el 73%, India, el segundo con el 6%; para América latina, Brasil ocupa el primer lugar con las ventas del 6% del total global y el resto (incluido México) vendió el 5%, entre otros (Fig. 15).

**Figura 15.** Principales Vendedores de Proyectos MDL



Fuente: Carbon, (2008)

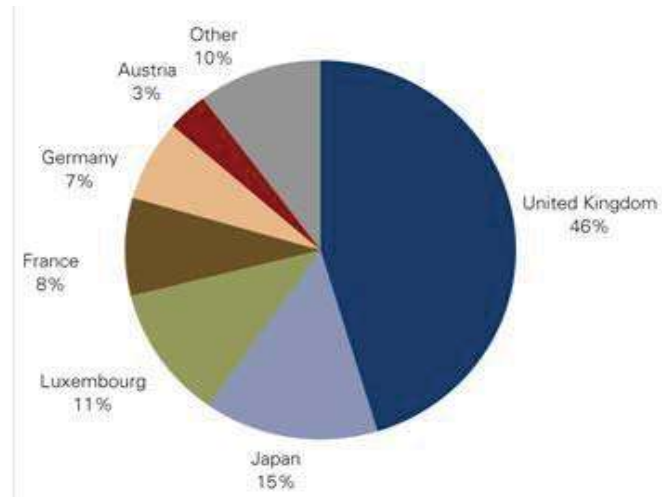
## 2. La Teoría de la Demanda

La demanda es la cantidad de bienes y servicios que los consumidores desean y están dispuestos a comprar dependiendo de su poder adquisitivo. La curva de demanda representa la cantidad de bienes que los compradores están dispuestos a adquirir a determinados precios, suponiendo que el resto de los factores se mantienen constantes (*cláusula ceteris paribus*). La curva de demanda es por lo general decreciente, es decir, a mayor precio, los consumidores comprarán menos (Samuelson, 2005).

Los determinantes de la demanda de un individuo son el precio del bien, el nivel de renta, los gustos personales, el precio de los bienes sustitutivos, y el precio de los bienes complementarios.

La forma de una curva de demanda puede ser cóncava o convexa, posiblemente dependiendo de la distribución de los ingresos. La curva de demanda es casi siempre decreciente. Pero hay algunos ejemplos extraños de bienes que han tenido curvas de demanda crecientes.

**Figura 16.** Porcentaje Relativo de Países Compradores 2007

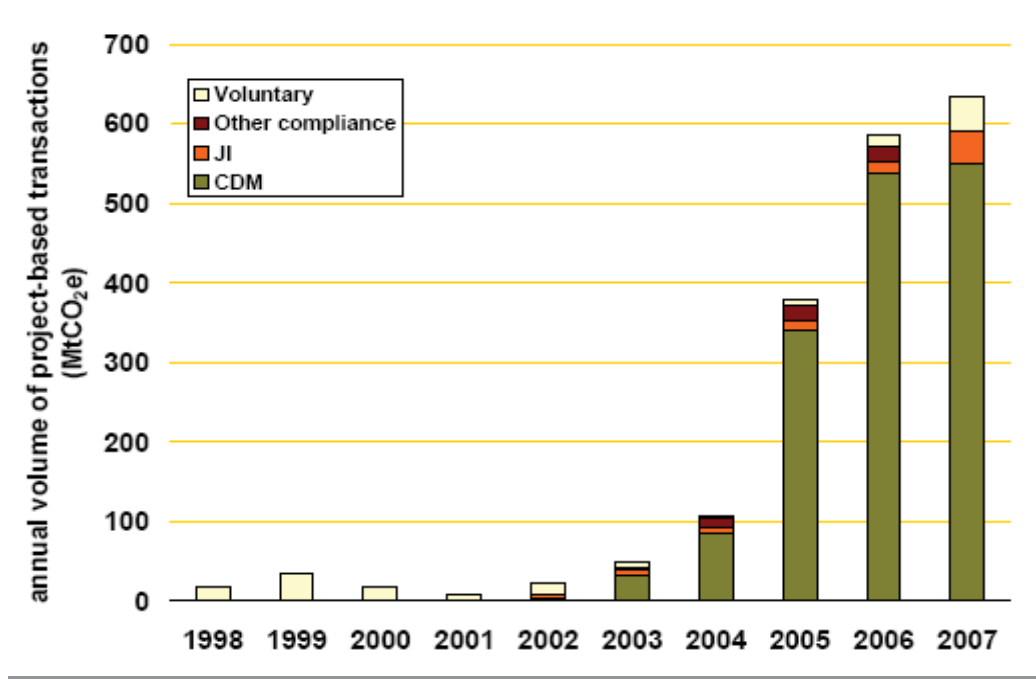


Fuente: Carbon, (2008)

El comportamiento del mercado en este sentido se puede observar en la Figura 16, donde se observa que los principales países compradores para el año 2008 son el Reino Unido con el 46% de la demanda total, Japón con el 15%, Luxemburgo con el 11%, Francia con el 8%, etc. (Carbon, 2008).

Por otra parte, si se toma el comercio de todos los tipos de “bonos de carbono” (ERU’s, JI y CER’s) durante un periodo de referencia 1998-2007, el comercio de CER’s respecto al resto ha sufrido un incremento de más del 500% respecto al año 2003, lo que significa que los países Anexo I han ido aumentando su demanda y confianza en este tipo de instrumento (Ver Fig. 17).

Figura 17. Gráfica Histórica de Volúmenes Transados por Tipo de Mecanismo



Fuente: Carbon, (2008).

### 1.4.5.2. El Precio

El precio es el costo monetario de un bien, servicio o activo. El precio se mide en unidades monetarias por unidad del bien.

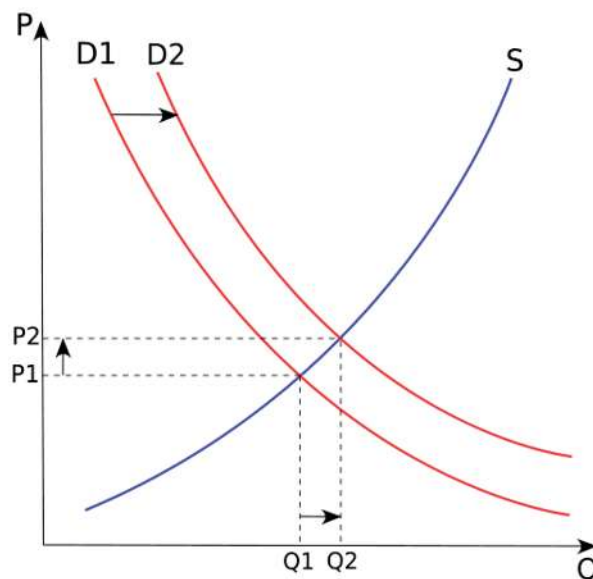
*“El precio no es sólo dinero e incluso no es el valor propiamente dicho de un producto tangible o servicio (intangible), sino un conjunto de percepciones y voluntades a cambios de ciertos beneficios reales o percibidos como tales. Muchas veces los beneficios pueden cambiar o dejar de serlo, esto lo vemos en la moda o productos que transmiten status en una sociedad. El trueque es el método por excelencia utilizado para adquirir un producto, pero se entiende el trueque incluso como el intercambio de un producto por dinero” (Samuelson, 2005).*

En el mercado libre, el precio se fija mediante la ley de la oferta y la demanda. En el caso de monopolio el precio se fija mediante la curva que maximiza el beneficio de la empresa en función de los costes de producción.

A lo largo del tiempo los precios pueden crecer (inflación) o decrecer (deflación). Estas variaciones se determinan mediante el cálculo del índice de precios, existiendo varios como el denominado Índice de Precios al Consumidor, Índice de Precios de Consumo o Índice de Precios al Consumo (IPC), etc.

El producto o servicio que se intercambia tiene valor para el público en la medida que es capaz de brindarle un beneficio, resolverle un problema, satisfacerle una necesidad o cumplirle un deseo; por ello, la palabra clave de esta definición conceptual de precio es valor.

Analizar la relación que se da entre el valor y el precio permite identificar la estrategia de precio que a largo plazo puede resultar exitosa para una compañía.



Según Samuelson (2005), el precio de un producto del mercado está determinado por un equilibrio entre la oferta (lo que se quiere producir a un precio determinado) y la demanda (lo que se desea comprar a un precio determinado). El gráfico muestra un incremento de la demanda desde D1 hasta D2, provocando un aumento del precio y de la cantidad producida relativas.

Cuando más gente desea algo, la cantidad exigida en todos los precios tenderá a aumentar. Esto es un aumento en la demanda. La demanda creciente se puede

representar en el gráfico como la curva a la derecha, porque en cada punto del precio, se exige una mayor cantidad.

Este aumento en demanda hace que la curva inicial D1 se desplace a la nueva curva D2. Esto sube el precio de equilibrio de P1 al P2. Esto levanta la cantidad del equilibrio de Q1 a Q2. Inversamente, si la demanda disminuye, pasa lo contrario, se va de la curva D2 a D1.

Es así como el precio de los CER's está determinado en su mercado por la cantidad ofrecida y demandada, las cuales están influenciadas por otros factores de riesgo y características del Protocolo de Kioto: por ejemplo, la cantidad demandada, es influenciada directamente por:

- La aproximación al periodo de compromiso 2012
- El costo de reducción de emisiones en Países Anexo I
- Sanciones del Protocolo de Kioto y su relación directa con los incentivos a cumplir
- Cupos de CER's permitidos para que los Países Anexo I puedan comprar es influenciada indirectamente por :
- Volumen de transacciones en el mercado de ERU's; teniendo en cuenta que este mercado actuaría como sustituto de los CER's, con la salvedad de que las negociaciones sólo involucrarían a miembros de los Países Anexo I. La relación entre el mercado de CER's y el de ERU's surge debido a que una caída en el precio de los ERU's haría también caer el costo de reducción de emisiones en Países Anexo I. Por lo tanto, va a haber un incentivo por parte de éstos últimos a comprar ERU's en lugar de invertir en tecnologías limpias, como por ejemplo, mediante el MDL. Es así como se espera una caída en la demanda de CER's.

Y, la cantidad ofrecida, es influenciada directamente por:

- La cantidad de proyectos presentados y aprobados, que a su vez están determinados por la existencia de fuentes de financiamiento y los costos de transacción involucrados.

## 1.5. El Beneficio

Para poder determinar los recursos o ingresos adicionales que ofrece el Mercado del Carbono, estos ingresos se determinarán en base a los beneficios financieros que se pueden obtener como resultado de un proyecto MDL para el CGLA. Algunos autores establecen que los beneficios equivalen a los Ingresos netos, esto es, la diferencia entre las ventas totales y los costes totales (Samuelson, 2005).

$$\text{Beneficio} = \text{Ingresos Netos} = \text{Ventas totales} - \text{Costos Totales} \quad (1)$$

Tomando en cuenta que el Ingreso “*Es el flujo de salarios, intereses, dividendos y otros ingresos, que recibe una persona o un país durante un periodo (normalmente un año)*” (Samuelson, 2005), Gómez (2004) establece un modelo para proyectos MDL en el cual el Ingreso es el resultado de varios factores que influyen para el desempeño financiero:

- La rentabilidad del proyecto MDL; y
- Las Barreras.

### 1. Rentabilidad

La rentabilidad del proyecto MDL de acuerdo a Gómez (2004), se encuentra representado por:

$$\text{Ingresos netos} = V \cdot P - T \quad (2)$$

Donde:

V= Volumen de Certificado de Emisiones Reducidas (CER)

P= Precios del mercado

T= Costos de Transacción

*El Volumen.*- es el número reducciones certificadas del proyecto MDL a partir de una innovación o la implementación de alguna técnica o metodología a partir de una línea base de GEI establecida. Esta una variable importante ya que representa la base del comercio en el mercado.

*El Precio del Mercado.* Hay un impacto importante del precio en los resultados de la financiación con MDL. Ya que los precios bajos de los CER's no estimula a los diferentes sectores empresariales y gubernamentales a echar a andar proyectos MDL, ya que los costos de la innovación tecnológica, costos de transacción, costos de implementación, muestreo, el riesgo, etc., implican una importante inversión.

*Los Costos de Transacción (CT).*- Se definen como aquellos costos incurridos para completar la Transacción de los CER's (Egurren, 2004). También se consideran todos aquellos costos en los que se incurre en el transcurso del intercambio de un bien, desde su inicio hasta que este es completado. No necesariamente son solo gastos efectivos, en las transacciones hay costos de oportunidad (Gómez, 2004).

Para el caso de los proyectos MDL cada etapa del ciclo (Ver Fig. 14), tiene un costo, y este es generados básicamente por tres fuentes: *por la preparación del PDD*, *por la validación y certificación por las Entidades Operativas Asignadas (OEA)*, costos de monitoreo, y *por los cobros que establece la junta ejecutiva del MDL* y según el caso, el país anfitrión.

Un estudio muestra que en base a un muestreo de alrededor 30 proyectos MDL realizado con información del Banco Mundial (Egurren C., 2004), el precio de los CT ascienden en alrededor de de US \$ 200,000 (2008), los cuales podrían considerarse propios del Banco Mundial, tal como lo son:

1. La Nota Concepto de Proyecto.- Documento de la propuesta de financiación de carbono que viene a ser como un PIN pero más detallado y documentado;
2. Aspectos legales propios del banco; y
3. Las verificaciones de los estudios de impacto ambiental, financieros y técnicos bajo los estrictos estándares del Banco. Además de algunos costos adicionales

como son: el aporte del 2% del valor de los CER's a un fondo de adaptación manejado por las Naciones Unidas, registro del proyecto en la Junta Ejecutiva del MDL, comisiones y honorarios a empresas consultoras o intermediarias que facilitan la colocación de los CER's y los costos de la verificación periódica por una OEA para que se puedan emitir los CER's.

A continuación se muestra un costo aproximado de los CT de proyectos según el Banco Mundial:

**Figura 18.** Las Experiencias de los Costos de Transacción de MDL e JI

<b>Etapas del ciclo del proyecto MDL – IC del PCF</b>	<b>Costo en US\$ (promedio)</b>
<b>Preparación y revisión del proyecto</b>	<b>27 216</b>
• Nota Idea de Proyecto (PIN)	8 207
• Nota Concepto de Proyecto (PCN)	19 009
<b>Estudio de línea de base y Protocolo de Monitoreo y Verificación</b>	<b>61 412</b>
• Estudio de Línea de Base y Proyecciones de Emisiones Reducidas	36 461
• Protocolo de Monitoreo y Verificación	20 840
• Documento de Diseño de Proyecto (PDD)	4 111
<b>SUB TOTAL</b>	<b>88 628</b>
<b>Proceso de validación</b>	<b>33 415</b>
• Protocolo de validación	33 415
<b>Negociación de Acuerdos de Compra</b>	<b>89 990</b>
• Evaluación del proyecto y documentación relacionada	49 971
• Hoja de términos	15 132
• Acuerdo de compra de reducciones de emisiones reducidas (Gastos legales)	24 887
<b>TOTAL COSTOS DE TRANSACCIÓN</b>	<b>212 033</b>

Fuente: Prototype Carbon Found World Bank. 2008

Existen otros tipos de riesgo que son los determinantes para el caso del segundo punto “las barreras”, sin embargo no se tomarán en cuenta debido a que para el caso de “La Venta II”, todos los riesgos fueron asumidos por el “comprador”, por lo que para este proyecto se adoptará la misma circunstancia, aunque se describirán para efectos de conocimiento en el siguiente apartado.

### 1.5.1. Tipos de Riesgos de los CER's

El riesgo es la probabilidad de que ocurra un evento. La adquisición de CER's antes de su expedición implica riesgos mayores que la compra de derechos de emisión. Estos riesgos se reparten a lo largo del proceso del proyecto MDL. De los cuales por ejemplo, para el caso de los contratos en RE Verificadas (VER's), los riesgos que se corren son por parte del comprador, los cuales se describen a continuación:

#### 1. *Riesgo Kioto / Línea Base:*

- a) General: Estudio / Monitoreo. Preparación y envío de metodologías, aceptación de metodología de línea base por parte de Naciones Unidas, medición de línea base confiable y robusta para acreditación y demostración de Adicionalidad de este.
- b) Proyecto: Estudio de Línea Base, Plan de Monitoreo, Validación, Registro, Certificación, cumplimiento de entrega de documentación en tiempo y forma.

#### 2. *Riesgo de Mercado*

- a) Deriva del estudio de Mercado, en donde se observa la fluctuación del precio del bono, si el mercado es muy especulativo, si no existe certeza en la liquidez y si el tiempo en el cual inicia el proyecto.

#### 3. *Riesgo de Proyecto:* (Construcción, ejecución, tecnología, financiación, regulatorio, contraparte)

- a) Evaluación y mitigación a través del Ciclo de Proyecto
- b) Mitigación a través del ERPA

#### 4. *Riesgo País*

- a) Riesgo político, ratificación y cumplimiento de Kioto de los compromisos asumidos.
- b) La no autorización de la transferencia
- c) Estabilidad social y económica.

Estos en su conjunto aumentan o reducen la incertidumbre de que el proyecto tenga los resultados esperados desde el punto de vista del cumplimiento de los requisitos

del PK, sin embargo existen otros factores que impactan al “comprador” como son la fiabilidad de los socios del negocio y la previsibilidad de los procesos regulatorios, entre otros.

Por lo que algunos países han adoptado algunas herramientas como el uso de cláusulas contractuales como el caso de las estructuras de garantías, los pagos iniciales, cláusulas de sanciones y daños, y cláusulas por incumplimiento e indemnización a fin de minimizar los riesgos, entre otros. Todo esto con el fin de darle certidumbre y seguridad al comprador de bonos de carbono y además lograr un precio más alto.

No hay un valor “oficial” sobre el precio de una tonelada de CO<sub>2</sub> reducida o no emitida. Es decir, el precio de la tonelada está sujeto a oferta y demanda de bonos de carbono en el mercado.

Dado que existen diferentes esquemas para el comercio de los bonos y diferentes sitios del mundo donde se pueden comprar y vender, pueden existir precios diferentes por cada tonelada de CO<sub>2</sub>.

Por ejemplo:

- Chicago Climate Exchange: en operación de diciembre del 2003 a octubre de 2009; el precio cayó de \$5.60 US/tCO<sub>2</sub> a \$0.10 US/tCO<sub>2</sub>(datos a octubre de 2009).
- European Climate Exchange Carbon: en operación desde abril del 2005; el precio ha fluctuado entre \$6.40 y \$15 euros por tonelada de CO<sub>2</sub> (datos a octubre de 2009).

## **CAPÍTULO 2.**

### **CASO EXITOSO DE PROYECTOS MDL EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO**

Este capítulo muestra como los MDL dentro del sector eléctrico mexicano pueden llegar a ser muy exitosos, siendo el caso de la Central Eoloeléctrica La Venta II. Proyecto de energía renovable pionero de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en la gestión para acreditar, validar y verificar reducciones emitidas de su proceso productivo, y comercializarlas en el MC. Es por ello que se toma como un precedente al que se le debe dar vital relevancia.

Primeramente se explican las generalidades de la energía eólica y el proyecto de la CELV.

Más adelante se estima el cálculo del beneficio financiero del proyecto en base a la información obtenida del cuestionario (Anexo 1) para la obtención del número de reducciones que se dejaron de emitir y el ingreso que se ha venido obteniendo a partir de enero de 2007.

Finalizando con un comparativo de estos beneficios adquiridos a partir del MC y los ingresos que obtiene por su proceso de generación eléctrica.

## 2.1. La Central Eoloeléctrica La Venta II, Oaxaca

Los MDL han probado ser no solo un mecanismo para que los países desarrollados puedan cumplir con las reducciones comprometidas dentro del PK, sino también le han permitido a países en vías de desarrollo experimentar, desarrollar e implementar tecnologías transferidas de los primeros.

Existen varios ejemplos donde se puede demostrar los beneficios tecnológicos, económicos, ambientales y sociales que representan los MDL en nuestro país (Aburto, 2008) ([www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)), sin embargo, la explotación de la cartera de proyectos potenciales en México (Cervantes Sánchez) ha sido muy reducida. A pesar de ello, los beneficios obtenidos han sido positivos para el desarrollo sustentable de las regiones. Situación por la cual, este capítulo está destinado a describir un caso exitoso referente a la obtención de dichos beneficios, que actualmente ya reciben los recursos derivados del comercio en el MC.

Un caso del sector eléctrico paraestatal con mucho éxito, es la Central Eoloeléctrica La Venta II (CELV), localizada en la población de Juchitán de Zaragoza en el Estado de Oaxaca. Ésta tiene como principal propósito el suministro de energía eléctrica a partir de energía renovable a la red nacional mexicana, la cual inició su generación comercial a partir de octubre de 2006 y se encuentra conectada a la distribución nacional como energía base, es decir es la energía que entra como primera opción para suministrar los requerimientos de la población.

La fuente de energía de este proyecto es el aire, el cual presenta varias ventajas ambientales:

- No libera gases efecto invernadero
- No emite contaminantes atmosféricos
- No utiliza agua
- No genera residuos peligrosos
- Su fuente de energía es inagotable
- Está en la superficie y no requiere extracción

- Su manejo y formas de explotación no implica riesgos ambientales de alto impacto, tales como derrames por transporte, explosiones, incendios, etc.

De acuerdo con la información del PDD de este proyecto ([www.unfccc.org/cdm](http://www.unfccc.org/cdm)), se pronostica desplazar 192,545 tCO<sub>2</sub>/año a través de la instalación de 98 hélices aerogeneradoras, las cuales agregan 83.3 MW de capacidad total instalada a la original, donde cada una tiene una altura aproximada de 44 metros. La energía eléctrica se conecta a la red a través de 19 km de línea de transmisión pertenecientes a la CFE, y el total de energía generada se despacha a la red y se comercializa por la misma paraestatal, quien funge como operador del desarrollo y propietario del proyecto, el cual tiene una expectativa de vida operativa de planta de 21 años.

La CELV tuvo un costo total aproximado a los 110 millones de dólares, más los gastos necesarios para financiar lo referente a la inscripción como un MDL, los cuales se complementan año con año (ver Anexo 2).

