



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTUDIO SOBRE LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD  
POR MEDIO DEL EJERCICIO CARDIOVASCULAR DE LAS  
PERSONAS EN BICICLETAS FIJAS, ELÍPTICAS Y  
REMADORAS EN UN GIMNASIO Y LA VIABILIDAD  
ECONÓMICA DEL PROYECTO

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

PRESENTA:

ENRIQUE PIÑUELA RANGEL

DIRECTOR:

MI OCTAVIO ESTRADA CASTILLO



CIUDAD UNIVERSITARIA

MÉXICO, D.F. 2010

## AGRADECIMIENTOS

Gracias México, origen y razón de mi ser, es aquél que abrió sus puertas para mostrarme sus virtudes y carencias y simultáneamente por medio de esta gran Universidad, colocó en mis manos, sin nada a cambio, un amplio e inigualable conocimiento. Está en mí, lograr a partir de ello una formación profesional de gran utilidad para la sociedad, siempre guiada por el sentimiento de responsabilidad y deber que se ha formado intrínsecamente en mí.

Gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería, así como, a cada uno de mis profesores, por la gran experiencia que pude vivir llena de conocimiento, crecimiento, amistad y responsabilidad.

A mis padres el más sincero, profundo e infinito agradecimiento por su incondicional amor, cariño, confianza, paciencia y dedicación provenientes de una fuente interminable. Por medio de hechos, me han brindado durante mi vida una base sólida de principios junto con el legado más valioso, la educación.

Hermano, gracias por ser un ejemplo y modelo a seguir, ha sido tu dedicación, perseverancia, sencillez y determinación lo que me han mostrado y aclarado la visión durante mi vida. Tus invaluable consejos, de naturaleza franca y sin egoísmo alguno, hacen que día a día intente superarme. Esa cualidad tuya de brindarme ayuda sin voltear atrás, es algo que siempre he valorado y atesoraré en un futuro.

A mis hermanos que la vida me dio y admiro por su fortaleza, gracias por el amor y protección que me han brindado.

A toda mi familia, especialmente mis abuelos por el inigualable ejemplo de sus trayectorias profesionales, así como el cariño y tiempo que me brindaron y me continúan ofreciendo. Abuelo, gracias especialmente por haberme ayudado a encontrar la dirección a mi carrera profesional y por el apoyo que me mostraste cuando tomé mi decisión. ¡Que continúen las comidas y pláticas entre tocayos!

A aquellos que contribuyeron y colaboraron con la elaboración de esta tesis, muchas gracias.

---

## Contenido

Resumen.....	1
1. Introducción.....	3
1.1. Importancia de la electricidad en las sociedades actuales .....	3
2. Planteamiento del problema .....	7
2.1. Observación del problema .....	7
2.1.1. Evolución histórica en el consumo de electricidad .....	7
2.1.2. Aumento en la emisión de los gases de efecto invernadero y el impacto sobre el medio ambiente9	
2.1.3. Pérdida de energía en la distribución de la electricidad .....	10
2.1.4. Obesidad en México y el mundo .....	11
2.1.5. Desaprovechamiento de la energía cinética generada en el ejercicio cardiovascular de las personas en los gimnasios .....	11
2.1.6. Falta de viabilidad económica en proyectos de energías renovables y sustentables .....	12
2.2. Identificación del área de oportunidad: generación de electricidad por medio del ejercicio cardiovascular (SGEEC).....	13
2.3. Justificación .....	14
2.4. Objetivos.....	14
3. Marco situacional .....	17
3.1. Emisiones de dióxido de carbono en México y en el mundo.....	17
3.2. Panorama histórico reciente del mercado eléctrico nacional .....	19
3.3. México, territorio fértil para mecanismos de desarrollo limpio.....	21
4. Marco teórico .....	23
4.1. Marco histórico .....	23
4.2. Primeras innovaciones en la generación de energía eléctrica por medio del ejercicio cardiovascular .....	23
5. Marco conceptual.....	25
5.1. Generador eléctrico .....	25
5.1.1. Equipos cardiovasculares .....	25
5.1.2. Diagrama del sistema eléctrico.....	26
5.1.3. Generador de Corriente Directa y el Stepdown .....	28

5.2.	Marco legal .....	31
5.3.	Protocolo de Kyoto y los beneficios para proyectos de energías renovables .....	33
5.3.1.	Mercado Internacional de Bonos de Carbono.....	35
5.3.2.	Beneficios de los mecanismos de desarrollo limpio. ....	37
5.3.3.	Medida y cálculo de emisiones de efecto invernadero (GEI) .....	39
6.	Investigación .....	45
6.1.	Descripción del gimnasio en estudio .....	45
6.2.	Metodología .....	45
6.2.1.	Encuestas.....	46
6.2.2.	Estudio de campo .....	47
6.2.3.	Registro de tiempos.....	47
6.2.4.	Información estadística .....	47
6.3.	Capacidad de un ser humano para generar electricidad por medio del ejercicio cardiovascular 48	
6.4.	Capacidad de generación de electricidad de un gimnasio en un día y en un año.....	51
6.4.1.	Simulación Monte Carlo del uso de los equipos cardiovasculares durante un año.....	52
6.4.2.	Energía producida. – Resultados obtenidos a partir de la simulación Monte Carlo .....	54
6.5.	Ahorro de recursos naturales.....	55
6.6.	Reducciones certificadas de emisiones .....	58
6.7.	Alternativas de los CERs.....	59
6.7.1.	Mercados voluntarios de carbono.....	59
6.7.2.	MDL programáticos .....	60
6.8.	Flujos monetarios provenientes de la producción de electricidad.....	61
6.9.	Incremento en la rutina diaria de los usuarios por un beneficio al medio ambiente .....	61
6.10.	Utilización de la capacidad instalada en el área de ejercicio cardiovascular. ....	63
6.11.	Impacto del SGEEC sobre la mente de los consumidores .....	66
6.12.	Estudio de mercado y aumento en la participación de mercado debido al SGEEC .....	69
6.13.	Proyección del flujo económico del proyecto.....	71
6.13.1.	Análisis en el dinero nuevo de la inversión y su Valor Presente Neto .....	73
6.13.2.	Sensibilidad del Valor Presente Neto .....	73
6.13.3.	Análisis de flujos de cascada .....	74
6.13.4.	Margen de seguridad en las proyecciones económicas.....	75

6.13.5. Potencial sobre beneficios fiscales otorgados por el gobierno .....	76
Conclusión .....	79
Beneficios económicos.....	79
Beneficios sociales.....	81
Beneficios ambientales .....	82
Beneficios académicos .....	83
Apéndice A .....	85
Apéndice B.....	87
Apéndice C.....	89
Fuentes de consulta.....	91
Glosario.....	95

---

## Resumen

El motivo de esta investigación es crear las bases de conocimiento e información necesarias para posteriormente desarrollar un sistema que sea capaz de aprovechar la energía cinética de los usuarios en un gimnasio para generar energía eléctrica. Específicamente, a partir del ejercicio cardiovascular que las personas realizan sobre bicicletas fijas, elípticas y remadoras, equipos cardiovasculares comúnmente utilizados en los gimnasios.

La idea surge en un entorno social, económico, ambiental y político, donde la importancia del cuidado del medio ambiente y la sustentabilidad ha crecido considerablemente en las últimas décadas al igual que la conciencia del cuidado de la salud personal. Por otro lado, el tema de la energía eléctrica es cada vez más importante debido a las implicaciones y alta relación que tiene con el desarrollo de un país.

Para conocer la viabilidad del proyecto es necesario cuantificar la electricidad que pudiera ser obtenida del ejercicio cardiovascular en los gimnasios. Al conocer el potencial del proyecto, respecto a la electricidad, se puede cuantificar el ahorro monetario y en recursos naturales, principalmente combustibles fósiles de donde es obtenida la electricidad. Así mismo, es necesario conocer la aceptación del Sistema de Generación de Electricidad por medio del Ejercicio Cardiovascular (SGEEC) y el impacto en la mente de las personas. Esto último se analizó de dos formas:

Motivación para realizar más ejercicio sabiendo que se está generando electricidad y por consiguiente minimizando el impacto ambiental que representa un gimnasio en operación.

Poder de influenciar en la decisión de los usuarios de un gimnasio al momento de seleccionar un gimnasio.

Es importante resaltar que el fundamento principal de esta investigación es la conservación en sí. Es decir, además de la viabilidad económica del proyecto es necesario tomar en cuenta que de desarrollarse este proyecto sería dar un pequeño paso en dirección a la conservación y sustentabilidad de la sociedad humana como la conocemos hoy en día. Si bien no es significativo en temas de electricidad generada en comparación a la utilizada alrededor del mundo, este proyecto es simplemente una pieza de un total mucho más grande, el cual está compuesto de todas las posibles fuentes de energía que hoy en día no son aprovechadas por el ser humano. Al realizar avances tecnológicos que nos permitan aprovechar dicha energía de manera sustentable, se estará avanzando en temas de bienestar común y sustentabilidad.

De manera colateral, el desarrollar un sistema que sea capaz de fomentar el ejercicio cardiovascular en las personas ayuda a reducir los índices de obesidad y sobre peso en las sociedades. Padecimientos que representan un importante gasto del erario de una nación.



---

## 1. Introducción

### 1.1. Importancia de la electricidad en las sociedades actuales

El presente trabajo se ubica en el área de generación de electricidad por medio del ejercicio cardiovascular realizado por las personas en los gimnasios y tiene como objetivo crear las bases de información necesarias para el desarrollo e implantación de la tecnología necesaria para lograr dicha captación de energía y con ello crear beneficios de distinta índole para la sociedad.

Vivimos en un mundo donde la energía eléctrica es indispensable para el estilo de vida de la mayoría de los seres humanos. La energía eléctrica es la base del mundo industrializado, de las comunicaciones, transporte y del desarrollo exponencial que se ha estado viviendo en el último siglo. Es por esto que la generación de electricidad, para dar abasto a todas las necesidades generadas en el último siglo, se lleva a cabo principalmente por medio de centrales eléctricas.

La generación de electricidad, en términos generales, consiste en transformar alguna clase de energía sea química, mecánica, térmica, luminosa o cinética, entre otras, en energía eléctrica. Para la generación de electricidad a gran escala se recurre a instalaciones denominadas centrales eléctricas que ejecutan alguna de las transformaciones citadas. Como su nombre lo indica, las centrales eléctricas son instalaciones puntuales donde se produce electricidad para luego ser distribuida en un área específica. Estos centros constituyen el primer escalón del sistema de suministro eléctrico.

A principios del siglo XXI se vive en un mundo donde la electricidad es indispensable. En cualquier acción de la vida cotidiana en la que se pueda pensar está la energía eléctrica. Los países tienen como prioridad, en algunos casos llega a ser asunto de seguridad nacional, el suministro constante y eficiente de energía eléctrica para toda su población. La energía eléctrica es un sinónimo de la evolución de un país o también se puede analizar como la base de todo desarrollo. Si se tratase de un país que no contara con un suministro de electricidad con calidad, sería casi imposible pensar en algún avance en el nivel de vida de sus ciudadanos, economía, industria o de cualquier rubro en el que se pueda pensar para cuantificar su crecimiento.

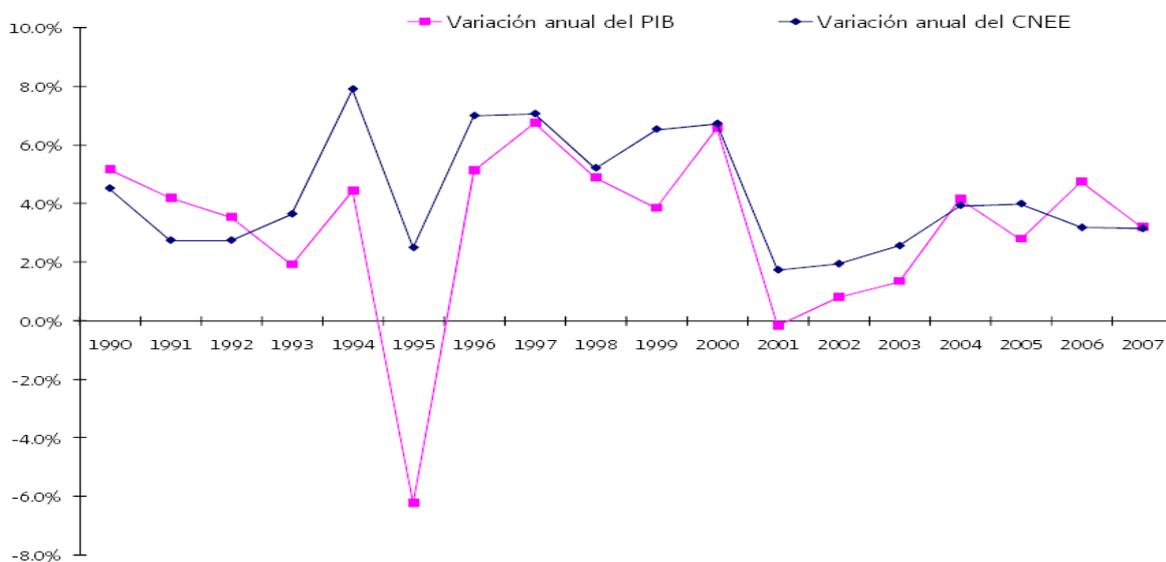
La electricidad es un producto de suma importancia para la economía, está vinculada de manera directa con la generación y creación de bienes y servicios además de ser vital para los hogares. En otras palabras, es el motor básico de la actividad económica, siendo el suministro un tema estratégico para el desarrollo de cualquier economía. En la (gráfica 1) se puede observar la estrecha relación que hay entre el consumo de electricidad en México y el crecimiento de la economía, en este caso se tiene al PIB como indicador de dicho crecimiento.

Para enfatizar la importancia y relevancia sobre dicho tema, en el documento *Prospectiva del sector eléctrico 2008-2017* de la Secretaría de Energía (2008) se especifica:

Asegurar el suministro de energía con calidad, oportunidad y mínimo impacto al medio ambiente, constituye uno de los mayores retos a los que se enfrenta actualmente la humanidad. En este contexto, la planeación integral de los sistemas energéticos requiere considerar aspectos

relevantes como lo es la diversificación de las fuentes primarias, la seguridad energética, el desarrollo económico y el equilibrio ambiental. En el caso de la generación de electricidad, esto implica dirigir los esfuerzos hacia la expansión de las fuentes renovables como la hidráulica, mini hidráulica, eólica, geotérmica, solar, biomasa y bioenergética, entre otras, así como la posible expansión de la capacidad núcleo eléctrica y el incremento de la eficiencia energética a través del desarrollo tecnológico y la innovación en la industria, mediante sistemas de cogeneración.<sup>1</sup>

Como se menciona en el párrafo anterior el suministro de electricidad no es el único problema; de este último se desprenden nuevas complicaciones. Uno de los problemas que ha tomado fuerza en las últimas décadas es la cuestión ambiental, por lo que hoy se realizan numerosas y diversas investigaciones para encontrar nuevas maneras para generar energía eléctrica de una forma sustentable.



Fuente: CFE e INEGI.

**Gráfica 1. Evolución histórica del PIB y consumo nacional de energía eléctrica 1990-2007 (%).<sup>2</sup>**

Esto se debe a que el desarrollo social está delimitado por los recursos con los que se cuenta para crear adelantos tecnológicos y la capacidad del medio ambiente para sobrellevar los efectos de la actividad humana.

Si observamos nuestro entorno nos podemos dar cuenta de toda la energía que es desaprovechada por el hombre. Por ejemplo, el viento que mueve las hojas de los árboles todos los días, las olas que continuamente golpean las costas de las placas continentales, la energía potencial de los automóviles en movimiento, la energía cinética de las personas caminando o haciendo ejercicio sobre aparatos destinados al ejercicio cardiovascular en los gimnasios, entre muchas otras. El aprovechamiento de estas fuentes de energía que no somos capaces de captar y aprovechar del todo se

<sup>1</sup> Irastrozarejo Verónica (2008): "Prospectiva del sector eléctrico 2008-2017", Secretaría de Energía, p. 12.

<sup>2</sup> *Ibid*, p. 45.

debe a la limitante en avances tecnológicos. Esta variedad de fuentes pudiesen ser alternativas viables para la generación de electricidad, en este caso el impacto de la actividad humana sobre el medio ambiente disminuye en proporción directa con relación a nuestra capacidad de utilizarlas.

---

## **2. Planteamiento del problema**

### **2.1. Observación del problema**

Como estudiante de ingeniería, se observan todos los acontecimientos a su alrededor con una visión distinta en relación con la que se contaba antes de haber comenzado los estudios de licenciatura. Se adquiere un punto de vista más crítico, analizando y cuestionando todo aquello que lo rodea, lo cual, como consecuencia, genera curiosidad en cualquier lugar donde se fije la atención. Como aspirante a ingeniero se trata de convertir los recursos con los que cuenta en algo productivo, útil y que contribuya al desarrollo y beneficio de su sociedad. Siempre buscando oportunidades con una metodología para detectar una situación o problema, analizar y buscar posibles soluciones, para valorar dichas soluciones y tener información suficiente en la toma de una decisión lo más acertada posible.

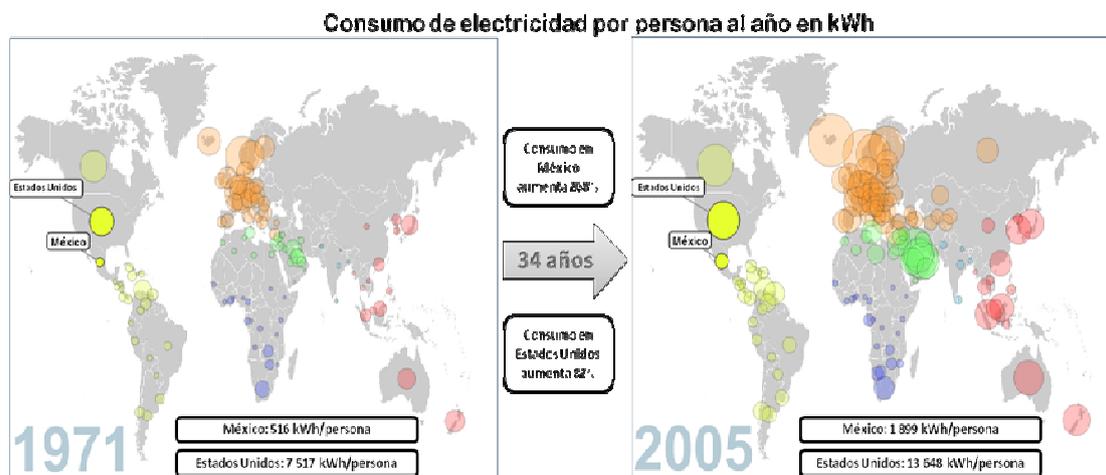
A partir del análisis del contexto en el que el estudiante o futuro ingeniero se encuentra, las situaciones, las necesidades de la sociedad, así como el comportamiento social a su alrededor, es posible identificar cuáles son las necesidades con mayor importancia para posteriormente trabajar y mejorar dicha situación.

#### **2.1.1. Evolución histórica en el consumo de electricidad**

Desde la aplicación de la electricidad como una herramienta para la vida moderna en el siglo XIX, el consumo de electricidad ha aumentado exponencialmente. En el último siglo el consumo de electricidad en el mundo ha aumentado veinticinco veces.<sup>3</sup> En países industrializados el consumo per cápita es siete veces mayor al de un país en desarrollo. En la gráfica 2 se puede observar cuantitativamente cómo ha evolucionado el consumo de electricidad en México y demás países en los últimos 34 años. El tamaño de los círculos en cada país es proporcional al consumo de electricidad en kWh por persona. Si se compara el consumo de México con un país ya desarrollado como lo es Estados Unidos de América surgen datos interesantes. Por ser un país en desarrollo, el consumo de electricidad de México ha aumentado en los últimos 34 años más de 200%, mientras que Estados Unidos aumentó su consumo cerca de 80%. De esta forma se puede tener una idea de cuál será el consumo de nuestro país cuando sea un país desarrollado. En los siguientes años el gasto de electricidad en México por lo menos mantendrá el crecimiento observado en las últimas décadas, de este modo se puede prever y satisfacer dicha energía de una manera sustentable y minimizando el impacto ambiental de la generación de electricidad.

---

<sup>3</sup> Asociación de Productores de Energías Renovables(2009): "Estudio del impacto macroeconómico de las energías", (Consulta: 25/II/2009) <http://www.appa.es/19privado/descargas/APPA%20-%20Estudio%20Impacto%20Macroeconomico%20Energias%20Renovables%20Espana.pdf>



Gráfica 2. Consumo de electricidad por persona al año en kWh.<sup>4</sup>

El consumo de electricidad en el planeta continúa ascendiendo debido a que cada vez este recurso llega a más personas, además de que las necesidades aumentan día a día. Esto es debido a que hay una búsqueda permanente en mejorar el nivel de vida, lo cual generalmente se ve reflejado en la creación de nuevas necesidades y en consecuencia en un mayor consumo de energía. Esto es válido siempre y cuando la producción de electricidad utilice fuentes de energía renovables y sustentables. El desarrollo en el futuro no debe ser afectado o frenado por la falta de energía sustentable.