La negociación se llevó a cabo con el Banco Mundial, organismo que mostró una amplia disposición para el desarrollo del proyecto y principal interesado en la compra de las RE generados por dicho proyecto, para su posterior oferta en el mercado internacional. La negociación finalizó con los siguientes acuerdos:

- Un precio de 7 euros/TCO<sub>2</sub>e, en la modalidad de RE Verificadas (VER);
- Un contrato por 10 años de compra-venta exclusiva con dicha institución, donde, no habría actualizaciones ni movimientos en el precio de VER;
- Financiamiento por 10 millones de dólares para la implementación del proyecto; principalmente.
- Un adelanto por el 20% del monto total de las VER's

Aunque “La Venta” representa un tipo de tecnología de generación eléctrica diferente a la de una geotérmica, para efectos de demostrar los beneficios financieros que los MDL representan en el sector eléctrico paraestatal, la tomaremos como principal ejemplo.

## 2.2. Cálculo del Beneficio para la CELV II

Tomando en cuenta la fórmula del beneficio de Samuelson (Samuelson, 2005), tenemos que:

$$\text{Beneficio} = \text{Ingreso neto} = \text{Ventas totales} - \text{Costos totales}$$

Donde:

Las ventas totales se obtendrán de las ventas de bonos de carbono en la CELVII<sup>2</sup> durante el periodo de enero de 2007 a junio de 2008. Por otra parte los costos totales estarán conformados por todos los costos de transacción durante la vida del contrato MDL<sup>3</sup>.

De esta manera, con la información obtenida del periodo correspondiente de enero 2007 a junio de 2008 referente número de reducciones de emisiones reducidas mensuales, el precio de la emisión reducida y los costos de transacción promedio mensual se obtienen los siguientes resultados (ver Tabla 9):

---

<sup>2</sup> Los datos se obtuvieron a partir de un cuestionario dirigido a personal ejecutivo de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos de la CFE, ubicado en la Cd. de Morelia, Mich. Ver Anexo 1 de este documento.

<sup>3</sup> Ídem. Ver Anexo 2.

**Tabla 9.** Beneficios Financieros Obtenidos por la CELV 2007-2008

Mes	Venta mensual de bonos de carbono (Pesos)	Costos de Transacción mensuales fijos (Pesos)	Ingreso Neto (Pesos)
ene-07	\$ 954,333	\$ 2,475	\$ 951,858
feb-07	\$ 1,206,747	\$ 2,475	\$ 1,204,272
mar-07	\$ 1,871,597	\$ 2,475	\$ 1,869,122
abr-07	\$ 1,250,567	\$ 2,475	\$ 1,248,092
may-07	\$ 1,274,457	\$ 2,475	\$ 1,271,982
jun-07	\$ 812,780	\$ 2,475	\$ 810,305
jul-07	\$ 635,303	\$ 2,475	\$ 632,828
ago-07	\$ 1,077,583	\$ 2,475	\$ 1,075,108
sep-07	\$ 1,459,322	\$ 2,475	\$ 1,456,847
oct-07	\$ 1,052,264	\$ 2,475	\$ 1,049,789
nov-07	\$ 2,591,684	\$ 2,475	\$ 2,589,209
dic-07	\$ 2,125,089	\$ 2,475	\$ 2,122,614
ene-08	\$ 1,579,512	\$ 2,475	\$ 1,577,037
feb-08	\$ 1,449,464	\$ 2,475	\$ 1,446,989
mar-08	\$ 1,505,038	\$ 2,475	\$ 1,502,563
abr-08	\$ 1,117,831	\$ 2,475	\$ 1,115,356
may-08	\$ 971,500	\$ 2,475	\$ 969,025
jun-08	\$ 1,436,733	\$ 2,475	\$ 1,434,258
<b>Total</b>	<b>\$ 24,371,803</b>	<b>\$ 44,550</b>	<b>\$ 24,327,253</b>

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos. 2008

Los resultados muestran que durante los 18 meses que lleva comerciando el CELV se han obtenido beneficios financieros positivos variables, dicha variabilidad es causada por los cambios constantes en la disponibilidad de la materia prima (aire).

Sin embargo, todos y cada uno de los meses en los que se ha operado la planta, se han alcanzado cifras de por lo menos \$600 000 pesos mensuales, valores que para junio de 2008 contabilizaban \$24, 327, 254 pesos como resultado de la venta de RE de CO<sub>2</sub>e, y adicionales a las ventas por concepto del servicio eléctrico.

Por otra parte, si se analizan los resultados, también se puede observar que las ventas del primer semestre de 2007 respecto a las del mismo periodo del 2008, son

bastante similares ya que únicamente variaron en 2% para el segundo año (tomando en cuenta solo el número de emisiones), situación que lleva a la deducción de que aunque a la fecha solo existe un periodo comparativo, se podría establecer un pronóstico de ventas tentativo con el cual asegurar la entrega de las VER's anuales para ventas posteriores al 2017, fecha de término del periodo del contrato obligatorio de venta al Banco Mundial.

**Tabla 10.** Ingreso de las VER's vs Ingreso por Ventas del Servicio Eléctrico en CELV

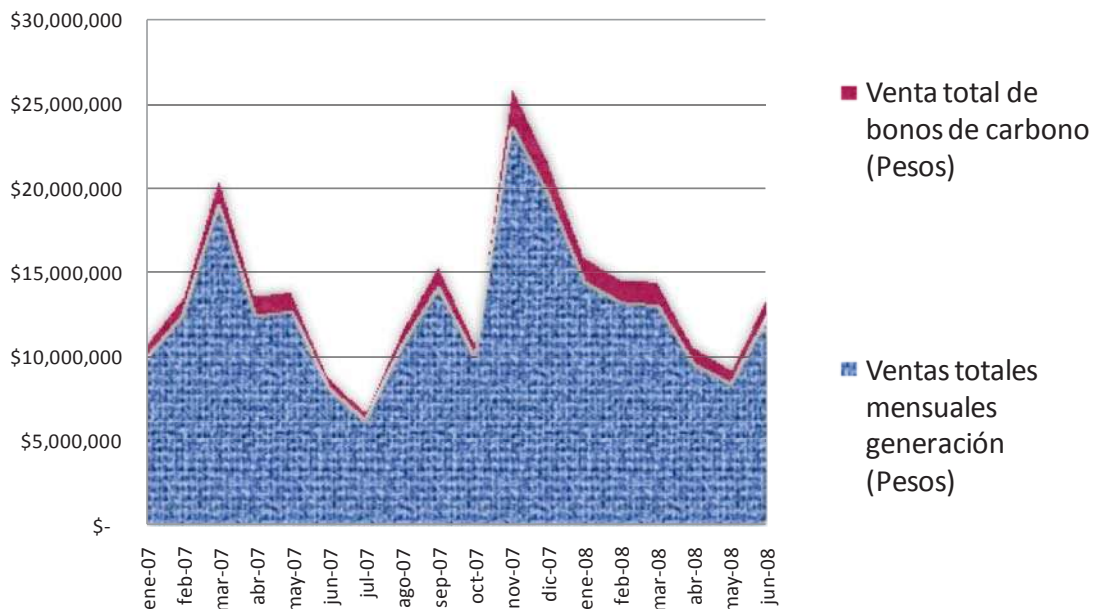
Mes	Ventas totales mensuales generación (Pesos)	Venta total de bonos de carbono (Pesos)	Ventas VER's vs ventas de electricidad (%)
ene-07	\$ 9,864,954	\$ 954,333	9.7
feb-07	\$ 12,391,510	\$ 1,206,747	9.7
mar-07	\$ 18,977,414	\$ 1,871,597	9.9
abr-07	\$ 12,418,059	\$ 1,250,567	10.1
may-07	\$ 12,667,080	\$ 1,274,457	10.1
jun-07	\$ 8,132,665	\$ 812,780	10.0
jul-07	\$ 6,220,595	\$ 635,303	10.2
ago-07	\$ 10,628,447	\$ 1,077,583	10.1
sep-07	\$ 14,103,616	\$ 1,459,322	10.3
oct-07	\$ 9,929,331	\$ 1,052,264	10.6
nov-07	\$ 23,698,829	\$ 2,591,684	10.9
dic-07	\$ 19,605,114	\$ 2,125,089	10.8
ene-08	\$ 14,410,836	\$ 1,579,512	11.0
feb-08	\$ 13,196,449	\$ 1,449,464	11.0
mar-08	\$ 13,018,582	\$ 1,505,038	11.6
abr-08	\$ 9,522,992	\$ 1,117,831	11.7
may-08	\$ 8,383,345	\$ 971,500	11.6
jun-08	\$ 12,404,397	\$ 1,436,733	11.6
<b>Totales</b>	<b>\$ 229,574,216</b>	<b>\$ 24,371,803</b>	
<b>Promedio</b>			<b>10.6</b>

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos. 2008

\*Se tomo como referencia un precio promedio del periodo enero 2007-junio 2008 de 58.8 dólares/MW, al tipo de cambio promedio mensual referenciado por Banxico.

De aquí podemos resaltar dos puntos; primeramente que la relación que guardan las ventas de bonos de carbono respecto a las ventas por servicio eléctrico entregado al sistema de transmisión es aproximadamente el 11% (Ver Fig. 19), lo que sugiere que este comercio aumenta las ganancias netas de la CFE en un porcentaje adicional al servicio principal eléctrico, ganancias que pueden ser aplicadas en investigación, desarrollo de nuevos proyectos, inversiones en nuevas tecnologías, entre otras. Y la segunda es, que el valor comercial del servicio eléctrico a través de energías renovables representa un excelente negocio para los inversionistas, ya que, además de vender de manera segura el servicio (carga base) por tratarse de energías renovables, estos pueden obtener financiamientos y mejorar los ingresos netos obtenidos al participar dentro del mercado del carbono.

**Figura 19.** Ventas de Bonos de Carbono vs Ventas por Energía Eléctrica en la CELV



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la GPG. 2008

Se tomó como referencia en generación un precio promedio de 58.8 dólares/MW, al tipo de cambio promedio mensual referenciado en Banxico.

### 2.3. Otros beneficios

Además de los financieros, existen otros beneficios que son necesarios para generar un desarrollo sustentable de países No anexo 1 desarrolladores de MDL's, estos beneficios se clasifican principalmente en tres rubros: *el ambiental*; demostrando que el proyecto ayuda a la biodiversidad, al uso del suelo o del agua, al manejo de residuos y de emisiones; en *el económico*, el proyecto debe mejorar la situación económica y competitiva de México a través de la inversión, la generación de riqueza, de empleo y de transferencia de tecnología; y por último, *el social*, en donde el proyecto debe mantener o mejorar la calidad de vida de las comunidades, por ejemplo, creando empleos permanentes y bien remunerados, promoviendo la igualdad de género, mejorando la infraestructura local, entre otros.

Para el caso de los otros beneficios con los que el Proyecto de la Central Eoloeléctrica la Venta II contribuye al desarrollo sustentable de la comunidad, del Estado y de México, tenemos que:

- Provee de energía eléctrica a la Red Nacional de Interconexión Mexicana (RNIM) a través de la explotación de una energía renovable no contaminante, y con ello mantiene a las plantas térmicas de combustible fósil únicamente como suministro complementario. De esta forma, al desplazar la generación de un costoso combustible, ya sea diesel, carbón o gas, se reducen las emisiones del CO<sub>2</sub> a la atmósfera generando energía sin emisiones de GEI; y con ello se contribuye también a la salud humana y al mantenimiento del ecosistema;
- Emplea a trabajadores locales en la construcción y operación de la planta;
- Contribuye a las cuentas fiscales de México con el pago de impuestos;
- Ayuda al país a mejora la balanza comercial de los hidrocarburos con la reducción de las importaciones de aceite que se utilizarían en la producción eléctrica;
- Estimula la economía del Estado de Oaxaca, al consumir materiales de la región tales como cemento, metales, madera, y materiales de construcción, entre otros; y
- Sirve como proyecto de demostración para la producción eléctrica renovable limpia en el país.

De acuerdo a esto, el proyecto es altamente beneficioso no solamente en el aspecto financiero tal como se ha demostrado en el punto 2.2, sino también cubriendo los aspectos sociales, ambientales, económicos y tecnológicos para el desarrollo de la región, del estado y del país respectivamente.

Si bien, en este apartado se mencionan de manera general los otros beneficios que otorga el comercio de bonos de carbono, este trabajo no abundara en ellos, por lo que podría servir como punto de partida para nuevos trabajos de investigación.

## **PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **PARTE I.**

## **CAPÍTULO 3.**

### **Determinación de la Reducción de Emisiones en el Campo Geotérmico Los Azufres, Michoacán.**

Habiendo establecido las teorías explicativas en las que se apoya el desarrollo del problema planteado, esta etapa está destinada a describir y desarrollar la propuesta con la que se pretende resolver el problema de nuestra investigación. Por la naturaleza de esta propuesta, y con la finalidad de mostrarla de manera más ordenada, ésta se divide en dos partes.

La primera parte establece la descripción del Campo Geotérmico Los Azufres como objeto de estudio y todas las características y generalidades del proyecto de reducción de emisiones de GEI que se propone. De igual manera se realizan los cálculos correspondientes para la estimación del volumen de emisiones reducidas que a partir de las actividades del proyecto planteado se pueden obtener, el cual se diseña a partir de la metodología aceptada y validada por la UNFCCC.

En la segunda parte, se plantea el cálculo del beneficio financiero del proyecto de reducción de emisiones de GEI, en donde se busca la comprobación o refutación de la hipótesis establecida a través del modelo de Gómez (2004). Además para mostrar un planteamiento completo de la rentabilidad del proyecto, se plantea la estimación del beneficio-costos del mismo.

### 3.1. El Campo Geotérmico Los Azufres

Las fuentes de generación “limpias” en la industria eléctrica, representan una excelente alternativa de producción, debido principalmente a que la materia prima utilizada para el suministro del servicio eléctrico es de bajo costo (en la mayoría de los casos), tienen bajos costos de mantenimiento, no existe dependencia de las fluctuaciones del precio, ni existen condiciones monopólicas que impidan el acceso o promuevan la escasez de la materia prima en el mercado, ya que en su mayoría se tratan de bienes públicos globales. Además, estas fuentes cuentan con el apoyo internacional del mercado del carbono que permiten incentivar las acciones innovadoras de aquellos países que voluntariamente establecen proyectos que promuevan la ER de GEI que se producirían con los procesos tradicionales.

Como parte de las denominadas energías “limpias”, tenemos a la energía geotérmica, que es aquella existente en el interior de la Tierra y forma parte de la categoría de *renovable contaminante*, ya que desprenden CO<sub>2</sub> durante el proceso productivo ([www.iie.gob.mx](http://www.iie.gob.mx)). Siendo esta la principal característica de oportunidad de los campos geotérmicos en operación en México para poder participar en el mercado del carbono, reduciendo sus emisiones actuales de CO<sub>2</sub>.

Como se había comentado anteriormente, en México existen cuatro campos geotérmicos en operación, Cerro Prieto, Los Humeros, las Tres Vírgenes y el objeto de estudio del presente trabajo Los Azufres. En donde se tendrá como objetivo el demostrar que el comercio internacional de bonos de carbono o de las ER de CO<sub>2</sub> en dicho campo que se obtengan a través de un proyecto, beneficiarán positivamente a la central geotermoeléctrica de la CFE.

El Campo Geotérmico Los Azufres (CGLA) se localiza en la Sierra de San Andrés, en el límite oriental del Estado de Michoacán, a 80 km al Oriente de la ciudad de Morelia y 250 km de la ciudad de México.

El CGLA como parte de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) inicia su explotación comercial en 1982, utilizando como fuente renovable de generación *vapor endógeno*. Debido a que las características del campo presentan algunas diferencias

geológicas y geoquímicas, el campo está dividido en dos zonas: la zona norte y la zona sur.

La zona sur presenta las mayores temperaturas de yacimiento y producciones, así también como menores índices de incrustación de pozos que la zona norte. En ambas la estructura geológica tiene buena permeabilidad; la química de la composición de los fluidos es del tipo clorurada-sódica (NaCl) de pH neutro (aproximadamente 7). El contenido químico de los solutos contenidos en la salmuera es mayor en los pozos de la zona sur que en la norte.

Actualmente, la capacidad instalada del campo es de 188 MW a partir de catorce unidades distribuidas de la siguiente manera: cinco en la zona sur alimentadas por el vapor de un grupo de 18 pozos productores, dos unidades de ciclo binario utilizando la salmuera residual y siete unidades en la zona norte alimentadas por el vapor de 22 pozos. De éstas, siete son a contrapresión con capacidad de 5 MW cada una, y con consumo específico promedio de 13.7 t/h-MW. Tres se localizan en la zona sur y cuatro en la zona norte.

Del vapor producido por el CGLA (14 millones de toneladas), se descarga aproximadamente el 6.31% en promedio a la atmósfera. Esta emisión tiene una composición promedio del 97% de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), y el 3% restante se compone en su mayoría de ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) y amoníaco (NH<sub>3</sub>). De esta forma se demuestra que estas emisiones presentan un buen potencial para la reducción de un GEI (CO<sub>2</sub>). Así, casi 857,000 tCO<sub>2</sub> (so tomáramos en cuenta la totalidad de estas emisiones por año) transformadas al año en certificados de reducción de emisiones (CER's), podrían equivaler a €5, 998,286 al año (tomando en cuenta un precio de €7 por tCO<sub>2</sub> reducida). Beneficio financiero que no solo podría reflejarse en el aspecto económico, ya que en el aspecto no económico las reducciones de GEI podrían mostrar externalidades positivas a la sociedad, tales como beneficios en la salud humana, la agricultura, recursos nutritivos, entre otros.

El CGLA representa el segundo productor geotérmico más importante de México, por ello, podría considerarse uno de los prototipos óptimos para la transformación de sus emisiones de GEI en créditos comerciables en el mercado internacional de carbono, y de esta manera no solo obtener los beneficios financieros, sino de manera adicional

contribuir globalmente al desarrollo sustentable del país y a la descontaminación del medio ambiente.

### **3.2. Proyecto Los Azufres III**

La Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos (GPG), entidad encargada de explorar y explotar el recurso geotérmico de la CFE, realiza en el año 2007 un estudio (Torres, 2007), en donde se busca incrementar la eficiencia de producción del CGLA sin tener la necesidad de perforar nuevos pozos, ya que por razones presupuestales, no se contaría con el recurso, para lo cual se elaboró un proyecto denominado Azufres III.

En este proyecto, la GPG plantea el reemplazo de equipo obsoleto que lleva en operación desde el año 1982, 86, 90 y 92 (ver Tabla 11), lo cual representa a la fecha 27, 23, 19 y 17 años respectivamente en servicio continuo y a punto de cumplir su ciclo de vida útil, además, en todos los casos, éstas presentan un alto consumo específico de vapor endógeno para la generación de un MW, en comparación con equipos actualizados capaces de racionalizar la operación de los pozos y darle un uso más eficiente del vapor, y así, asegurar que el yacimiento suministre del vapor necesario por un tiempo de vida de 30 años más.

Es así como en este documento, se plantea la sustitución de un total de 7 unidades de 5MW a contrapresión de alto consumo específico (13.7 t/MW), por 2 unidades a condensación de 50 MW y 25 MW respectivamente, de bajo consumo específico (7.2 t/MW). De esta manera, en la zona norte se sustituirán 4 unidades de 5 MW por una de 50 MW; mientras que en la zona sur se sustituirán 3 unidades de 5 MW por una de 25 MW. Esta acción reducirá el consumo específico de 13.7 a 7.2 t/h-MW, lo cual significa una reducción en la cantidad de vapor endógeno usado en la generación eléctrica en 47.4%, y un aumento en la generación eléctrica de 35 MW a 75 MW en la entrega al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

**Tabla 11.** Fecha de Entrada en Operación de las Unidades del CGLA

UNIDAD	Potencia (MW)	Consumo de vapor (t/h)	Entrada en operación	Tiempo de operación comercial (años)
U-2	5	68	4-Ago-1982	27
U-3	5	65	10-Ago-1982	27
U-4	5	63	17-Ago-1982	27
U-5	5	68	26-Ago-1982	27
U-6	5	75	23-Dic-1986	23
U-7	50	440	12-Nov-1988	21
U-9	5	76	24-Abr-1990	19
U-10	5	75	14-Oct-1992	17
U-11	1.5	*	03-Jul-1993	16
U-12	1.5	*	7-Oct-1993	16
U-13	25	180	30-Ene-2003	6
U-14	25	180	7-Feb-2003	6
U-15	25	180	10-May-2003	6
U-16	25	180	2-Jul-2003	6

Fuente: Torres, (2007), obtenido de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos de la CFE.  
Morelia, Michoacán.

Evitando de esta manera, el gasto que se eroga por la perforación de nuevos pozos (Torres, 2007) para la alimentación de dichas plantas, para el cumplimiento de la demanda requerida sin embargo, esta perforación será necesaria para cuando los pozos cumplan con su vida útil de producción.

Para llevar a cabo este proyecto, es importante conocer la composición de los gases del yacimiento, ya que es una característica básica para el diseño y toma de decisiones de las centrales generadoras.

A continuación se muestra la composición de los gases del yacimiento:

**Tabla 12.** Composición de Gases Geotérmicos por Zona del CGLA

Zona	%w gases incondensables (promedio)	% CO <sub>2</sub>	% otros (H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> )
Norte	2.7	97	3
Sur	10	97	3

Fuente: Elaboración propia con datos de la GPG. 2009

La propuesta de esta investigación se basa en el hecho de que habiendo la intención de la GPG por mejorar la eficiencia de la generación eléctrica en este campo, se puede establecer el potencial de reducciones emitidas a la atmosfera de GEI y en específico del bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), situación no contemplada en el proyecto Azufres III. Dichas ER pueden inscribirse dentro del marco del UNFCCC y comerciarse en el mercado internacional del carbono en forma de créditos o también conocidos como bonos de carbono, y de esta manera, el CGLA pueda obtener beneficios financieros positivos adicionales a las ventas de la paraestatal (CGLA).

A continuación se realiza todo el desarrollo de medición y cálculos para la estimación del número de emisiones reducidas con las cuales el CGLA potencialmente tendrá la posibilidad de comerciar con el mercado internacional, siendo esta una de las partes vertebrales de esta investigación ya que depende principalmente del volumen de emisiones reducidas la capacidad aquí se verificará la certeza o la refutación de la hipótesis planteada.

### **3.3. Medición y Cálculo de Resultados para el CGLA**

Este apartado se encarga de describir toda la metodología utilizada y el desarrollo para estimar el volumen potencial de emisiones reducidas de GEI que el campo podría establecer para convenir y negociar en el mercado del carbono.

### **3.3.1. Determinación de las Emisiones Reducidas en el CGLA**

Para determinar las ER, se propone calcular el potencial de ER de tCO<sub>2</sub> en base a la puesta en marcha de proyecto Azufres III. Para ello, y de acuerdo con los estatutos del Comité ejecutivo de la Convención Marco para el Cambio Climático (BE-UNFCCC, por sus siglas en inglés), deben realizarse dicho cálculo en base a una metodología consolidada y aprobada por dicha institución, a partir de una línea base de emisiones.

#### **3.3.1.1. Metodología de la línea base**

La metodología que se ajusta a las necesidades y objetivos del proyecto Los Azufres III y aprobada por la UNFCCC es la “Metodología consolidada de línea base para redes conectadas de generación de fuentes renovables, en su versión 9 (ACM0002). La cual se complementa con dos instrumentos denominados: “Herramienta para el cálculo del factor de emisiones para un sistema eléctrico” (EB 35/Anexo 12/V01.1); instrumento metodológico que determina el factor de la emisión del CO<sub>2</sub> para el desplazamiento de la electricidad generada por las centrales eléctricas en un sistema de la electricidad, calculando el margen de operación (OM) y margen de estructura (BM), así como el margen combinado. (CM); y la “Herramienta para calcular emisiones de CO<sub>2</sub> de salida del proyecto de la combustión de combustibles fósiles” (EB 41/Anexo 11/V2), instrumento que proporciona los procedimientos para calcular el proyecto y/o emisiones salida de CO<sub>2</sub> de la combustión de combustibles fósiles. Esto puede ser usado en casos donde las emisiones de CO<sub>2</sub> de la combustión de combustible fósil son calculadas basadas en la cantidad de combustible quemado y sus propiedades, en donde se determina las Emisiones de CO<sub>2</sub> de combustibles fósiles para un proceso “j”, los cuales son calculados en base a la cantidad de combustible quemado y al coeficiente de emisión de CO<sub>2</sub> de ese combustible.

Los pasos para el establecimiento de la línea base son los siguientes:

- a) Identificación del escenario de la línea base;

- b) Análisis de barreras;
- c) Límites del proyecto;
- d) Selección del método del margen operacional (OM);
- e) Cálculo método del margen operacional (OM);
- f) Identificación de las centrales de energía que se incluirán en el margen de construcción (BM);
- g) Cálculo del margen de construcción (BM);
- h) Calculo del factor de emisión margen combinado (CM)

### **3.3.1.2. Identificación del Escenario de la Línea Base**

De acuerdo con la metodología (ACM0002) encontrada para desarrollar e identificar la línea base de la red nacional eléctrica, se deduce que de los tres escenarios que presenta dicha metodología, este corresponde a que:

- La actividad de proyecto es el reemplazo de una(s) central/unidad(es) de energía renovable ya existente, en el sitio del proyecto;

Conforme a las definiciones establecidas se establece que “el reemplazo consiste en el hecho de reemplazar una o varias unidades existentes de la central eléctrica existente por una(s) nueva(s) central/unidad(es) de energía. La nueva de central/unidad de energía, tienen la misma o una capacidad superior de generación instalada de la central o unidad que fue reemplazada” (<http://cdm.unfccc.int>).

### **3.3.1.3. Análisis de Barreras**

Para el caso específico de esta investigación no se requiere realizar ningún análisis de barreras ni inversión para determinar la adicionalidad del proyecto, ya que se busca establecer exclusivamente los beneficios financieros del comercio de bonos de carbono en el campo, aunque para el caso de su requerimiento esta sea demostrada de manera plena.

### 3.3.1.4. Límites del proyecto

La extensión espacial de los límites del proyecto incluye el proyecto de la central de energía y de todas las centrales de energía que están conectadas físicamente al sistema eléctrico al cual la planta de energía del proyecto MDL esté conectada. En otras palabras, para efectos de cálculo de línea base, el conjunto de elementos de referencia sobre el cual se realizarán las observaciones, será la red eléctrica nacional o el sistema interconectado nacional (SIN), ya que será el directamente afectado por efectos de las modificaciones que se realizarán en la central/unidad(es) de generación del campo geotérmico Los Azufres.

Respecto a las fuentes de emisiones incluidas en los límites del proyecto, y de acuerdo a lo establecido en la Tabla 13, se establece que los límites de dichas fuentes son:

Para las fuentes incluidas para *la línea base*:

- El CO<sub>2</sub> como principal fuente de emisión de la red eléctrica nacional;

Para las fuentes incluidas de las *actividades del proyecto*:

- Las emisiones fugitivas de CO<sub>2</sub> como fuente principal de emisiones; y
- Las emisiones de CO<sub>2</sub> de la quema de combustibles fósiles para la generación de electricidad en centrales geotérmicas.

De acuerdo con la metodología de la línea base de emisiones actuales de GEI de la red eléctrica nacional, para poder obtener el resultado, es necesario obtener los tres factores base (OM, BM y CM). Dados estos valores, se procederá con el cálculo en base a una estimación de la cantidad de electricidad generada con combustibles fósiles, y la cual será desplazada de la red nacional, por las actividades del proyecto de RE. De igual manera deberá calcularse la cantidad de combustible que dejará de utilizarse, lo cual nos proporciona el número de toneladas de mitigación de CO<sub>2</sub> que transformadas en bonos de carbono forman la plataforma del beneficio financiero para el presente proyecto.

Es por ello, que debemos conocer las emisiones que estarán incluidas dentro del proyecto de reducción de emisiones de acuerdo con la UNFCCC, la cual se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 13.** Fuentes de Emisiones Incluidas o Excluidas de los Límites del Proyecto.

	Fuente	Gas	¿Se incluye?	Justificación /explicación
Línea base	Emisiones de CO <sub>2</sub> derivadas de la generación de electricidad a través de combustible fósil en las centrales eléctricas, desplazadas por la actividad de proyecto.	CO <sub>2</sub>	Si	Principal fuente de emisión
		CH <sub>4</sub>	No	Menor fuente de emisión
		N <sub>2</sub> O	No	Menor fuente de emisión
Actividades del proyecto	Para centrales eléctricas geotérmicas, las emisiones fugitivas de CH <sub>4</sub> Y CO <sub>2</sub> de gases no condensables contenidos en vapor geotérmico.	CO <sub>2</sub>	Si	Principal fuente de emisión
		CH <sub>4</sub>	Si	Principal fuente de emisión
		N <sub>2</sub> O	No	Menor fuente de emisión
	Emisiones de CO <sub>2</sub> de la combustión de combustibles fósiles para generación de electricidad en centrales eléctricas solares termales y centrales eléctricas geotérmicas	CO <sub>2</sub>	Si	Principal fuente de emisión
		CH <sub>4</sub>	No	Menor fuente de emisión
		N <sub>2</sub> O	No	Menor fuente de emisión
	Para centrales eléctricas hidro, emisiones de CH <sub>4</sub> del depósito.	CO <sub>2</sub>	No	Menor fuente de emisión
		CH <sub>4</sub>	Si	Principal fuente de emisión
		N <sub>2</sub> O	No	Menor fuente de emisión

Fuente: ACM0002/ EB 47/ V10 obtenido de [www.cdm/unfccc.int](http://www.cdm/unfccc.int) 2009.

Esto significa que los límites del proyecto estarán enmarcados exclusivamente por las emisiones de CO<sub>2</sub> que actualmente se están generando, las emisiones de CO<sub>2</sub> de las emisiones fugitivas derivadas del proceso geotérmico.

### 3.3.2. Factores de emisión

Un factor de emisión es una relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad. Los factores de emisión, en general, se pueden clasificar en dos tipos: los basados en procesos y los basados en censos. Por lo general, los primeros se utilizan para estimar emisiones de fuentes puntuales y a menudo se combinan con los datos de actividad recopilados en encuestas o en balances de materiales. Por otro lado, los factores de emisión basados en censos se usan generalmente para estimar emisiones de fuentes de área (INE, 2005).

Siendo que el tipo de los factores de emisión que se buscan son del proyecto de Geotermoeléctricos, exclusivamente se abordará el tema de los factores basados en procesos.

En muchos países se han realizado estudios para determinar las tasas de emisión promedio de diferentes procesos que son fuentes de emisiones. Puesto que con frecuencia no se requiere ni es económicamente factible hacer un muestreo en cada fuente de emisión, se usan los resultados de muestreos de «fuentes representativas» para desarrollar factores de emisión, los cuales se expresan como unidades de masa de contaminante emitido por unidad de proceso. Entre las unidades de proceso más comunes se encuentran el consumo de energía, el consumo de materia prima, las unidades de producción, el calendario de operación, o el número de dispositivos ó las características de éstos.

De acuerdo con el INE, se dice que las fuentes más consultadas para determinar o encontrar dichos factores son los siguientes:

Para emisiones con base en procesos: AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors (U.S. EPA, 1995a), el cual contiene los factores de emisión determinados en Estados Unidos para una gran cantidad de actividades; Para contaminantes tóxicos del aire: Factores de emisión específicos para es el sistema de datos FIRE (U.S. EPA, 1995b), la guía Rapid Source Inventory Technique publicado por la Organización Mundial de la Salud (WHO, 1993) donde se encuentran factores de

emisión para diversos conjuntos de fuentes y la guía para inventarios de gases de efecto invernadero (IPCC,1993).

De acuerdo a esta información, el tipo de factores de emisión de la presente investigación, pertenece al proceso energético, en la rama de generación eléctrica a través de una fuente geotérmica, en donde el factor de emisión, representará la cantidad de CO<sub>2</sub> que se genera por MWh de electricidad generada para la Red Eléctrica. En donde el factor de emisión de línea base es calculado a través de un margen combinado (CM), derivado de la combinación del margen de operación (OM) y el margen de construcción (BM). Es por ello, que a continuación se realiza la selección y cálculo de cada uno de ellos.

### **3.3.3. Selección de Método del Margen de Operación (OM)**

El cálculo del factor de emisión del OM está basado en 4 métodos:

- a) Simple OM, o
- b) Simple ajustado OM, o
- c) Datos analizados de despacho OM, o
- d) Promedio OM

Cualquiera de los cuatro métodos puede ser usado, sin embargo, el método OM simple solo puede usarse si la carga base constituye menos del 50% de la generación total de la red de los últimos 5 años. Por otro lado, el OM promedio solo puede usarse cuando las fuentes de carga base constituyen más del 50% de la generación total del SIN, y cuando los datos de b) y c) no estén disponibles.

Además las opciones a), b), y d) pueden aplicarse utilizando cualquiera de las siguientes opciones:

- Opción ex – ante.- El promedio pesado de generación de los últimos 3 años al momento de emitir el PDD a la Entidad DOE para validación, sin requerimiento de un monitor que recalculé el factor de emisión durante el periodo crediticio; o

- Opción ex – post.- el año en el cual la actividad del proyecto desplazó a la de la red eléctrica, requiriendo la actualización del factor de manera anual.

Para este caso en particular el método escogido es el OM simple en la opción ex – ante, ya que se cuenta con la información necesaria, y la carga base está conformada por menos del 50 % de la generación total de la SIN.

La ecuación de cálculo para el factor Simple OM ex – ante es:

$$EF_{OMsimple} = \frac{\sum_{i,j} EG_{i,j,y} * COEF_{i,j}}{\sum_j EG_{j,y}} \quad (3)$$

Donde:

- $EF_{OMsimple}$  = Factor de emisión de CO<sub>2</sub> de margen de operación simple en el año y (tCO<sub>2</sub>/MWh)
- $EG_{m,y}$  = Generación neta liberada a la red por la energía de la central m en el año y (MWh)
- m = Todas las unidades de energía que sirven a la red eléctrica en el año y excepto las que conformen la carga base (low-cost / must-run)
- y = Los tres años más recientes en los que se tenga la información disponible al tiempo de remitir el MDL-PDD, en la opción ex – ante, ex – post).

Las eficiencias de conversión de las centrales de energía fueron tomadas de los reportes internos oficiales de la CFE. Información con la cual fue obtenido el promedio pesado de las eficiencias netas para cada combustible. La siguiente tabla muestra un extracto de la original obtenido del PDD del OM calculado para la Venta II, habiendo tomado este dato justificado por que los limites del proyecto fueron exactamente los mismos que para el tomado para este caso del CGLA; es decir se trata de misma REN y el periodo para el cual fue calculado no se consideran cambios importantes respecto a la generación entregada.

**Tabla 14. Factor OM Simple ex-ante**

	Fuente de energía	MWh 2005-2003	NEC (%)	tCO <sub>2</sub> e
15%	Carbón	29,664,595	33.05	29,960,588
31%	Ciclo combinado de gas natural	60,513,582	45.85	25,134,510
0%	Aire	4,957	0.00	
1%	Geotermia	1,503,031	0.00	
12%	Hidro	24,146,988	0.00	
5%	Nuclear	10,166,783	0.00	
5%	Ciclo simple de Gas Natural	9,651,782	28.96	6,346,893
1%	Diesel	1,783,210	26.10	1,803,753
30%	Aceite residual combustible	58,554,996	33.00	48,930,938
	Total	195,989,924		
	Bajo costo/arranque obligado	35,821,759		
	Total Bajo costo/arranque obligado	160,168,165		112,176,682
	Importaciones	7427.2		
	<b>OM=</b>	<b>0.700368154</b>		

Fuente: PDD de La Venta II, obtenido de la página <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/AENOR1168204945.7/view>. 2007

Habiendo obtenido el valor del factor de emisión OM (0.700368) (Ver Anexo 4), el siguiente paso es calcular el factor de emisión del margen de estructural BM.

### 3.3.4. Cálculo del Factor de Emisión de Margen Estructural (BM).

El factor de emisiones CO<sub>2</sub> del margen estructural BM, es el factor de emisión del promedio pesado de generación (tCO<sub>2</sub>/MWh) de todas las centrales o unidades de energía m durante el año más reciente y para lo cual los datos de la energía generada están disponibles, y están calculados como se muestra a continuación:

$$EF_{gridBM,y} = \frac{\sum EG_{m,y} EF_{EL,m,y}}{\sum_m EG_{m,y}} \quad (4)$$

Donde:

- $EF_{grid,BM,y}$  = Factor de emisión de CO<sub>2</sub> del margen de construcción en el año y (tCO<sub>2</sub>/MWh)
- $EG_{m,y}$  = Cantidad neta de electricidad generada y liberada a la red por la central de generación m en el año y (MWh)
- $EF_{EL,m,y}$  = Factor de emisión de CO<sub>2</sub> de la central de energía m en el año y (tCO<sub>2</sub>/MWh)

El factor de emisión de CO<sub>2</sub> BM para cada central de energía m ( $EF_{EL,m,y}$ ) debe calcularse por alguna de las siguientes opciones:

- Opción Ex-ante: usando los 5 años históricos más recientes de datos de la energía de generación disponible, o la última adición a la capacidad que conforma el 20 % del sistema de generación. Deben ser usados los datos de generación anual más grandes.
- Opción Ex-post: Usar para el primer periodo crediticio la opción ex-ante y para el siguiente periodo el coeficiente ex-post.

De esta manera a continuación se muestra el resultado del factor estructural BM para el primer periodo crediticio. Al igual que en el caso del factor de emisión OM, este dato fue obtenido del proyecto DDP de La Venta II. Se muestra un extracto de los resultados en la Tabla 15 (Ver Anexo 5 para ver la tabla completa).

**Tabla 15.** Factor de Operación BM Ex-Ante.

	Fuente de energía	MWh 2005-2003	NEC (%)	tCO <sub>2</sub> e
0%	Carbón	-	33.05	
95%	Ciclo combinado de gas natural	40,963,715.00	45.85	17,014,410
0%	Aire	-	0.00	
2%	Geotermia	932,226.00	0.00	
2%	Hidro	717,068.00	0.00	
0%	Nuclear	-	0.00	
1%	Ciclo simple de Gas Natural	401,218.00	28.96	263,836
0%	Diesel	11,431.00	26.10	11,562
0%	Importaciones	143.94	0.00	
0%	Aceite residual combustible	-	33.00	
	Total	43,025,801.94		17,289,808
	<b>BM=</b>	<b>0.401847432</b>		

Fuente: DDP de La Venta II, obtenido de la página:  
<http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/AENOR1168204945.7/view>. 2007

A continuación se procede a realizar el cálculo del factor de emisión del margen combinado (CM).

### 3.3.5. Cálculo del Factor de Emisión del Margen Combinado (CM)

La ecuación para el cálculo del factor de emisión del margen combinado (CM) se muestra a continuación:

$$EF_{grid,CM,y} = (EF_{OM,y} * W_{OM}) + (EF_{BM,y} * W_{BM}) \quad (5)$$

Donde:

EF<sub>grid,BM,y</sub> = Factor de emisión de CO<sub>2</sub> de BM en el año y (tCO<sub>2</sub>/MWh)  
 EF<sub>grid,OM,y</sub> = Factor de emisión de CO<sub>2</sub> de OM en el año y (tCO<sub>2</sub>/MWh)

$W_{OM}$  = Factor pesado de emisión del margen de operación (%)  
 $W_{BM}$  = Factor pesado de emisión del margen de estructural (%)

La metodología establece valores por defecto para ser usados para  $W_{OM}$  y  $W_{BM}$ , los cuales para el caso específico de las características del proyecto presente proyecto le corresponden para el caso de  $W_{OM}=0.5$  y  $W_{BM}=0.5$  para el primer periodo crediticio.

De esta manera, la ecuación para el factor de emisión del factor combinado queda:

$$CM y = (0.70036 \cdot 0.5) + (0.41085 \cdot 0.5)$$

<b>CM y</b>	<b>=</b>	<b>0.5556 tCO<sub>2</sub>/MWh</b>
-------------	----------	-----------------------------------

Es así como habiendo obtenido el dato del factor de emisión CM de CO<sub>2</sub>, el resultado se interpreta como que *por cada megawatt generado en la red eléctrica mexicana, se producirá una emisión de 0.5556 tCO<sub>2</sub>*. Dato que podría servir como base para el cálculo de próximos trabajos de MDL en la REN (Red Eléctrica Nacional). Ya que además se trata de un valor conservador tomando en cuenta que se tomaron los valores por defecto en base a la metodología aprobada por la UNFCCC.

Para la realización del resto de los cálculos, los datos del CGLA fueron divididos en dos zonas: norte y sur; situación motivada por las diferencias en las propiedades fisicoquímicas de cada una de las zonas. Sin embargo, habiendo ya obtenido los datos de las RE, se conjuntarán para realizar las estimaciones del beneficio financiero.

Recordando las acciones del proyecto Azufres III, el principal objetivo de este, consiste en la sustitución de 4 unidades en la *zona norte* y otras 3 unidades en la *zona sur*.

De esta manera, los cálculos se realizarán en el siguiente orden:

1. Cálculo de la línea base de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del proyecto;

2. Cálculo las emisiones actuales y desplazadas de la red debido a las actividades del proyecto;
3. Cálculo las Emisiones Reducidas totales (ER).

Para estimar los anteriores cálculos es necesario conocer las características de las plantas de generación eléctrica tanto de las nuevas centrales, como de las que actualmente se encuentran en operación. Por lo que a continuación se muestran dichas características en las siguientes tablas:

**Tabla 16.** Características de Equipo para el Proyecto Azufres III

CONCEPTO	Zona Norte	Zona Sur
Capacidad neta del proy Los Azufres III, MW	50	25
Capacidad actual de las unidades a contrapresion, MW	20	15
Incremento en la capacidad, MW	30	10
Incremento en el consumo de vapor, ton/h	106	4
Consumo total de vapor, ton/h	380	210
Factor de capacidad	0.85	0.85
Contenido de gases de yacimiento, %w	3	10
Composicion del gas de yacimiento:		
CO <sub>2</sub> , %w	97	97
H <sub>2</sub> S, %w	2	2
NH <sub>3</sub> , %w	1	1

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la GPG de la CFE. 2009

**Tabla 17.** Características de Unidades en Operación del CGLA

CONCEPTO	Zona Norte	Zona Sur
Generación Neta actual por unidad, MW	5	5
Numero de unidades de generación	4	3
Capacidad específica de unidad de generación t/MWh	13.7	13.7
Consumo de vapor por unidad de generacion t/h	274	20.5.5
Despacho horario anual h/año	8760	8760
Contenido de gases de yacimiento, %w	3	10
Composicion del gas de yacimiento:		
CO <sub>2</sub> , %w	97	97
H <sub>2</sub> S, %w	2	2
NH <sub>3</sub> , %w	1	1

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la GPG de la CFE. 2009

### 3.3.6. Cálculo de las Emisiones de CO<sub>2</sub> Derivadas del Proyecto Los Azufres III.

Para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas a partir del proyecto del Azufres III, se tomarán en cuenta las emisiones fugitivas de CO<sub>2</sub> descargadas en el silenciador, correspondiente a de los gases no condensables del vapor producido; por lo que partimos de la siguiente ecuación:

$$PEy = PESy \quad (6)$$

$$PESy = WCO_2 * M S,y \quad (7)$$

Por lo que la ecuación queda:

$$PEy = WCO_2 * Msy \quad (8)$$

Donde:

PEy = Emisiones del proyecto en el año y (tCO<sub>2</sub>/año)

PESy = Emisiones de CO<sub>2</sub> del proyecto de los gases no condensables del vapor producido en el año y (tCO<sub>2</sub>/año)

WCO<sub>2</sub> = Fracción másica promedio de CO<sub>2</sub> en el vapor producido (adimensional).

Ms,y = Cantidad de vapor producido durante el año y (toneladas).