En la década que abarca de 1996 a 2006 el consumo mundial de energía aumentó 3.4% anual para colocarse en 16,252 TWh. Este ritmo de crecimiento, como se menciona anteriormente, es impulsado principalmente por los países en vías de desarrollo debido a la expansión de sus redes de distribución eléctrica además de que sus sistemas de producción y transmisión no son tan eficientes como los de los países desarrollados. Estados Unidos y Canadá registraron un aumento en el consumo de electricidad de 1.7% y 1.1%, respectivamente, mientras que México marcó un crecimiento de 3.9% por encima del promedio mundial. A finales de 2008 el consumo fue de  $17.48 \times 10^{12}$  kWh anuales en todo el mundo. México consume 1.15% del total, siendo el vigésimo país en la escala de países por consumo de electricidad.<sup>5</sup>

Los países en vías de desarrollo, como México, constantemente expanden su red eléctrica y enfrentan una situación crítica que de ser manejada correctamente podrán crear una ventaja en el futuro. Al satisfacer las crecientes necesidades del consumo de energía eléctrica, estos países están en la posición adecuada para crear fuentes de energía eléctrica sustentables y de esta forma asegurar un

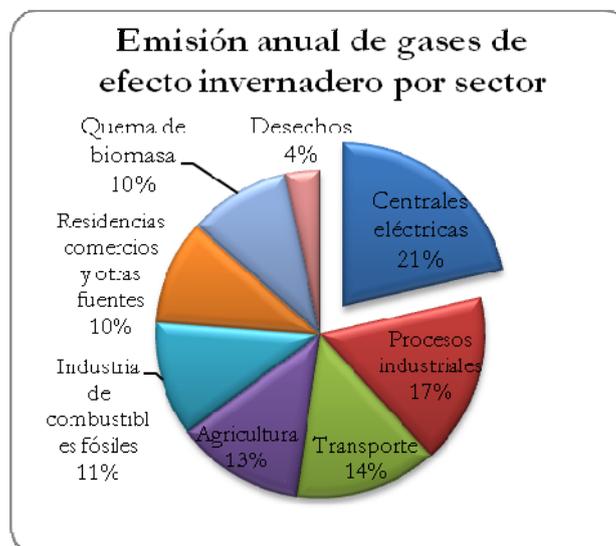
<sup>4</sup> GapMinder (2009): "Electric Power Consumption (kWh per person)". GapMinder World, Map. (Consulta 14/II/2009) [http://graphs.gapminder.org/world/#\\$majorMode=map&shi=t;ly=2003;lb=f;il=t;fs=11;al=30;stl=f;st=f;ns1=t;se=t\\$wst;tts=C&ts;sp=6;ti=2005\\$zpv;v=0\\$inc\\_x;mmid=XCOORDS;iid=pyj6tScZqmEckXvG4InIreQ;by=const\\$inc\\_y;mmid=YCOORDS;iid=pyj6tScZqmEckXvG4InIreQ;by=const\\$inc\\_s;uniValue=8.21;iid=pyj6tScZqmEckXvG4InIreQ;by=ind\\$inc\\_c;uniValue=255;gid=CATID0;by=grp\\$map\\_s;sma=49;smi=2.65\\$cd;bd=0\\$inds=i143\\_r,,,,,;i239\\_r,,,,](http://graphs.gapminder.org/world/#$majorMode=map&shi=t;ly=2003;lb=f;il=t;fs=11;al=30;stl=f;st=f;ns1=t;se=t$wst;tts=C&ts;sp=6;ti=2005$zpv;v=0$inc_x;mmid=XCOORDS;iid=pyj6tScZqmEckXvG4InIreQ;by=const$inc_y;mmid=YCOORDS;iid=pyj6tScZqmEckXvG4InIreQ;by=const$inc_s;uniValue=8.21;iid=pyj6tScZqmEckXvG4InIreQ;by=ind$inc_c;uniValue=255;gid=CATID0;by=grp$map_s;sma=49;smi=2.65$cd;bd=0$inds=i143_r,,,,,;i239_r,,,,)

<sup>5</sup> CIA (2008): "The World Fact book", Country Comparisons - Electricity – Consumption. (Consulta: 25/III/2009) <https://www.cia.gov/search?NS-search-page=document&NS-rel-doc-name=/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2042rank.html&NS-query=electricity+consumption&NS-search-type=NS-boolean-query&NS-collection=Factbook&NS-docs-found=461&NS-doc-number=1>.

crecimiento estable en el futuro. Es más factible, en todos los aspectos, crear fuentes de electricidad renovables que satisfacer las necesidades de electricidad con tecnologías obsoletas que en un futuro deberán ser sustituidas.

### 2.1.2. Aumento en la emisión de los gases de efecto invernadero y el impacto sobre el medio ambiente

La mayoría de los recursos con los que cuenta el hombre son destinados a la producción de electricidad para después satisfacer otras necesidades. Este consumo preponderante para la generación de energía eléctrica se ve reflejado en los gases de efecto invernadero (GEI) que produce y emite al medio ambiente dicha actividad. En la gráfica 3 se observa que el principal emisor de gases invernadero son las centrales eléctricas por una diferencia significativa respecto a los procesos industriales, donde algunos GEI provienen de la generación de electricidad dentro de las industrias.



Gráfica 3. Emisión anual de gases invernadero por sector<sup>6</sup>

Respecto a la capacidad instalada mundial, las centrales termoeléctricas convencionales son la principal fuente de energía eléctrica a excepción de algunos países como Francia, India y Rusia que están enfocados en las centrales nucleares, en tanto que Brasil y Canadá en centrales hidroeléctricas.

En su mayoría, las actividades relacionadas con la generación de electricidad tienen como consecuencia los gases de efecto invernadero, los cuales representan uno de los principales contaminantes antropogénicos del planeta. Los GEI juegan un papel relevante en la actualidad debido a su cualidad de captar la radiación infrarroja. Estos gases son Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), clorofluorocarbonos (CFCs) y Metano (CH<sub>4</sub>). Estas emisiones tienen rangos de absorción de la radiación infrarroja que van de los 8-13 μm alterando las tasas de calentamiento de la atmósfera,

<sup>6</sup> Emission Database for Global Atmospheric Research (2005): "Annual Emission Greenhouse Gas by Sector". Global Warming Art. (Consulta: 27/III/2009) [http://www.globalwarmingart.com/wiki/Image:Greenhouse\\_Gas\\_by\\_Sector\\_png](http://www.globalwarmingart.com/wiki/Image:Greenhouse_Gas_by_Sector_png)

haciendo que la atmósfera baja se caliente y la estratósfera se enfríe. La radiación que proviene del sol calienta la superficie terrestre, provocando que la superficie emita radiación infrarroja la cual es absorbida por los gases de efecto invernadero. Estos gases absorben grandes cantidades de radiaciones de onda larga y regresan parte de ellas de vuelta a la superficie causando un incremento en la temperatura de la superficie. Este proceso es conocido como efecto invernadero y ha estado ocurriendo en mayor escala en los últimos doscientos años. Debido a esto último y demás factores, la temperatura de la tierra ha aumentado, fenómeno mejor conocido como cambio climático, puntualmente, calentamiento global. Sin tomar una postura propia sobre las causas del calentamiento global, está comprobado que los GEI contribuyen en cierta medida a este fenómeno por la alta correlación que existe entre los niveles de éstos y las temperaturas.

El impacto ambiental causado por el desarrollo antropogénico en los últimos dos siglos ha dado lugar a formas de generación de energía eléctrica más eficientes, limpias y renovables, es decir sustentables, de tal forma que el impacto sobre el ambiente sea mínimo y en el mejor de los casos, nulo. Por mencionar algunos ejemplos se encuentran las centrales eléctricas: eólicas, mareomotrices, geotérmicas y solares.

### **2.1.3. Pérdida de energía en la distribución de la electricidad**

Además de la producción de la electricidad hay otros problemas anexos a este tema, como son la pérdida de electricidad en las redes de distribución. Las centrales eléctricas generalmente están retiradas de las civilizaciones por las emisiones que producen y los supuestos efectos dañinos que pueden tener sobre los asentamientos humanos; por ello, las condiciones geográficas, sociales y económicas influyen sobre la localización de las centrales. Su ubicación depende de una gran variedad de factores, entre los cuales se pueden citar: optimizar la distribución de la electricidad a todos los puntos para los que fueron planeadas, disponibilidad de espacio, servicios e infraestructura entre otros. En otras palabras, se busca un punto alejado de la civilización para no afectarla, que cumpla con las condiciones antes mencionadas y que teóricamente esté en un punto medio ponderado dependiendo de los lugares y la cantidad de electricidad que se vaya a proveer. Esto generalmente provoca que las centrales se ubiquen en puntos lejanos de donde se va a utilizar la electricidad, pero tiene un costo, la pérdida de electricidad en la transmisión y en las redes de distribución.

Para tener una idea de la magnitud de este problema, en el mundo se pierden 1.59 millones de millones de kWh o  $1.59 \times 10^{12}$  de kWh, es decir, 181386 MegaWatts, equivalentes a 75 hidroeléctricas como la de Manuel Moreno Torres (Chicoasén). En México se pierden 42.09 mil millones de kWh o  $42.09 \times 10^9$  kWh en la transmisión,<sup>7</sup> equivalente a dos hidroeléctricas similares a la producción anual de Chicoasén. Cabe mencionar que este último dato no es en su totalidad por pérdidas en la transmisión, sino que también contiene el gasto de las conexiones ilegales a la red de distribución de la Comisión Federal de Electricidad y, anteriormente, a la de Luz y Fuerza del Centro. Se estima que las líneas de

---

<sup>7</sup> CIA (2008): "The World Factbook", World, Electricity Consumption, Production, Exports, Imports. (Consulta: 17/I/2009) <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/xx.html>

transmisión en promedio pierden 17.4%<sup>8</sup> de la electricidad transmitida, del cual 6.9%,<sup>9</sup> aproximadamente, son pérdidas de transmisión dejando fuera el uso ilícito de este recurso. Esto depende del tipo, material y vida del cable de transmisión utilizado en la red eléctrica, así como el mantenimiento que se realiza sobre dichas instalaciones. Para solucionar este problema en la transmisión hay dos formas: la primera, contar con materiales conductores más eficientes para la distribución de electricidad y proveer a la infraestructura con el mantenimiento necesario; la segunda contar con centrales eléctricas ubicadas en lugares más cercanos a la civilización sin que sean un riesgo para sus habitantes.

#### **2.1.4. Obesidad en México y el mundo**

Uno de los problemas más grandes que enfrenta México en cuestión de salud pública, igual que en otros países, es la obesidad y problemas de sobrepeso en la población, que a su vez degeneran en enfermedades crónicas que representan una carga importante para la sociedad debido al gasto en el presupuesto de salud pública.

Los padecimientos son diabetes, cardiopatías, derrames cerebrales, hipertensión, ataques cardíacos, osteoartritis y cáncer principalmente. Aproximadamente hay 350 millones de personas obesas en el mundo y mil millones de personas con sobrepeso. Alrededor de 2.5 millones de muertes al año en todo el mundo son atribuidas a la obesidad o sobrepeso.<sup>10</sup>

México se encuentra en el segundo lugar de obesidad mundial, con 26.9 millones de habitantes<sup>11</sup> (24.2% de la población mexicana) con este padecimiento, es decir, de cada cuatro mexicanos uno tiene obesidad o sobrepeso. Esto representa un costo monetario de entre 50 mil y 60 mil millones de pesos anuales, lo que equivale a 0.5% del PIB nacional.<sup>12</sup> Prever esta enfermedad en la mayoría de la población traería un ahorro significativo en el presupuesto de salud pública y se invertiría en otras áreas que impiden el desarrollo nacional.

#### **2.1.5. Desaprovechamiento de la energía cinética generada en el ejercicio cardiovascular de las personas en los gimnasios**

Sin abandonar el concepto de la energía, el problema al que se enfoca esta tesis fue identificado por primera vez en un gimnasio alrededor de las 7:00 pm, hora en la cual los gimnasios de la Ciudad de México se encuentran a su máxima capacidad de utilización. Al entrar al área de ejercicio cardiovascular uno es testigo de un fenómeno muy curioso, más de cincuenta personas se encuentran haciendo

---

<sup>8</sup> Irastroza Trejo Verónica, *Op. cit.*

<sup>9</sup> Romedenne Lagrange, Olivier (2008): "Impacto de un cable superconductor sobre la eficiencia energética de la red eléctrica", Universidad Politécnica de Cataluña. (Consulta: 4/IX/2009) <http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/6397>

<sup>10</sup> Organización Mundial de la Salud (2009): "Obesidad/Sobrepeso México". (Consulta: 5/IX/2009)

<https://apps.who.int/infobase/reportviewer.aspx?rptcode=ALL&uncode=484&dm=5&surveycode=102806a1>

<sup>11</sup> Nation Master (2009): "Health Statistics". *Obesity by Country, Mexico*.(Consulta: 10/IV/2009)

[http://www.nationmaster.com/graph/hea\\_obe-health-obesity](http://www.nationmaster.com/graph/hea_obe-health-obesity)

<sup>12</sup> Vega, Margarita. "Presionan malos hábitos al sistema de Salud", en *Reforma*, sección nacional, 3/IX/2009.

(Consulta: 5/IX/2009)

<http://www.reforma.com/edicionimpresa/vista.asp?seccion=nacional&fecha=20090903&pagina=9&ext=pdf>

ejercicio cardiovascular en distintos aparatos destinados a esta actividad, como son las bandas para correr, bicicletas fijas, remadoras y elípticas, donde todos se esfuerzan por cumplir con su rutina diaria. De este modo intentan balancear su sistema energético para eliminar las calorías de las que no se pudieron deshacer durante el día. Esta imagen es similar a la que uno puede observar en los diferentes gimnasios alrededor del mundo. Teniendo en mente los problemas antes mencionados en relación con la electricidad, uno se llega a preguntar ¿por qué no se aprovecha toda esta energía que las personas realizan sobre los aparatos para producir electricidad?, ¿por qué se desperdicia?, ¿cuánta energía puede ser aprovechada de esta actividad? En un mundo donde existen más de seis mil millones de habitantes cualquier cantidad de electricidad que genere una persona se vuelve sumamente relevante. De ser posible este proyecto podría ser relevante para la sociedad donde se realice, ya que es un pequeño paso para solucionar la problemática de la generación de electricidad de una forma sustentable.

El uso y actividad dentro de los gimnasios va en aumento debido a la falta de espacios dentro de una ciudad para realizar actividades físicas. Las ciudades cada vez se vuelven más densas dejando poco espacio para áreas verdes o libres donde se pueda hacer ejercicio sin verse afectado por la contaminación u otros factores de una ciudad típica. Es por esto y otras causas que el número de gimnasios dentro de las ciudades ha ido aumentando. Aunado a esto, se ha creado una cultura de bienestar y cuidado integral de la salud donde el ejercicio diario, especialmente cardiovascular, es esencial. Si bien es cierto que la obesidad y sobrepeso es un problema que afecta a un cuarto de la población en México, como respuesta a este problema la conciencia por el bienestar físico y la salud personal ha ido en aumento dentro de la mente de la ciudadanía gracias a campañas gubernamentales y privadas que informan acerca del ejercicio cardiovascular diario como una solución a este problema. Es importante mencionar que el rendimiento y productividad de una persona con sobrepeso u obesidad es menor a aquella que no cuente con dicho padecimiento.<sup>13</sup>

#### **2.1.6. Falta de viabilidad económica en proyectos de energías renovables y sustentables**

Los proyectos de energías renovables y sustentables generalmente se topan con un problema después de su desarrollo: la viabilidad económica para su uso masivo y comercial alrededor del mundo. Estos proyectos cuentan con ideas brillantes e innovadoras y un desarrollo eficiente, pero tienen un punto vulnerable. La falta de viabilidad económica y atracción para los inversionistas hace que estos proyectos sólo se lleven a cabo por intereses relacionados con la sustentabilidad y conservación del medio ambiente. Para que un proyecto tenga importancia e impacto y se vuelva relevante para el desarrollo de una sociedad, es necesario que sea económicamente atractivo y cumpla sus metas.

La cultura “verde”, así nombrado por los especialistas del tema, se refiere al nuevo concepto de los productos y servicios en relación con el cuidado del medio ambiente. Como se mencionó en la conferencia que se llevó a cabo durante el semestre 2009-2 en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, llamada *Green Momentum*, impartida por Rafael Carmona Dávila, la tendencia de los mercados es ofrecer productos y servicios en donde se tenga un especial cuidado por el medio ambiente en los

---

<sup>13</sup> Center of Disease Control and Prevention (2010), “Sobre peso y obesidad-Consecuencias Económicas” (Consulta 27/III/2010) <http://www.cdc.gov/obesity/causes/economics.html>

procesos que estén involucrados. De esta forma se cuenta con una ventaja sobre los demás competidores, así como cierta diferenciación para ser mejor captado por los consumidores. De esta forma proyectos, productos y servicios para el desarrollo sustentable han encontrado una puerta para seguir siendo viables.<sup>14</sup>

## **2.2. Identificación del área de oportunidad: generación de electricidad por medio del ejercicio cardiovascular (SGEEC)**

Después de analizar los distintos problemas planteados anteriormente y buscando agruparlos para contribuir a la solución de cada uno de ellos, se ha identificado que existe poca o escasa información sobre la posibilidad de generar electricidad en los gimnasios. Puntualmente, sobre la capacidad de las personas para generar electricidad a partir del ejercicio cardiovascular y de esta forma la capacidad de un gimnasio para generar electricidad. Con dicha información se puede analizar la factibilidad y viabilidad de un proyecto y desarrollar la tecnología necesaria para aprovechar y generar electricidad a partir del ejercicio cardiovascular de los humanos.

De esta forma se puede comenzar con un proyecto para contribuir a la solución del problema de generación de electricidad de una forma sustentable y con poco impacto para el medio ambiente, ya que sólo se aprovecharía la energía producida por las personas y que anteriormente era desaprovechada. Al contar con gimnasios que puedan generar electricidad distribuidos por la ciudad sin afectar a la población, se puede obtener una solución sencilla para el problema de la eficiencia de las líneas de distribución y transmisión de electricidad, siempre y cuando su capacidad para producir electricidad por medio del ejercicio cardiovascular sea mayor a su consumo interno.. Esta solución propone contar con pequeñas centrales eléctricas, que por su nombre perderían el calificativo de centrales ya que dejarían de concentrar la generación de energía en una sola instalación y de esta forma pudiesen tomar el nombre de células eléctricas en la red de distribución. Reducir la distancia entre el punto de utilización de la electricidad y su generación contribuye a la solución del problema en la transmisión de electricidad. La generación de electricidad limpia y simultáneamente la transmisión eficiente de electricidad impacta a un problema con mayor importancia, la emisión de los GEI, así como gastos monetarios innecesarios para la población, de esta forma se baja el impacto antropogénico sobre el cambio climático.

De manera colateral se afronta el problema de la obesidad y sobrepeso en la población ya que con gimnasios que generen electricidad se puede motivar a más personas a realizar ejercicio diariamente por un beneficio al medio ambiente, además del beneficio a la salud personal. De igual forma los gimnasios que produzcan electricidad tendrán costos fijos más bajos reflejándose en cuotas más accesibles para los clientes. Esto último se traduce en un espectro más amplio de clientes, dándoles la oportunidad a más personas de asistir a los gimnasios aumentando la tasa de ejercicio en la población.

---

<sup>14</sup> Carmona Dávila, Rafael, Conferencia Green Momentum, Facultad de Ingeniería, 2009.

### **2.3. Justificación**

Es por esto último y los otros factores colaterales antes mencionados, la razón de que el objeto de estudio de esta tesis sea analizar la posibilidad de producir energía eléctrica a través de la energía cinética que se libera al hacer ejercicio cardiovascular sobre aparatos destinados a dicha actividad en los gimnasios. Los aparatos cardiovasculares que cuentan con las características necesarias para el objetivo de esta tesis con mayor potencial para generar energía eléctrica son la bicicleta fija, remadora y elíptica.

La idea nace en un entorno donde el interés por el cuidado personal, el deporte y la salud física y mental han creado una cultura naciente y en auge de salud integral. Esta nueva cultura surge como respuesta a un crecimiento acelerado en el número de casos de obesidad dentro de la población mexicana. Una de las principales causas de la obesidad es la vida sedentaria.

Aunado a esto, la cultura por el cuidado ambiental y el interés por reducir el impacto del ser humano en el planeta es cada día más importante. Una de las principales metas que la humanidad comparte dentro del siglo XXI es crear civilizaciones sustentables, para esto cualquier aportación por mínima que sea se vuelve relevante cuando cada habitante contribuye. Las circunstancias socioeconómicas y culturales de nuestra sociedad dan pie al desarrollo, análisis e implantación de proyectos de esta índole.

### **2.4. Objetivos**

1. Crear las bases de información necesarias para conocer la capacidad de generación de energía eléctrica en un gimnasio y de esta forma impulsar un proyecto de investigación sobre este tema.
2. Determinar y cuantificar la posible capacidad de producción de energía eléctrica (kWh) de un gimnasio en caso de contar con las instalaciones necesarias para dicho fin. Al disponer de dicha información se podrá saber el ahorro de energía eléctrica y a su vez el ahorro en emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para la producción de energía, conociendo el impacto positivo del proyecto sobre el medio ambiente.
3. Analizar y encontrar la viabilidad de la puesta en marcha de un gimnasio con capacidad de autoproducción de energía eléctrica, desde un punto de vista económico.
4. Conocer la aceptación, entre los usuarios de un gimnasio, la posibilidad de producción de energía eléctrica y la disposición a realizar más ejercicio cardiovascular en su rutina diaria con la finalidad de lograr un beneficio al medio ambiente.
5. Cuantificar el impacto que pudiese tener en las personas un gimnasio productor de electricidad al momento de elegir entre distintos gimnasios como factor diferenciador.

Al conocer estos datos, se puede cuantificar el impacto positivo sobre el medio ambiente en ahorro de toneladas de CO<sub>2</sub> y otros GEI. Equivalente a esto se obtiene el dato de barriles de petróleo, gas natural o carbón que se pueden ahorrar y en lugar de ser quemados para la obtención de energía, ser utilizados para mejores propósitos en un futuro, ya que se trata de recursos no renovables. En otras palabras,

estos recursos, en especial el petróleo, tienen mejores usos que ser quemados. El petróleo se usa actualmente para obtener y producir gran variedad de materiales, entre los que se encuentran:

Caucho sintético, principalmente empleado en llantas y suelas de zapatos. Actualmente la demanda del caucho sintético es cuatro veces mayor a la del caucho natural.

Fibras sintéticas, poliéster, nylon y acrílico, entre otras, que son utilizadas para cortinas, alfombras, cuerdas y vestimenta.

Fertilizantes y pesticidas que contienen como ingrediente base el amoníaco obtenido del gas natural, así como los pesticidas más comerciales que provienen del destilado del petróleo.

Pinturas plásticas o de aceite que como los aditivos para pintura provienen de petroquímicos.

Detergentes que utilizan glicerina obtenida del petróleo.

Aditivos para comida utilizados para aumentar la vida de los alimentos en las repisas, principalmente enlatados.

Medicamentos que contienen ácido acetilsalicílico, sustancia activa utilizada en los medicamentos para el dolor y que provienen de petroquímicos, entre otros muchos.

Maquillaje hecho a base de aceites, ceras, perfumes y colorantes derivados del petróleo.

Estos productos, esenciales para la vida son producto del petróleo, al crear fuentes de electricidad distintas a la quema de combustibles fósiles, es posible garantizar su suministro por más tiempo.

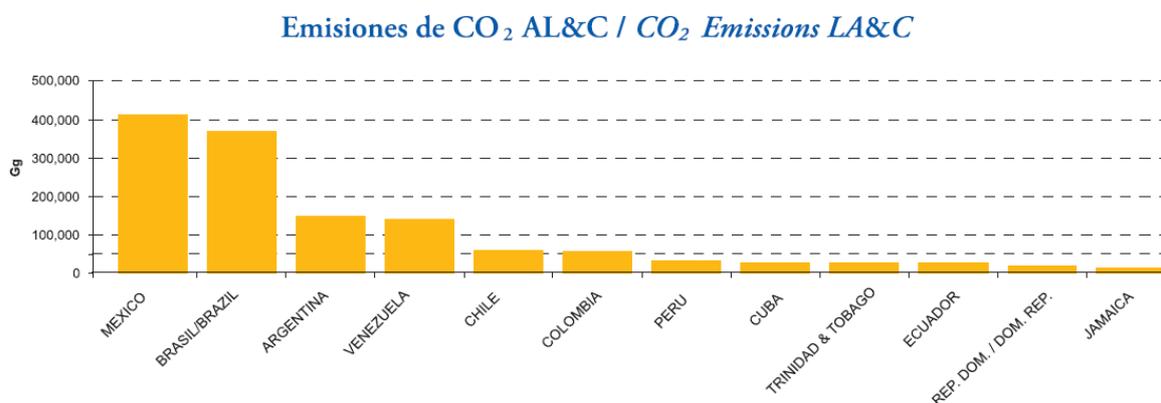
### 3. Marco situacional

#### 3.1. Emisiones de dióxido de carbono en México y en el mundo

Es importante ubicar a Latinoamérica en el contexto internacional de emisiones de gases de efecto invernadero. De acuerdo con el WRI (World Resources Institute – 2003) en el año 2000, América Latina y el Caribe aportaron 5.5% del total de las emisiones de CO<sub>2</sub> mundiales excluyendo emisiones derivadas del sector, el cambio de uso del suelo y la silvicultura. Se calcula que las emisiones totales en el mundo alcanzaron 24 mil millones de toneladas.