Por lo que el valor anual de las emisiones fugitivas del proyecto Los Azufres III como si no existiera otra fuente de emisión anterior, quedan (Ver datos en las Tablas 16 y 17):

### Emisiones fugitivas actuales

*Zona norte*

$$PE_n = (380 * 8760 * 0.03 * 0.97)$$

PE <sub>nAIII</sub> =	<b>96,868 tCO<sub>2</sub>/año</b>
-----------------------	-----------------------------------

De igual manera para la *zona sur*, tenemos:

$$PE_s = (210 * 8760 * 0.10 * 0.97)$$

PE <sub>sAIII</sub> =	<b>178,441 tCO<sub>2</sub>/año</b>
-----------------------	------------------------------------

Dado que el proyecto consiste en el reemplazo de 7 unidades de generación que actualmente se encuentran operando en el campo, es importante contabilizar estas emisiones actuales y restarlas a las anteriormente calculadas del proyecto, para de esta manera obtener el valor real de emisiones reducidas totales. Por lo tanto a continuación de calcular las emisiones fugitivas del equipo que actualmente se encuentra en operación (Ver datos en las Tablas 16 y 17).

### Emisiones fugitivas del proyecto

*Zona norte*

$$PE_{nCGLA} = (274 * 8760 * 0.03 * 0.97)$$

PE <sub>nCGLA</sub> =	<b>69,847 tCO<sub>2</sub>/año</b>
-----------------------	-----------------------------------

*Zona sur.*

$$PE_{sCGLA} = (206 * 8760 * 0.10 * 0.97)$$

Pes <sub>CGLA</sub> =	<b>175,042 tCO<sub>2</sub>/año</b>
-----------------------	------------------------------------

Por lo que el verdadero valor de las emisiones del proyecto se estimará mediante la siguiente fórmula:

$$PEy = PEyAIII - PEy_{CGLA} \quad (9)$$

Donde:

PEy = Emisiones totales del proyecto Azufres III (tCO<sub>2</sub>/año)

PEyAIII = Emisiones fugitivas del proyecto Azufres III (tCO<sub>2</sub>/año)

PEy<sub>CGLA</sub>: = Emisiones fugitivas de generación actual (tCO<sub>2</sub>/año)

### **Emisiones totales del proyecto Azufres III**

*Zona norte*

$$PEy = 96,868 - 69,847$$

PEyn=	<b>27,021 tCO<sub>2</sub>/año</b>
-------	-----------------------------------

*Zona sur*

$$PEy = 178,441 - 175,042$$

PEys =	<b>3399 tCO<sub>2</sub>/año</b>
--------	---------------------------------

Esta información nos muestra que actualmente existe una importante cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> que se están descargando actualmente a la atmósfera, razón por la cual el número de emisiones del proyecto se reducen drásticamente quedando en el 28% de lo que el proyecto presentaba originalmente para la zona norte y casi el 2% para la zona sur. Esta situación se muestra en mayor medida en la zona sur que en la zona norte, ya que el porcentaje de gases incondensables en el fluido geotérmico es muy alto en la segunda (10%), por ello, de las 178, 441 emisiones que emite el proyecto Azufres III, al final después de sustraer las emisiones actuales quedan solo

3399, lo que representa el casi 2% de las emisiones originales, situación que muestra que esta zona al menos para el primer periodo crediticio y hasta esta etapa, representa un excelente prospecto MDL, situación que se confirmará con el resultado de las emisiones reducidas para esta zona.

### 3.3.7. Cálculo de la Línea Base de Emisiones CO<sub>2</sub> Desplazadas por las Actividades del Proyecto Los Azufres III.

Las emisiones de línea de base incluyen sólo emisiones de CO<sub>2</sub> de la generación de electricidad en las centrales eléctricas operadas con combustible fósil y que serán desplazadas debido a la actividad de proyecto de la red nacional. La metodología asume que toda la generación de electricidad de proyecto encima de niveles de línea base podrían haber sido generada por la existencia de centrales eléctricas conectadas a la red eléctrica y la adición de nuevas centrales eléctricas. La línea base es calculada de acuerdo al siguiente procedimiento:

$$BE_y = EG_{PJ,y} * CM \quad (10)$$

Además  $EG_{PJ,y}$  es calculado como sigue:

$$EG_{PJ,y} = EG * Dha \quad (11)$$

Por tanto el valor de la línea base de las emisiones del proyecto anuales se estimarán de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$BE_y = EG * Dha * CM \quad (12)$$

Donde:

$BE_y$	=	Emisiones de línea base en el año “y” (tCO <sub>2</sub> /año)
$EG_{PJ,y}$	=	Cantidad de generación neta de electricidad que es producida y alimentada a la red como resultado de la implementación de las actividades del proyecto en el año “y” (MWh/año).
Dha	=	Despacho horario anual (horas/año)
CM	=	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> del margen combinado para red

conectada de generación de energía en el año "y (tCO<sub>2</sub>/MWh)

Como se ha mencionado anteriormente, el proyecto Los Azufres III consiste en el reemplazo de 7 unidades a contrapresión de 5 MW cada una, por dos nuevas plantas a condensación de consumo una de 50 MW para la zona norte y una de 25 para la zona sur.

Para el caso de la zona norte, hay que considerar 30 MW como generación neta de electricidad producida y alimentada a la red como resultado de la implementación de las actividades del proyecto Los Azufres III al año, debido a que de los 50 MW que se entregarán a la REN con la nueva unidad de generación, deben restarse los 20 MW (considerando las 4 unidades de 5 MW que se sustituirán) que actualmente se están entregando a la REN. De esta forma, tenemos:

#### **Emisiones línea base**

*Zona norte*

$$BEy = (30 \text{ MW/h}) * (8760 \text{ h/año}) * (0.5556)$$

<b>BE<sub>n</sub> =</b>	<b>146,012 tCO<sub>2</sub>/año</b>
-------------------------	------------------------------------

De igual manera que en la zona norte, para la zona sur hay que considerar 10 MW como generación neta de electricidad producida y alimentada a la red como resultado de la implementación de las actividades del proyecto Los Azufres III al año, debido a que de los 25 MW que se entregarán a la REN con la nueva unidad de generación, deben restarse los 15 MW (considerando las 3 unidades de 5 MW que se sustituirán) que actualmente se están entregando.

*Zona sur:*

$$BEy = (10 \text{ MW/h}) * (8760 \text{ h/año}) * (0.5556)$$

<b>BE<sub>s</sub> =</b>	<b>48,670 tCO<sub>2</sub>/año</b>
-------------------------	-----------------------------------

Es así como completamos los datos necesarios para poder realizar el cálculo de la RE potenciales a partir del proyecto Azufres III, y de esta forma conocer la viabilidad del mismo para participar en el comercio de CER's y así obtener los beneficios del mercado del carbono, beneficios que para efecto del marco de este trabajo, solamente nos referiremos a los ingreso o beneficio financieros adicional.

### 3.3.8. Cálculo de Emisiones Reducidas

Para realizar este cálculo, se tiene la siguiente ecuación:

$$ER_y = BE_y - (PE_y) \quad (13)$$

Donde:

ER<sub>y</sub> = Emisiones Reducidas en el año y (tCO<sub>2</sub>/año)

BE<sub>y</sub> = Emisiones de línea base en el año "y" (tCO<sub>2</sub>/año)

PE<sub>y</sub> = Emisiones del proyecto en el año y (tCO<sub>2</sub>/año)

#### Emisiones Reducidas

*Zona Norte:*

$$ER_y = 146,012 \text{ tCO}_2/\text{año} - 27,021 \text{ tCO}_2/\text{año}$$

<b>ER<sub>y</sub> =</b>	<b>118,991 tCO<sub>2</sub>/año</b>
-------------------------	------------------------------------

*Zona Sur:*

$$ER_y = 48,670 \text{ tCO}_2/\text{año} - 3399 \text{ tCO}_2/\text{año}$$

<b>ER<sub>y</sub> =</b>	<b>45,271 tCO<sub>2</sub>/año</b>
-------------------------	-----------------------------------

Las ER obtenidas como resultado equivalen a 164,262 tCO<sub>2</sub> de las zonas norte y sur conjuntas, consolida al CGLA como un importante prospecto como proyecto Reductor de Emisiones de GEI, y por tanto, también un buen participante vendedor de Certificados de Emisiones Reducidas (CER's). Ya que de acuerdo a la UNFCCC, un proyecto MDL mientras mayor volumen de RE (mayor de 50,000 CER's/año),

mayores probabilidades de colocación de bonos en el mercado también tendrá, y la obtención de precios dentro de un rango medio de acuerdo a las condiciones del mercado.

Desde el punto de vista productivo, este proyecto asegura que la cantidad de energía eléctrica que se entregará a la REN se incrementará en un 21% respecto a la cantidad total que el CGLA entrega actualmente, lo cual, por otro lado, significa también el incremento en ventas por servicio eléctrico del 21% lo cual significa un aumento significativo respecto a los actuales, y además, que no se requiere la perforación de nuevos pozos (hasta alcanzar la vida útil de cada pozo).

El resultado encontrado para este ejercicio, podría influir para el establecimiento de nuevos proyectos de RE similares al CGLA, tomando en cuenta que el proceso de producción es el mismo, y en muchos casos, las centrales de generación están a punto de cumplir su tiempo de vida.

México mantiene en operación otros tres campos geotérmicos, de los cuales dos: Cerro Prieto (Mexicali, BC) y Los Humeros (Mazatloma, Puebla) presentan un nivel de producción importante y por tanto un potencial número importante de créditos o CERs vendibles en el mercado internacional, créditos que también a medida que se vaya acercando al término del periodo establecido por el PK, encontrará un mejor nivel de precios para ellos y contribuir de mejor manera al desarrollo sustentable de la región.

Sin embargo, por otro lado existe un tercer campo (Las Tres Vírgenes) que por su pequeña producción (aprox. menos de 95 t/h) y sus problemas para mantener dicha producción, resultaría un proyecto incosteable y poco atractivo, a pesar de localizarse en un lugar que por sus condiciones climáticas, habría muchas opciones para proyectos MDL, aunque por otra parte también debe tomarse en cuenta que podría llevarse a cabo un proceso en donde se genere electricidad a partir de una combinación de tecnologías, por ejemplo, una central de ciclo combinado a partir de gas y una energía renovable (sol, alga, mantener la fuente geotérmica, etc.).

**PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**  
**PARTE II.**

## **CAPÍTULO 4.**

### **Beneficio Financiero en el CGLA**

La segunda parte de la propuesta está diseñada para plantear una estimación del beneficio financiero podría obtener el CGLA a partir del volumen de emisiones ya calculado (en la primera parte), tomando como modelo de cálculo a Gómez (2004).

De esta manera, se podrá verificar si la implementación de proyectos amigables con el medio ambiente, también podrían constituir a la paraestatal un margen de beneficio o ganancia adicional al ya obtenido por su servicio principal. Siendo también ésta la manera de demostrar la aceptación o la refutación de nuestra hipótesis planteada.

De igual manera para demostrar que la propuesta podría resultar beneficiosa desde un punto de vista más profundo, se realiza un estudio de Costo-Beneficio. Obteniendo con ello una relación numérica que nos permita establecer un criterio más real.

#### 4.1. Cálculo del Beneficio Financiero para el CGLA

Existen diferentes tipos de contrato y condiciones en los cuales el CGLA podría negociar sus ER estimados. Para ello el beneficio que se situará en diferentes escenarios para con ello establecer la mejor opción de compra-venta de los bonos generados.

Para este cálculo las condiciones más importantes que se tomarán en cuenta son: el plazo del contrato (tiempo) y el precio negociado por bono o CER.

Para el caso del tiempo se proponen tres escenarios:

1. Suponiendo que no habrá una renegociación del Protocolo de Kioto del periodo de acreditación 2008-2012, y tomando en cuenta que solo quedarían dos años de venta de dichos bonos, el periodo de contrato será solamente por dos años (2010-2012);
2. Caso contrario, suponiendo que se asegura un acuerdo post-Kioto, y con el fin de buscar un segundo periodo de acreditación para obtener mejores precios, se plantea solo un periodo por 7 años de contrato (2010-2017); y
3. Suponiendo también un acuerdo post-Kioto, se plantea un periodo único de 10 años de contrato (2010-2020).

Para el precio del mercado, se plantean los siguientes escenarios:

1. Precio bajo de 1,5 € (Carbon, 2009)<sup>4</sup>;
2. Precio promedio de 7€ (tomando como base el precio pactado en el MDL de la Venta II); y
3. Un precio alto de 13€ (Carbon, 2009)<sup>5</sup>.

Tomando como base un volumen de 164,262 CER's por año, se lleva a cabo la estimación del beneficio con la fórmula (2) descrita en el punto 2.5, por lo que a continuación se presentan los resultados:

---

<sup>4</sup> Precio de MDL primarios en China, sobre proyectos eólicos.

<sup>5</sup> Precio de MDL secundarios en India, sobre proyectos en energía eléctrica.

**Tabla 18.** Beneficio Financiero Estimado para el CGLA, 2009

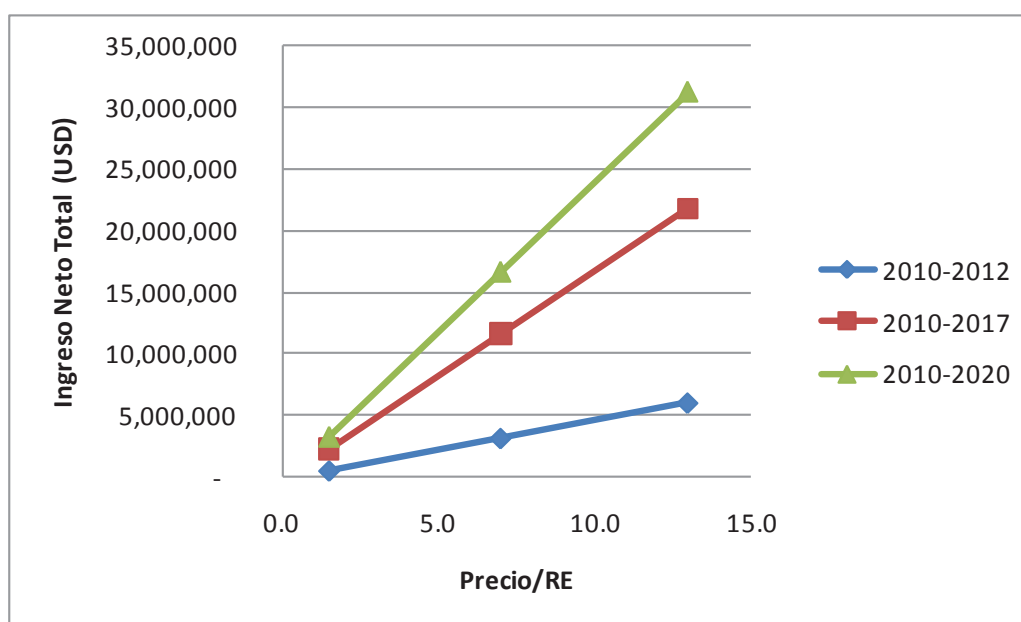
Periodo	Volumen de RE del periodo (tCO2)	Precio (€/RE)	Tipo de cambio (€/USD)	Costos de Transacción (USD)	Venta total de bonos de carbono (USD\$)
2010-2012	328,524	1.5	1.48	297,000	432,323
	328,524	7.0	1.48	297,000	3,106,509
	328,524	13.0	1.48	297,000	6,023,802
2010-2017	1,149,834	1.5	1.48	297,000	2,255,631
	1,149,834	7.0	1.48	297,000	11,615,280
	1,149,834	13.0	1.48	297,000	21,825,806
2010-2020	1,642,620	1.5	1.48	342,000	3,304,616
	1,642,620	7.0	1.48	342,000	16,675,543
	1,642,620	13.0	1.48	342,000	31,262,009

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología ACM0002 de la UNFCCC.

Los costos de transacción para los primeros dos casos se calcularon en base a los costos establecidos para el proyecto de la CELV II.

Los costos de transacción para la tercera opción (10 años) se calcularon aumentando un costo adicional de €45,000 por efecto de revisión de línea base de emisiones.

**Figura 20.** Ingresos Netos Comparativos por Precio



Fuente: Elaboración propia en base a los datos obtenidos en la tabla 18

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 18 y figura 20, en estas condiciones CGLA podría obtener beneficios financieros positivos (Ingresos netos totales) en cualquiera de los escenarios propuestos por la venta de RE en el mercado de carbono internacional. Ya que se observan Ingresos (IN) que van desde USD\$432,323 con el precio más bajo (1,5 €) dentro de un periodo corto, hasta USD\$31,262,009 con el precio más alto (€ 13) en un período largo de 10 años.

Desde el punto de vista del precio, para el supuesto más bajo de 1.5€, se observan en todos los escenarios ingresos son positivos y mayores a USD\$400,000, sin embargo, los beneficios son bajos para la cantidad de RE y principalmente para el costo del proyecto final, lo cual no resulta conveniente llevar al mercado los bonos de carbono, hasta que el precio muestre un incremento importante.

Para el precio medio de €7 muestra un beneficio positivo en todos los periodos, sin embargo también resultaría más conveniente un contrato a partir de un periodo de siete años.

El precio mayor €13 muestra excelentes ingresos en los tres periodos de intercambio, pero en el caso de la opción de un solo período de acreditación de 10 años, al término de los primeros 7 años, se requerirá una revisión de la línea de base (al igual que en las otras opciones de precios), resultando en costos de transacción adicionales, lo cual le permitirá al proyecto la acreditación de tres años más de reducción de emisiones de tCO<sub>2</sub>, que para este caso representa casi seis millones de RE, o ingresos por más de 12 millones de dólares.

Para el caso del tiempo de contrato, como se puede observar más claramente en la figura 20, el segundo y tercer escenario (7 y 10 años de contrato) son los que arrojan mejores resultados, ya que la divergencia de estos respecto a los ingresos obtenidos en el contrato de dos años es muy amplia, por lo que no sería recomendable realizar dicho contrato por periodo tan corto, tanto por los gastos totales del proyecto, los gastos de inscripción a la UNFCCC, como por el tiempo requerido para obtener la certificación de las ER.

Por otra parte, también existe la probabilidad de establecer solo un contrato por 7 años, esperando que al término de este, se pueda establecer un segundo contrato con un precio más alto respecto al primero, y en consecuencia obtener mayores ingresos, aunque también existe la probabilidad de que las condiciones del PK cambien drásticamente.

Por lo anterior, una de las recomendaciones más importantes que podemos establecer es que si los precios se encuentran bajos en el mercado lo ideal sería esperar hasta que las condiciones cambien y que hay que buscar periodos de contrato que logren una relación costo-beneficio positiva.

Es así como nuestra hipótesis establecida como:

“La participación del Campo Geotérmico Los Azufres, Michoacán en el comercio Internacional de bonos de carbono, determina beneficios financieros para la paraestatal”.

Podemos resolver que a través del uso de las herramientas metodológicas y en base al método científico, los resultados muestran que efectivamente la participación del Campo Geotérmico Los Azufres, Michoacán, en el comercio internacional de bonos de carbono, determina beneficios financieros positivos para la paraestatal, el cual se determinó a través de un proyecto de reducción de emisiones para el mismo, por lo cual se acepta la hipótesis planteada de este trabajo de investigación.

#### **4.2. Costo-Beneficio Total del Proyecto Los Azufres III.**

A través de proyectos donde se promuevan el respeto del entorno ecológico en todos y cada unos de los procesos de operación se logra contribuir con la preservación del medio ambiente, es así como las empresas en específico el CGLA busca su consolidación como una empresa socialmente responsable. Sin embargo mas allá de esta concientización, la UNFCCC en un intento de incentivar el uso de nuevas

tecnologías “limpias”, creó los mecanismos de flexibilidad, los cuales no solo buscan el logro de los objetivos descontaminantes del PK, sino que estos además sean financieramente atractivos.

Es cierto que el apartado anterior constató el beneficio positivo del proyecto en sí, sin embargo consideramos importante realizar un análisis financiero completo que involucre el costo del proyecto Los Azufres III, con la finalidad de desarrollar y analiza los beneficios finales que un proyecto MDL podría representar en la implementación de nuevas tecnologías en sus procesos productivos, tal como este campo geotérmico.

Es por ello, que este apartado está destinado a la realización de un análisis Costo-Beneficio para la implementación del proyecto Azufres III en el CGLA, de tal manera que se mostrarán una evaluación del rendimiento que proporciona las operaciones del proyecto de inversión, el cual proporcione información útil para la toma de decisiones de la empresa.

Para realizar este análisis, debemos en primer lugar definir las características del proyecto de inversión, en base a las características que se han mencionado anteriormente (Capítulo 4), por lo que a continuación lo delimitamos:

- a. *Proyecto de inversión de reemplazo*: se utiliza la inversión para mantenimiento del negocio, refiriéndose específicamente a la inversión que conlleva al desplazamiento de los equipos dañados o equipos cuya operación es muy costosa (Morales, 2003);
- b. *Mutuamente excluyente*: cuando al seleccionarse un proyecto debe excluirse otro que compite por los recursos disponibles (Morales, 2003);
- c. *Proyecto de participación mixta*: el Estado orienta la participación de la inversión privada, aportando parte del capital, con la finalidad de estimular la generación de productos o servicios necesarios para la población; por ejemplo la generación eléctrica (caso concreto de nuestra investigación), vacunas, etc.

El método Costo-Beneficio (C-B) es un método sistemático de evaluación del atractivo de proyectos o políticas gubernamentales, en los casos en que es importante adoptar la perspectiva del largo plazo en los efectos futuros, y un punto de vista amplio de los posibles efectos colaterales. Por lo que este método, en lugar de permitir que solo se apliquen los criterios que son de evaluación de proyectos privados como son la tasa interna de retorno (TIR) o el valor presente (VP), entre otros, este método provee una visión más amplia de los escenarios.

Los *beneficios* del proyecto se definen como las consecuencias favorables del proyecto para el público, y, los *costos* representan el desembolso monetario que se requiere del gobierno. De igual manera, si el resultado muestra una consecuencia negativa financiera para el público o un segmento de este, este se clasificará como *desbeneficio*.