Entre 1990 y 2000 las emisiones de América Latina y el Caribe se incrementaron por encima del promedio mundial. El incremento en esta región fue de más de 35%, mientras que el incremento total de las emisiones globales fue de casi 13 por ciento. (Véase gráfica 4.)

En Latinoamérica el incremento se debió principalmente a la industria y el transporte, donde las emisiones aumentaron en más de 40%, en el periodo citado. Alrededor de 70% del incremento en las emisiones provino principalmente de la producción de electricidad y calor, aunque estas emisiones son menores que las correspondientes a los sectores del transporte y de la industria (UNEP/GRID-Arendal, 2005).

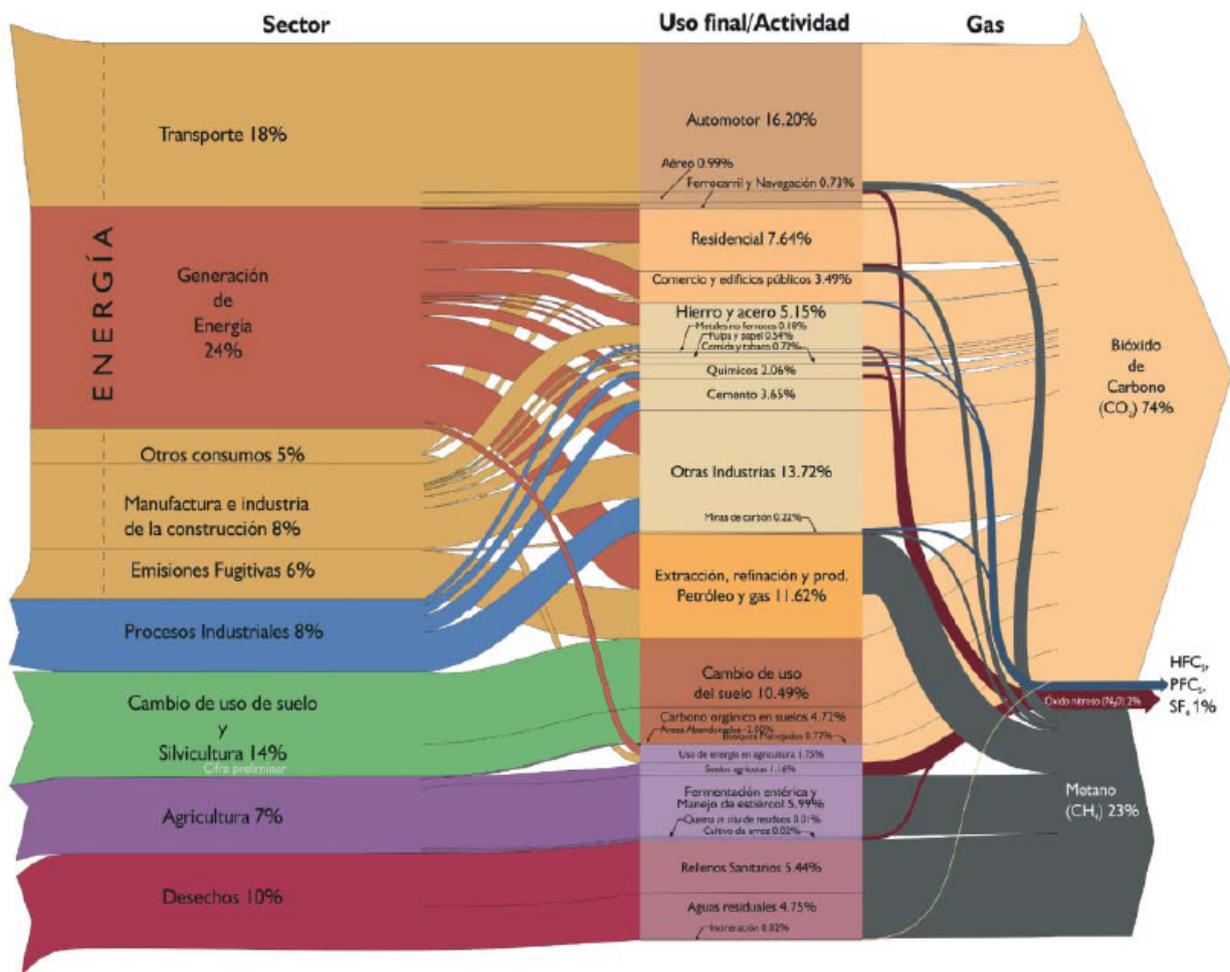


**PAÍSES MIEMBROS DE OLADE / OLADE MEMBER COUNTRIES**  
Gráfica 4. Emisiones de CO<sub>2</sub> América Latina y Caribe.<sup>15</sup> Fuente: Sistema de Información Económica Energética (2008): “Energía en cifras”, OLADE, versión 18 Chile.

Las emisiones per cápita de CO<sub>2</sub> por la quema de combustibles fósiles en México resultan similares al promedio mundial. La mayoría de las emisiones en México provienen de la producción de electricidad y el transporte (WRI, 2003).<sup>16</sup> (Véase gráfica 5.)

<sup>15</sup> Sistema de Información Económica Energética (2008). “Energía en cifras”, OLADE, versión 18, Chile. (Consulta: 20/IX/2009) <http://www.olade.org.ec/documentos2/plegablecifras-2006.pdf>

<sup>16</sup> SYNERGY, UNESA, Universidad Politécnica de Madrid, Institut System-und Innocationsforschung, Instituto Mexicano del Petróleo, Universidad Nacional Autónoma de México, CIER y OLADE (2005). “Metodologías para la implementación de los mecanismos flexibles de Kyoto-Mecanismo de desarrollo limpio en Latinoamérica”, pp.14-15.



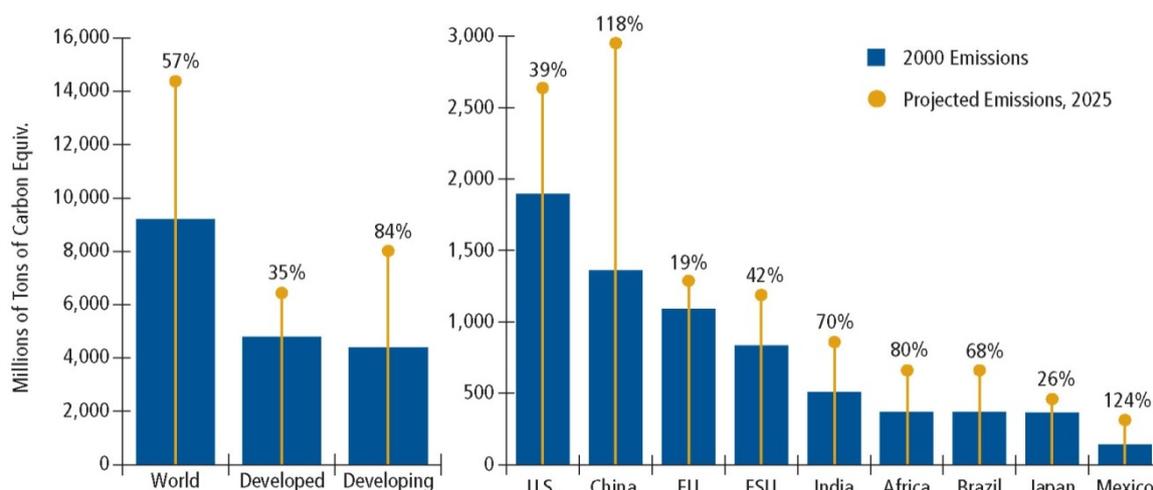
Gráfica 5. Origen de emisiones de GEI en México, 2005.<sup>17</sup>

En este caso, es importante recordar el Principio de Pareto el cual especifica que existe generalmente una proporción 80:20 donde el 20% de un total contribuye al 80% de otro total, la proporción puede variar dependiendo del caso, sin embargo se mantiene cercana a la proporción original de este principio. Una vez dicho esto último se puede analizar la gráfica 5. con el mismo punto de vista y de esta forma llegar a detectar los principales orígenes de los GEI los cuales son el transporte y generación de energía (2 de 9 sectores) los cuales contribuyen a casi la mitad (42%)de los GEI expulsados a la atmósfera por actividades antropogénicas

Es importante conocer cómo será el panorama respecto a las emisiones de GEI para México en un futuro. En 2025 se calcula que nuestro país habrá incrementado sus emisiones de GEI en 124% respecto a las emisiones de 2000. Esto se debe principalmente a que México es un país en vías de desarrollo y hasta hoy el desarrollo se traduce en una relación directa con la emisión de GEI. Es decir, los

<sup>17</sup> Instituto Nacional de Ecología (2005): "Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero", p.. 37.

países ya desarrollados emiten grandes cantidades de dichos gases en comparación con países en vías de desarrollo. Sin embargo, como se puede observar en la gráfica 6, los países en vías de desarrollo (*Developing*) muestran un incremento en sus emisiones de 84%, mientras que los países desarrollados (*Developed*) muestran un incremento de 35%. En la gráfica 6. se observa que los países con mayores emisiones son los desarrollados.



Gráfica 6. Futuras proyecciones de crecimiento de las emisiones de GEI.<sup>18</sup>

### 3.2. Panorama histórico reciente del mercado eléctrico nacional

En 2007 el consumo nacional de energía eléctrica aumentó 3.1% respecto al año anterior, para ubicarse en 203,653 GWh y mostrando una tasa de crecimiento anual de 3.9% durante 1997-2007. El número de usuarios de energía eléctrica atendidos por CFE y LFC al cierre de 2007 se incrementó en 4.2%, proporcionando el servicio a más de 31 millones de usuarios. Asimismo, durante el periodo 1997-2007, las ventas internas de energía eléctrica han mostrado un crecimiento de 2.9%, impulsado principalmente por los sectores industrial y residencial.

La capacidad nacional instalada para generación de electricidad a diciembre de 2007 incluyendo exportación se ubicó en 59,008 MW, mostrando un incremento de 4.7% respecto al año anterior. De esta capacidad, CFE concentra el 65.1%, los productores independientes el 19.4%, LFC el 2.0%, mientras que el restante 13.5% está distribuido entre las diferentes modalidades para generación de electricidad vigentes.

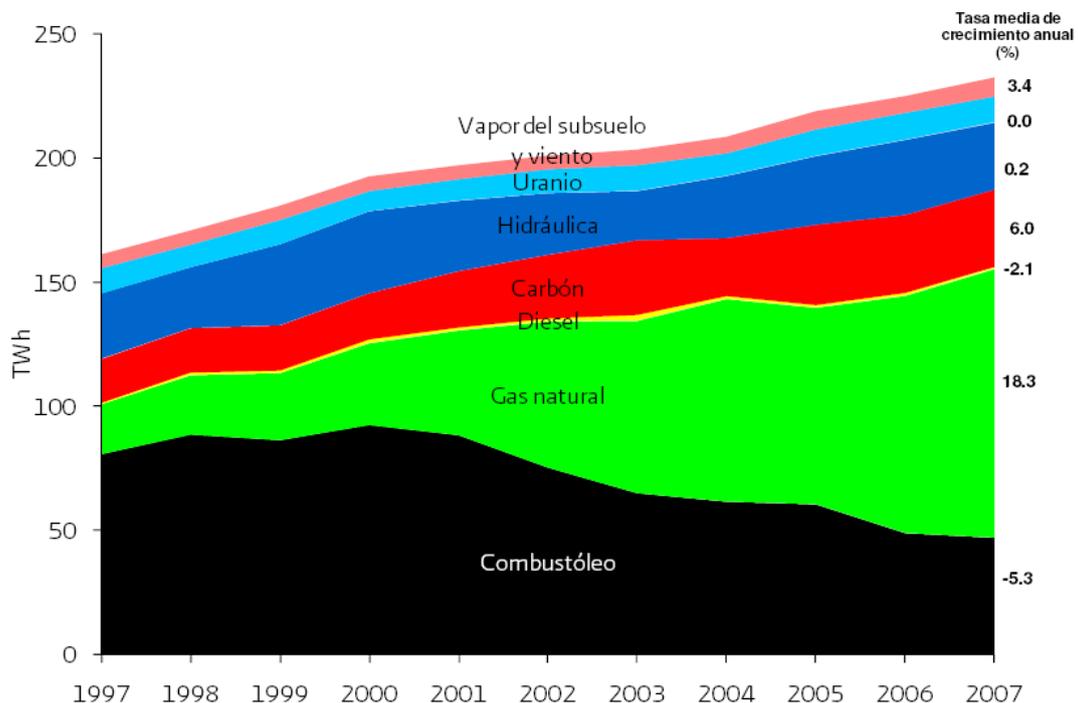
Destaca el hecho que de un total de 51,029 MW instalados en el servicio público a diciembre de 2007, la participación de la tecnología de ciclo combinado representó el 32.7% mientras que el ciclo convencional aportó el 25.2% y las hidroeléctricas el 22.2%. Asimismo, las centrales que utilizan carbón concentran el 9.2% del total. En 2007, la generación bruta del servicio público se ubicó en 232,552 GWh, lo cual significó un incremento de 3.3% respecto al año anterior. Las

<sup>18</sup> World Resource Institute (2005): "Navigating the Numbers: Greenhouse Gases and International Climate Change Agreements". (Consulta: 11/09/2009) <http://archive.wri.org/pubs/powerpoints.cfm?SortBy=3>

centrales que utilizan gas natural (ciclo combinado y turbogas) aportaron el 45.8% de esta energía, mientras que las termoeléctricas convencionales e hidroeléctricas lo hicieron con el 21.3% y 11.6%, respectivamente. Esto repercute en una mayor utilización del gas natural en la generación de energía eléctrica, específicamente en lo que se refiere a la tecnología de ciclo combinado, al pasar de 7.0% en 1997 a 44.2% de la generación total del servicio público en 2007. Esto último se traduce en la cantidad de insumos que respectivamente cada tipo de central eléctrica utiliza.<sup>19</sup>

Estos insumos pueden ser de cualquier tipo que utilicen las centrales eléctricas, por ejemplo; uranio, viento, agua, gas natural, combustóleo, etcétera.

En los últimos años (1997-2007) el uso de combustóleo ha disminuido anualmente 5.3% mientras que el gas natural y el carbón han aumentado 18.3% y 6.0%, respectivamente. Con respecto a fuentes de energía con pocas o nulas emisiones de GEI se encuentran la energía geotérmica y la eólica las cuales aumentaron 3.4%, mientras que el uranio y la energía hidráulica registraron crecimiento nulo o muy pequeño. Las fuentes de energía sustentable deberían ser aquellas con el mayor crecimiento anual; sin embargo, tecnológica y económicamente son menos atractivas y viables. El uso del combustóleo decreció desde el año 2000 para ser sustituido por el uso del gas natural en una tecnología más limpia como es el ciclo combinado y turbogas, sin embargo no es del todo una fuente sustentable. (Véase gráfica 7.)



Gráfica 7. Generación bruta en el servicio público por tipo de energético utilizado, 1997-2007.<sup>20</sup>

<sup>19</sup> Secretaría de Energía (2008): "Prospectiva del sector eléctrico 2008-2017", p. 15.

<sup>20</sup> *Ibid*, p. 109.

Las estimaciones del consumo nacional de electricidad para el periodo 2008-2017 indican una tasa de crecimiento anual de 3.3%, ya que se espera aumente de 209.7 TWh en 2008 a 281.5 TWh en 2017. Durante el mismo periodo, el programa de expansión del servicio público planea la instalación de una capacidad adicional de 14,315 MW, la cual está integrada por 3,520 MW de capacidad comprometida y 10,795 MW de capacidad no comprometida.<sup>21</sup>

### 3.3. México, territorio fértil para mecanismos de desarrollo limpio

México al ratificar el tratado de Kyoto como uno de los países en vías de desarrollo según los estándares de dicho tratado, cuenta con una oportunidad para impulsar, crear y desarrollar mecanismos de desarrollo limpio (MDL) de toda índole dentro de su territorio.

Hoy es el momento idóneo para crear MDL debido a las circunstancias socioeconómicas y políticas. Por un lado se encuentra la conciencia de reducir el impacto ambiental de nuestras actividades que es un movimiento social y cultural en las sociedades modernas, tal es el caso reflejándose en la creación de mecanismos como el Protocolo de Kyoto, entre otros. Por otro lado, el gobierno se ha dado cuenta de la importancia de este tipo de proyectos para el futuro del país, lo cual se refleja en el Plan Nacional de Desarrollo, cuyo décimo objetivo es “Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero”:

*Como signatario del Protocolo de Kyoto, México ha aprovechado, aunque aún de manera incipiente, el potencial para generar proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Al respecto, se están desarrollando actividades estratégicas para instrumentar este tipo de proyectos, tales como el aprovechamiento de metano en rellenos sanitarios, plantas de tratamiento de aguas residuales, granjas agropecuarias, minas de carbón y en instalaciones petroleras, o la generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables (eólica, biomasa, hidráulica, solar).<sup>22</sup>*

Se puede ver que la conciencia por parte del gobierno ha aumentado en este ámbito, siendo una oportunidad para desarrollar dichos mecanismos. Asimismo, el número de estos proyectos en México es relativamente bajo respecto al potencial con que cuenta.

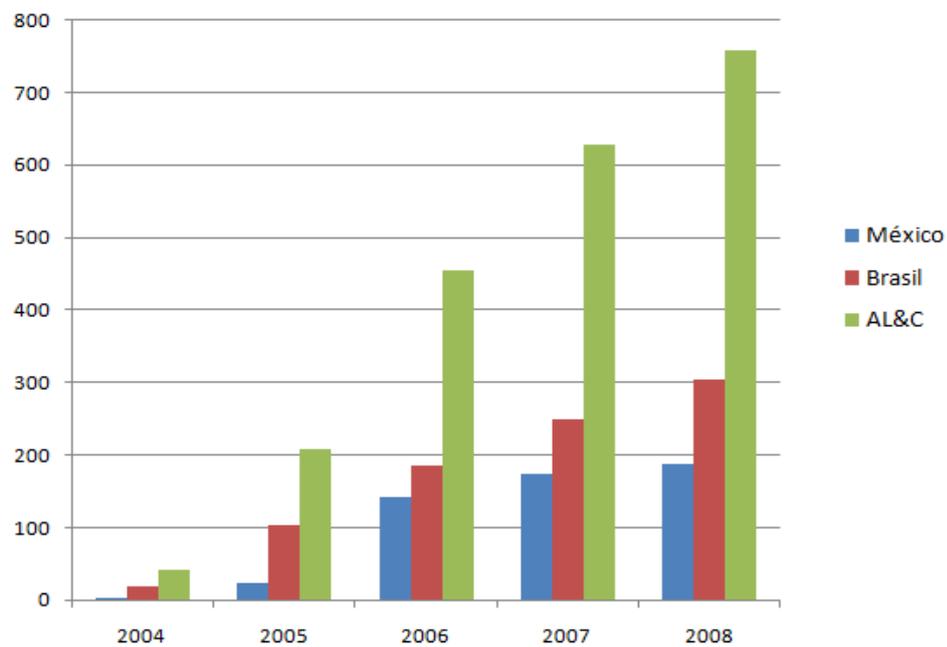
México ha desarrollado varios proyectos MDL donde se han generado 7412 ktCO<sub>2</sub>eq/a anuales en 106 proyectos distintos hasta el 2008. La tasa compuesta de crecimiento anual respecto al número de proyectos de MDL en México es de 161.48%<sup>23</sup> en el periodo 2004-2008. Esta tasa está por encima de la de Brasil (102.5%) y América Latina (107.2%). Esto es un indicador más de la importancia que están tomando los mecanismos de desarrollo limpio en el país. Esto refleja las condiciones socioeconómicas y políticas que México ofrece para este tipo de proyectos siendo un sistema eficiente en comparación con otros países. (Véase gráfica 8.)

<sup>21</sup> *Op. cit.*, p. 20.

<sup>22</sup> Presidencia de México (2008): “Plan Nacional de Desarrollo-Cambio Climático”. (Consulta: 27/III/2009) <http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/sustentabilidad-ambiental/cambio-climatico.html>

<sup>23</sup> Tasa compuesta de crecimiento anual (CAGR),  $CAGR = \left( \frac{\text{Primer Valor}}{\text{Último Valor}} \right)^{\frac{1}{\text{Años}}} - 1$

### Proyectos de MDL en México y América Latina 2004-2008



Gráfica 8. Proyectos de MDL en México y América Latina 2004-2008.<sup>24</sup>

<sup>24</sup> Latin American Carbon Forum (2008): "CDM in Latin America", en Presentaciones, , p. 2.(Consulta 17/IX/2009)  
<http://www.latincarbon.com/2009/english/presentations.htm>

---

## 4. Marco teórico

### 4.1. Marco histórico

A continuación se presenta la información disponible hasta la actualidad en relación al tema de generación de electricidad por medio del ejercicio cardiovascular así como algunos ejemplos donde se han realizado las primeras investigaciones sobre la materia.

### 4.2. Primeras innovaciones en la generación de energía eléctrica por medio del ejercicio cardiovascular

Debido a la naturaleza de esta investigación donde se pretende incursionar en el proyecto sobre la generación de electricidad a partir del ejercicio cardiovascular, hay escasa información acerca del tema. Internacionalmente se han llevado a cabo pocos experimentos y pruebas sobre la materia, cabe mencionar que en un periodo relativamente corto, seis meses, la información sobre este rubro ha comenzado a incrementarse en los medios de comunicación, principalmente vía internet, fuente casi exclusiva para adelantos tecnológicos en primeras etapas que todavía no logran ser publicados en revistas de investigación. Esto se puede interpretar como un interés y una posibilidad para este proyecto en un futuro, ya que cuenta con gran potencial de aplicaciones y beneficios. El internet es la herramienta principal de investigación para esta tesis en el ámbito de precedentes del tema así como en nuevas tecnologías debido a que es una ventana al mundo con la información actualizada y los acontecimientos más recientes en todos los ramos, facilitando la búsqueda de precedentes sobre este tema.

El primer intento que se llevó a cabo para obtener electricidad a partir del ejercicio de una persona en un gimnasio fue en Hong Kong, China. En mayo del 2007 el Ingeniero italiano Lucien Gambarota modificó y adaptó cinco bicicletas fijas para poder captar la energía cinética generada por las personas y a su vez, transformarla por medio de un generador eléctrico a electricidad para después ser almacenada en una batería. El primer experimento tuvo una duración de dos meses, posteriormente se dedicaron seis semanas para la adaptación de ocho escaladoras y cinco elípticas para después ser probadas. Esto fue con el motivo de probar los equipos antes del lanzamiento de la campaña “Power by You” en español “Energizado por ti” en un gimnasio de la ciudad de Hong Kong, llamado California Fitness.<sup>25</sup>

Los datos obtenidos por medio del experimento en relación con la producción de energía eléctrica por medio de la actividad física de un humano son los siguientes<sup>1</sup>:

Una persona haciendo ejercicio durante una hora en promedio genera 50 Wh.

---

<sup>25</sup> Lucien Gambarota (2009): “Motor Gym”. Cardio Corss Trainer, MotorWave. (Consulta 10/III/2009)  
<http://www.motorwavegroup.com/Motorgym/index.html>

Para producir la misma cantidad de energía, una termoeléctrica libera 75g. de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. (Este dato depende del factor de emisión de la región que más adelante se obtendrá para México.)

Una máquina de este tipo utilizada diez horas al día en un gimnasio los 365 días del año, produciría 547 kWh.

Para producir la misma cantidad de energía, una termoeléctrica libera 273 Kg. de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Cabe mencionar que el experimento utilizó aparatos cardiovasculares, concretamente bicicletas fijas.

Al darle continuidad al proyecto el Ing. Lucien Gambarota diseñó y comercializó aparatos cardiovasculares que generan electricidad. La característica más importante de estos aparatos es que no están diseñados para trabajar en conjunto. Cada uno es independiente de los demás en el sentido de que no comparten componentes eléctricos como inversores o un banco de baterías central, es decir, fueron diseñados para el uso doméstico e individual. Estos aparatos son la elíptica y la bicicleta.

Por otro lado, en Portland, Oregon, EUA se encuentra en funcionamiento un pequeño gimnasio con 13 equipos para ejercicio cardiovascular que fueron modificados para la generación de electricidad y su autoconsumo dentro del establecimiento. El gimnasio cuenta con valores y principios relacionados con la sustentabilidad y reducción de emisiones de GEI, por lo que además de generar electricidad con el ejercicio, se utilizan aparatos eléctricos de bajo consumo, paneles solares, materiales reciclados, etcétera.

En la actualidad este gimnasio es el único, del que para este estudio se tuvo conocimiento, donde se aprovecha el ejercicio cardiovascular para generar electricidad, la cual es usada para el funcionamiento de televisores, lámparas o sistemas de ventilación. Por cuestiones de privacidad no existe información pública sobre las cantidades de electricidad producida o el ahorro que representa. De igual forma no es posible conocer las modificaciones que les fueron realizadas a los equipos. Sólo se conoce el ahorro en toneladas métricas de dióxido de carbono antes y después de las modificaciones a los aparatos y a todo el gimnasio en general, lo cual representa 4.38 ton métricas de dióxido de carbono anualmente.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> The Green MicroGym, (2009): "Total Annual Emissions in Metric Tons", (consulta: 23/VII/2009)  
<http://thegreenmicrogym.com>

---

## 5. Marco conceptual

### 5.1. Generador eléctrico

Un generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos, llamados polos, terminales o bornes. Los generadores eléctricos son máquinas destinadas a transformar la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada también estator), la cual alberga una parte móvil llamada rotor. Si mecánicamente se produce un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generará una fuerza electromotriz.

Se clasifican en dos tipos fundamentales: primarios y secundarios. Son generadores primarios los que convierten en energía eléctrica la energía de otra naturaleza que reciben o de la que disponen inicialmente, mientras que los secundarios entregan una parte de la energía eléctrica que han recibido previamente.

Se consultó a una empresa<sup>27</sup> dedicada al diseño personalizado de fuentes de poder y sistemas eléctricos de alimentación para conocer qué tipo de motor eléctrico es el adecuado para utilizarlo en los equipos cardiovasculares para la generación de electricidad. Los ingenieros de dicha empresa opinan que un generador de corriente directa es el más adecuado por el tipo de potencia que se genera y por los gastos tanto en eficiencia y monetarios en la conversión de corriente alterna a directa para después ser almacenada en baterías, la cual por su naturaleza debe ser de corriente directa.

#### 5.1.1. Equipos cardiovasculares

La investigación se llevará a cabo en torno a los siguientes equipos cardiovasculares:

bicicletas fijas  
remadoras  
elípticas

(Véase Imagen 1. A. bicicleta fija, B. elíptica, C. remadora.)



Aparatos cardiovasculares para el ejercicio. A. bicicleta fija, B. remadora, C. elíptica.<sup>28</sup>

---

<sup>27</sup> Actipower, fundada por ingenieros de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

<sup>28</sup> A. y C. Technogym(,2009): "Cardio", Synchro, Bike. (Consulta 17/II/2009)

[http://www.technogym.com/bom/downloadfree.asp?lib=Files&UT\\_ID=162325&ID=16](http://www.technogym.com/bom/downloadfree.asp?lib=Files&UT_ID=162325&ID=16)

Los equipos mostrados cuentan con la característica de producir un movimiento circular periférico continuo en una de sus piezas, es aquí donde se puede adaptar el generador eléctrico.

En la investigación que se hizo sobre los arreglos de generadores, rectificadores, inversores y almacenamiento de energía eléctrica con los que cuentan los equipos cardiovasculares para aprovechar la energía eléctrica se encontró el arreglo mostrado en la imagen 2. Cabe mencionar que es un área que tiene muy poca investigación y la información existente es casi nula en este tipo de aplicaciones.

Se trata de un arreglo de tres generadores de corriente alterna de 30 W alrededor de la rueda giratoria, conectados a un rectificador de corriente y de ahí a una batería de 12volts y 3.2Amph; como salida de corriente se cuenta con un inversor de corriente de 12VDC/110VAC o 220VAC.



Imagen 2. Elíptica con capacidad para generar energía eléctrica a partir del ejercicio cardiovascular.<sup>29</sup>

### 5.1.2. Diagrama del sistema eléctrico

Para fines prácticos y debido a los alcances de esta tesis, a continuación se presenta un circuito eléctrico que pudiese ser utilizado en los aparatos de ejercicio cardiovascular para convertir la energía cinética de los usuarios en energía eléctrica. Cabe mencionar que el circuito presentado a continuación es uno de los posibles y muchos arreglos que cumplen con el propósito antes mencionado. El circuito presentado tiene como objetivo ejemplificar las cuestiones básicas del circuito eléctrico para la generación de electricidad; además de proponer un prototipo para ser estudiado en un futuro, con la finalidad de aumentar las eficiencias de cada uno de sus componentes y a su vez la totalidad del sistema. El circuito que se presenta fue diseñado con el motivo de estudiar los aspectos eléctricos y electrónicos del sistema

---

B. Concept 2 Rowing(2009): "Model D", Indoor Rower. (Consulta 17/II/2009), [http://www.concept2.com/us/indoorrowers/d\\_home.asp](http://www.concept2.com/us/indoorrowers/d_home.asp)

<sup>29</sup> Lucien Gambarota, *Op.cit.*

de generación de electricidad de los aparatos cardiovasculares y así detectar cuáles son las necesidades de dicho sistema. Todo esto con el objetivo de iniciar líneas de investigación en estos temas para crea un sistema más eficiente. El circuito consta de los siguientes componentes:

- Generador DC
- Stepdown
- Banco de baterías
- Relevador o MOSFET
- Inversor

En la figura 1. se muestra el arreglo de los componentes antes mencionados. El circuito comienza con el generador DC que será accionado por los usuarios de los aparatos cardiovasculares en los gimnasios. Posteriormente se encuentra conectado a un *stepdown*, que es una fuente conmutada, para garantizar la alimentación de las baterías eficientemente, con un voltaje constante, sin importar la potencia generada por cada usuario en particular y sobre todo con una corriente regulada para cargar las baterías a la corriente ideal y asegurar una larga vida útil de las mismas. Las baterías son alimentadas por los *stepdowns* conectados en paralelo; cabe mencionar que éstos cuentan con un diodo interno (funciona como una válvula *check*) por lo que se garantiza que la energía eléctrica que haya sido generada por los usuarios (a excepción de la energía perdida debido a la eficiencia de los *stepdowns* y pérdidas óhmicas del cableado del sistema) llegará a ser almacenada en las baterías. El arreglo de las baterías es en paralelo para que todas sean alimentadas y drenadas de energía eléctrica al mismo nivel y así garantizar el mismo número de ciclos de carga/descarga en todas las baterías. A la salida de las baterías se cuenta con un circuito compuesto por un relevador para garantizar la alimentación de energía eléctrica a la zona seleccionada adentro del gimnasio para energizar, en caso de que las baterías se encuentren descargadas. Si la energía producida en el gimnasio no es suficiente para alimentar esta zona, automáticamente se conecta a la red eléctrica pública.

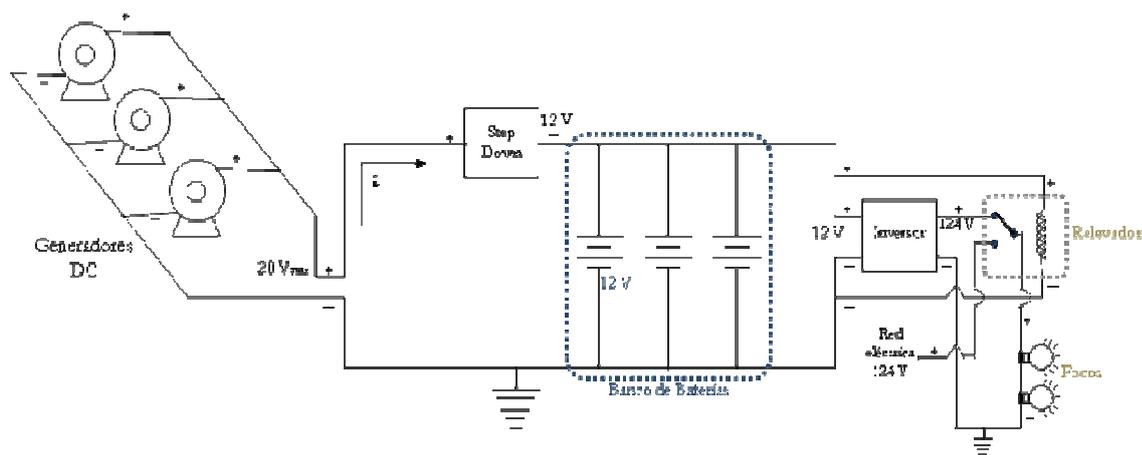


Figura 1. Circuito eléctrico del Sistema de Generación de Electricidad por medio del ejercicio cardiovascular.

A continuación se hace un análisis de cada uno de estos componentes y su razón de ser en dicho esquema.

### 5.1.3. Generador de Corriente Directa y el Stepdown

Se analizó la conexión del generador DC conectado directamente al banco de baterías así como el generador DC a las baterías a través del *stepdown* y se llegó a la conclusión de que la conexión del generador junto con el *stepdown* es más eficiente, ya que de otra forma se pierde una gran cantidad de potencia como se verá a continuación.

Supóngase que se cuenta con un generador DC de 30Watts y una resistencia interna de la batería de 1 ohm. El circuito se muestra en la (figura2).

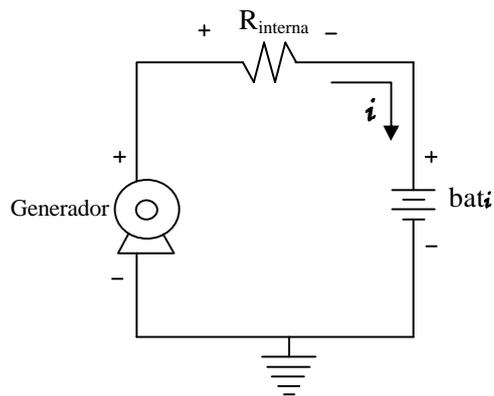


Figura 2. Conexión directa a las baterías.

Características del generador  $V_{salida}=20\text{ V}$ ,  $I_{salidamax}=10\text{A}$

Si suponemos que la batería está completamente vacía, el generador proporcionaría su corriente máxima dando como resultado el siguiente cálculo.

De la ecuación

$$V_{R_{interna}}=R_{interna}I \quad (1)$$

Sustituyendo

$$V_{R_{interna}}= 1\Omega(10\text{A})= 10\text{ V}$$

Como se observa, la resistencia interna demanda 10V por lo que el voltaje en la batería es de 10V. batería. Esto hace que las baterías se carguen más lento de lo debido, en el mejor de los casos, y que no se carguen en el peor de los casos, como se demostró en el cálculo anterior. Esto sucede ya que al tener una conexión directa a la batería la corriente se va al máximo posible y esto se ve reflejado en un decremento del voltaje, el cual es utilizado para cargar la batería. Es importante mencionar que para que haya un flujo de electrones, corriente, entre el generador y la batería debe haber un diferencial de potencial. En este caso, si el voltaje cae, la carga de la batería será lenta o nula.

Por otro lado hay otro arreglo en donde se puede colocar una resistencia en serie para cargar la batería. Este circuito tiene la siguiente representación:

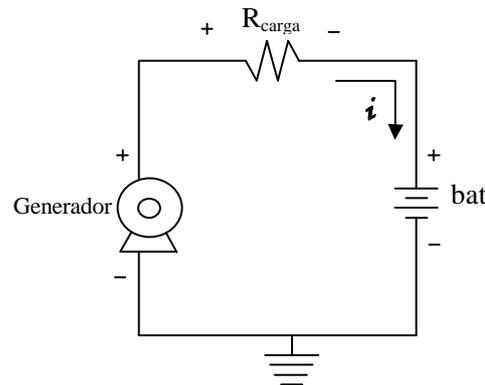


Figura 3. Conexión a las baterías por medio de una resistencia.

Las especificaciones de la batería son:  $I_{\max}=7.5A$ , dentro de las especificaciones técnicas de las baterías se encuentra que debe ser cargada por una corriente máxima de  $I_{\max}/2= 3.5A$  en este caso en particular.

El valor de la resistencia es calculado a continuación:

El voltaje en la  $R_{\text{carga}}$  será  $14V-12V=2V$

De la ecuación  $V=RI$

Sustituyendo

$$R_{\text{carga}}=2/3.75=0.53 \Omega$$

Ahora para calcular la potencia desperdiciada por dicha resistencia se utiliza la ecuación:

$$P=VI$$

Sustituyendo

$$P_{R_{\text{carga}}}=2(3.75)=7.5 \text{ W}$$

Como se puede observar en este caso se desperdician 7.5W debido a la conexión del generador y las baterías. Particularmente es una gran cantidad de energía ya que con relación a la que es generada por los usuarios un porcentaje de la energía generada es desperdiciada en promedio.

El *stepdown* es una fuente conmutada que garantiza, sin importar los niveles de alimentación (siempre y cuando sea un voltaje superior al voltaje de la batería, i.e. 12V), un voltaje y corriente ideal para las cargas de las baterías. En este caso se buscó un *stepdown* que fuera el más apropiado para la carga de las baterías que se seleccionaron, así como los generadores que se proponen. Con este dispositivo, a diferencia de los arreglos antes analizados, no disipan Watts porque el voltaje y la corriente son los ideales no solo en cuanto a eficiencia del circuito de carga, sino también para prolongar la vida útil de las baterías.

### 5.1.3.1. Baterías, relevador e inversor

Una vez que la carga de las baterías es garantizada de una forma eficiente, se analizó la segunda parte del circuito. Esta consta de componentes para almacenar y distribuir la electricidad generada por los usuarios de los aparatos cardiovasculares hacia la zona seleccionada para ser provista de electricidad. El tema principal para esta segunda parte del circuito es la alimentación de electricidad al voltaje adecuado y de manera continua.

Para esto, se sugiere la utilización de un relevador o transistor de potencia como un MOSFET. Estos dispositivos, analizándolos desde un punto de vista propositivo, cumplen con la función de detectar si las baterías están a un nivel de voltaje aceptable para que se pueda utilizar la energía almacenada; en caso contrario, se conecta a la red eléctrica. Este circuito (véase figura 4.) se diseñó con la intención de mantenerlo lo más simple posible y eficiente debido a los costos de los dispositivos así como las pérdidas de energía por las eficiencias de cada dispositivo. Como se puede observar el relevador se encuentra conectado antes del inversor para detectar si el voltaje de salida de los *stepdowns* es lo suficientemente alto para superar la carga de la zona seleccionada. En el supuesto que esto último sea verdad, el relevador se activa y empieza a fluir la corriente directa de las baterías para ser transformada por el inversor a corriente alterna con una salida de  $V_{salida}=124V$ . Es importante recordar que la corriente siempre fluye por donde haya una menor resistencia o carga al paso de los electrones. Este es el principio básico con el que fue diseñada esta parte del circuito.

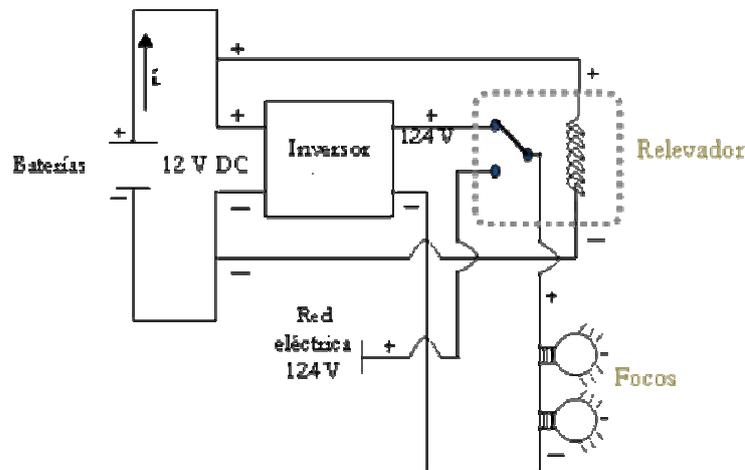


Figura 4. Sistema de conversión (DC/AC) y alimentación continua de energía eléctrica.

Supóngase que los usuarios de los aparatos cardiovasculares por alguna circunstancia en un momento dado son capaces de generar la suficiente electricidad para superar la carga de la zona seleccionada, en este caso la corriente fluye sin entrar a las baterías hasta el inversor y termina siendo utilizada. En caso de que los usuarios generen electricidad de una forma normal en donde la carga no es superada, la energía será almacenada en las baterías hasta ser suficiente para activar el relevador y alimentar la zona seleccionada a través del inversor. Posteriormente, cuando las baterías sean insuficientes para mantener activo el relevador y a su vez insuficientes para seguir alimentando la zona seleccionada, el relevador se desactiva conectando el sistema a la red eléctrica. Las baterías dejan de mantener sus

niveles de salida al momento de empezar a descargarse pero no al cien por ciento, en este momento se volverían a empezar a cargar, lo cual es lo más recomendable para alargar la vida de una batería. Es decir, las baterías no deben de ser descargadas cien por ciento para que su vida útil llegue a ser la especificada por el fabricante.

## 5.2. Marco legal<sup>30</sup>

*Con la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 22 de diciembre de 1975, con sus reformas de 1983, 1986, 1989, 1992, y 1993 y con las disposiciones contenidas en los artículos 25, 27, y 28 de la Constitución, incluyendo las modificaciones de diciembre de 1982, se conforma el marco jurídico fundamental que rige el servicio público de energía eléctrica en nuestro país y que regula; asimismo, aquellas actividades que no son servicio público y que pueden ser realizadas por los particulares.*

*Los preceptos constitucionales citados regulan la actividad económica nacional y las áreas estratégicas del desarrollo, dentro de las cuales se encuentra la relativa al suministro de energía eléctrica como servicio público. Conforme al artículo 25 constitucional, el sector público tendrá a su cargo de manera exclusiva las áreas estratégicas señaladas por el artículo 28, manteniendo siempre el gobierno federal la propiedad y el control sobre los organismos que requieran de su manejo.*

*El artículo 27, párrafo sexto, establece la exclusividad de la Nación en la prestación del servicio público de energía eléctrica, y prohíbe en esta materia el otorgamiento de concesiones. De acuerdo con el artículo 28, los servicios públicos se establecerán mediante leyes emanadas del congreso y, respecto a las funciones consideradas como estratégicas mediante y por tanto reservadas al Estado, las actividades que a éste correspondan serán expresamente señaladas en las leyes que expida el propio Congreso de la Unión.*

### *La reforma de 1992*

*Las reformas a la ley, aprobadas en 1992 por el poder legislativo federal, han venido a delimitar con precisión las actividades que están a cargo del Estado y las que pueden ser realizadas por los particulares. Esto es de suma importancia para este trabajo de investigación ya que el proyecto es una actividad de generación de energía eléctrica por particulares.*

*Desde un punto de vista general, puede afirmarse que subsisten íntegros los principios constitucionales y los motivos originales, a través de la Comisión Federal de Electricidad, la cual continúa siendo el organismo responsable de la prestación del servicio público de energía eléctrica en su totalidad, debiendo considerarse al respecto lo dispuesto en el artículo cuarto transitorio de la ley en la materia, reformado en 1989, que prevé la creación de un organismo del Estado que sustituya a la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A. y empresas asociadas para prestar el servicio en la zona central del país.*

*En cuanto a la intervención de los particulares, las actividades que éstos realicen no satisfarán necesidades colectivas y, por tanto, al no reunirse los elementos que caracterizan a los servicios*

---

<sup>30</sup> Resendez-Núñez, Daniel. *El sector eléctrico de México, CFE y LyFC*, México, 1994, pp.. 34-39.