De acuerdo con Sullivan (Sullivan, 2003) la razón C-B se define como “*la razón del valor equivalente de los beneficios al valor equivalente de los costos*”. El valor equivalente podría medirse en base al valor presente (VP), valor anual o valor futuro. Lo cual, para el caso de esta investigación se tomará el VP en conjunto con la tasa de interés para proyectos públicos (dependiendo el interés otorgado a la CFE por el inversionista del proyecto).

La ecuación con la cual se llevara a cabo el estudio de factibilidad es (Sullivan, 2003):

Razón C-B convencional VP:

$$B-C = \frac{VP \text{ (beneficios del proyecto Azufres III)}}{VP \text{ (costos totales del proyecto propuesto)}} = \frac{VP \text{ (B)}}{I + VP \text{ (OM)}} \quad (14)$$

Donde:

- VP (\*) = Valor presente del proyecto Los Azufres III;  
B = Beneficios financieros del proyecto Azufres III;  
I = Inversión inicial del proyecto Azufres III;  
OM = Costos de operación y mantenimiento del proyecto Azufres III.

Es importante resaltar que un proyecto es aceptable si la razón C-B, tal como se define en la ecuación anterior si es mayor o igual a 1.0.

Para ello es necesario establecer por separado todos los gastos que conformen los Ingresos para el CGLA y por otra parte todos los gastos o egresos.

Este proyecto se realizará mediante el proceso de Obra pública financiada, tomando en cuenta que “la obra pública es todo trabajo que tengan como objeto la creación, construcción, conservación o modificación de los bienes inmuebles o de capital del gobierno” ([www.shcp.gob.mx](http://www.shcp.gob.mx)), y que la CFE es parte del Gobierno Federal mexicano. Es así como la Dirección de Proyectos de Inversión Financiada desarrolla nuevos proyectos de infraestructura eléctrica, complementando para ello la inversión presupuestal con inversión privada, promoviendo el interés de inversionistas privados, nacionales y extranjeros, que permita a CFE alcanzar las metas programadas para satisfacer la demanda del servicio de energía eléctrica.

La corrida financiera estará compuesta principalmente por dos conceptos: Ingresos y egresos. Los ingresos a su vez contendrán todos aquellos conceptos de ventas tanto de energía eléctrica como de bonos de carbono. Por su parte los egresos estarán conformados por los costes de tres conceptos: Inversión, costos de operación y mantenimiento y costos del combustible (este rubro cubrirá los costos de operación del CGLA, mantenimiento, acidificación, reemplazo a pozos y demás gastos administrativos).

### **4.2.1. Ingresos**

Son aquellos recursos que reciben las entidades del sector público provenientes de la venta de activos fijos y valores financieros, financiamiento interno, externo, así como transferencias del Gobierno Federal para la inversión física, financiera y amortización de pasivos” ([www.shcp.gob.mx](http://www.shcp.gob.mx)).

Como se mencionó anteriormente y en relación a la anterior definición, los conceptos que se incluirán en este rubro serán los ingresos obtenidos por las ventas totales de:

- Energía eléctrica; y
- Bonos de carbono potencialmente vendibles en el CGLA.

Para el caso de las ventas de energía eléctrica, se tomara como base la generación neta anual promedio derivada de las actividades del proyecto Los Azufres III en el CGLA a partir del año cero y el precio promedio al que se vendería la energía eléctrica en el punto de la entrega de la Central geotermoelectrica Los Azufres a Transmisión. Dato que dada su complejidad, se tomará del obtenido para el proyecto La Venta II a precios constantes.

Por otra parte, el rubro de la venta de bonos de carbono se tomará en cuenta los valores obtenidos en el capítulo anterior y que se encuentran reportados en la tabla 18 del apartado 4.1 de este trabajo.

### **4.2.2. Egresos**

Llamaremos egresos a la “erogación o salida de recursos financieros, motivada por el compromiso de liquidación de algún bien o servicio recibido o por algún concepto” ([www.shcp.gob.mx](http://www.shcp.gob.mx))

Dado que este concepto se divide en tres:

- Inversión;
- Costos de combustible;
- Costos de operación y mantenimiento; y
- Costos de transacción por la participación en el mercado del carbono.

A continuación se describe cada uno de los conceptos.

#### **4.2.2.1. Inversión**

Al respecto las centrales geotermoeléctricas operan con principios análogos a los de una termoeléctrica convencional, excepto en la producción de vapor, el cual en este caso es extraído del subsuelo. Como se muestra en la figura 6, la mezcla agua-vapor obtenida del pozo se envía a un separador de humedad; el vapor ya seco es conducido a la turbina, la cual transforma su energía cinética en mecánica y esta, a su vez, en electricidad al transmitirse al generador.

Para la inversión de este proyecto se toma en cuenta el costo de inversión de una unidad de generación eléctrica de 50 MW, y una unidad de generación eléctrica de 25 MW, ambas del tipo a condensación. El financiamiento se enmarca en el supuesto de 2.5 años, y de acuerdo a los datos obtenidos del Plan Nacional de Desarrollo periodo 2007-2012 de la Secretaría de Energía ([www.sener.gob.mx](http://www.sener.gob.mx)) para un proyecto similar (Cerro Prieto V), se toman en cuenta los datos tanto para la inversión, combustible como los costos de operación y mantenimiento, tal como se verá a continuación.

#### **4.2.2.2. Costos de Combustible**

El costo del vapor geotérmico considera un cargo inicial que comprende las instalaciones superficiales en el campo, la exploración y perforación de pozos productores e inyectores necesarios para iniciar la operación comercial. Además, durante la vida de la central, son originados costos debido a los reemplazos de pozos

e instalaciones superficiales, reparación y limpieza de pozos (acidificación), así como a la operación y mantenimiento del campo geotérmico.

El costo inicial, el de reemplazo de pozos, y reparación y limpieza de los mismos, en su caso, habrá que convertirlos en un costo nivelado, el cual sumado al unitario de operación y mantenimiento del campo, da lugar al costo total por megawatt-hora (MWh) del vapor geotérmico que aparece de acuerdo a la referencia de la SHCP y a la CFE podría estimarse un valor de \$585.04/MWh neto, del cual \$469.63/MWh corresponden al costo durante el periodo de construcción (Exploración, perforación de pozos productores e inyectores, así como instalaciones superficiales); \$3.92/MWh correspondientes al costo durante el periodo de operación ( acidificación, reparación y reemplazo de pozos y sus vaporductos respectivos) y por último el concepto de operación y mantenimiento general del campo geotérmico cuyo valor considerado será de \$111.49/MWh .

#### **4.2.2.3. Costos de Operación y Mantenimiento de la Central Geotermoeléctrica.**

Para establecer el costo de operación y mantenimiento del MWh neto generado considera dos componentes, uno fijo y otro variable. Los fijos están presentes independientemente de la operación de la planta y por lo tanto no se hallan directamente relacionados con la energía generada. Este renglón incluye los siguientes conceptos de costos:

- Salarios
- Prestaciones
- Seguro Social
- Servicios de Terceros
- Gastos Generales
- Materiales (excepto del área de operación)

Los costos variables son aquellos que guardan una relación directa con la generación de energía eléctrica. En este renglón sólo se consideran los de materiales del área de operación. Para el caso del Campo Geotérmico Los Azufres la cifras están referidas exclusivamente a la central geotermoeléctrica, ya que los inherentes al campo geotérmico se incluyeron dentro del costo del combustible.

En este sentido el valor con el que se trabajará este ejercicio será de \$109.87/MWh incluidos los costos fijos y variables, en donde este último conforma el 54% del valor total (Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 pp17-25).

### **4.3. Estimación de la Relación Costo-Beneficio del Proyecto Los Azufres III.**

Los datos principales para llevar a cabo el análisis financiero se declaran a continuación (Ver datos completos en los Anexos 6 y 7):

**Tabla 19.** Datos Financieros del Proyecto de Reducción de Emisiones

CONCEPTO	ESCENARIOS	
Vida útil de las centrales de 25 MW y 50 MW	30 años	
Tasa de descuento (dos escenarios):	12%	14%
Tasa de interés:	6.9%	
Tiempo de construcción e instalación de las centrales	2.5 años	
Capacidad de energía eléctrica que se adiciona a la REN por las activ del proy.	75 MWh	
Factor de unidades de generación eléctrica	0.85	
Costo total de inversión de las unidades de generación eléctrica	US\$ 155,843,997.50	
Costo unitario del Combustible en MWh	US\$ 40.35	
Costo Unitario de Operación y Mantto en MWh	US\$ 7.58	
Costo total de transacción de la inscripción al UNFCCC	US\$ 870,000.00	
Ventas totales de electricidad en 30 años (US\$)	US\$ 1017,942,660.00	
Precio del CER (US\$)	US\$ 10.43	US\$ 19.37
<b>Ventas totales de bonos de carbono en 30 años</b>	<b>US\$53,110,832.46</b>	<b>US\$98,634,403.14</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 y POISE 2008-2017 del SENER, CFE y GPG. Para ver datos completos ir a Anexo 6 y 7 de este trabajo.

Estos datos se conjuntarán en un total de seis escenarios diferentes, los cuales a su vez se vacían en una hoja de cálculo de Excel y se obtiene los resultados que se muestran a continuación (para ver resultados completos ver Anexo 8):

**Tabla. 20.** Resultados de la Relación C-B para el Proyecto Azufres III

Concepto	1er escenario	2o. escenario	3er escenario	4o. escenario	5o. escenario	6o. escenario
	Tasa de desc=12%	Tasa de desc=14%	bc=US\$10.43	bc=US\$19.37	bc=US\$10.43	bc=US\$19.37
Inversión (US\$)	155,843,997.5	155,843,997.5	155,843,997.5	155,843,997.5	155,843,997.5	155,843,997.5
Tasa de descuento (%)	12	14	12	14	12	14
VPN (US\$)	264,484,067.2	229,920,328.3	278,525,731.4	289,918,351.8	241,760,956.3	252,085,340.0
TIR	13.10%	11.11%	14.31%	15.35%	12.28%	13.33%
Ventas bc/ventas ee			5.05%	9.38%	5.05%	9.38%
Ventas bc/Inversión			32.98%	61.25%	32.98%	61.25%
<b>Relación B/C</b>	1.70	1.48	1.79	1.86	1.55	1.62

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos a partir del modelo C-B de Sullivan (1999).

Es así como los resultados de seis escenarios propuestos muestran de manera general que la energía renovable resulta rentable, ya que a través de la inscripción de un proyecto MDL en el comercio internacional, la empresa puede obtener un promedio de entre el 5% y el 9% adicionales a sus ventas normales, ingresos que no podría obtener por su servicio principal.

Por otra parte si observamos la relación entre las ventas por bonos de carbono y la inversión realizada resultan atractivas principalmente cuando el precio establecido es de USD\$19.37, ya que cubriría más del 60% de la inversión inicial.

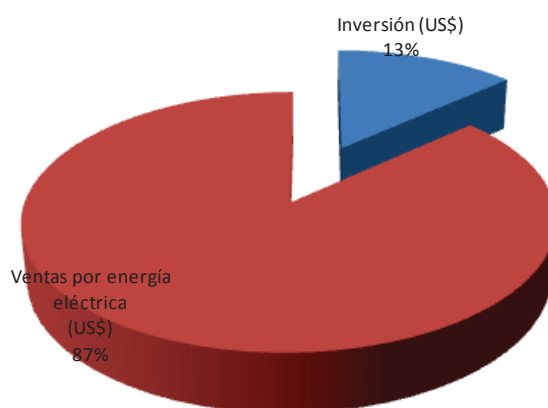
Sin embargo también es pertinente comentar que la relación C-B para los seis casos –incluyendo los escenarios son ventas de bonos de carbono–, resultan casi igualmente beneficiosas, lo cual implica que los costos en los que la empresa tiene que incurrir para poder ingresar al MC, son altos, y además cuando la tasa de descuento considerada es alta, la relación aunque sigue siendo positiva se reduce. Contexto que se corrobora con la revisión de la TIR, la cual, cuando no hay ventas por bonos converge entre el 11%-13%; y con venta de BC se encuentran entre el 12% y el 15%. Lo que representa que el hecho de vender BC no incurre en una tasa de recuperación de la inversión más atractiva que si no se realizaran las actividades del MDL.

De esta manera se concluye que en base al conjunto de los seis escenarios y aunque el hecho de invertir en un MDL no implica duplicar las ganancias o los ingresos de la paraestatal, sí representan un ingreso adicional importante para el desarrollo de nuevos proyecto o de las necesidades propias de la misma. Ya que de los seis escenarios propuestos, el que muestra mejores beneficios es el cuarto. El cual modela los mejores resultados en el proceso de compra-venta de BC. Escenario que más adelante se explica de manera más amplia.

Habiendo obtenido los resultados correspondientes para cada uno de los escenarios propuestos, a continuación se interpretan los valores para cada caso.

#### 4.3.1. Primer Escenario Financiero Sin Beneficio por BC con $td=12\%$

Concepto	1er escenario Tasa de desc=12%
Inversión (US\$)	155,843,997.5
Tasa de descuento (%)	12
VPN (US\$)	264,484,067.2
TIR	13.10%
Ventas bc/ventas ee	ND
Ventas bc/Inversión	ND
<b>Relación B/C</b>	<b>1.70</b>



Fuente: Elaboración propia con datos de la SENER y CFE. 2009.

El primer escenario se establece sin el beneficio de la venta de bonos de carbono, con una tasa de descuento que incluyen los costos de importación, impuestos e intereses bancarios, entre otros del 12% y en donde solamente se van a incluir los beneficios de las ventas totales de energía eléctrica.

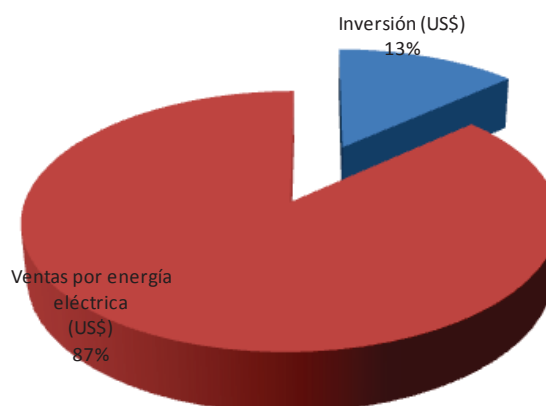
El resultado nos muestra que a través de los 30 años de vida útil del proyecto, la inversión inicial resulta mucho menor a los beneficios o ingresos obtenidos por las

ventas de energía eléctrica, en una relación Beneficio-Costo de 1.70, lo cual nos indica que el proyecto es ampliamente beneficiosos respecto a sus costos totales, por tanto el proyecto aun sin la inscripción al UNFCCC resulta muy positivo y por tanto recomendable.

Por otra parte, la relación entre la inversión inicial del proyecto y las ventas por energía eléctrica se trazan en un 13% de la inversión respecto a la segunda, a lo largo de los 30 años.

#### 4.3.2. Segundo Escenario Financiero Sin Beneficio por BC con $td=14\%$

Concepto	2o. escenario Tasa de desc=14%
Inversión (US\$)	155,843,997.5
Tasa de descuento (%)	14
VPN (US\$)	229,920,328.3
TIR	11.11%
Ventas bc/ventas ee	ND
Ventas bc/Inversión	ND
<b>Relación B/C</b>	<b>1.48</b>



Fuente: Elaboración propia con datos de la SENER, CFE. 2009

El segundo escenario se propone con una tasa de descuento del 14%, en donde se incluyen por concepto de ingresos exclusivamente las ventas de energía eléctrica a lo largo de 30 años, que alcanza más de un mil millones de dólares durante todo el periodo. El resultado de la relación Beneficio-Costo disminuye aproximadamente 0.22% respecto a la de la tasa de descuento anterior, ya que pasa de 1.70% a 1.48%.

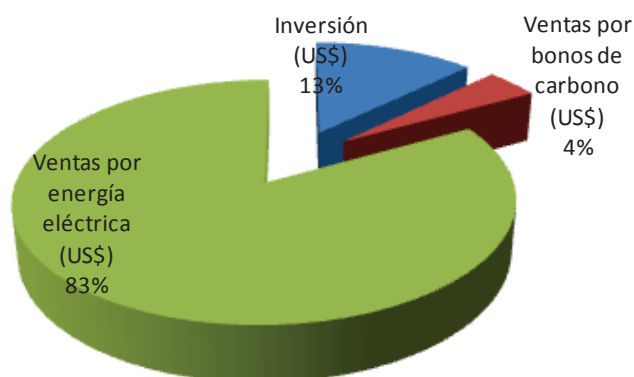
Esta disminución resulta del aumento en la tasa de descuento propuesta del 12% al 14%. Es importante destacar que las tasas de descuento establecidas para este ejercicio fueron tomadas a partir de algunos ejemplos establecidos en documentos cotizados para la CFE, de casos similares. Sin embargo, la relación Beneficio-Costo indica que el proyecto es beneficioso.

Por otra parte confirmando la información anterior, la relación entre la inversión inicial del proyecto y las ventas por energía eléctrica se trazan en un 13% de la inversión respecto al 87% de las ventas de energía a lo largo de los 30 años.

### 4.3.3. Tercer Escenario Financiero con BC=10.43 con td=12%

En este escenario a diferencia de los anteriores, se incluye el ingreso por la venta de bonos de carbono, con cual se pretende demostrar que aumenta los beneficios financieros ya adquiridos por la venta de su servicio principal, la energía eléctrica. El precio propuesto para este ejercicio es de US\$10.43/CER y la tasa de descuento es del 12%.

Concepto	3er. escenario bc=US\$10.43
Inversión (US\$)	155,843,997.5
Tasa de descuento (%)	12
VPN (US\$)	278,525,731.4
TIR	14.31%
Ventas bc/ventas ee	5.05%
Ventas bc/Inversión	32.98%
<b>Relación B/C</b>	<b>1.79</b>



Fuente: Elaboración propia con datos de la SENER, CFE. 2009

Colocando en un gráfico los costos de la inversión inicial, respecto a los ingresos totales, podemos observar que las ventas por energía eléctrica representan el 83%

del total, mientras que la venta por bonos de carbono registra el 4% de este comparativo, sin embargo es importante resaltar que la inversión inicial, solamente está ocupando el 13% del total. Situación que refleja que la inversión comparada con los ingresos totales, queda sobrepasada.

Por otra parte, el ingreso total aumento en una proporción del 5% respecto a al ingreso sin bonos de carbono, valor excedente debido al ingreso por la venta del nuevo producto (bonos de carbono).

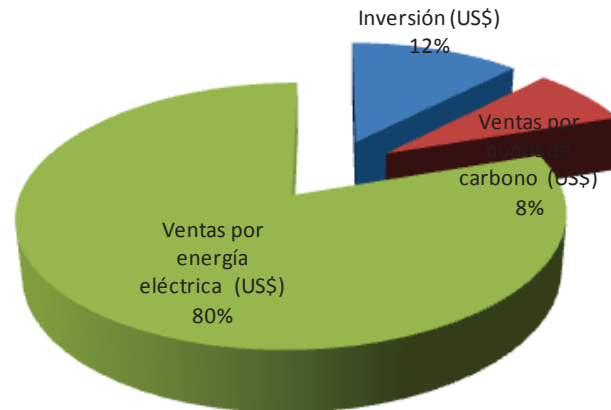
Realizando una estimación del comparativo entre las ventas de bonos de carbono y las ventas de la inversión inicial, el resultado muestra una relación de 0.33, esto significa que las ventas de dichos bonos representan el 33% del pago total de dicha inversión, es decir el MC le ayuda a recuperar al CGLA la tercera parte de su inversión.

Además, el ingreso de los bonos de carbono respecto al de las ventas de energía eléctrica representa el 5%, escenario que le otorga a la paraestatal un ingreso adicional de más de 51 millones de dólares. Situación que se refleja en el aumento de la relación beneficio-costos en un 0.9%, ya que pasó de 1.70 en un escenario parecido sin bonos de carbono a 1.79 con venta de bonos.

Sin embargo, la relación de la TIR de este escenario es del 14.31, y tomando en cuenta que la tasa de descuento es del 12%, el valor final queda por arriba del mercado en un 2% solamente.

#### 4.3.4. Cuarto Escenario Financiero con BC=19.37 y td=12%

Concepto	4o. escenario bc=US\$19.37
Inversión (US\$)	155,843,997.5
Tasa de descuento (%)	14
VPN (US\$)	289,918,351.8
TIR	15.35%
Ventas bc/ventas ee	9.38%
Ventas bc/Inversión	61.25%
<b>Relación B/C</b>	<b>1.86</b>



.Fuente: Elaboración propia con datos de la SENER, CFE. 2009

El gráfico muestra que el comparativo de los ingresos totales incluyendo la venta de bonos de carbono con precio de US\$19.37, en este se observa que la participación de los ingresos aumenta de USD\$1,069,340,239.8 a USD\$1,113,395,308.2, aumentando el porcentaje global en un 4% respecto al escenario con un precio menor.

Así también la relación entre la venta por bonos de carbono y la de energía eléctrica, de se incrementa de 5.05% a 9.38%. Sin embargo, el concepto que manifiesta un mayor incremento, es la relación de las ventas de bonos de carbono respecto a la inversión, ya que pasan de cubrir el 33% del costo actual del proyecto en el escenario anterior, al 61% en este escenario, valor con el cual la exclusiva venta de bonos cubriría casi las dos terceras partes de la inversión inicial, además de las ventas adicionales de energía eléctrica al aumentar la capacidad de producción del campo.

De acuerdo a esto, y aunque se observa que el volumen de bonos es la variable que podría influir en los inversionistas para la toma de decisiones en la inscripción al MC, también no debemos quitar importancia al precio con el cual se negocia o pacta el contrato ante la UNFCCC. Sin embargo, este tema queda en el tintero para próximas investigaciones.