*públicos, aquellas no pueden calificarse como tales. Las recientes reformas pueden explicarse de la manera siguiente:*

*Se prevé el otorgamiento de permisos por parte de la Secretaría de Energía, considerando los criterios y lineamientos de la política energética nacional y oyendo a la Comisión Federal de Electricidad. De esta manera, podrá permitirse el ejercicio de las actividades siguientes que no son servicio público:*

- 1. El autoabastecimiento de energía eléctrica para satisfacer necesidades propias de personas físicas o morales, siempre que no resulte inconveniente para el país a juicio de las SEMPI.*

*La posibilidad de construir copropiedades o de establecer sociedades con el objeto específico de generar energía eléctrica para autoconsumo de los socios, si bien amplía el concepto original, queda sujeto a un conjunto de controles por parte de la autoridad para garantizar que sea estrictamente de carácter privado y que no interfiera en las funciones propias del servicio público. El autoabastecimiento estaba regulado desde 1975, con antecedentes en la ley de 1938 y fue objeto de adecuaciones en 1983. Con la reforma de 1992 desaparece la condición exigida anteriormente en el sentido de que debía existir imposibilidad o inconveniencia para el suministro por parte de la Comisión Federal de Electricidad, lo cual ahora resulta innecesario bajo la consideración de que conviene fomentar la participación de los particulares en actividades controladas por el poder público, siempre y cuando no invadan su esfera de competencia.*

- 2. La producción independiente permitirá que particulares generen energía eléctrica para destinarla, en su totalidad y en forma exclusiva, a la venta a la Comisión Federal de Electricidad, quien a su vez habrá de utilizar dicha energía para continuar prestando el servicio público que tiene encomendado.*

*Se generará energía eléctrica por parte de los particulares, pero no habrá en ningún caso relación jurídica alguna entre éstos y los usuarios del servicio público. Además, a través de la CFE, desde hace muchos años, se ha importado energía eléctrica para destinarla al servicio público, lo que quiere decir que si existe la posibilidad de comprar el fluido de empresas radicadas en el extranjero, no puede objetarse que la entidad adquiera la energía generada por empresas privadas establecidas en el territorio nacional.*

*Los mecanismos establecidos en la ley permitirán a las SEMIP decidir cuáles programas del sector eléctrico, podrán ser ejecutados por productores independientes siempre que sea factible aprovechar la energía de menor costo público. La participación, en su caso, de productores independientes, disminuirá el rezago en la inversión a que ha estado sujeto dicho sector desde hace varios años, y facilitará el incremento de la capacidad de transmisión y distribución para proyectarse a futuro, apoyado en las estrategias de modernización, de manera que responda con la velocidad que requiera la recuperación sostenida de la economía.*

- 3. La pequeña producción de energía. La primera opción constituye una variante de la producción independiente, está limitada a un máximo de 30 MW y los proyectos no pueden formar parte de la planificación y programas de la CFE. Será factible, principalmente, el desarrollo de proyectos apoyados en la utilización de fuentes renovables de energía. En este caso, como se comentó en la producción independiente, no existirá relación jurídica de*

*ninguna especie entre los permisionarios y los usuarios del servicio público. Habrá un contrato con la CFE para formalizar la compraventa de la energía y la CFE prestará el servicio público en la forma acostumbrada.*

*Por otra parte, la segunda opción que presenta esta figura indica de manera precisa que pequeñas comunidades rurales o áreas aisladas que carezcan de energía eléctrica puedan satisfacer de manera autónoma sus requerimientos de energía. Se reproduce en esta hipótesis la condición que anteriormente existía para el autoabastecimiento en cuanto a permitirlo cuando hubiera imposibilidad para el suministro por parte de la CFE, y se evita de esta manera que en zonas urbanas con acceso al servicio eléctrico se pretenda ejercer esta opción. Además, todas las personas físicas o morales que integren dichas comunidades o áreas aisladas serán permisionarios, a fin de no distorsionar el concepto como una violación a la ley por una supuesta satisfacción de necesidades colectivas.*

*En esencia y por eso es una modalidad de autoabastecimiento, se satisfarán necesidades propias de personas físicas o morales integrantes de comunidades rurales o áreas aisladas que carezcan del servicio. Esta opción tiene un claro propósito de interés social que cumple además con los criterios que motivaron la reforma al párrafo sexto del artículo 27 constitucional, pues se pretende que todos los mexicanos alcancen los beneficios de la energía eléctrica.*

- 4. La exportación de energía eléctrica en ningún supuesto constituye servicio público y sí, en cambio, facilita el aprovechamiento total de la energía y es fuente de generación de divisas para el país.*

*En todo los casos se prevé un control de las actividades de los particulares por parte de la Secretaría de Energía, garantizando tanto el ejercicio de los derechos de aquellos por ser servicio público, al no reunirse sus elementos característicos, como la no interferencia con las atribuciones que constitucionalmente corresponden al Estado y que éste ejerce en cuanto a la prestación del servicio público de energía eléctrica a través de la Comisión Federal de Electricidad.*

### **5.3. Protocolo de Kyoto y los beneficios para proyectos de energías renovables**

Como consecuencia del uso de la electricidad, actualmente se afronta una problemática con el medio ambiente de suma importancia. Debido a la actividad humana, la contaminación en el planeta es cada vez mayor derivado de nuestras fuentes primarias de energía. Uno de los principales contaminantes, resultado de la generación de electricidad, son los gases de efecto invernadero. Por la gran importancia e impacto que tienen los GEI sobre el medio ambiente se creó el Protocolo de Kyoto para afrontar e intentar resolver esta situación.

El protocolo de Kyoto es un hecho de suma importancia en la historia de la humanidad, así como de la política ambiental. Por primera ocasión, la comunidad internacional ha creado un tratado que une y relaciona a la mayoría de los países para encontrar soluciones a los problemas relativos al cambio climático. Ya que este hecho afecta a todos en general, debe manejarse de igual forma dejando fuera toda nacionalidad y viendo a la humanidad como un solo ente.



mecanismos de cooperación, como el permiso de emisión, aplicación conjunta y mecanismo de desarrollo limpio).

Los Estados que forman parte del Acuerdo establecerán un sistema nacional de estimación de las emisiones antropogénicas por fuentes y de absorción por sumideros de todos los gases de efecto invernadero.<sup>1</sup>

Al enfrentar la problemática del cambio climático con un enfoque internacional y por lo tanto dirigir las actividades relacionadas con el tema en forma conjunta, ha hecho que se creen nuevos procedimientos. Uno de los más importantes considerado dentro del tratado de Kyoto es el de mecanismos de desarrollo limpio (MDL) con el simple objetivo de hacer más flexibles y por lo tanto más adaptables las opciones para el cumplimiento de los objetivos de reducción, limitación del crecimiento o estabilización de las emisiones de GEI que los países se han comprometido a cumplir al ratificar el Protocolo.

El Protocolo de Kyoto puede llegar a jugar un papel importante en la viabilidad económica de proyectos sustentables, ya que uno de sus principales puntos son los créditos de carbón, mejor conocidos como Bonos de Carbono o Reducciones Certificadas de Emisiones (CERs por sus siglas en inglés). Estos permiten a las empresas llevar a cabo proyectos de energías renovables donde se puedan cuantificar las toneladas de CO<sub>2</sub> ahorradas. De esta forma si las empresas y a su vez los países, con sus proyectos logran superar la cuota de reducción en toneladas de CO<sub>2</sub> obtienen un superávit en ahorro que se puede comercializar e intercambiar internacionalmente con compañías que no pudieron alcanzar su cuota para disminuir las emisiones de dióxido de carbono. Este intercambio de bonos de carbón permite a las empresas obtener recursos monetarios para poder sustentar los proyectos que se estén llevando a cabo. Con esto se logra obtener un beneficio para la empresa que decidió invertir en un proyecto de disminución de emisiones de GEI, y a su vez, un beneficio económico por activar este tipo de industria en dicho país, así como un beneficio al medio ambiente.

El principio de este tipo de mecanismos es que el problema del cambio climático es un problema global, por ello el objetivo del protocolo es cumplir con la reducción de emisiones de GEI en la atmósfera, siendo indistinto el país donde se realizaron dichas reducciones.

### **5.3.1. Mercado Internacional de Bonos de Carbono**

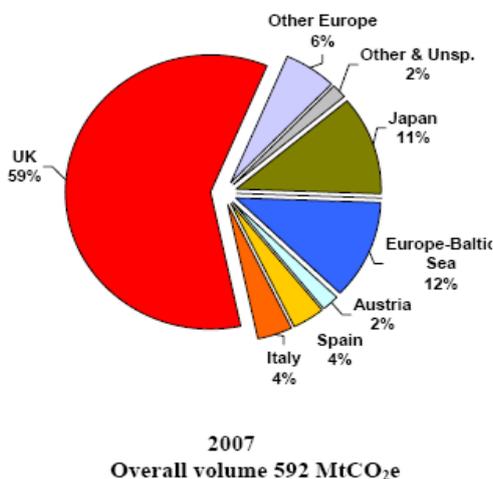
Hay un Mercado internacional de certificados de emisión de gases de efecto invernadero, en el cual se negocian las Reducciones Certificadas de Emisiones<sup>33</sup> (CERs) obtenidas por la implantación de proyectos MDL. Este mercado se ha desarrollado con bastante rapidez durante 2003 y 2004. Así, el total de toneladas de CO<sub>2</sub> negociado en el año 2003, fue de 78 millones, mientras que sólo en la primera parte del 2004 se alcanzaron los 64 millones de toneladas.

---

<sup>33</sup> “Una CER corresponde a una tonelada de dióxido de carbono equivalente, calculada usando los potenciales de calentamiento atmosférico definidos en la Decisión 2/CP.3, con las modificaciones que posteriormente puedan ser objeto, de conformidad con el artículo 5 del PK. Estas unidades son intercambiables con las demás que generan los distintos compromisos y mecanismos del Protocolo de Kyoto, pudiendo utilizarse las mismas para justificar una parte el cumplimiento de los compromisos cuantitativos de reducción o limitación de gases de efecto invernadero de las partes, Anexo I, o pudiendo comerciar con ellas en el mercado internacional de emisiones establecido por el artículo 17 del Protocolo de Kyoto.”

Este desarrollo se debe al interés que tienen ciertos países desarrollados por adquirir las CERs; principalmente, son algunos países europeos, Canadá y Japón. En esta etapa inicial se están consolidando también algunos mercados regionales independientes, como son el Mercado de Carbono Europeo, Canadá, Inglaterra y un mercado paralelo en los Estados Unidos y Australia.<sup>34</sup>

Para que haya un mercado debe haber ofertantes y demandantes. En este caso particular los que mayor demanda generan son, el Reino Unido (UK), Italia, Japón y otros países de la Comunidad Europea (véase gráfica 9). Como se puede observar, los países europeos tienen una participación de mercado por encima de 90%. Las compañías privadas representaron a los compradores más activos con 79% del volumen en transacción en 2007. Muchas de estas compañías están establecidas en Londres y tienen subsidiarias en mercados secundarios con alto crecimiento en este sector de MDL. Estas compañías representan 59% del mercado de carbono por lo que se considera a Londres como el centro de Finanzas de Carbono.



Gráfica 9. Principales compradores de MDL's<sup>35</sup> en 2007.<sup>36</sup>

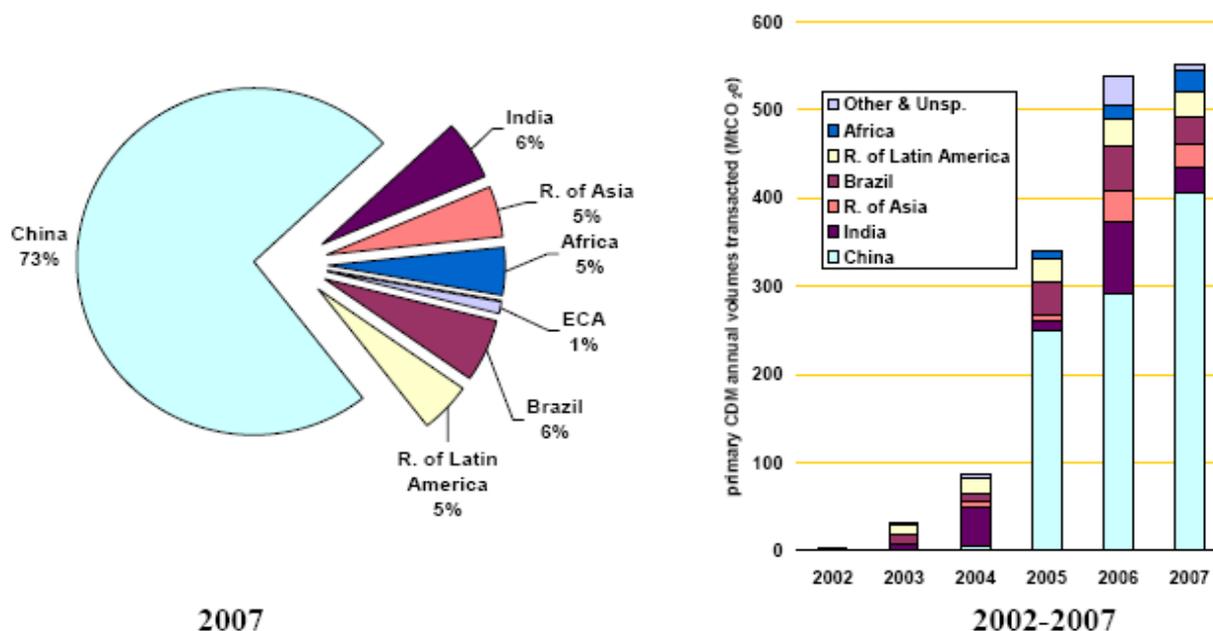
Por otro lado están los países que producen estos MDLs al realizar proyectos sustentables y los comercializan con aquellos países que necesitan cumplir con las reducciones pactadas en el Protocolo. El país que encabezó a los vendedores de MDL es China por tercer año consecutivo hasta 2009, con una participación del mercado de 79% de volumen total de transacciones para 2007. China se consolidó como el vendedor principal de CERs al cuadruplicar sus proyectos en desarrollo de MDL de enero de 2007 a marzo de 2008. Brasil e India están detrás de China con una participación de mercado de 6%, respectivamente. El resto de América Latina, en donde se encuentra México, cuenta con una participación de 5% (véase gráfica 10), lo cual se puede analizar como una ventana de oportunidad para mecanismos de desarrollo limpio en un terreno poco saturado con respecto a proyectos de esta índole.

<sup>34</sup> SYNERGY,UNESA (2005): p. 167.

<sup>35</sup> Cabe mencionar que los MDL se miden en toneladas métricas de CO<sub>2</sub>, las que a su vez se traducen en CER.

<sup>36</sup> Banco Mundial, "State and Trend of the Carbon Market 2008", p. 24.

Hasta octubre del 2007, México ha contribuido con 55.1 toneladas métricas de CO<sub>2</sub> como emisiones reducidas de dicho GEI, mientras que Brasil tiene 122.7 Mtons CO<sub>2</sub>.<sup>37</sup>



Gráfica 10. Localización de los proyectos MDL 2007.<sup>38</sup>

### 5.3.2. Beneficios de los mecanismos de desarrollo limpio.

A través del mecanismo de desarrollo limpio, un país industrializado que haya ratificado el Protocolo tiene compromisos cuantificados de reducción o limitación de sus emisiones de GEI puede desarrollar proyectos que contribuyan a reducir las emisiones en países en desarrollo que no tienen objetivos en la reducción de estas emisiones. Por la realización de estos proyectos, el país recibe una cantidad de reducciones certificadas igual a la cantidad de gases reducida por los mismos, pudiendo utilizar estos certificados a efectos de contabilizar el cumplimiento de sus objetivos.

De este modo, ambas Partes obtienen los siguientes beneficios:

Los países no industrializados, como México, se benefician de una transferencia tecnológica mediante actividades de proyectos que tengan por resultado reducciones certificadas de emisiones (CER), y que contribuyen a su desarrollo sostenible a partir de ese momento en adelante.

Los países industrializados pueden utilizar las CER generadas en los proyectos MDL, para contribuir al cumplimiento de una parte de sus compromisos de reducción o limitación de emisiones de GEI asumidos al ratificar el Protocolo de Kyoto.

El flujo de los CER de los países no desarrollados hacia los desarrollados genera un flujo de capital monetario en el mismo sentido pero con dirección contraria, contribuyendo al reparto equitativo de riqueza alrededor de todo el mundo.

<sup>37</sup> Organización Latinoamericana de Energía, "Informe de Estadísticas Energéticas" Chile (2007), pág. 119

<sup>38</sup> Banco Mundial, "State and Trend of the Carbon Market 2008" pág.27.

### 5.3.2.1. Requisitos para calificar como MDL

*En el Protocolo de Kyoto no se establece un listado de tecnologías que puedan optar a participar en el mecanismo, sino que existen unos criterios básicos que deben cumplir, independientemente de la tecnología o actividad de la que se trate. Estos criterios básicos pueden resumirse de la siguiente forma:*

*Los Proyectos MDL deben generar reducciones de emisiones de GEI en un país en desarrollo que sean reales, mensurables y a largo plazo.*

*La delimitación del proyecto definirá el ámbito en el cual ocurre la reducción o secuestro de los gases de efecto invernadero.*

*Las reducciones de emisiones de GEI generadas en el proyecto deben ser adicionales. Este es un requisito básico para cualquier proyecto MDL. Para ser consideradas adicionales, sus emisiones de GEI deben ser menores que las emisiones que hubieran ocurrido en ausencia del mismo; además, debe demostrarse que el proyecto no se habría implementado en ausencia del mecanismo MDL. Las reducciones adicionales de GEI serán calculadas en relación con un escenario referencial hipotético que no incluye el proyecto.*

*Los proyectos MDL deben contribuir al desarrollo sostenible del país anfitrión.*

*El Protocolo de Kyoto especifica que uno de los principales objetivos del mecanismo MDL es la contribución al desarrollo sostenible de los países no industrializados. Sin embargo, no existen directrices claras para la aplicación de este requisito, sino que los Países anfitriones son soberanos para elegir el modelo de desarrollo sostenible que han de seguir y, por tanto, basta con una declaración por su parte en el sentido de que efectivamente la tecnología o actividad propuesta realiza dicha contribución.*

*Para que un proyecto sea considerado como contribución al desarrollo sostenible, es decir MDL puede decirse que se aplican criterios generales como los siguientes, aunque este juicio le corresponde a cada país debido a su soberanía:*

- *Criterios sociales: como la contribución del proyecto a la mejora de la calidad de vida y a las condiciones de salud de la población, a la disminución de la pobreza y a una mayor equidad entre sus habitantes.*
- *Criterios económicos: como la aportación del proyecto a los ingresos de entidades locales, la creación de un impacto positivo sobre la balanza de pagos del país anfitrión, o a la realización de transferencias tecnológicas.*
- *Criterios ambientales: como la reducción de emisiones atmosféricas, la conservación de los recursos naturales locales y de la biodiversidad o la contribución a la puesta en práctica de políticas medioambientales.*
- *Los proyectos deben de ser compatibles con cualquier requisito legal del país anfitrión.*
- *Las Partes deben evitar los certificados generados por proyectos que utilicen la energía nuclear.*
- *No podrán utilizarse fondos provenientes de la Ayuda Oficial al Desarrollo para financiar proyectos MDL.*

- *Por último, y aunque no se trata de un requisito básico para la elegibilidad del proyecto, se debe promover una distribución geográfica equitativa de las actividades de estos proyectos para conseguir un desarrollo limpio en los ámbitos regional y subregional.*<sup>39</sup>

Si se analiza cada rubro citado anteriormente se puede ver que el proyecto de generación de electricidad por medio del ejercicio cardiovascular en los gimnasios cumple con todos y cada uno de los requisitos para ser calificado como un MDL.

La reducción en emisiones de GEI puede ser cuantificada ya que son adicionales. Esto se refiere a que si los sistemas para captar la energía cinética y convertirla en energía eléctrica en los gimnasios no fueran instalados, la reducción de emisiones sería nula.

La distribución geográfica no es ningún problema porque los gimnasios se encuentran a lo largo de todo el país y pueden ser instalados en cualquier población. El proyecto contribuye a un desarrollo sostenible al cumplir las tres partes de la definición de sustentable:

Social, ayuda a mejorar el nivel de vida de los ciudadanos al hacer más accesible este tipo de servicios.

Económico, genera ahorro en energía eléctrica, lo cual se traduce en valor para el gimnasio y eso se canaliza a los clientes o población.

Ambiental, al producir energía eléctrica de una actividad que antes no era aprovechada de alguna forma, el ejercicio, reduce las emisiones de los GEI que hubieran sido liberadas para generar electricidad.

### **5.3.3. Medida y cálculo de emisiones de efecto invernadero (GEI)<sup>40</sup>**

#### **5.3.3.1. Medida de emisiones**

En la tabla 1 se presentan los gases de efecto invernadero que deben considerarse de acuerdo con el Anexo A del Protocolo de Kyoto. Los tres primeros GEI de esta tabla ocurren en la naturaleza. El dióxido de carbono es por mucho el más abundante, produciéndose en la combustión de combustibles fósiles, en algunos procesos industriales y en la deforestación. El metano se genera principalmente en la descomposición de la materia orgánica, en la operación de vertederos, y en otros procesos industriales, y se libera en la minería del carbón y en las perforaciones petrolíferas y de gas. El óxido nitroso se emite en la fabricación de fertilizantes. El sector de transportes es un contribuyente importante a la emisión de este GEI.

Los tres GEI de la citada tabla 1 son gases industriales fluorados. Los hidrofluorocarbonos (HFC) se utilizan en refrigeración y aire acondicionado; se han considerado de esta familia los cuatro gases más representativos. Los perfluorocarbonos (PFC) se emplean en sustitución de los hidrofluorocarbonos, mostrando los dos más utilizados.

---

<sup>39</sup> SYNERGY,UNESA(2005): pp. 47-48.

<sup>40</sup> *Ibid.*, pp. 72-80.

El último GEI considerado es el hexafluoruro de azufre utilizado como fluido dieléctrico, siendo el GEI antropogénico de mayor PCA. La medida de las emisiones y absorciones se realiza en toneladas de dióxido de carbono equivalente ( $tCO_2e$ ), definidas como el producto de la masa física del  $GEI_i$  expresada en toneladas métricas ( $tGEI_i$ ), siendo  $i$  la identificación del GEI, según el ordinal de las filas de la tabla 1, por un índice denominado Potencial de Calentamiento Atmosférico del gas ( $PCA_i$ ), también indicado en dicha tabla. Es decir:

$$tCO_2e = tGEI_i \cdot PCA_i$$

El PCA se define como la relación entre la capacidad de un gas de efecto invernadero de almacenar calor en la atmósfera con la capacidad de dióxido de carbono ( $CO_2$ ). El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) ha definido los valores de establecimiento de los PCA y su puesta al día. Los PCA incluidos en la citada tabla 1 (IPCC, 1996) son los exigidos por la Junta Ejecutiva en los cálculos de emisiones antropogénicas de GEI para el primer periodo de compromiso (2008 – 2012) del Protocolo de Kyoto.

GAS DE EFECTO INVERNADERO ( $GEI_i$ )		Símbolo químico	Masa molecular	Potencial de Calentamiento Atmosférico ( $PCA_i$ )
Dióxido de carbono	1	$CO_2$	44	1
Metano	2	$CH_4$	16	21
Oxido nitroso	3	$N_2O$	30	310
Hidrofluorocarbonos (HFC)	4	HFC 23 ( $CHF_3$ )	70	11700
	5	HFC 125 ( $CHF_2CF_3$ )	120	2800
	6	HFC 134a ( $CH_2FCF_3$ )	102	1300
	7	HFC 152a ( $CH_3CHF_2$ )	66	140
Perfluorocarbonos (PFC)	8	$CF_4$	88	6500
	9	$C_2F_6$	138	9200
Hexafluoruro azufre	10	$SF_6$	146	23900

Tabla 1. Gases de efecto invernadero y sus potenciales de calentamiento.<sup>41</sup>

Si en el proceso se emiten  $n$  GEI, la ecuación anterior se amplía de la forma siguiente:

$$tCO_2e = \sum_i^n tGEI_i \cdot PCA_i$$

### 5.3.3.2. Metodología del cálculo de emisiones

La metodología del IPCC divide el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono de combustibles en seis pasos:

Paso 1: Estimación del consumo aparente de combustibles en unidades originales.