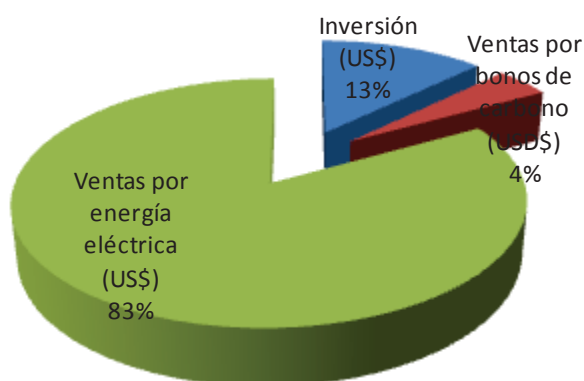
Y por último, la relación C-B para este escenario muestra un ligero incremento de pasar de 1.48 a 1.86% (0.38%), respecto al 2º escenario con características similares (misma tasa de descuento). Aumenta en un 2%, es decir pasa de 12% a 14%. Sin embargo el proyecto sigue manteniendo una tendencia muy positiva respecto a los costos de inversión.

#### 4.3.5. Quinto Escenario Financiero con BC=10.43 y td=14%

Este contexto a diferencia que los dos escenarios anteriores se muestra una tasa de descuento mayor en un 2%, es decir aumenta de 12% a 14%, incremento atribuido a tasa de interés, impuestos, seguros, entre otros.

En primera instancia los ingresos no muestran ningún movimiento respecto al tercer escenario (mismo precio del bono de carbono), así también como los egresos totales. La relación entre las ventas de bonos de carbono y las de energía eléctrica es de 5.05% (la misma que el referenciado), y la relación de las ventas de bonos de carbono respecto a la inversión, también nos muestra que cubre el 33% de la inversión inicial del proyecto completo. Y la relación C-B resulta muy positiva ya que estima un valor de 1.55.

Concepto	5o. escenario bc=US\$10.43
Inversión (US\$)	155,843,997.5
Tasa de descuento (%)	12
VPN (US\$)	241,760,956.3
TIR	12.28%
Ventas bc/ventas ee	5.05%
Ventas bc/Inversión	32.98%
<b>Relación B/C</b>	<b>1.55</b>



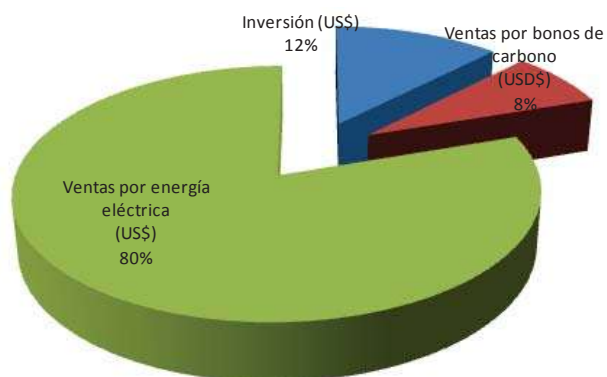
Fuente: Elaboración propia con datos de la SENER, CFE. 2009

Por su parte, el gráfico refleja que en los ingresos totales de la paraestatal por las actividades del proyecto, las ventas de energía eléctrica participan mayoritariamente en un 83%, la inversión solo ocupan el 13% y la venta por bonos de carbono representarían el 4% de los ingresos del proyecto, corroborada en el Anexo 8.

Sin embargo debe tomarse en cuenta que la TIR de este escenario solo cubre el 12.28%, valor que apenas cubre la tasa del mercado. Por lo que a pesar de obtener valores positivos, sería recomendable obtener una menor tasa de descuento.

#### 4.3.6. Sexto Escenario Financiero con BC=19.37 y $td=14\%$

Concepto	6o. escenario bc=US\$19.37
Inversión (US\$)	155,843,997.5
Tasa de descuento (%)	14
VPN (US\$)	252,085,340.0
TIR	13.33%
Ventas bc/ventas ee	9.38%
Ventas bc/Inversión	61.25%
<b>Relación B/C</b>	<b>1.62</b>



Fuente: Elaboración propia con datos de la SENER, CFE. 2009

Por último este contexto presenta las mismas características de precio del bono del cuarto escenario, y además también presenta resultados parecidos.

Los ingresos y egresos no varían, mientras que también la relación entre las ventas de bonos de carbono y energía eléctrica; y las ventas de BC y la inversión inicial muestran valores del 9.3% y 61% en la participación en los ingresos totales a lo largo de los 30 años de vida útil del proyecto.

La relación C-B, muestra un ligero decremento al pasar de 1.86 a 1.62 (-0.24%) respecto a las tasas de descuento del 12% al 14% debido a que también aumenta el porcentaje de la tasa de descuento del 12% al 14%.

Habiendo analizado los diferentes resultados de acuerdo a los contextos planteados, de manera general podemos sintetizar que la venta de bonos de carbono en el mercado internacional para el CGLA a partir del proyecto Los Azufres III, generan un incremento en los ingresos ya obtenidos por el servicio eléctrico, en un 5% al pasar de la no venta a la venta en un precio de USD\$10.43, y en un 9% al pasar de la no venta a la venta en un precio de USD\$19.37, situación que resulta beneficiosa positivamente en el proyecto completo (Ver Fig. 21).

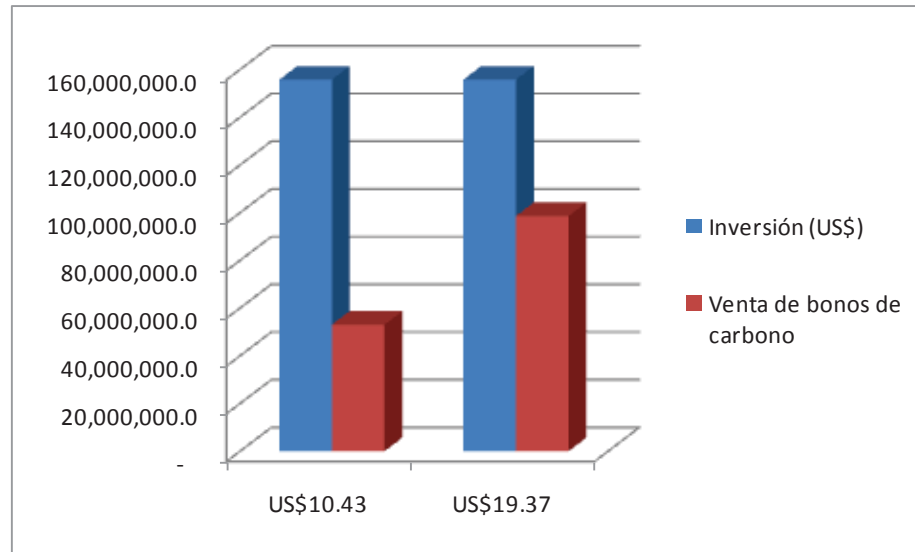
Por otra parte, las ventas de bonos de carbono podrían cubrir desde la tercera parte del proyecto a más del 60% del mismo, lo que también representa un ingreso que de no ingresar al mercado internacional, tendría que pagarse con los ingresos obtenidos de la energía eléctrica vendida.

Sin embargo también resulta interesante resaltar que el resultado de la TIR muestra que no todos los escenarios son adecuados al momento de negociar. Por ejemplo, el caso del quinto escenario en donde precio del bono es de USD\$10.43 y la tasa de descuento es alta (14%), apenas si logra rebasar el margen de la tasa de interés del mercado. En general el valor de la TIR en el mejor de los casos alcanza a sobresalir en un 3% (cuando se obtiene 15% en el cuarto escenario), por lo que debe asegurarse un alto valor de los CER's y el nivel más bajo de la tasa de descuento en el mercado. De igual manera hay que tomar en cuenta que los precios de venta de la energía eléctrica se mantuvieron estáticos a lo largo de todo el periodo, lo cual también reduce el nivel real de ganancia.

Por otra parte la relación Costo-Beneficio que se estima, muestra que aunque el proyecto es beneficioso aun sin la venta de dichos bonos, este beneficio puede ser aun más elevado si los conceptos como intereses bancarios, gastos de importación y demás gastos administrativos incluyendo los de la inscripción y mantenimiento en el MC se redujeran, esto para el caso cuando estos conceptos cubren el 12% de la inversión inicial (tasa de descuento=12%), situación que no se observa cuando estos

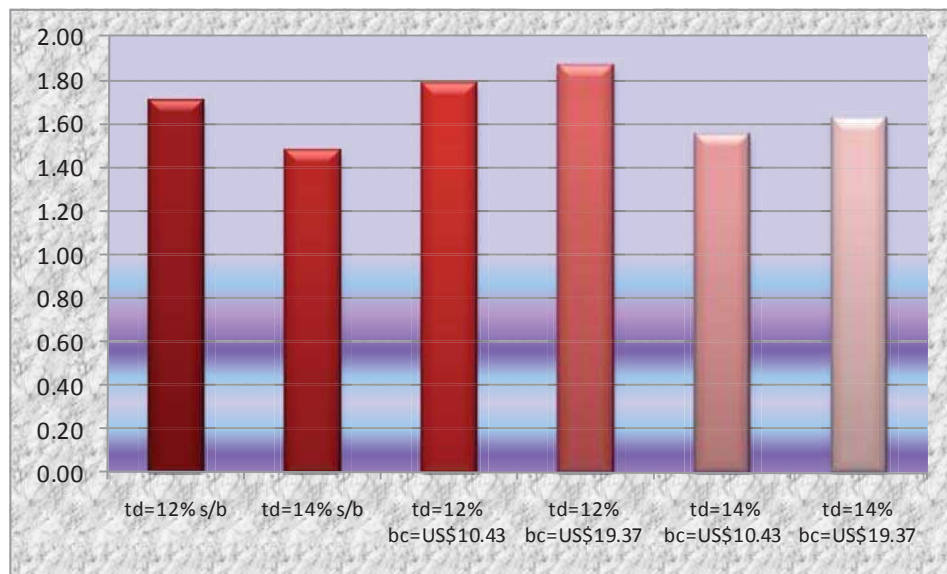
conceptos muestran un aumento en sus valores (tasa de descuento =14%). Ver figura 22.

**Figura 21.** Gráfico Comparativo de la Venta de Bonos de Carbono vs Inversión



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos a partir del modelo de Gómez (2004). 2009

**Figura 22.** Gráfico Comparativo de la Relación C-B en 6 Diferentes Escenarios



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos del modelo C-B de Sullivan (1999). 2009

## CONCLUSIONES

La Reducción de Emisiones obtenidas en conjunto de las áreas norte y sur del CGLA a través del proyecto Los Azufres III y en base a la metodología propuesta, fueron equivalentes a 164,262 tCO<sub>2</sub> condición que lo ubica como un excelente prospecto para participar en el comercio internacional de bonos a través del MC.

De las 164,262 tCO<sub>2</sub> reducidas totales, 118,991 tCO<sub>2</sub>/año son la contribución de la zona del norte y 45,271 tCO<sub>2</sub>/año de la zona sur del campo geotérmico, lo que significa que las ER de zona norte representan el 62% del total de ER que se producen en el proyecto, por lo que se erige como la zona más importante de dicho proyecto.

Por su parte la zona sur aunque contribuye con el 38% de las ER totales, dicho volumen no alcanza un número suficiente para considerarse un proyecto MDL viable si se buscara inscribir por separado las zonas del campo, ya que el valor de la nueva central de generación, los gastos administrativos de inscripción a la UNFCCC y los costos de transacción, alcanzan altos costos que sólo haría atractivo dicho proyecto el hecho de que los precios de las CER's alcanzaran valores más competitivos, es decir, en las condiciones actuales del mercado, la zona sur por sí sola no muestra condiciones favorables para dicho proyecto.

CGLA es un excelente proyecto de energía renovable de bajo riesgo, porque:

- Genera un volumen medio ER (164,262 tCO<sub>2</sub>/año), ya que para la UNFCCC un proyecto a partir de 50,000 ER por año se considera un proyecto de volumen medio y significativamente atractivo para los inversionistas;
- La materia prima para la producción (vapor geotérmico) es un insumo asegurado por lo menos durante 30 años;
- El tiempo de vida de la maquinaria nueva garantiza 30 años de vida útil; y
- La energía geotérmica, como parte de la política gubernamental en México, forma parte de la base del sistema interconectado nacional, asegurando así, el consumo total de la producción disponible.

Como resultado del modelo de Gómez (2004), el proyecto MDL en el CGLA podría obtener beneficios financieros positivos en todos los escenarios propuestos, aun en aquel en donde el precio del CER se encuentra dentro de los rangos históricos más bajos del MC. Los beneficios que resultan altamente rentables para este proyecto son principalmente aquellos con un precio medio de € 7 en periodos mínimos de 7 años, y muy poco atractivos en escenarios de precios bajos (caso €1.5), y en general contratos por periodos cortos (menos de 7 años).

Los ingresos netos del proyecto MDL en el CGLA podría alcanzar valores por concepto de la venta de bonos de carbono en el mercado internacional que van desde USD\$67,662 por año (el precio bajo estimado en €1.5, arbitrado del carbón, 2009), hasta un valor de USD\$2,863,401 por el año (el precio alto más elevado estimado en €13, arbitrado del carbón, 2009). Un precio medio de €7 como expectativa conservadora, daría una entrada de alrededor USD\$1,404,754 por año.

Un acuerdo de compra de la reducción de las emisiones por 10 años representaría USD\$10.3 millones en el valor actual, lo cual significaría en promedio el 6.4% del coste de la inversión del proyecto, valor muy significativo tomando en cuenta que el principal objetivo del CGLA es la venta de energía eléctrica.

Este papel ha demostrado cómo es útil puede estar el mecanismo limpio del desarrollo como herramienta del protocolo de Kioto para animar proyectos geotérmicos de la energía, incluso en casos como Los Azufres III donde está implicado un alto recurso del contenido del gas.

Deduciendo el resultado, los MDL para Geotermia representan una gran oportunidad para introducir ingresos adicionales a las cuentas de una paraestatal en un país en vías de desarrollo, además la oportunidad de obtener tecnología de punta, intercambio científico y conocimientos y el apoyo a la descontaminación de la atmosfera lo cual reduciría el riesgo en las enfermedades y demás externalidades negativas producto del CC.

Tomando en cuenta que México mantiene en operación otros tres campos geotérmicos, de los cuales dos presentan un nivel de producción importante, este resultado podría influir para el establecimiento de proyectos de reducción de emisiones el CG Cerro Prieto principalmente y los Humeros, oportunidad que situaría a la geotermia en México, como un ejemplo de MDL para el desarrollo sustentable y para el beneficio de la propia CFE.

También es importante tomar en cuenta que para poder inscribirse como proyecto MDL es necesario elaborar y cumplir con la Adicionalidad que solicita la UNFCCC. Por lo que como parte de la continuidad de este proyecto, dicho calculo seria tema de otro documento.

Observando el resultado de este ejercicio, el MDL para el CGLA representa un ejemplo para aquellos campos geotérmicos cuya producción de vapor geotérmico (Cerro Prieto y Los Humeros) generan importantes emisiones de CO<sub>2</sub>e, quienes transformadas en emisiones reducidas podrían impactar de manera importante en las finanzas de dichos campos, y en beneficios del tipo ambiental y social que contribuirían al desarrollo sustentable del país. Situación que en la actualidad están dejando pasar.

Este estudio demuestra también que la variable más importante dentro del punto de cálculo de ER en un proyecto geotérmico es el número o volumen de ER, ya que a medida que dicho volumen se incrementa, pueden establecerse contratos aun que los valores del mercado de CER's estén bajos y a pesar que los gastos administrativos en los que se incurran sean altos.

El hecho de que la variable más importante sea volumen de ER, limita a los pequeños productores y pequeños empresarios a quedar excluidos de la participación a este tipo de mercados, ya que como se observó a través del análisis C-B, los gastos de inversión y administrativos necesarios para su inscripción al MC, resultaría incosteable.

La relación beneficio-costo en los seis escenarios propuestos fue positivo en todos ellos, y aunque la mayor parte de los ingresos se deben a las ventas de energía eléctrica, debe tomarse en cuenta que la función principal de los beneficios financieros que ofrece los MDL, son el estimular a aquellas empresas que utilizan tecnologías no contaminantes en sus procesos productivos, situación que se cumple en este ejercicio.

La relación beneficio-costo potencialmente más beneficiosa para el proyecto Los Azufres III, fue aquella en donde el precio de los BC alcanza los USD\$19.37 (€13), aunque la tasa de descuento se considere en el orden del 14%, probablemente debido a que el volumen de ER del proyecto es grande.

Podemos resolver que a través del uso de las herramientas metodológicas y en base al método científico, los resultados muestran que efectivamente la participación del Campo Geotérmico Los Azufres, Michoacán, en el comercio internacional de bonos de carbono, determina beneficios financieros positivos para la paraestatal, por lo cual se acepta la hipótesis planteada de este trabajo de investigación.

Es cierto que para este caso específico el resultado para invertir en una tecnología no contaminante resultó ampliamente benéfica, sin embargo, hay que considerar que en muchas ocasiones, estos proyectos resultan infactibles debido al alto costo de inversión y la casi nula tasa de recuperación (Aburto, 2008), por lo que sería interesante buscar nuevas alternativas que no solo busquen el beneficio ambiental, sino combinarlo también con el beneficio financiero para lograr llamar la atención de mas inversionistas dispuestos a colaborar con la reducción de emisiones.

Dado que el uso y manejo de la atmosfera ha resultado hasta la fecha un mecanismo complejo de controlar, probablemente la implantación de un impuesto por emisiones de GEI convendría establecer al Gobierno, esto con el afán de estimular a las empresas a invertir en nuevas tecnologías que no solo disminuyan las emisiones de contaminantes actuales, sino además de utilizar dichos recursos en la dinamización de nuevas tecnologías que contribuyan al desarrollo económico y sustentable del país.

Una de las preguntas que dejo en el aire, es porque a pesar de las tantas muestras de proyectos potenciales de reducción de emisiones en la CFE, cuales son las causas por las que los altos funcionarios de la misma, no han mostrado interés de este nuevo mercado, por lo menos para el caso de Geotermia, no han promovido proyectos o incluso facilitado las gestiones para la aceptación e inscripción de mas proyectos.

## RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta todo el trabajo teórico y dado que el proyecto establecido de obtención de beneficios a través de un proyecto de reducción de emisiones en el CGLA fue ampliamente positivo, (ver estimación de la relación costo-beneficio) se recomienda las siguientes acciones:

1. Cumplir con la totalidad de requisitos exigidos por el Consejo Directivo del MDL; e
2. Iniciar los trámites de inscripción a la UNFCCC, acción que se llevará de acuerdo al esquema de la figura 23.

### **1. Requisitos Exigidos por el Consejo Directivo del MDL**

Para poder iniciar la gestión para la inscripción del proyecto MDL ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC), es necesario que el documento cubra todos los puntos cumpla con todos los requisitos que exige la misma. Estos requisitos, como ya se había mencionado, principalmente radican en cuatro aspectos:

- El proyecto debe pertenecer a las categorías autorizadas por el Consejo Directivo del MDL;
- Debe cumplir con las condiciones de contribución al desarrollo sostenible del país, según el artículo 12 del Protocolo de Kioto;
- Debe cumplir con las condicionantes de Adicionalidad según el artículo 12 del Protocolo de Kioto;
- Debe cumplir un ciclo establecido como el Consejo Directivo del MDL de verificación y validación para poder aspirar a los beneficios económicos que resulten de la participación.

#### **a. Diseño del Proyecto**

Para poder demostrar estos cuatro requisitos del proyecto MDL es necesario elaborar el Documento Diseño del Proyecto (PDD por sus siglas en inglés), el cual

contendrá especificado la información general del proyecto, la definición de la metodología utilizada, los análisis de impactos ambientales y la planeación y la metodología de vigilancia, la descripción de cómo se reducen la emisiones, la duración del proyecto así como la justificación.

El proyecto hasta el momento se ha evaluado desde el punto de vista económico, sin embargo falta el estudio profundo de la contribución social y ambiental para que pueda cumplir con el requisito de contribución al desarrollo sostenible, paso indispensable para probar el impacto de este proyecto para la localidad, la región y el país.

Otra pieza clave para el cumplimiento de los requisitos PDD (es la demostración de la Adicionalidad. Este se establece a través de la clara identificación de las limitaciones que enfrenta el proyecto en México (para este caso), tales como las barreras de inversión/tecnológicas y/o falta de incentivos políticos para implementar el proyecto sin MDL.

De acuerdo con los estatutos del Consejo Ejecutivo del MDL, una actividad de proyecto MDL es considerada “adicional” si las emisiones antropogénicas de GEI por fuentes se reducen por debajo de los niveles que ocurrirían en caso de la ausencia de las actividades del proyecto registrado ([http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/desarrollodeproyectosmdl.html](http://cambio_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/desarrollodeproyectosmdl.html)).

#### **b. Validación del Proyecto por la Entidad Operacional Designadas**

Después de completar el PDD, el siguiente paso corresponde a la realización de la evaluación del cumplimiento de los requisitos del proyecto, a partir de la evaluación mediante las denominadas Entidades Operacionales Designadas (DOE). En este paso la empresa (CGLA) debe contactar alguna de las DOE acreditadas para realizar este proceso, dichas instituciones se pueden observar en el Anexo 14 de este trabajo.

### **c. Aceptación y registro del proyecto por la Autoridad Nacional Designada**

Habiendo validado la DOE el proyecto, este pasa a la Autoridad Nacional Designada (DNA por sus siglas en inglés) que para el caso de México corresponde a la COMEGEI, entidad que emite una carta de aprobación necesaria para continuar el proceso de gestión de inscripción.

La COMEGEI (Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de Gases Efecto Invernadero), fue creada bajo decreto presidencial el 24 de abril de 2005, y funge como DNA ante la UNFCCC. Este organismo se encuentra bajo la dirección de la SEMARNAT y entre sus atribuciones figura la responsabilidad de identificar oportunidades, facilitar y aprobar la realización de proyectos de reducción de emisiones y captura de GEI en los Estados Unidos Mexicanos, para lo cual cuenta con el Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de Gases Efecto Invernadero.