Intergovernmental Panel on Climate Change, (2006), "Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero" pág.9(C consulta:10/X/2009)  
[http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_reports.htm#4](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.htm#4)

Paso 2: Conversión a una unidad común de energía.

Paso 3: Multiplicación por los factores de emisión para calcular el contenido de carbono.

Paso 4: Cálculo del carbono almacenado.

Paso 5: Corrección para cuantificar el carbono no oxidado.

Paso 6: Conversión del carbono oxidado a emisiones de CO<sub>2</sub>.

### **Paso 1: Estimación del consumo aparente de combustibles en unidades originales**

En este paso se obtiene el consumo de todos los combustibles dentro de un país y por sectores de la industria. Para esto se deben conocer las reservas nacionales de cada combustible, las importaciones, las exportaciones la producción nacional de combustibles al inicio y al final del año en estudio para calcular el consumo anual de cada combustible. En este caso particular no es necesario el cálculo del consumo anual ya que más adelante se verá que se cuenta con el consumo anual de combustibles para la producción de electricidad en México.<sup>42</sup>

### **Paso 2: Conversión a una unidad común de energía**

Las cantidades de todos los combustibles pueden expresarse en joules (J), megajoules (MJ), gigajoules (GJ), terajoules (TJ) o petajoules (PJ). Para esto es importante conocer el valor calorífico neto (VCN) de cada combustible multiplicarlo por el volumen de cada combustible respectivamente y así conocer el consumo aparente en TJ. (Véanse tablas 2 y 3.)

<b>UNIDAD</b>	<b>FACTOR DE CONVERSIÓN</b>
J, MJ o GJ	Dividir por el factor adecuado, $10^{12}$ , $10^6$ ó $10^3$ respectivamente, para convertir a TJ.
Unidades $10^6$ toe	Multiplicar por el Factor de Conversión, 41868 TJ/ $10^6$ toe, para realizar la conversión a TJ
Unidades Tcal	Multiplicar por el Factor de Conversión, 4,1868 TJ/Tcal.
$10^3$ t	Se debe utilizar el valor calorífico neto de cada combustible. Véase el recuadro titulado "Valores Calóricos Netos".

Tabla 2. Factores de conversión.<sup>43</sup>

<sup>42</sup> Para conocer ampliamente la metodología para el cálculo de las emisiones de efecto invernadero, referirse al documento: Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (1996).

<sup>43</sup> IPCC (2006): "Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero" p.8.

VALORES CALÓRICOS NETOS SELECCIONADOS

	Valores (TJ/10 <sup>3</sup> toneladas)
<b>Productos de petróleo refinados</b>	
Gasolina	44,80
Queroseno para aviones de reacción	44,59
Otros tipos de queroseno	44,75
Petróleo de esquisto bituminoso	36,00
Gasóleo/fuelóleo	43,33
Fuelóleo residual	40,19
GPL	47,31
Etano	47,49
Nafta	45,01
Asfalto	40,19
Lubricantes	40,19
Coque de petróleo	31,00
Materias primas de refinería	44,80
Gas de refinería	48,15
Otros productos del petróleo	40,19
<b>Otros productos</b>	
Aceites y alquitranes de carbón derivados de los carbones de coque	28,00
Esquisto bituminoso	9,40
Orimulsión	27,50

Tabla 3. Valores calóricos netos.<sup>44</sup>

### Paso 3: Multiplicación por los factores de emisión para calcular el contenido de carbono

El factor de emisión de carbono (FEC) es una herramienta de suma importancia ya que con este dato es posible conocer el total de toneladas de carbono que contiene un TJ de cada tipo de combustible. De esta forma, al multiplicar el FEC por el consumo aparente de cada combustible en TJ, se conoce la cantidad de toneladas de carbono emitidas por el combustible en estudio, mejor conocidas como emisiones netas de carbono. (Véase tabla 4.)

<sup>44</sup> IPCC, *Op.cit.*, p.10.

Combustible	FEC (t C/TJ)
<b>FÓSILES LÍQUIDOS</b>	
<i>Combustibles primarios</i>	
Petróleo crudo	20,0
Orimulsión	22,0
Líquidos de gas natural	17,2
<i>Combustibles/productos secundarios</i>	
Gasolina	18,9
Quer. para a. de reacción	19,5
Otros t. de queroseno	19,6
P. de esquistos bituminosos	20,0
Gasóleo/fuelóleo	20,2
Fuelóleo residual	21,1
GPL	17,2
Etano	16,8
Nafta	(20,0) (a)
Asfalto	22,0
Lubricantes	(20,0) (a)
Coque de petróleo	27,5
Mat. primas de refinería	(20,0) (a)
Gas de refinería	18,2 (b)
Otros prod. del petróleo	(20,0) (a)
<b>FÓSILES SÓLIDOS</b>	
<i>Combustibles primarios</i>	
Antracita	26,8
Carbón de coque	25,8
Otro carbón bituminoso	25,8
Carbón sub bituminoso	26,2
Lignito	27,6
Esquistos bituminosos	29,1
Turba	28,9
<i>Combustibles/productos secundarios</i>	
Bq. de lignito y prensadas	(25,8) (a)
Gas de horno de coque	29,5
Gas de horno de coque	13,0 (b)
Gas de alto horno	66,0 (b)
<b>FÓSILES GASEOSOS</b>	
Gas natural (seco)	15,3

Tabla 4. Factores de emisión de carbono (FEC).<sup>45</sup>

#### Paso 4: Cálculo del carbono almacenado

Éste tiene que ver con las reservas de carbón de cada país. Para fines prácticos no se estudiará este paso, ya que no es utilizado en el cálculo de las emisiones de GEI de esta investigación.

#### Paso 5: Corrección para cuantificar el carbono no oxidado

Multiplicar las emisiones netas de carbono por la fracción del carbono oxidado obteniendo como resultado las emisiones reales de carbono. Esta operación es necesaria ya que al quemar combustibles no todo el combustible es oxidado realmente, sólo una fracción. (Véase tabla 4.)

<sup>45</sup> *Ibid.*, p.9.

Los valores de fracción del carbono oxidado son valores típicos medios en instalaciones de carbón y son valores mundiales por defecto para los combustibles sólidos, líquidos y gaseosos.

Carbón <sup>1</sup>	0,98
Petróleo y derivados del petróleo	0,99
Gas	0,995
Turba para generación de electricidad <sup>2</sup>	0,99
<p><sup>1</sup> Esta cifra es una media global pero varía para distintos tipos de carbón y puede ser de sólo 0,91.</p> <p><sup>2</sup> La fracción correspondiente a la turba utilizada en los hogares podría ser muy inferior.</p>	

Tabla 5. Fracción del carbono oxidado.<sup>46</sup>

#### **Paso 6: Conversión del carbono oxidado a emisiones de CO<sub>2</sub>**

Para conocer el total de dióxido de carbono emitido durante la quema de combustibles es necesario multiplicar las emisiones reales de carbono por 11/3.

Una vez conocido el total de dióxido de carbono emitido por cada combustible en particular, se realiza la suma de todos ellos para conocer el total de CO<sub>2</sub> emitido durante la operación en estudio.

---

<sup>46</sup> .*ibid.*, p-12.

---

## 6. Investigación

### 6.1. Descripción del gimnasio en estudio

El experimento para esta tesis tuvo como objeto determinar el potencial que tienen los gimnasios en generar electricidad en caso de contar con la tecnología apropiada. Es por eso que se decidió realizar la investigación en un ambiente real, para esto fue seleccionado un gimnasio de tamaño medio en el sur de la ciudad de México. El gimnasio fue seleccionado minuciosamente para que fuese una muestra representativa de los gimnasios que se pueden encontrar a lo largo de todo el país. Este tipo de servicios han mostrado un aumento en su demanda debido a la creciente conciencia de bienestar físico en las personas, así como a la escasez de lugares públicos para realizar ejercicio dentro de las ciudades.

El gimnasio donde se realizó el estudio cuenta con:

Área de ejercicio cardiovascular

- 16 Elípticas
- 12 Bicicletas fijas
- 4 Remadoras
- 16 Caminadoras

Área de pesas

Área de entrenamiento de box

Canchas de pádel y tenis

Alberca semi olímpica (25m) de cuatro carriles

El objetivo principal es conocer el comportamiento de las personas al realizar el ejercicio cardiovascular sobre ciertos equipos que cuentan con las características necesarias para generar electricidad. De esta forma, conocer la capacidad de las personas y hacer una estimación precisa sobre la capacidad de producción de electricidad de un gimnasio en particular y extrapolar dichos resultados a cualquier otra instalación de este tipo.

Los aparatos de interés para esta investigación son la elíptica, bicicleta fija y remadora. En los dos primeros se ha comprobado que es posible generar electricidad a partir de su uso. La remadora por otro lado, aún no se ha comprobado si es posible o no adaptar un sistema de generación de electricidad. Por los alcances de esta investigación se sugiere se realicen las investigaciones necesarias para dicho sistema. La caminadoras pudiesen ser otro aparato que generase electricidad a partir de su uso, pero al investigar sobre el tema se encontró que las caminadoras impulsadas por las personas, es decir aquellas que no tienen motor eléctrico para hacer girar la banda, generan lesiones en las rodillas de los usuarios por lo que los gimnasios no están dispuestos a utilizarlas.

### 6.2. Metodología

Para determinar la capacidad de generación de energía eléctrica dentro de un gimnasio se trabajó en conjunto con el gimnasio antes mencionado para tener acceso a las instalaciones y los usuarios. De esta forma se pudieron llevar a cabo diferentes experimentos con el objetivo de obtener la capacidad de

generación de energía eléctrica de una persona en su rutina diaria; además de observar y determinar las horas de mayor producción de energía eléctrica igual que el tiempo efectivo de uso de cada aparato para conocer con certeza cuál pudiera ser la capacidad de generación de electricidad de dicho gimnasio.

### 6.2.1. Encuestas

Se realizaron 308 encuestas para una población de dos mil usuarios (Véase: **Apéndice A**, Formato de encuesta - **Apéndice B**, Determinación del tamaño de muestra) de forma aleatoria a los usuarios de los aparatos cardiovasculares que conciernen a esta investigación, de las que se pudo obtener la siguiente información:

Máquina utilizada

Sexo

Duración de la rutina

La disposición de los usuarios a aumentar la duración de la rutina en caso de que las máquinas generaran electricidad y ayudasen a ahorrar energía. En caso de estar dispuestos, se conoce el tiempo que estarían dispuestos a incrementar su rutina.

La importancia de los siguientes factores al momento de seleccionar un gimnasio:

- Instalaciones
- Equipo cardiovascular generador de electricidad, en caso de que existiera.
- Ubicación
- Precio

(con un nivel de importancia entre: alto, medio o bajo)

Potencia media generada durante la rutina (Watts).

En la tabla 6 se muestra la relación entre el número de aparatos de cada categoría que hay en el gimnasio donde se llevó a cabo el estudio y el número de encuestas realizadas a los usuarios de dichos aparatos. Las encuestas se realizaron de forma que se mantuviera la misma relación entre el número de aparatos y las encuestas en cada máquina. Por otro lado la proporción de hombres y mujeres encuestados se muestra más adelante, en registro de tiempos, se comparará con la población total que utiliza los aparatos.

	Instalaciones		Encuestas	
	#	%	#	%
<b>Elíptica</b>	16	50.0	162	52.6
<b>Bicicleta</b>	12	37.5	114	37.0
<b>Remadora</b>	4	12.5	32	10.4
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>308</b>	<b>100</b>

	Encuestas	
	#	%
<b>Mujeres</b>	150	48.7
<b>Hombres</b>	158	51.3
<b>Total</b>	<b>308</b>	<b>100</b>

Tabla 6. Relación instalaciones-encuestas y porcentaje por sexo de las encuestas.

Todos los datos registrados en las encuestas serán utilizados ya que en la realidad cualquier cantidad de ejercicio, traducido en energía, serviría para la generación de electricidad.

### 6.2.2. Estudio de campo

Para obtener la información necesaria se utilizaron los siguientes métodos:

- Encuestas
- Registro de tiempos
- Información estadística
- Análisis del circuito eléctrico del wattmetro

### 6.2.3. Registro de tiempos

Para esta investigación de campo, durante una jornada completa (6:00 am. – 11:00 pm.) del gimnasio en estudio, se observó y registró a todo usuario de los equipos cardiovasculares antes mencionados para obtener la siguiente información:

- Sexo
- Máquina
- Hora en que se inició la rutina
- Hora en que se finalizó la rutina

Este estudio se realizó para conocer con certeza la población total en un día normal, en dónde se utilicen los aparatos cardiovasculares antes mencionados. La información general que se obtuvo es la siguiente:

	Elíptica		Bicicleta		Remadora		Total	
	#	%	#	%	#	%	#	%
<b>Mujeres</b>	163	50.20	124	62.00	17	30.90	304	52.40
<b>Hombres</b>	162	49.80	76	38.00	38	69.10	276	47.60
<b>Total</b>	<b>325</b>	100	<b>200</b>	100	<b>55</b>	100	<b>580</b>	100

Tabla 7. Población de los aparatos cardiovasculares en un día.

Más adelante se encuentra el análisis de esta información con mayor profundidad.

### 6.2.4. Información estadística

La información estadística fue proporcionada por la administración del gimnasio. El gimnasio compartió la siguiente información:

- Total de usuarios inscritos mayores de 15 años: 2000 usuarios aproximadamente<sup>47</sup>
- total de usuarios que entraron al gimnasio el día en que se realizó el registro de tiempos
  - 1037 usuarios mayores de 15 años asistieron al gimnasio<sup>48</sup>

<sup>47</sup> El gimnasio compartió un solamente un aproximado de sus usuarios mayores a 15 años, debido a temas de confidencialidad e información sensible.

<sup>48</sup> Sólo se analizarán los usuarios mayores de 15 años, ya que los menores no pueden ingresar al área de ejercicio cardiovascular.

total de usuarios mayores de 15 años que entraron al gimnasio durante el periodo de un año, información segmentada por día.

### 6.3. Capacidad de un ser humano para generar electricidad por medio del ejercicio cardiovascular

Para conocer la cantidad de energía eléctrica que un humano puede generar (Wh) se dividió la información de las encuestas por tipo de aparato cardiovascular y posteriormente midiendo el tiempo de rutina (min), ya que como se mencionó anteriormente Wh está en función del tiempo de la rutina.

<b>Encuesta</b>				
<b>Rutina (min)</b>	<b>#</b>	<b>%</b>	<b>Wh media</b>	<b>Desv. Est.</b>
<b>Elíptica</b>				
0-10	15	9	11.08	5.94
15	26	16	18.16	7.89
20	35	22	26.26	13.68
25-30	48	30	39.72	16.91
35-45	22	14	51.25	28.01
45-60	16	10	73.39	29.68
<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>100%</b>		
<b>Bicicleta</b>				
0-10	9	7.9	9.91	4.30
15	31	27.2	18.86	11.06
20	19	16.7	22.79	11.20
25	12	10.5	28.68	12.52
30	26	22.8	33.87	12.79
45	7	6.1	39.64	19.23
60	10	8.8	92.18	26.97
<b>Total</b>	<b>114</b>	<b>100</b>		
<b>Remadora</b>				
0-10	14	43.8	11.40	4.57
15	12	37.5	22.43	10.52
20	6	18.8	23.36	10.78
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>100</b>		

Tabla 8. Encuestas estratificadas por máquina y duración de rutina.

En la tabla 8 la información se encuentra dividida en equipos cardiovasculares distintos y por tiempo de rutina para que el análisis de los datos sea más preciso. Más adelante esta información se utilizará para el cálculo del potencial de generación de electricidad en un gimnasio con el nombre de *marcas de clase*; es decir las que fueron fijadas en la duración de la rutina por equipo cardiovascular.

El promedio ponderado por cada aparato en relación con la energía producida por usuario es el siguiente:

Elíptica: 35.6 Wh

Bicicleta: 31.0 Wh (variación: -12.98%)

Remadora: 17.8 Wh (variación: -50.04%)

Los datos de variación en Wh de la bicicleta y remadora son en relación con el promedio ponderado de la elíptica. Esto con el propósito de mostrar que la elíptica es el aparato con mayor capacidad de generación de electricidad.

La elíptica es el equipo con mayor potencial para generar electricidad debido a las siguientes características:

Se ejercita todo el cuerpo. Tanto los músculos de las piernas, brazos y tronco se utilizan para ejercitarse sobre dicho equipo.

Uno cuenta con la ayuda del mismo peso del cuerpo para realizar el ejercicio.

Cabe mencionar que la elíptica es el equipo con mayor demanda debido a:

Que es el aparato donde más calorías se pueden quemar en relación con la duración de la rutina. Esto se traduce, en este caso en particular, en una mayor utilización de calorías para realizar una actividad, lo que conlleva a una mayor energía producida si dicha actividad está destinada a generar electricidad.

Al ejercitarse no hay impacto sobre ninguna articulación, permitiendo a cualquier tipo de usuarios, hasta aquellos con lesiones, ejercitarse de una forma segura.

Se ejercitan mayor cantidad de músculos al mismo tiempo, haciendo más efectivo el tiempo de la rutina.

A diferencia de la bicicleta, sólo se utiliza la parte inferior del cuerpo y en la remadora donde uno pensaría que se está usando la totalidad del cuerpo, realmente el esfuerzo principal es en la parte superior de éste. Además, en la remadora no se cuenta con la energía potencial del propio peso para poner en marcha dicho aparato a diferencia de la elíptica.

Con la última tabla 8 se puede conocer cuál es la capacidad de un ser humano, indistintamente de su sexo, para producir energía eléctrica por medio del ejercicio cardiovascular. Los datos mostrados se encuentran en Wh generados en promedio, dependiendo del equipo utilizado, así como segmentado por las marcas de clase utilizadas en este análisis las cuales indican la duración de la rutina. Por otro lado se conoce la capacidad en promedio de las personas dependiendo del equipo.

Es necesario conocer la potencia generada (Watts) por los usuarios, esto con el objeto de conocer cuáles son las capacidades de las personas y diseñar sistemas de generación de electricidad basados en estos datos. En la tabla 9 se muestran los valores mínimos y máximos de potencia que se obtuvieron en cada equipo, su promedio y desviación estándar. Es posible hacer un análisis de esta distribución para conocer qué tipo de distribución de probabilidad puede ser aplicada y calcular los límites de confianza superior e inferior para abarcar un determinado porcentaje de la potencia media generada con el análisis de límites de confianza. En este caso en particular, los cálculos se basarán en la potencia máxima que una persona pueda generar, más un margen de seguridad para garantizar la mayor captación de energía. Este razonamiento se basa en que cualquier posible cantidad de

electricidad producida, sea muy grande o muy pequeña, debe ser aprovechada. Si se hiciera el cálculo con los límites de confianza se estaría dejando sin aprovechar un porcentaje de la posible electricidad producida dependiendo del número de desviaciones estándar para fijar los límites de confianza.

	Watts		
	Elíptica	Bicicleta	Remadora
<b>Promedio</b>	76.7	70.9	83.5
<b>Desv. Est.</b>	35.3	33.5	36.1
<b>Mínimo</b>	20	11	23
<b>Máximo</b>	200	244	196

Tabla 9. Potencia mínima y máxima generada por los usuarios de un gimnasio.

Del análisis de los datos de la tabla 9, se encontró que en promedio la remadora es el equipo donde más Watts se generan en un instante. Es importante mencionar que las unidades mostradas en la tabla son Watts, por lo cual uno pudiese pensar que las tablas 8 y 9 se contradicen. En la tabla 8 se observa que la elíptica es el equipo ideal para generar electricidad, de entre los tres aparatos en estudio, la diferencia se debe a las unidades, las cuales son Wh y W en las tablas 8 y 9, respectivamente. Los Wh están en función del tiempo, en este caso, la duración de la rutina. Como se había mencionado, la elíptica requiere un mayor consumo de calorías (objetivo principal de cualquier persona que asiste a un gimnasio) que la remadora y bicicleta por lo que la gente la utiliza por mayor tiempo, por lo tanto, se genera más electricidad. La diferencia principal entre las tablas en cuestión se debe a que en un instante dado la remadora registra mayor potencia generada que la elíptica, es decir registra picos más altos que la elíptica, sin embargo, sólo son picos y no es posible para la mayoría de los usuarios sostener ese ritmo de potencia por un tiempo prolongado, sin embargo en la elíptica es más fácil sostener un ritmo de potencia alto (sin llegar a los picos de la remadora) por más tiempo.

El promedio de la duración de las rutinas es de 27.76 min., 25.74min., 12.84min. para la elíptica, bicicleta y remadora, respectivamente. Esto confirma lo mencionado con respecto a la preferencia por el uso de dicho aparato ya sea por la duración de la rutina o por el número de usuarios. Los máximos generados (Watts) de cada equipo podrán ser utilizados para el cálculo y diseño de los generadores eléctricos en investigaciones futuras dentro de la etapa de desarrollo del producto.

Esta información es suficiente para saber las características principales de la población en estudio. Por un lado se conoce la capacidad de generación de electricidad de las personas dependiendo de:

- El equipo que se utiliza
- Duración de la rutina

Se determinó que la elíptica es el equipo más apto entre los tres para generar electricidad debido a que en promedio se generan más Wh que en los otros aparatos cardiovasculares, además de que es el que mayor demanda registró y mayor duración de la rutina en promedio.

#### 6.4. Capacidad de generación de electricidad de un gimnasio en un día y en un año

Para determinar el potencial que un gimnasio tiene para generar electricidad, en caso de contar con el equipo adecuado, se utilizaron los datos particulares de cada usuario, esto es, las encuestas, los datos generales, el registro de tiempos.

Para una mejor explicación de dicho procedimiento se cuenta con el Diagrama 1 (véase Diagrama 1). A partir del análisis de los datos obtenidos de las encuestas se determinaron las distintas marcas de clase. Como ya se había mencionado, estas marcas de clase se fijaron con el criterio del equipo cardiovascular en uso y la duración de la rutina, cuyos intervalos de duración fueron fijados a partir de la desviación estándar de cada grupo, siempre buscando reducir esta última para contar con datos más precisos.

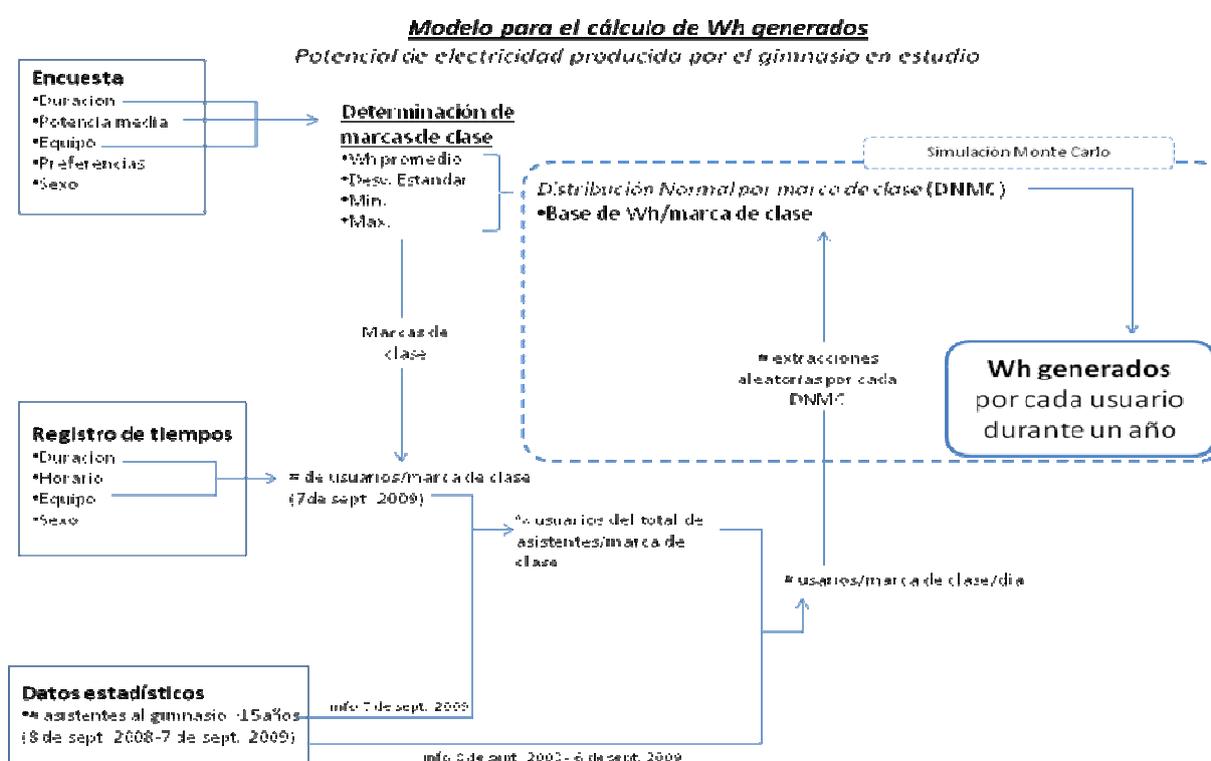


Diagrama 1. Simulación Monte Carlo, flujo y uso de la información.

Una vez fijadas las marcas de clase, se obtuvieron para cada una:

- Promedio de Wh generados
- Desviación estándar
- Mínimo
- Máximo

(Véase tabla 10)

#### 6.4.1. Simulación Monte Carlo del uso de los equipos cardiovasculares durante un año

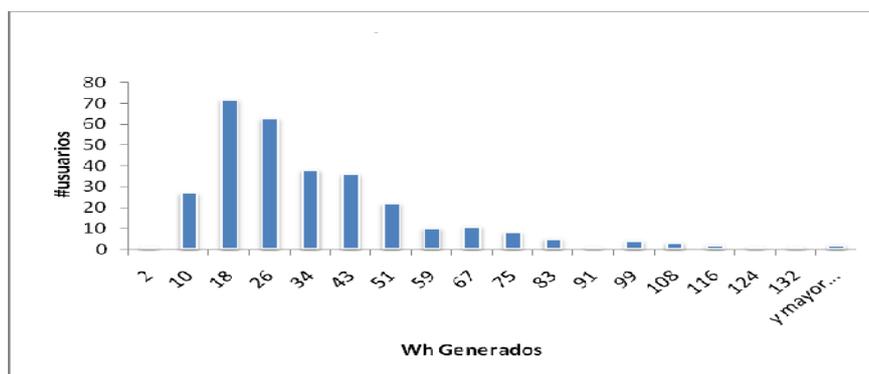
Con los datos antes mencionados se creó un modelo en Excel con la finalidad de hacer una simulación Monte Carlo en donde se utiliza la aleatoriedad, igual que en la realidad, con el objetivo de obtener información más fidedigna. Dentro del modelo de Excel se crearon para cada marca de clase distribuciones normales de cinco mil números con un límite inferior fijado por el mínimo de Wh generados dentro de esa marca de clase y a su vez el límite superior fue fijado de la misma manera. Las características antes mencionadas para poder generar las distribuciones normales de cada marca de clase se encuentran en la tabla 10 que se muestra a continuación. Posteriormente, estas bases de datos se utilizarán para extraer de forma aleatoria una cantidad determinada de números por cada día.

Marcas de Clase (min)	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
<b>Elíptica</b>				
0-10	11.08	5.94	4.00	24.00
15	18.16	7.89	5.50	38.25
20	26.26	13.68	6.67	66.67
25-30	39.72	16.91	13.33	77.00
35-45	51.25	28.01	17.50	129.75
45-60	73.39	29.68	36.00	140.00
<b>Bicicleta</b>				
0-10	9.91	4.30	5.13	16.33
15	18.86	11.06	2.75	61.00
20	22.79	11.20	9.00	45.33
25	28.68	12.52	16.25	60.00
30	33.87	12.79	11.00	58.50
45	39.64	19.23	24.00	78.00
60	92.18	26.97	51.00	133.75
<b>Remadora</b>				
0-10	11.40	4.57	1.92	20.50
15-20	22.74	10.29	5.75	49.00

*Cifras en Wh*

**Tabla 10. Características de las distribuciones normales utilizadas en la Simulación Monte Carlo.**

Cabe mencionar que se utilizó una distribución normal debido al comportamiento de los datos obtenidos en las encuestas a partir de la observación de la gráfica 11, donde se puede percibir que hay un patrón semejante a la distribución normal en el histograma generado; el corte que se presenta en los negativos se debe a que es imposible la generación de Wh negativos, por lo que la cola de la campana de Gauss en los negativos no se tiene. (Véase **Apéndice C**, Prueba de Kolmogorov Smirnov)



Gráfica 11. Distribución de usuarios por Wh generados.

Registro de tiempos 9/7/2009		
	#	%
<b>Estadístico</b>	1037	100
<b>Estudio</b>	<b>578</b>	<b>55.74%</b>
<b>Elíptica</b>	0-10	69
	15	71
	20	81
	25-30	74
	35-45	18
	45-60	10
<b>Bicicleta</b>	0-10	48
	15	52
	20	48
	25	21
	30	25
	45	5
<b>Remadora</b>	0-10	32
	15-20	23
<b>Total</b>	<b>578</b>	<b>55.74</b>

Tabla 11. Proporción de clientes por marca de clase.

Del estudio de registro de tiempos se obtuvo la frecuencia de cada marca de clase para el 7 de septiembre de 2009 (fecha en que se realizó el estudio de tiempos). Con esta información y el número de usuarios mayores de 15 años (usuarios potenciales del área cardiovascular, por reglamento interno del gimnasio) se obtuvo el porcentaje de usuarios de cada marca de clase. (Véase tabla 11.)

Asumiendo que la proporción de usuarios de cada marca de clase se mantiene a lo largo de todo el año, se pudo extrapolar dicha proporción, obtenida del registro de tiempos (7 de septiembre de 2009), a cada uno de los días del año. Con esto se puede contar con un número determinado de personas que utilizó cada equipo y la duración de la rutina para cada día del año en estudio.

El número determinado de usuarios por equipo sirve para extraer esa misma cantidad de números de las bases de datos de las distribuciones normales por marca de clase (DNMC) de forma aleatoria. De esta manera, es posible conocer la cantidad de Wh generados por día en particular. El

motivo por el cual se decidió calcular el potencial de energía eléctrica producida en un gimnasio por medio de un modelo que utiliza una simulación Monte Carlo, es la variación y estacionalidad que hay en los datos de asistencia de usuarios proporcionados por el mismo gimnasio. Más adelante se hará un estudio sobre la estacionalidad, pero es apropiado mencionar que se da una estacionalidad semanal donde los lunes y martes son los días con mayor asistencia registrada de usuarios, mientras que al final de la semana va disminuyendo dicho flujo hasta casi ser nulo. Además, en algunos meses en particular, se observa una diferencia sustancial en relación con los otros meses del año.

Sin el uso del modelo, se estaría dejando fuera del estudio dicha estacionalidad y a su vez los resultados obtenidos serían menos apegados a la realidad.

#### 6.4.2. *Energía producida. – Resultados obtenidos a partir de la simulación Monte Carlo*

El 7 de septiembre de 2009 se calculó un potencial de producción de electricidad de 14.7 kWh mientras que del 8 de septiembre de 2008 al 7 de septiembre de 2009 se calculó una posible producción de 3.84 MWh. Esto se puede traducir en alimentar 240 focos fluorescentes de 40 Watts (cantidad de focos utilizados para iluminar el área de ejercicio cardiovascular durante 409 horas al año de energía que anteriormente era desaprovechada).

La electricidad producida por un gimnasio es aquella necesaria para operar los electrodomésticos de un hogar mexicano por 233 días aproximadamente. Para tener una mejor percepción de la electricidad producida se realizó una investigación del consumo de electricidad promedio de los electrodomésticos en un hogar durante un día en promedio. (Véase tabla 12.)

	Watts promedio	Uso promedio por día (hrs)	Wh/día
TV (24-29'')	120	6.00	720
Cafetera	750	1.00	750
Plancha	1000	0.86	857
Ventilador	125	8.00	1000
Video Juego	250	4.00	1000
Computadora	300	4.00	1200
Refrigerador (11-12 pies)	250	8.00	2000
Focos incandescentes (8 de 60W/cu)	480	5.00	2400
Secadora de ropa	5600	0.57	3200
Congelador	400	8.00	3200
		<b>Total</b>	<b>16327.14</b>

Tabla 12. Consumo promedio por día de los electrodomésticos en un hogar mexicano.<sup>49</sup>

<sup>49</sup> Comisión Federal de Electricidad, "Ahorro de Energía-Casa Habitación".(Consulta 29/VII/2009) <http://www.cfe.gob.mx/es/InformacionAlCliente/ahorrodeenergia/>

## 6.5. Ahorro de recursos naturales

Es importante tener en cuenta los recursos naturales que son ahorrados por la implantación del SGEEC en un gimnasio debido al origen de la energía eléctrica en México. Nuestro país, igual que la mayoría de las naciones alrededor del mundo, produce su energía a partir de la combustión de hidrocarburos dentro de centrales termoeléctricas. Hay países que no siguen este comportamiento, por ejemplo, en Francia predomina la energía nuclear, igual que en Brasil; en Canadá la principal fuente de energía es la hidroeléctrica. Al producir energía eléctrica a partir de una fuente distinta a los hidrocarburos (ejercicio cardiovascular) se crea un ahorro en estos recursos naturales no renovables que tienen un mejor uso en vez de ser quemados para producir electricidad.

Para cuantificar el ahorro de los recursos naturales debido al SGEEC es necesario conocer ciertas características de la producción de electricidad en México. En principio, es necesario conocer qué tipo de fuentes de energía y en qué proporciones se utilizan para la producción de electricidad en el país. La tabla de abajo muestra el total de energía utilizada por recurso para la producción de electricidad en México dentro del periodo 2002-2004.

		2002	2003	2004	2002	2003	2004
Combustible		PJ*			MBTU		
CFE & LyFC	Carbón	264.1	307.98	236.12	2.505.E+08	2.921.E+08	2.239.E+08
	Diesel	14.08	28.49	14.4	1.335.E+07	2.702.E+07	1.366.E+07
	Combustóleo	787.56	677.95	636.25	7.470.E+08	6.430.E+08	6.035.E+08
	Gas natural	371.93	378.43	328.14	3.528.E+08	3.589.E+08	3.112.E+08
	<b>Total</b>	<b>1,437.68</b>	<b>1,392.84</b>	<b>1,214.91</b>	<b>1.364.E+09</b>	<b>1.321.E+09</b>	<b>1.152.E+09</b>
PIE**	Diesel	1.1	1.12	0.26	1.043.E+06	1.062.E+06	2.466.E+05
	Gas natural	157.1	233.23	328.61	1.490.E+08	2.212.E+08	3.117.E+08
	<b>Total</b>	<b>158.19</b>	<b>234.35</b>	<b>328.87</b>	<b>1.500.E+08</b>	<b>2.223.E+08</b>	<b>3.119.E+08</b>

\*PetaJoules= $J \times 10^{15}$

\*\*Productores independientes de energía.

Tabla 13. Cantidad de energía utilizada para la generación de electricidad por tipo de combustible. <sup>50</sup>

Partiendo de la tabla anterior es posible convertir estos datos en unidades de barriles de petróleo (BOE) y toneladas dependiendo del combustible fósil. Para esto es necesario contar con el factor de conversión de dichos recursos. Para aquellos que van a ser convertidos en BOE es necesario conocer primeramente el factor que indica la cantidad de MBTU por barril de dicho combustible (bbl) para posteriormente multiplicar el segundo factor de conversión que indica el número de barriles de petróleo (BOE crudo necesarios para la producción y refinamiento de un barril de cierto combustible (bbl). (Véase ecuación 6.1.1.)

$$MBTU'_{s\text{ combustible}} \left( \frac{\#bbl}{MBTU'_{s}} \right) \left( \frac{\#BOE}{\#bbl} \right) = BOE \quad (6.1.1)$$

En el caso del carbón es más simple, se multiplica la cantidad de energía utilizada por el poder calorífico del carbón, el cual es 24MJ/Kg y de esta forma se obtiene la masa de carbón utilizada para la generación de electricidad.

<sup>50</sup> INE, "Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero", p. 43.

	MBTU/bbl	BOE/bbl
<b>Diesel</b>	5.418	0.93
<b>Combustóleo</b>	6.287	1.08
<b>Gas natural</b>	3.735	0.64

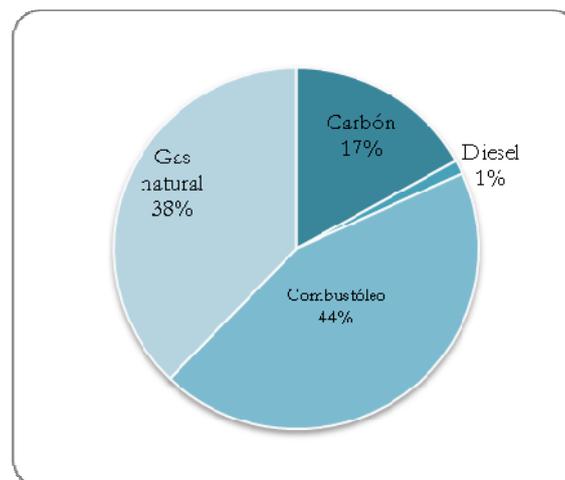
Tabla 14. Factores de conversión para el cálculo de Barriles de Petróleo Crudo (BOE).<sup>51</sup>

Una vez que se cuenta con las cantidades de combustibles fósiles utilizados en la generación de electricidad es necesario conocer la proporción y la cantidad de energía producida a partir de dichos recursos para posteriormente calcular la cantidad necesaria de cada combustible para la generación de un MWh.

	2002	2003	2004	
<b>Carbón</b>	11,004,167	12,832,500	9,838,333	ton
<b>Diesel</b>	2,482,327	4,842,009	2,397,293	BOE
<b>Combustóleo</b>	128,786,652	110,862,551	104,043,511	
<b>Gas natural</b>	86,510,238	100,022,403	107,395,797	

Tabla 15. Consumo de combustibles fósiles para la generación de electricidad.

La proporción en la que se utilizan los combustibles fósiles para la generación de electricidad en México es la siguiente: 69% de la electricidad generada en México proviene de combustibles fósiles y a su vez cada combustible se utiliza en la siguiente proporción:



Gráfica 12. Uso de combustibles fósiles para la generación de electricidad.<sup>52</sup>

<sup>51</sup> Society of Petroleum Engineers, "Unit Conversion Factors", Approximate Heat Content of Petroleum Products. (Consulta: 7/1/2010) [http://www.spe.org/industry/reference/unit\\_conversions.php](http://www.spe.org/industry/reference/unit_conversions.php)

<sup>52</sup> Samudra, Vijay, Luisa T. Molina y Mario J. Molina (2004): "Cálculo de emisiones de contaminación atmosférica por uso de combustibles fósiles en el sector eléctrico mexicano", Integrated Program on Urban, Regional, and Global Air Pollution, Massachusetts Institute of Technology, pp. 4-7.

Al contar con la energía producida nacionalmente en el periodo en estudio es posible conocer la cantidad que proviene de cada combustible fósil como se muestra en la siguiente tabla.

	GWh		
	2002	2003	2004
Producción total	172,566	176,992	183,973
<b>Por Tipo de Combustible</b>			
Carbón	20,151	20,668	21,483
Diesel	1,477	1,515	1,574
Combustóleo	52,481	53,827	55,950
Gas natural	44,962	46,115	47,934

Tabla 16. Producción de electricidad por tipo de combustible.

Conocer las cantidades de combustibles fósiles utilizados junto con la cantidad de electricidad producida por cada recurso permite determinar la cantidad necesaria de cada recurso para generar un MWh.

	BOE/MWh			
	2002	2003	2004	Prom.
<b>Carbón*</b>	0.5	0.6	0.5	0.5
<b>Diesel</b>	1.7	3.2	1.5	2.1
<b>Combustóleo</b>	2.5	2.1	1.9	2.1
<b>Gas Natural</b>	1.9	2.2	2.2	2.1

\*Carbón (ton/MWh)

Tabla 17. Cantidad necesaria de combustibles fósiles para la generación de un MWh

Para saber el ahorro de los recursos naturales gracias a la implantación del SGEEC en el gimnasio en estudio se utilizan los datos obtenidos anteriormente. Primero se desglosa la cantidad de energía producida por el SGEEC en tipo de combustible para luego ser convertida a BOE o kg de carbón. (Véase tabla 18.)

MWh producidos por el SGEEC	3.4		
Combustibles Fósiles	69%		
Carbón	17%	215.05	<b>Total</b> <b>215.05</b> kg de carbón ahorrados
Diesel	1%	0.06	
Combustóleo	44%	2.20	
Gas Natural	38%	1.87	<b>4.12</b> BOE ahorrados

Tabla 18. Ahorro anual del SGEEC en BOE y kg. de carbón

En este caso se ahorraron 4.12 barriles de petróleo crudo y 215.05 kg de carbón gracias al SGEEC que permite captar la energía del ejercicio cardiovascular. Como se mencionó anteriormente estos recursos pueden tener un uso más trascendente para las sociedades que ser quemados. Si bien el ahorro no es en gran escala, es importante mencionar que la investigación se realiza dentro del concepto de que el SGEEC es una acción aislada para reducir el impacto al medio ambiente de la actividad humana; sin embargo, es importante que deje de ser aislada y convertirse en parte de una gran variedad de proyectos que tengan el mismo objetivo. Por otro lado, el ahorro es directamente proporcional al número de gimnasios que instalen el sistema bajo estudio.

## 6.6. Reducciones certificadas de emisiones

Producir electricidad a partir de una actividad física que perdía energía en forma de calor, se considera como un aprovechamiento de electricidad que a su vez se traduce en un ahorro de toneladas métricas de dióxido de carbono que provienen de la quema de combustibles fósiles para la generación de electricidad. Para conocer el ahorro en tCO<sub>2</sub>e es necesario conocer el factor de emisión de la red eléctrica mexicana. Como se menciona en el capítulo de “Medida y cálculo de emisiones de efecto invernadero”, este factor indica cuantas tCO<sub>2</sub>e son emitidas por MWh producido a través del sistema nacional de electricidad.

Para conocer dicho factor es necesario saber el *margen de operación* (OM) del sistema nacional de suministro eléctrico, el cual incluye todas las centrales eléctricas que no son aptas para ser calificadas como un MDL, en otras palabras aquellas centrales que fueron construidas hace algún tiempo y no cuentan con sistemas eficientes de producción de electricidad como los actuales. Este número se obtiene con el procedimiento mencionado en el capítulo: 5.3.3. Medida y cálculo de emisiones de efecto invernadero (GEI)-Marco teórico, es decir, se toma el total neto de electricidad producida en un año junto con el consumo total por tipo de combustible para realizar dicho cálculo. Los datos utilizados en éste son un promedio de los tres años anteriores a la creación del proyecto, ateniéndose a la disponibilidad más reciente de la información provista por la SENER.

A su vez se obtiene de la misma manera el *margen de construcción* (BM por sus siglas en inglés), donde se consideran las renovaciones y nuevas extensiones en capacidad de producción en las centrales eléctricas más recientes hasta llegar a 20% de la electricidad generada en un año. Esto con el objeto de tomar en cuenta los sistemas de generación de electricidad más modernos y más eficientes de cada país. Igual que el OM se hace un promedio ponderado de los últimos tres años de la información más reciente con la que se cuenta. En este caso en particular se cuenta con la información del 2004-2006.

El *margen combinado* (MC) es aquél que reúne el BM y OM y se calcula, en este caso, como una fuente intermitente, por la naturaleza del proyecto donde la generación de electricidad no es continua, ya que depende de la hora y tiempo de rutina de cada usuario. Para las fuentes intermitentes se calcula de la siguiente manera:

$$MC \left[ \frac{tCO_2}{MWh} \right] = 0.75 \left( OM \left[ \frac{tCO_2}{MWh} \right] \right) + 0.25 \left( BM \left[ \frac{tCO_2}{MWh} \right] \right)$$

De esta forma el margen combinado para México sería:

$$MC \left[ \frac{tCO_2}{MWh} \right] = 0.75 \left( 0.715 \left[ \frac{tCO_2}{MWh} \right] \right) + 0.25 \left( 0.348 \left[ \frac{tCO_2}{MWh} \right] \right) = 0.623 \left[ \frac{tCO_2}{MWh} \right]$$

$MC = FE_{Red\ eléctrica\ mexicana}$

53

Para obtener los CERs producidos por un proyecto de esta naturaleza se debe dividir la cantidad de Watts-hora producidos por el proyecto entre el FE de la red eléctrica mexicana antes calculado.

---

<sup>53</sup> UNFCCC, “Project Development Design”, PDF-Fuerza Eólica del Itsmo, pp. 45. (Consulta:29/VII/2009)  
<http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/AENOR1233573587.78>

$$\#CER's\ producidos = \frac{Wh}{FE} = \frac{3.84[MWh]}{0.623 \left[ \frac{tCO_2}{MWh} \right]} = 6.16 [tCO_2]$$

Como se menciona anteriormente, los CERs entran a un mercado de bonos de carbono donde se realizan transacciones de compra y venta con ellos. Igual que el mercado de valores, el mercado de bonos de carbono está regido por las leyes de la oferta y la demanda para fijar los precios de los CERs. El precio es: 1 CER=€18.80<sup>54</sup> donde el último año ha mostrado un decremento en el precio debido a la situación económica mundial. Aunado a esto, hay incertidumbre sobre el estado del régimen climático regulatorio posterior a 2012, cuando termine el Tratado de Kyoto, afectando el precio de los valores antes mencionados.