En función de su naturaleza y atribuciones, la Comisión representa el principal vínculo en el país entre las entidades interesadas en desarrollar un proyecto MDL, el gobierno federal, y la UNFCCC. En su Decreto de Creación se reconoce que los proyectos MDL “podrían aportar el ingreso de fondos adicionales a sectores estratégicos y actividades prioritarias del país, así como constituir vías para la transferencia de tecnologías adecuadas” ([http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/comegei.html](http://cambio_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/comegei.html)).

Para el caso cuando las DOE no valida el proyecto, el proponente debe revisar su PDD y verificar las áreas de debilidad.

### **d. Aceptación y registro del proyecto por el Consejo Ejecutivo**

Al obtener la carta de aprobación por parte de la COMEGEI-SEMARNAT, la Junta Ejecutiva del MDL, acepta y registra el proyecto. Quedando asentado así ante la UNFCCC.

Con esta paso es culminan todas las actividades requeridas para el registro del proyecto ante la UNFCCC.

El siguiente paso del proceso de gestión del proyecto MDL es mantener en las mismas condiciones los valores esperados del proyecto respecto al número de ER y a la implementación del proyecto, lo cual se revisará de manera periódica. Por lo tanto los pasos deberán seguirse de acuerdo a lo siguiente:

**e. Ejecución del plan de vigilancia.**

Una vez que el proyecto a quedado aceptado ante el Consejo Ejecutivo de la UNFCCC, el proyecto debe quedar implantado, y en adelante deberá establecerse una programa de vigilancia de las condiciones del Proyecto Azufres III, el cual deberá llevarse en este caso por la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos y CENACE (de acuerdo al proceso de vigilancia del Proyecto de la CELV II, ver <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/5BPQ9R7MIZJXATU86KF2OE34CS1DGL>).

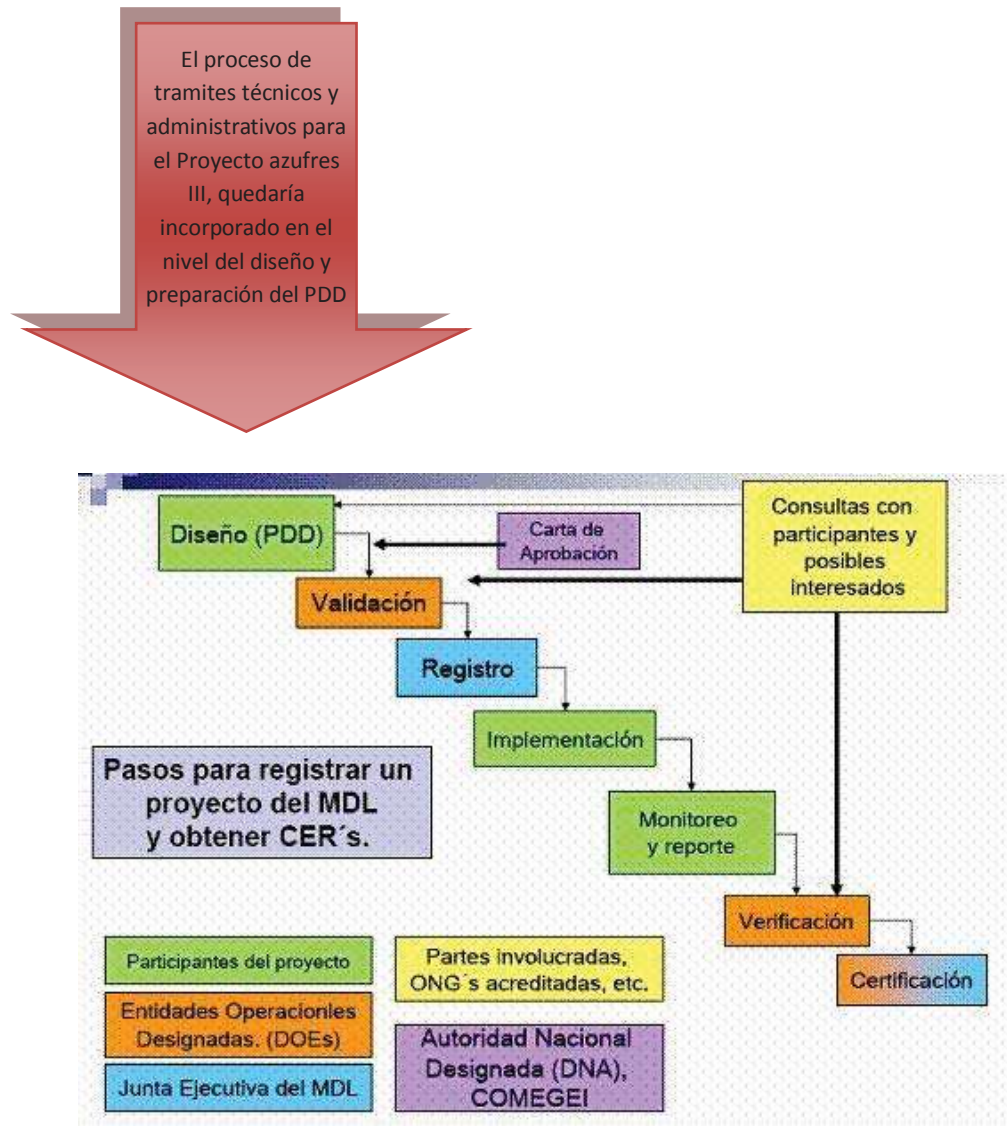
**f. Verificación y certificación de las ER por parte de las Entidades Operacionales Designadas (DOE).**

Habiendo establecido un plan de vigilancia, las DOE en conjunto con el promotor del proyecto (Gerencia de Proyecto Geotermoeléctricos) verifica el número final de RE realizadas por el proyecto Azufres III. Dato que al final la DOE emitirá a la Junta Ejecutiva del MDL para certificar los valores revisados y aceptados.

Es importante tomar en cuenta que cada año deben realizarse la ejecución del plan de vigilancia y la verificación y certificación de las ER por las DOE's.

Siendo de esta manera como se cierra el círculo del proceso de gestión para la inscripción de un proyecto MDL al mercado internacional de bonos de carbono, ya que a solamente después de verificadas o certificadas las ER por parte de las DOE, el promotor del proyecto puede ponerlas a la venta.

**Figura 23.** Lugar en el Ciclo de Registro del MDL del Presente Trabajo



## BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

### Bibliografía

- Morales, J. A, Morales A. (2003). *Proyectos de Inversión en la Práctica –Formulación y Evaluación-* Ed. Gasca Sicco.
- Samuelson, P. A., Norhaus W. D. (2005). *Economía*. 18ª edición. México. Ed. Mc Graw Hill.
- Salkind, N. (1999). *Métodos de Investigación*. México. Ed. Prentice Hall.
- Sullivan W. G., Wicks E., Luxhoj J. (2003). *Ingeniería Económica De Degarmo*. Ed. Pearson.

### Referencias

- Aburto M. A. (2008). *Beneficios potenciales para los productores pecuarios mexicanos en el comercio internacional de bonos de carbono*. México. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales
- Ackerman, F. and Stanton E. A. (2008). *Climate Change and the US Economy: The cost of inaction*. Consultado el 20 de junio de 2008, en la página <http://www.nrdc.org/globalWarming/cost/contents.asp/>.
- ACM0002/Version 10: “Consolidated baseline methodology for grid-connected electricity generation from renewable sources”. (2007). CDM-Executive Board. UNFCCC/CCNUCC EB 45. Consultado el 16 de junio de 2009.

Obtenida de la página <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/NF9EDA0V5K382HW0JR14GS7XYQUMCP/>.

Acquatella, J. (2001). *Fundamentos Económicos de los mecanismos de flexibilidad para la reducción internacional de emisiones en el marco de la Convención de Cambio Climático*. Naciones Unidas. Chile. Encontrado en la página <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSe arch=8837&indexSearch=ID>. Consultado por ultima vez en febrero de 2010.

African, (2003). “*Pobreza y Cambio Climático, Reduciendo la Vulnerabilidad de los Pobres a través de la Adaptación*”. African Development Bank; The World Bank. Localizado en la página [http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/AdCC/File/130508\\_cambioclimaticoypobreza.pdf](http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/AdCC/File/130508_cambioclimaticoypobreza.pdf)

Aversano, N. y Tempero T. (2006). *El calentamiento global: bonos de carbono una alternativa. Modelización de sistemas económicos*. Localizado en la página de internet: [http://www.ingenieriaquimica.org/system/files/bonos\\_carbono.pdf](http://www.ingenieriaquimica.org/system/files/bonos_carbono.pdf)

Benavides, B. O. y León A. G. (2007). *Información técnica sobre gases efecto invernadero y el cambio climático. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM*. Localizado en la página <http://www.cambioclimatico.gov.co/documentos/notatecnicagasesefectoinvernadero.pdf>

Carbon, (2008). Capoor K. y Ambrosi P. *State Trends of the Carbon Market*. The World Bank. Washington D.C.

Carbon, (2009). Tvinnereim, E., Heimdal R. *Emission trading coming home*. The World Bank. Washington D.C.

Cervantes Sánchez Miguel Ángel. Oportunidades de MDL en México. Subsecretaria de planeación y política ambiental de la SEMARNAT. Consultado en la página [http://www.sma.df.gob.mx/sma/download/temporales/foroCACC/forocacc-2-03\\_potencial\\_del\\_mdl\\_en\\_mexico\\_miguel\\_angel\\_cervantes\).pdf](http://www.sma.df.gob.mx/sma/download/temporales/foroCACC/forocacc-2-03_potencial_del_mdl_en_mexico_miguel_angel_cervantes).pdf)

EB 35/Annex 12/Version 01.1: *Tool to calculate the emission factor for an electricity system*. CDM-Executive Board. Localizado en la página <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-07v2.pdf>

Egurren, C. L. (2004). *El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas*. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica de América Latina y el Caribe (CEPAL).

Fonam, (2007). *Modelo del Cálculo del factor de emisiones de CO<sub>2</sub> de la red eléctrica peruana*. Encontrado en la página web <http://www.fonamperu.org/general/mdl/documentos>

German, P. K. (2009). *Filosofía socialmente responsable: decálogo de las ESR's 2009*. Encontrada en la página web: <http://www.merca20.com/filosofia-socialmente-responsable-decalogo-de-las-esrs-2009/>

Gómez, T. M. (2004). *Aspectos Financieros del Mecanismo de Desarrollo Limpio y Barreras Potenciales*. Centro Andino para la Economía en el Medio Ambiente – CAEMA. Buenos Aires Argentina.

- González, A. M. E. *La Frontera Norte de México ante el Cambio Climático global y Los Mercados de Carbono*. Revista Frontera Norte, julio-diciembre, año/vol. 19, número 038 Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, México. pp 219-226
- INE, (2005). *Estimación de emisiones mediante factores de emisión*. Capítulo 10, pp. 175-177. México, 11 de abril de 2005.
- Maya, G. R. y Gutiérrez N. L. C.A. (n.d.) *Recursos geotérmicos para generar electricidad en México*. Obtenido de la página [http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art91/dic\\_art91.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art91/dic_art91.pdf). Revista Digital Universitaria, volumen 8 número 12 ISSN: 1067-6079.
- Miró, R. P. (2002). "El Teorema de Coase y sus implicaciones según "El problema del Coste Social"", en Contribuciones a la economía de La Economía de Mercado, virtudes e inconvenientes. Consultado el 8 de diciembre de 2009. Localizado en la página: <http://www.eumed.net/cursecon/colaboraciones/index.htm>
- Mora, V. C. (2006). *Pymes y los bonos de carbono*. Revista Gestiópolis. Localizado en la dirección: <http://www.gestiopolis.com/canales7/ger/los-bonos-de-carbono-y-laspymes.htm>
- Pachauri, R. y otros. (2007). *Cambio Climático Informe de Síntesis*. Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Primera impresión. ONU. Localizado en la página [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf)
- PDD La Venta II*, obtenido de la página <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/AENOR1168204945.7/view>. Consultado por última vez el 28 de Enero de 2010.

Protocolo de Kioto, (1998) de la Convención Marco de Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático. Naciones Unidas. Localizado en la dirección de internet: <http://untreaty.un.org/English/notpubl/kyoto-sp.htm>

Quadri de la T. G. (2007). *El Mercado de Carbono y Agronegocios en México*. Localizado en la página <http://www.bancomext.com/Bancomext/aplicaciones/directivos/documentos/AGS%20ECOSECURITIES.pdf>

Serra, L. (2005). Situación Actual del Mercado de Carbono. Localizado en la página <http://aplicaciones.medioambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/Informe%202005.pdf>

Stern, N. (2007) La economía del cambio climático. Localizado en la página [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/media/4/3/Executive\\_Summary.pdf](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/media/4/3/Executive_Summary.pdf)

Watson, R.T. et al. (2001). Cambio Climático 2001: Informe de síntesis. *Anexo B Glosario de términos*. Encontrado en la página [http://www.grida.no/publications/other/ipcc\\_tar/?src=/climate/ipcc\\_tar/index.htm](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/climate/ipcc_tar/index.htm)

Torres, M. A., et al. (2007). *Proyecto Azufres III 75 MW*. DINYAC-021-2007. Localizado en la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Subdirección de Generación de la Comisión Federal de Electricidad. Morelia, Michoacán.

### **Páginas de la web**

<http://www.eumed.net/>. Consultado por última vez el 2 de Febrero de 2010.

<http://cait.wri.org/figures>. Consultado el 12 de Marzo de 2009.

[http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/desarrollodeproyectosmdl.html](http://cambio_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/desarrollodeproyectosmdl.html)

<http://cdm.unfccc.int/>. Consultado por última vez el 2 de Febrero de 2010.

<http://prototypecarbonfound.org/>. Consultado el 26 de septiembre de 2009.

<http://wbcarbonfinance.org/>. Consultado el 25 de septiembre de 2009.

<http://web.worldbank.org/>. Consultado por última vez el 25 de noviembre de 2009.

<http://www.pointcarbon.com/> Última consulta el 26 de enero de 2010.

<http://www.shcp.gob.mx/>. Consultado el 15 noviembre de 2009.

<http://thecarbonfunds.com/panoramaambiental/efectoinvernadero.html>. Consultado el 26 de enero de 2010.

<http://www.iie.org.mx/geotermia/informe1.doc>. Consultado el 26 de enero de 2010.

[http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/desarrollodeproyectosmdl.html](http://cambio_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/desarrollodeproyectosmdl.html). Última consulta el 28 de enero de 2010.

# ANEXOS

## **ANEXO I. Cuestionario para la obtención de la información del CGLA y la CELV II.**

1. ¿Cuál fue el Precio obtenido por venta de bonos de carbono para la Central eólica la Venta II?
2. ¿El Precio pactado fue fijo o variable?
3. ¿Cuál es el tiempo establecido en el contrato para la compra-venta de los Bonos de Carbono?
4. ¿Cuál es el número de reducciones promedio anual pactada para la Central eólica la Venta II?
5. ¿Cuál es el número de reducciones mensuales vendidas por la Central eólica la Venta II?
6. ¿Qué tipo de bono de carbono fue comercializado y a qué institución o empresa?
7. ¿Cuáles son las actividades realizadas por la entidad operacional para la verificación de la metodología y el número de reducciones?
8. ¿Cuáles son los Costos de Transacción de inscripción y mantenimiento del proyecto La Venta II, y cuál es la frecuencia de pagos?
9. ¿Cuáles son las causas por las que la CFE no ha utilizado los beneficios del mercado del Carbono?
10. ¿Cuáles son las ventas mensuales de la Central eólica la Venta II?
11. ¿Cuál es el precio promedio del MW hora de la CE la Venta II en el periodo Enero 2007-Junio 2008?
12. ¿Este precio varía mucho?
13. ¿Cuál es el precio del proyecto de la Central Eoloeléctrica La Venta II?
14. Para el caso del Campo Geotérmico Los Azufres, cuando inicio su explotación comercial? y ¿cuál fue su capacidad?
15. ¿cuáles son sus características de: yacimiento, producción, %w gases, composición de gases no condensables?
16. ¿Actualmente cual es su capacidad específica y cuántas unidades conforman la generación del campo?
17. ¿Existe algún proyecto de eficiencia para la generación de energía eléctrica para el campo?
18. ¿Cuál es el costo de este proyecto?, ¿en qué fecha está establecido su arranque?

19. ¿Tienen proyectado un proyecto de reducción de emisiones complementario al proyecto Los Azufres III?

**ANEXO 2. Costos de transacción del proyecto MDL para la Central Eoloelectrica La Venta II, Oaxaca.**

CONCEPTO	MONTO (USD)	FRECUENCIA DE PAGO
PDD	\$ 25,000.00	Unico
Validación	\$ 20,000.00	Unico
Registro	\$ 37,000.00	Unico
Monitoreo	\$ 15,000.00	Unico
Verificación	\$ 20,000.00	anual
Verificación a 10 años	\$ 200,000.00	total
<b>Total Costos de Transacción proyecto</b>	<b>\$ 297,000.00</b>	
<b>CT mensuales fijos</b>	<b>\$ 2,475.00</b>	

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de la GPG. 2009

### ANEXO 3. Beneficio financiero obtenido en el proyecto de la Central Eoloeléctrica La Venta II, Oaxaca.

Mes	Generación (MWh)	Precio del MWh (USD/MWh)	Tipo de cambio promedio mensual (dólar-peso)	Precio del MWh (Peso/MWh)	Ventas totales mensuales generación (Pesos)	Emisiones Reducidas (tCO2)	Precio de la Emisión Reducida (Euro)	Tipo de cambio promedio mensual (Euro-Peso)	Precio de la Emisión Reducida (Pesos)	Venta total de bonos de carbono (Pesos)	Costos de Transacción mensuales fijos (Pesos)	Ingreso Neto (Pesos)
ene-07	15,309	58.80	10.96	644.39	9,864,954.26	9579	7	14.23	99.63	954,333.10	2,475.00	951,858.10
feb-07	19,154	58.80	11.00	646.94	12,391,510.21	11985	7	14.38	100.69	1,206,747.00	2,475.00	1,204,272.00
mar-07	29,045	58.80	11.11	653.38	18,977,413.97	18174	7	14.71	102.98	1,871,597.29	2,475.00	1,869,122.29
abr-07	19,237	58.80	10.98	645.53	12,418,059.07	12037	7	14.84	103.89	1,250,566.76	2,475.00	1,248,091.76
may-07	19,915	58.80	10.82	636.06	12,667,079.93	12461	7	14.61	102.28	1,274,457.44	2,475.00	1,271,982.44
jun-07	12,768	58.80	10.83	636.96	8,132,665.44	7989	7	14.53	101.74	812,780.35	2,475.00	810,305.35
jul-07	9,784	58.80	10.81	635.79	6,220,595.19	6122	7	14.82	103.77	635,302.56	2,475.00	632,827.56
ago-07	16,358	58.80	11.05	649.74	10,628,446.92	10235	7	15.04	105.28	1,077,582.54	2,475.00	1,075,107.54
sep-07	21,740	58.80	11.03	648.74	14,103,616.30	13603	7	15.33	107.28	1,459,321.81	2,475.00	1,456,846.81
oct-07	15,607	58.80	10.82	636.21	9,929,331.34	9766	7	15.39	107.75	1,052,263.87	2,475.00	1,049,788.87
nov-07	37,016	58.80	10.89	640.23	23,698,829.19	23161	7	15.99	111.90	2,591,683.59	2,475.00	2,589,208.59
dic-07	30,728	58.80	10.85	638.02	19,605,114.20	19227	7	15.79	110.53	2,125,089.47	2,475.00	2,122,614.47
ene-08	22,464	58.80	10.91	641.51	14,410,835.71	14056	7	16.05	112.37	1,579,512.27	2,475.00	1,577,037.27
feb-08	20,850	58.80	10.76	632.92	13,196,448.72	13046	7	15.87	111.10	1,449,463.70	2,475.00	1,446,988.70
mar-08	20,628	58.80	10.73	631.11	13,018,581.64	12907	7	16.66	116.61	1,505,037.66	2,475.00	1,502,562.66
abr-08	15,400	58.80	10.52	618.38	9,522,991.63	9636	7	16.57	116.01	1,117,831.41	2,475.00	1,115,356.41
may-08	13,662	58.80	10.44	613.63	8,383,345.30	8548	7	16.24	113.65	971,499.86	2,475.00	969,024.86
jun-08	20,421	58.80	10.33	607.43	12,404,397.46	12777	7	16.06	112.45	1,436,732.76	2,475.00	1,434,257.76
<b>Total</b>	<b>360,086</b>				<b>229,574,216.50</b>	<b>225309</b>				<b>24,371,803.45</b>	<b>44,550.00</b>	<b>24,327,253.45</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la GPG, Banxico, UNFCCC/CDM. 2008

#### ANEXO 4. Estimación del margen de operación (OM) para la SIN

Tecnología	MWh 2005-2003	NEC (%)	TJ	C	O	tCO <sub>2</sub> /tC	tCO <sub>2</sub> e
15% Carbón	29,664,595.0	33.05	323,172	25.80	0.98	3.67	29,960,588
31% Ciclo combinado de gas natural	60,513,582.0	45.85	475,125	14.50	1.00	3.67	25,134,510
0% Aire	4,957.0	-	-	-	-	3.67	-
1% Geotermia	1,503,031.0	-	-	-	-	3.67	-
12% Hidro	24,146,988.0	-	-	-	-	3.67	-
5% Nuclear	10,166,783.0	-	-	-	-	3.67	-
5% Ciclo simple de gas natural	9,651,782.0	28.96	119,977	14.50	1.00	3.67	6,346,893
1% Diesel	1,783,210.0	26.10	24,599	20.20	0.99	3.67	1,803,753
30% Aceite residual combustible	58,554,996.0	33.00	638,843	21.10	0.99	3.67	48,930,938
Total	195,989,924.0						
Carga base	35,821,759.0						
Total carga base	160,168,165.0						112,176,682
Importaciones	7,427.2						
OM=	<b>0.700368154</b>						

Fuente: PDD de La Venta II: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/AENOR1168204945.7/view>

### ANEXO 5. Estimación del margen de construcción (BM) para la SIN

Tecnología	MWh 2005-2003	NEC (%)	TJ	C	O	tCO <sub>2</sub> /tC	tCO <sub>2</sub> e
Carbón	-	33.05		25.80	0.98	3.67	
Ciclo combinado de gas natural	40,963,715.00	45.85	321,628	14.50	0.995	3.67	17,014,410
Aire	-	-		-	0	3.67	
Geotermia	932,226.00	-		-	0	3.67	
Hidro	717,068.00	-		-	0	3.67	
Nuclear	-	-		-	0	3.67	
Ciclo simple de Gas Natural	401,218.00	28.96	4.99	14.50	0.995	3.67	263,836
Diesel	11,431.00	26.10	158	20.20	0.99	3.67	11,562
Importaciones	143.94	-		-			
Aceite residual combustible	-	33.00		21.10	0.99	3.67	
T total	43,025,801.94						17,289,808
<b>BM=</b>	<b>0.401847432</b>						

Fuente: PDD de La Venta II: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/AENOR1168204945.7/view>

**ANEXO 6. Estructuras de financiamiento de las centrales de generación del proyecto Los Azufres III**

<b>ESTRUCTURA DE FINANCIAMIENTO CENTRAL 25 MW</b>						
<b>Fuente</b>	<b>Monto (\$USD)</b>	<b>Plazo (años)</b>	<b>Tasa (%)</b>	<b>Otros gastos y comisiones (%)</b>	<b>Periodicidad de pagos</b>	
Banco Santander				1% Comisión Apertura	Intereses trimestrales	
Central Hispano	\$ 53,101,796.53	2.5	Libor del periodo correspondiente mas cuatro puntos	1% Comisión disponibilidad (commitment fee)	Capital un solo pago	
S.A				4.9%Witholding tax sobre Intereses y Comisiones	PAC	

<b>ESTRUCTURA DE FINANCIAMIENTO CENTRAL 50 MW</b>						
<b>Fuente</b>	<b>Monto (\$USD)</b>	<b>Plazo (años)</b>	<b>Tasa (%)</b>	<b>Otros gastos y comisiones (%)</b>	<b>Periodicidad de pagos</b>	
Banco Santander				1% Comisión Apertura	Intereses trimestrales	
Central Hispano	\$ 88,060,680.22	4.5	Libor del periodo correspondiente mas cuatro puntos	1% Comisión disponibilidad (commitment fee)	Capital un solo pago	
S.A				5.75%Witholding tax sobre Intereses y Comisiones	PAC	

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida de la GPG.2009

## ANEXO 7. Costo total desglosado de la Inversión por las Centrales Eléctricas de 25 y 50 MW

CONCEPTO	COMPONENTE NACIONAL (USD)	COMPONENTE EXTRANJERO (USD)	% Total del Importe de la Central
<b>1. Ingeniería y Capacitación</b>			
1.1 Nacional	\$ 668,196.21		0.0127
1.2 Extranjero		\$ 1,422,169.32	0.0269
<b>2. Construcción Nacional y Pruebas</b>			
2.1 Obra civil	\$ 4,514,083.69		0.0855
2.2 Obra electromecánica	\$ 3,537,278.60		0.067
2.3 Supervisión, pruebas y puesta en servicio	\$ 993,791.08		0.0188
<b>3. Suministros de materiales y equipos incluídas las refacciones y el transporte</b>			
3.1 Nacional CIP destino OE-1	\$28,163,409.42		0.5337
3.2 Extranjero sin gastos de importación OE-3		\$13,472,485.36	0.2553
<b>4. Importe de la central</b>			
4.1 Nacional	\$37,876,759.00		0.7178
4.2 Extranjero sin gastos de importación		\$14,894,654.68	0.2822
<b>TOTAL DEL IMPORTE DE LA CENTRAL</b>		<b>\$52,771,413.68</b>	<b>1</b>
5. FINANCIAMIENTO		\$ 5,292,447.00	
6. GARANTÍAS DE LA CENTRAL (Cumplimiento y calidad)		\$ 205,405.00	
7. GASTOS TOTALES DE IMPORTACION (GTI)		\$ 124,977.81	
<b>8. COSTO TOTAL DEL PROYECTO (4+5+6+7+8)</b>		<b>\$58,394,243.49</b>	

CONCEPTO	COMPONENTE NACIONAL (USD)	COMPONENTE EXTRANJERO (USD)	% Total del Importe de la Central
<b>1. Ingeniería y Capacitación</b>			
1.1 Nacional	\$ 1,118,370.64		0.0127
1.2 Extranjero		\$ 2,368,832.30	0.0269
<b>2. Construcción Nacional y Pruebas</b>			
2.1 Obra civil	\$ 7,529,188.16		0.0855
2.2 Obra electromecánica	\$ 5,900,065.57		0.067
2.3 Supervisión, pruebas y puesta en servicio	\$ 1,655,540.79		0.0188
<b>3. Suministros de materiales y equipos incluídas las refacciones y el transporte</b>			
3.1 Nacional CIP destino OE-1	\$46,997,985.03		0.5337
3.2 Extranjero sin gastos de importación OE-3		\$ 22,481,891.66	0.2553
<b>4. Importe de la central</b>			
4.1 Nacional	\$63,209,956.26		0.7178
4.2 Extranjero sin gastos de importación		\$ 24,850,723.96	0.2822
<b>TOTAL DEL IMPORTE DE LA CENTRAL</b>		<b>\$ 88,060,680.22</b>	<b>1</b>
5. FINANCIAMIENTO		\$ 8,836,008.65	
6. GARANTÍAS DE LA CENTRAL (Cumplimiento y calidad)		\$ 342,613.00	
7. GASTOS TOTALES DE IMPORTACION (GTI)		\$ 210,452.16	
<b>8. COSTO TOTAL DEL PROYECTO (4+5+6+7+8)</b>		<b>\$ 97,449,754.03</b>	

Fuente: Elaboración propia en base a información encontrada en la CFE. 2009

## ANEXO 8. Relación Costo-Beneficio en seis escenarios diferentes.

Concepto	1er escenario Tasa de desc=12%	2o. escenario Tasa de desc=14%	3er escenario bc=US\$10.43	4o. escenario bc=US\$19.37	5o. escenario bc=US\$10.43	6o. escenario bc=US\$19.37
Inversión (US\$)	155,843,997.5	155,843,997.5	155,843,997.5	155,843,997.5	155,843,997.5	155,843,997.5
Tasa de descuento (%)	12	14	12	14	12	14
Vida útil del proyecto Azufres III (Años)	30	30	30	30	30	30
Costos de combustible (USD\$40.35 MWh)	90,787.50	90,787.50	90,787.50	90,787.50	90,787.50	90,787.50
Costos de operación y mantenimiento (USD\$7.58MWh)	17,055.00	17,055.00	17,055.00	17,055.00	17,055.00	17,055.00
Egresos totales (Pesos)	111,437.25	111,437.25	1,196,795.49	1,196,795.49	1,196,795.49	1,196,795.49
Ingresos totales (US\$)	1,017,942,660.0	1,017,942,660.0	1,069,340,239.8	1,113,395,308.2	1,069,340,239.8	1,113,395,308.2
VPN (US\$)	264,484,067.2	229,920,328.3	278,525,731.4	289,918,351.8	241,760,956.3	252,085,340.0
TIR	13.10%	11.11%	14.31%	15.35%	12.28%	13.33%
Ventas bc/ventas ee			5.05%	9.38%	5.05%	9.38%
Ventas bc/Inversión (%)			32.98%	61.25%	32.98%	61.25%
<b>Relación B/C</b>	<b>1.70</b>	<b>1.48</b>	<b>1.79</b>	<b>1.86</b>	<b>1.55</b>	<b>1.62</b>

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de la metodología establecida por Sullivan (1999), ACM0002 aprobada y validada por la UNFCCC. 2009.

## ANEXO 9. Primer escenario financiero para la estimación de la relación B-C con una td=12% sin bonos de carbono.

Año	Egresos				Ingresos						Valor Presente Neto						
	Inversión (US\$)	Combustible (US\$)	Operación y mantenimiento US\$	Costos de Transacción de la Inscripción a la UNFCCC (US\$)	Ventas por energía eléctrica (US\$)			Ventas por bonos de carbono (US\$)			Ingresos totales US\$	Ingresos - Egresos US\$	VPN US\$				
					Generación energía (MWh/año)	Precio (US\$/MWh)	Factor de planta	Total US\$	CERs (No.)	Precio (US\$)				Total US\$			
-3	155,843,997.50																
-2																	
-1																	
0	155,843,997.50	3,026.25	568.50		155,847,592.25	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	123,010,732.25	-	123,010,732.25		
1		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$29,318,625.00		
2		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$26,177,343.75		
3		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$23,370,069.68		
4		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$20,866,133.64		
5		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$18,630,476.46		
6		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$16,634,353.99		
7		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$14,852,101.77		
8		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$13,260,805.15		
9		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$11,840,004.60		
10		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$10,571,432.68		
11		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$9,438,779.18		
12		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$8,427,481.41		
13		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$7,524,536.97		
14		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$6,718,336.58		
15		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$5,998,514.81		
16		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$5,355,816.79		
17		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$4,781,979.28		
18		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$4,269,624.36		
19		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$3,812,164.60		
20		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$3,403,718.40		
21		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$3,039,034.28		
22		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$2,713,423.47		
23		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$2,422,699.52		
24		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$2,163,124.57		
25		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$1,931,361.23		
26		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$1,724,429.67		
27		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$1,539,669.35		
28		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$1,374,704.77		
29		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$1,227,414.98		
30		3,026.25	568.50		3,594.75	657,000	58.80	0.85	32,836,860.00			32,836,860.00	32,833,265.25		\$1,095,906.23		
Subtotal	155,843,997.50	93,813.75	17,623.50		155,955,434.75	20,367,000	58.80	0.85	1,017,942,660.00			1,017,942,660.00	861,987,225.25		\$264,484,067.16		
VPN																	

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la CFE. 2009

## ANEXO 10. Segundo escenario financiero para la estimación de la relación B-C con una td=14% sin bonos de carbono.

Año	Egresos				Ingresos							Valor Presente Neto						
	Inversión (US\$)	Combustible (US\$)	Operación y mantenimiento (US\$)	Costos de Transacción de la Inscripción a la UNFCCC (US\$)	Ventas por energía eléctrica (US\$)			Ventas por bonos de carbono (US\$)			Ingresos totales Total US\$	Egresos - Ingresos Total US\$	VPN Total US\$					
					Generación energía (MWh)	Precio (US\$/MWh)	Factor de planta	Total US\$	CFRs (No.)	Precio (US\$)				Total US\$				
-3	155,843,997.50																	
-2																		
-1																		
0	155,843,997.50	3,026.25	568.50		657,000	58.80	0.85	32,836,860				123,010,732.25	-	123,010,732.25				
1		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			28,801,109.87	
2		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			25,264,131.46	
3		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			22,161,518.83	
4		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			19,439,928.80	
5		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			17,052,569.12	
6		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			14,958,393.96	
7		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			13,121,398.21	
8		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			11,509,998.43	
9		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			10,096,489.85	
10		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			8,856,570.05	
11		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			7,768,921.09	
12		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			6,814,843.07	
13		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			5,977,932.51	
14		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			5,243,800.45	
15		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			4,599,824.96	
16		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			4,034,934.17	
17		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			3,539,415.94	
18		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			3,104,750.83	
19		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			2,723,465.64	
20		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			2,389,004.94	
21		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			2,095,618.37	
22		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			1,838,261.73	
23		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			1,612,510.29	
24		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			1,414,482.71	
25		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			1,240,774.31	
26		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			1,088,398.51	
27		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			954,735.54	
28		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			837,487.32	
29		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			734,638.00	
30		3,026.25	568.50	3,595	657,000	58.80	0.85	32,836,860				32,833,265.25		32,833,265.25			644,419.29	
Subtotal	155,843,997.50	93,813.75	17,623.50		20,367,000	58.80	0.85	1,017,942,860				861,987,225.25		861,987,225.25				\$229,920,328.25
VPN																		

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la CFE. 2009

## ANEXO 11. Tercer escenario financiero para la estimación de la relación B-C con una td=12% y con un precio del bc=US\$10.43.

Año	Egresos				Ingresos						Valor Presente Neto				
	Inversión (US\$)	Combustible (US\$)	Operación y mantenimiento (US\$)	Costos de Transacción de la inscripción a la UNFCCC (US\$)	Egresos totales (US\$)	Ventas por energía eléctrica (US\$/MWh)			Ventas por bonos de carbono (US\$/tCO <sub>2</sub> e)			Egresos - Ingresos Total US\$	VPN Total US\$		
-3	155,843,997.50														
-2															
-1															
0	155,843,997.50	8,874.80	1,666.99	245,000	156,099,539	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	32,836,860.00	- 123,262,679.29	123,262,679.29	
1		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$30,857,727.19	
2		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$27,551,542.13	
3		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$24,599,591.19	
4		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$21,963,920.70	
5		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$19,610,643.49	
6		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$17,509,503.11	
7		8,874.80	1,666.99	45,000	55,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,606,654.45	\$15,653,840.64	
8		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$13,958,468.68	
9		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$12,462,918.46	
10		8,874.80	1,666.99	245,000	255,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,806,654.45	\$11,206,489.21	
11		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$9,935,362.30	
12		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$8,870,859.19	
13		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$7,920,409.99	
14		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$7,071,794.64	
15		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$6,314,102.35	
16		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$5,637,591.39	
17		8,874.80	1,666.99	45,000	55,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,606,654.45	\$5,040,117.73	
18		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$4,494,253.34	
19		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$4,012,726.20	
20		8,874.80	1,666.99	245,000	255,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,806,654.45	\$3,608,189.60	
21		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$3,198,920.76	
22		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$2,856,179.25	
23		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$2,550,160.04	
24		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$2,276,928.61	
25		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$2,032,971.97	
26		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$1,815,153.55	
27		8,874.80	1,666.99	45,000	55,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,606,654.45	\$1,622,783.02	
28		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$1,447,029.29	
29		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$1,291,990.44	
30		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	10.43	34,550,112.66	34,560,654.45	\$1,153,562.89	
Subtotal	155,843,997.50	275,118.80	51,676.69	870,000.00	157,040,799	20,367,000			1,017,942,660	4,927,860		914,181,954.21		\$278,525,731.36	

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la CFE. 2009

## ANEXO 12. Cuarto escenario financiero para la estimación de la relación B-C con una td=12% y con un precio del bc=US\$19.37

Año	Egresos				Ingresos							Valor Presente Neto			
	Inversión (US\$)	Combustible (US\$)	Operación y mantenimiento (US\$)	Costos de Transacción de la Inscripción a la UNFCCC (US\$)	Egresos totales (US\$)	Generación energía (MWh)	Precio (US\$/MWh)	Factor de planta %	Total US\$	CEEs (No.)	Precio (US\$)	Total US\$	Ingresos totales Total US\$	Egresos - Ingresos Total US\$	VPN Total US\$
-3	155,843,997.50														
-2															
-1															
0	155,843,997.50	8,874.80	1,666.99	245,000	156,099,539	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	32,836,860.00	123,262,679.29	123,262,679.29
1		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$32,150,065.31
2		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$28,705,415.46
3		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$25,629,835.29
4		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$22,883,781.46
5		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$20,431,947.73
6		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$18,242,810.47
7		8,874.80	1,666.99	45,000	55,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	35,963,073.15	\$16,267,867.92
8		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$14,543,056.82
9		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$12,984,872.16
10		8,874.80	1,666.99	245,000	255,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	35,763,073.15	\$11,514,752.41
11		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$10,351,460.59
12		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$9,242,375.52
13		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$8,252,121.00
14		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$7,367,965.18
15		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$6,578,540.34
16		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$5,873,696.73
17		8,874.80	1,666.99	45,000	55,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	35,963,073.15	\$5,237,818.09
18		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$4,682,475.07
19		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$4,180,781.32
20		8,874.80	1,666.99	245,000	255,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	35,763,073.15	\$3,707,442.10
21		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$3,332,893.27
22		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$2,975,797.96
23		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$2,656,962.11
24		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$2,377,287.60
25		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$2,118,113.99
26		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$1,891,173.15
27		8,874.80	1,666.99	45,000	55,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	35,963,073.15	\$1,686,437.24
28		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$1,507,631.65
29		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$1,346,099.69
30		8,874.80	1,666.99		10,542	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,008,073.15	\$1,201,874.72
Subtotal	155,843,997.50	275,118.80	51,676.69	870,000.00	157,040,793	20,367,000	58.80	0.85	1,017,942,660	4,927,860	95,452,648.20	1,113,395,306.20	956,354,515.21	\$289,918,351.82	

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la CFE. 2009



## ANEXO 14. Sexto escenario financiero para la estimación de la relación B-C con una td=14% y con un precio del bc=US\$19.37.

Año	Egresos				Ingresos							Valor Presente Neto				
	Inversión (US\$)	Combustible (US\$)	Operación y mantenimiento (US\$)	Costos de Transacción de la inscripción a la UNFCCC (US\$)	Egresos totales (US\$)	Ventas por energía eléctrica (US\$)			Ventas por bonos de carbono (US\$)				Ingresos totales (US\$)	Egresos - Ingresos (US\$)	Total (US\$)	
						Generación energía (MWh)	Precio (US\$/MWh)	Factor de planta	Total (US\$)	CEBs (No.)	Precio (US\$)	Total (US\$)	Total (US\$)	Total (US\$)	Total (US\$)	
-3	155,843,997.50															
-2																
-1																
0	155,843,997.50	3,026.25	1,666.99	245,000	156,093,691	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	32,836,860.00	- 123,256,830.74	123,256,830.74	
1		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$31,591,159.39	
2		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$27,711,543.32	
3		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$24,308,371.33	
4		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$21,323,132.75	
5		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$18,704,502.41	
6		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$16,407,458.26	
7		3,026.25	1,666.99	45,000	49,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	35,968,921.70	\$14,374,523.56	
8		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$12,625,006.35	
9		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$11,074,566.98	
10		3,026.25	1,666.99	245,000	249,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	35,768,921.70	\$9,648,445.20	
11		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$8,521,519.68	
12		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$7,475,017.26	
13		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$6,557,032.69	
14		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$5,751,783.06	
15		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$5,045,423.74	
16		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$4,425,810.29	
17		3,026.25	1,666.99	45,000	49,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	35,968,921.70	\$3,877,488.75	
18		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$3,405,517.31	
19		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$2,987,295.88	
20		3,026.25	1,666.99	245,000	249,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	35,768,921.70	\$2,602,608.36	
21		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$2,298,627.18	
22		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$2,016,399.69	
23		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$1,768,718.98	
24		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$1,551,507.87	
25		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$1,360,971.82	
26		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$1,193,884.93	
27		3,026.25	1,666.99	45,000	49,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	35,968,921.70	\$1,045,915.10	
28		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$918,617.21	
29		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$805,804.57	
30		3,026.25	1,666.99		4,693	657,000	58.80	0.85	32,836,860	164,262	19.37	3,181,754.94	36,018,614.94	36,013,921.70	\$706,846.12	
Subtotal	155,843,997.50	93,813.75	51,676.69	870,000.00	156,859,488	20,367,000			1,017,942,660	4,927,860		95,452,648.20	1,113,395,308.20	956,535,820.26	\$252,085,339.98	

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la CFE. 2009

**ANEXO 15. Listado de DOE´s acreditadas por la UNFCCC para la validación de proyectos MDL**

No. refer	Nombre de la DOE	Alcance sectorial para validación	Alcance sectorial para verificación y certificación.
E-0001	Japan Quality Assurance Organisation	1-15	1-15
E-0002	JACO CDM., LTD	1-15	1-15
E-0003	Det Norske Veritas Certification AS	1-15	1-15
E-0005	TUEV SUED Industrie Service GmbH	1-15	1-15
E-0006	Deloitte Tohmatsu Evaluation and Certification Organization	1-3	1
E-0007	Japan Consulting Institute	4, 5, 10	
E-0009	Bureau Veritas Certification Holding SAS	1-7, 10-12, 14	1-3
E-0010	SGS United Kingdom Ltd.	1-15	1-15
E-0011	Korea Energy Management Corporation (KEMCO)	1-15	1-15
E-0013	TÜV Rheinland Japan Ltd.	1-15	1-15
E-0016	ERM Certification and Verification Services Ltd.	1-5, 8-10, 13	1-5, 8-10, 13
E-0021	Spanish Association for Standardisation and Certification	1-3, 13	1-3
E-0022	TÜV NORD CERT GmbH	1-7, 10-13	1-7, 10-12

<b>E-0023</b>	Lloyd's Register Quality Assurance Ltd.	1-13	1-13
<b>E-0024</b>	Colombian Institute for Technical Standards and Certification	1-5, 8, 13-15	1-5, 8, 13-15
<b>E-0025</b>	Korean Foundation for Quality	1-5, 9-11, 13	1-5, 9-11, 13
<b>E-0027</b>	Swiss Association for Quality and Management Systems	1-15	1-15
<b>E-0034</b>	China Environmental United Certification Center Co., Ltd.	1-3, 8, 10	1-3, 8, 10
<b>E-0037</b>	RINA S.p.A.	1-8, 10, 11, 13-15	1-8, 10, 11, 13-15
<b>E-0038</b>	SIRIM QAS INTERNATIONAL SDN.BHD	1-4, 13	1-4, 13
<b>E-0039</b>	Korean Standards Association	1-5, 13	1-5, 13
<b>E-0040</b>	Environmental Management Corp.	1-8, 13-15	1-8, 13-15
<b>E-0041</b>	Japan Management Association	1-4, 6, 8, 9, 14	1-4, 6, 8, 9, 14
<b>E-0042</b>	Germanischer Lloyd Certification GmbH	1-3, 7, 10, 13	1-3, 7, 10, 13
<b>E-0044</b>	China Quality Certification Center	1-13	1-13
<b>E-0045</b>	Ernst & Young Associés (France)	14	14

Fuente: UNFCCC, obtenidos de la página <http://cdm.unfccc.int/DOE/list/index.html>  
La numeración contenida en la tabla pertenece al número de la lista de alcances sectoriales establecidos por la UNFCCC, los cuales se pueden consultar en la página <http://cdm.unfccc.int/DOE/scopelst.pdf>