El potencial económico obtenido por la producción de CERs a partir de este proyecto para un gimnasio de las características descritas anteriormente es aproximadamente de 6.16CERs=€116.57/año equivalente a \$2,141.39 MXN/año.<sup>55</sup>

### 6.7. Alternativas de los CERs

Al estudiar y comparar la magnitud del proyecto con otros MDL, se percibe que este proyecto por sí solo, aislado, es de una escala muy pequeña para ser certificado como un MDL. Esto se debe principalmente a los costos de certificación y validación de un MDL a través de los mecanismos actuales establecidos en el Protocolo de Kyoto. Debido a las limitantes de conocimiento sobre el tema, se consultó a un analista de EcoSecurities<sup>56</sup> y en efecto, la escala del proyecto es demasiado pequeña para calificar en este momento como un MDL.

Al encontrar esta problemática, se siguió estudiando sobre el tema y se encontraron dos distintas posibles alternativas para obtener un beneficio económico directo de dicho proyecto, las cuales son:

- Mercados voluntarios de carbono
- MDL programático

#### 6.7.1. Mercados voluntarios de carbono

La función de los mercados voluntarios de carbono es totalmente independiente de aquellos mercados obligatorios como el creado por el Protocolo de Kioto. Estos mercados son una opción para negocios, empresas, gobiernos, ONGs, individuos, para neutralizar sus emisiones de GEIs por medio de la compra de CERs que fueron creados en un MDL o en un mercado voluntario. Estos últimos son conocidos como

<sup>54</sup> Precio a octubre de 2009.

Carbon Offset Options, "Certified Emission Reductions". (Consulta: 27/X/2009)

<http://www.carbonfootprint.com/offset.aspx?o=6.2&r=ShopOffset>

<sup>55</sup> \$18.37MXN/€, Tipo de cambio promedio (oct.2008-oct 2009), Banco de México, "Mercado cambiario", Euro 2008-2009.

(Consulta: 30/X/2009). <http://www.banxico.org.mx/PortalesEspecializados/TiposCambio/TiposCambio.html>

<sup>56</sup> EcoSecurities, compañía dedicada a originar, desarrollar y comercializar reducciones de emisiones de carbono.

[www.ecosecurities.com](http://www.ecosecurities.com)

Reducciones Voluntarias de Emisiones (VERs por sus siglas en inglés). Es importante resaltar que aproximadamente 17% de los bonos de carbono vendidos en los mercados voluntarios de carbono en 2006 provinieron de MDL. Comparado con el mercado obligatorio, los volúmenes intercambiados en los mercados voluntarios son mucho más pequeños debido a que la demanda es creada únicamente por compradores voluntarios, mientras que en el mercado obligatorio la demanda es creada por un instrumento regulatorio. Los precios de reducciones de carbón vendidos en los mercados voluntarios tienden a ser menores debido a que la demanda es menor, la calidad de los estándares de los mercados voluntarios no ha sido homologada (hay distintos mecanismos de verificación y certificación de VERs) además de que los VERs no son comerciables dentro de los mercados obligatorios.

A diferencia de los MDLs, no hay reglas y regulaciones establecidas para los mercados voluntarios de carbono. Desde el lado positivo, estos últimos sirven como un campo de prueba para nuevos procedimientos, metodologías y tecnologías que después podrán ser incluidas en los esquemas regulatorios. Los mercados voluntarios permiten la experimentación e innovación ya que los proyectos pueden ser implantados con costos de transacción menores a los de los MDL u otros mercados obligatorios. A su vez sirven como nicho para micro proyectos que son demasiado pequeños para soportar la carga administrativa de un MDL. Desde el lado negativo, la falta de calidad y control ha llevado a la producción de algunos VERs de baja calidad. Para enfrentar dicho problema se han creado varios estándares para certificar dichos bonos de carbono; entre los más utilizados y confiables esta el llamado "Voluntary Carbon Standard 2007" (VCS 2007).

El precio de los VERs registrados con base en VCS 2007 es 1VER=€9.57, lo cual representa un potencial económico obtenido por la producción de VERs a partir de este proyecto para un gimnasio de las características descritas anteriormente, aproximadamente de 6.16VERs=€59.36/año equivalente a \$1,090.44 MXN/año.

#### **6.7.2.MDL programáticos**

Este esquema de MDL fue creado con la finalidad de darle mayor viabilidad a proyectos de menor escala en donde se pueden ir sumando distintos proyectos iguales pero en distintas ubicaciones físicas sobre una misma certificación de MDL. En otras palabras, es un esquema que permite agrupar proyectos que por sí solos no pudiesen existir como MDL pero, debido a que su naturaleza les permite replicarse en distintas ubicaciones, pueden ser agrupados bajo un mismo MDL y alcanzar el tamaño suficiente para soportar los costos y administración que conlleva la certificación para un MDL.

Éstos al ser considerados dentro del Protocolo de Kyoto como programas de actividades (PoA) son considerados CERs, lo que implica que tienen el mismo precio ya mencionado como cualquier otro CER. En este caso, al agrupar proyectos de la misma naturaleza, se estaría hablando de congregarse diversos gimnasios dentro de un mismo MDL. Como ejemplo, se utilizará el gimnasio donde se realizaron los estudios y mediciones, el cual cuenta con cuatro sucursales en total de un mismo tamaño aproximado a la sucursal donde se realizaron los estudios. De esta forma los cuatro gimnasios estarían agrupados generando un ingreso adicional de \$8,565.56 MXN, y así sucesivamente hasta llegar a un

volumen lo suficientemente grande como para lograr algún tipo de economía de escala y hacer al proyecto económicamente viable.

A continuación se encuentra un listado de proyectos de MDL programáticos de pequeña escala que se están llevando a cabo alrededor del mundo. Esto con el simple objeto de ejemplificar el tipo de proyectos que pueden llegar a ser MDL sin que tengan que ser de gran escala.

Instalación de paneles solares para hogares en Bangladesh.

Captura y combustión de metano a partir del manejo de residuos de animales en granjas del Instituto Sadia, Brasil.

Calentadores solares de agua en Sudáfrica y Túnez.

Focos de bajo consumo en México.

Composta de desechos provenientes de hogares en Uganda.

Masca, pequeña hidroeléctrica en Honduras.

Para cuantificar este tipo de proyectos que permiten reducir el costo de transición de proyectos de pequeña escala, el primer Mecanismo de Desarrollo Limpio Programático en México consistió en la entrega de 30 millones de focos compactos fluorescentes de bajo consumo en viviendas, lo cual representa un ahorro de siete millones de toneladas de GEI en un año, equivalente al uso del parque vehicular de la Ciudad de México por un día.<sup>57</sup> Este proyecto es un ejemplo de la funcionalidad y aplicación de los MDL programáticos, donde por sí solo un foco de bajo consumo no logra ser lo suficiente como para calificar como un MDL; sin embargo, 30 millones, sí. De igual forma se planea contar con varios gimnasios dentro de un mismo MDL programático.

#### **6.8. Flujos monetarios provenientes de la producción de electricidad**

Al producir energía de una actividad que antes no era aprovechada para generar electricidad, se cuenta con un ahorro de 3.84 MWh anuales lo cual representa un ahorro económico de \$4,243.00 a una tarifa de consumo de 1.105 \$/kWh.<sup>58</sup>

#### **6.9. Incremento en la rutina diaria de los usuarios por un beneficio al medio ambiente**

Además de analizar y cuantificar el potencial de generación de electricidad de un gimnasio, se estudió el efecto que pudiese tener un gimnasio con las características antes mencionadas en los usuarios. En particular, se examinó si los usuarios estarían dispuestos a realizar más ejercicio cardiovascular sabiendo que al mismo tiempo están ayudando a generar electricidad y por consiguiente a reducir su huella de carbono.

<sup>57</sup> Foro Latinoamericano del Carbono-UNEP RISO Center John Christensen (2009): "CDM Post 2012", p. 13.

<sup>58</sup> Asumiendo: Tarifa O-M (2008-2009), aplica a todos los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda menor a 100KW. Comisión Federal de Electricidad, "Conoce tu tarifa", Tarifa O-M Tensión Media. (Consulta: 7/VII/2009) <http://www.cfe.gob.mx/aplicaciones/ccfe/tarifas/tarifas/Tarifas.asp?Tarifa=OM>

Para cuantificar el nivel de motivación de dichos usuarios, se estudió la duración de la rutina que estarían dispuestos a aumentar por encima del tiempo de su rutina actual, en caso de acudir a un gimnasio que generara electricidad por medio del ejercicio.

Para obtener esta información, se incorporó a la encuesta la siguiente pregunta:

*¿Está dispuesto a aumentar el tiempo de su rutina diaria por un beneficio al medio ambiente? En caso afirmativo, ¿Cuánto tiempo más?*

Al estudiar los resultados se encontró que 91% de las personas encuestadas están dispuestas a aumentar la duración de su rutina de ejercicio cardiovascular; es decir, por cada diez personas nueve o más en promedio están dispuestas a contribuir con su ejercicio para reducir el impacto ambiental que tienen sus actividades diarias. Al resto de las personas (alrededor de 9%) no les interesa y no estarían dispuestos a aumentar la duración de su rutina diaria.

La información de los usuarios que están dispuestos a aumentar la duración de su rutina fue utilizada para calcular la electricidad producida debido al ejercicio, que contribuye, de cierta forma, al beneficio del medio ambiente. Se tomó la energía base producida y con los mismos datos que se utilizaron para el cálculo anterior, se realizó el cómputo de los números para la electricidad producida a partir del aumento en la rutina diaria debido al factor motivacional del beneficio al medio ambiente. Este aumento en la rutina representa un incremento de 40.45% en la producción de electricidad a partir del ejercicio cardiovascular. Lo cual se ve reflejado, en la misma proporción, en un aumento de producción de bonos de carbono y a su vez en un mayor ahorro de electricidad.

Además del beneficio económico que conlleva tener equipos de ejercicio cardiovascular generadores de electricidad, se encuentra otro beneficio implícito a partir de la existencia de dicho equipo en los gimnasios. Un gimnasio común considera de suma importancia mantener un nivel de membresías activas que estén generando ingresos mensuales, sin importar realmente si los usuarios asisten o no a ejercitarse, esto crea una alta rotación de los mismos en donde unos se dan de baja y otros llegan como nuevos clientes. Para mantener los mismos niveles de clientes es necesario realizar una inversión constante en publicidad. Cabe mencionar que los nuevos clientes atraídos por diversas campañas de comercialización, promoción y mercadeo representan un alto costo para la empresa. Según Philip Kotler, es de cinco a diez veces más costoso atraer a un nuevo cliente que mantener a uno ya existente. La reducción de 5% en la pérdida de clientes puede llegar a representar un aumento en las utilidades de entre 25 a 85 por ciento.<sup>59</sup>

Con el concepto de generación de electricidad a partir de los equipos de ejercicios se crea una relación nueva entre el gimnasio y el usuario en donde se busque motivar la asistencia y realizar constantemente ejercicio cardiovascular para aumentar la productividad del activo e inversión, en este caso, los equipos cardiovasculares generadores de electricidad. En pocas palabras, que en el gimnasio se tenga un porcentaje de utilización de sus equipos cercano a 100%, generando electricidad durante todo el día. Persuadir a los usuarios para que asistan de manera constante y realicen más ejercicio para

---

<sup>59</sup> Kotler, Philip (2006): *Marketing Management*, (12ª. edición), Ed. Pearson Prentice Hall, EUA, 156 pp.

producir más electricidad genera un hábito de ejercicio en más usuarios. Este hábito de ejercicio creado en los clientes representa a futuro un ahorro en gastos de publicidad para atraer nuevos clientes ya que la rotación de usuarios disminuye, por el hábito creado en ellos, y a su vez el porcentaje de utilización de los equipos aumenta. Al disminuir la rotación de usuarios se reduce la necesidad de atraer nuevos clientes para mantener un mismo nivel de clientes activos reflejándose en menores costos de mercadotecnia.

Por otro lado debe considerarse el beneficio a la sociedad que este proyecto puede aportar. Al aumentar el tiempo de rutina promedio de los usuarios de un gimnasio las personas mejoran su salud física, partiendo del principio de que una vida cotidiana con ejercicio cardiovascular ayuda a prevenir enfermedades. Como se menciona en el planteamiento del problema, la obesidad en México y todas las implicaciones que representa esta enfermedad, se atienden de cierta forma con el aumento de ejercicio, además de que realizar esta actividad diariamente debe ser una motivación extra porque reducen su huella de carbono. Es decir, se crea electricidad, reduciendo el impacto ecológico que conlleva ejercitarse en un gimnasio, lo cual para unas personas es una motivación suficiente para realizar más ejercicio durante más tiempo, traduciéndose en un menor riesgo de ciertas enfermedades y por lo tanto una mejor salud entre las personas involucradas.

#### 6.10. Utilización de la capacidad instalada en el área de ejercicio cardiovascular.

Debido a que se estudia la posibilidad de contar con sistemas de generación de electricidad por medio del ejercicio cardiovascular (SGEEC), es importante conocer el tiempo de uso de dichos equipos en los gimnasios. Como se comentó anteriormente, la generación de electricidad está en función del tiempo, es decir entre más tiempo se ejerciten los usuarios sobre los equipos cardiovasculares, mayor energía se estará produciendo. Esto último está estrechamente relacionado con el porcentaje de utilización, a mayor electricidad producida mayor utilización que se traduce en una eficiencia más alta de la inversión realizada en el SGEEC. Para aumentar dicha eficiencia se debe conocer el porcentaje de utilización actual de los equipos y así crear estrategias para incrementar la utilización de los equipos.

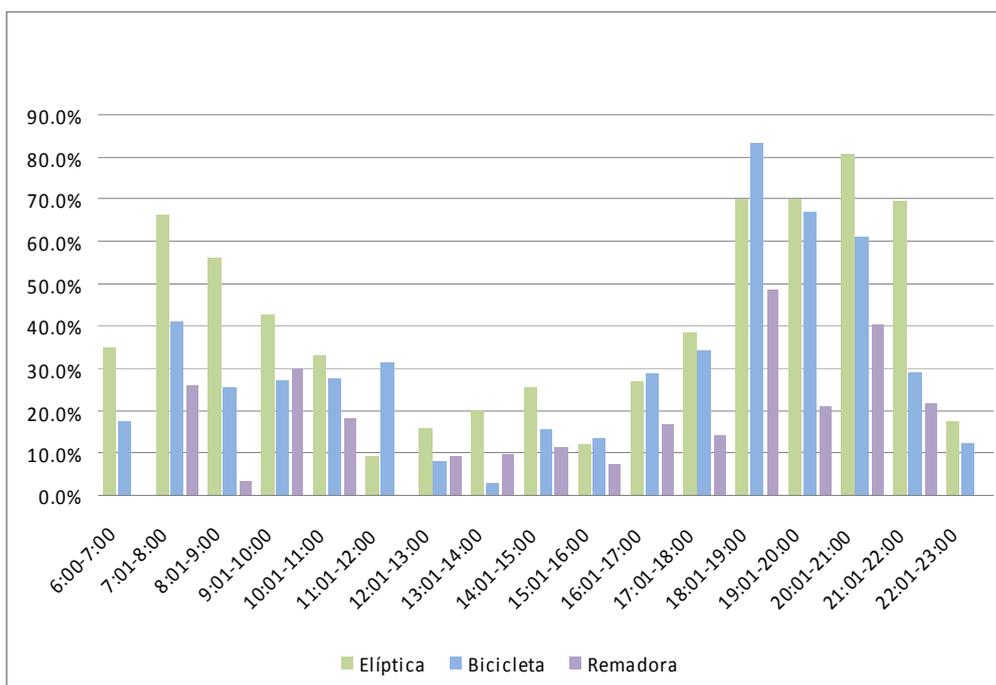
Para conocer la utilización actual de los equipos cardiovasculares se recurrió al registro de tiempos donde se encuentra la información necesaria para conocer el tiempo que se usaron los equipos durante un día y comparar dicho tiempo contra el total de tiempo disponible de utilización. Este último se refiere al máximo de horas que pudiesen ser utilizados los aparatos en un día (número de equipos multiplicado por las horas que el gimnasio se encuentra abierto en un día). (Véase tabla 19.)

Elíptica				Bicicleta				Remadora			
Horas de uso	T.E.* %	M	H	Horas de uso	T.E.* %	M	H	Horas de Uso	T.E.* %	M	H
110.48	<b>40.62%</b>	163	162	63.40	<b>31.08%</b>	124	76	11.19	<b>16.46%</b>	17	17

\*Tiempo Efectivo= Total Hrs. De Uso/ Total hrs. disponibles.

Tabla 19. Porcentaje de utilización de los equipos cardiovasculares en un día

El tiempo efectivo de utilización depende directamente de la duración de la rutina de cada usuario, así como del tránsito de usuarios en el área cardiovascular; para mostrar gráficamente los patrones de dicha utilización durante el día (véase gráfica 13). Las variaciones se deben a que el flujo de usuarios no es constante durante todo el día, sino que hay un patrón de uso en donde en las mañanas y en las noches ocurre el mayor flujo de personas. Además de esto, la gráfica muestra información más detallada: la elíptica generalmente es el equipo que mayor utilización tiene a lo largo del día, exceptuando las 6:00 pm donde la bicicleta registró mayor utilización.



**Gráfica 13. Utilización de los equipos cardiovasculares a lo largo del día**

Es importante destacar que los niveles de utilización son bajos durante todo el día a pesar del incremento en tráfico de usuarios durante las mañanas y noches. Como se muestra en la tabla 19, El porcentaje de utilización de la elíptica, el más alto de todos, es de 40.62%. En general, 30.04% del tiempo que el gimnasio abre las puertas a sus clientes, los equipos se utilizan. Esto significa que el gimnasio podría captar 2.3 veces más clientes de los actuales para llegar a una utilización del cien por ciento, siempre y cuando se distribuyan los usuarios en horas de baja utilización sin llegar a saturar la capacidad instalada durante ciertas horas. Es importante destacar que los resultados anteriores son con respecto a la capacidad instalada de los equipos cardiovasculares en estudio, sin tomar en cuenta las demás instalaciones del gimnasio. Esto significa que se está desaprovechando la capacidad instalada y a su vez es una oportunidad para que en el gimnasio en estudio se atraiga a más clientes de una forma más específica y se logren mayores porcentajes de utilización.

Atraer clientes de una forma más específica se refiere a ofrecer productos y servicios personalizados que se adaptan a un grupo específico de consumidores. Al conocer las horas de menor

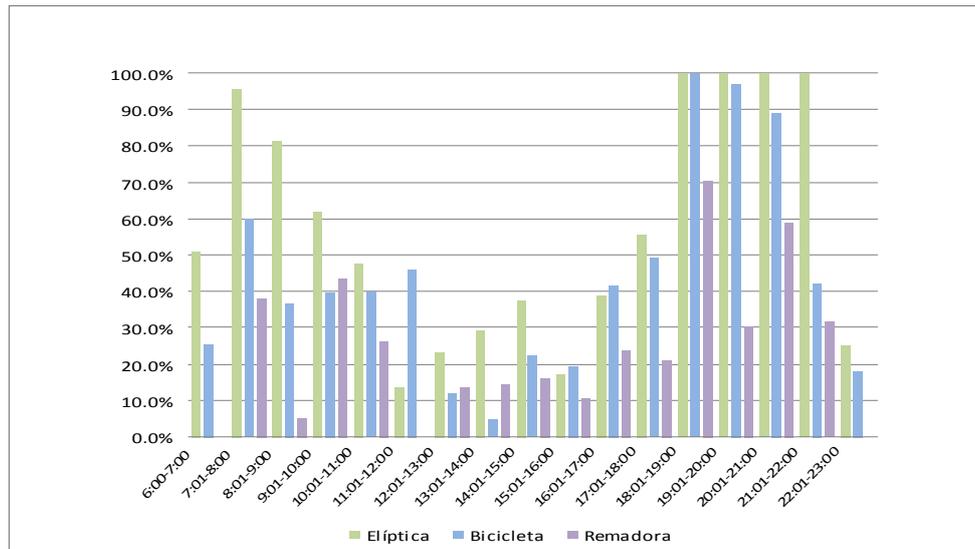
tráfico de clientes, el gimnasio puede crear membresías donde los clientes sólo asistan en dichas horas para aumentar el uso de la capacidad. Esto se puede lograr con membresías que estén limitadas por horarios, donde el cliente sólo pueda asistir a ejercitarse desde las 12:00 p.m. hasta las 5:00 p.m., horario que muestra la gráfica como el de menor actividad. Se puede pensar que al ofrecer membresías con menor costo, la misma empresa estaría canibalizando<sup>60</sup> su propio mercado en primera instancia. Si se analiza a fondo la situación y los patrones de uso de los gimnasios, se llega a la conclusión de que la canibalización no llega a ocurrir. Las personas que acuden a los gimnasios en la mañana y noche, horarios con mayor asistencia de usuarios, acuden generalmente por el hecho de que no cuentan con otra opción de horario. La mayoría de las personas que van por la mañana o por la noche trabajan o estudian, lo cual no les permite asistir a medio día al gimnasio. Dado esto, aunque quisieran asistir a medio día para pagar menos, les sería imposible por sus actividades diarias. Al ofrecer este esquema de precios relacionado con los horarios de uso, los gimnasios pueden captar un segmento de consumidores muy específico para ciertos horarios que antes, por las características generalizadas de sus productos les hubiese sido imposible captar. Producto de esta captación, el gimnasio aumenta la productividad de su capacidad instalada, además de generar más ingresos por el hecho de contar con más clientes, sin saturar su capacidad instalada durante las horas de mayor porcentaje de utilización (mañana y noche).

Este tipo de esfuerzos por parte de los dueños de los gimnasios en aumentar la producción de su capacidad instalada con el SGEEC contiene implícitamente la creación de una mejor relación cliente-gimnasio de la que antes se había comentado.

Al analizar el porcentaje de utilización de los equipos cardiovasculares con el aumento en la duración de las rutinas de los usuarios se encontró que dicho porcentaje es de 49.3% en lugar de 30.04%. Este incremento de casi veinte puntos porcentuales se debe al hecho de que los usuarios realizan más ejercicio cuando saben que al ejercitarse disminuyen su impacto ambiental. Este incremento puede observarse con mayor detalle en la gráfica 14; en el transcurso de la mañana la utilización aumenta sin llegar a su capacidad máxima mientras que en la noche si se llega a un cien por ciento de utilización.

---

<sup>60</sup> Canibalización empresarial, situación que ocurre cuando la venta de un producto causa la reducción de las ventas de otro producto de la misma empresa. Generalmente ocurre cuando uno de los productos es sustituto del otro.



Gráfica 14. Porcentaje de utilización en un día, más el incremento de la rutina debido al SGEEC

### 6.11. Impacto del SGEEC sobre la mente de los consumidores

Al terminar el análisis de la producción de electricidad en un gimnasio y cuantificar dicha producción en ahorros monetarios, se llega a la conclusión de que no es suficientemente atractivo para ser llevado a la práctica con los ahorros directos de la producción de electricidad, dado que dichos beneficios son insuficientes. Para lograr la viabilidad financiera del proyecto se examinaron otras alternativas para lograr la viabilidad deseada. Para esto, fue necesario analizar el problema desde un punto de vista distinto. Al estudiar todas las facetas del proyecto se identificó la parte comercial y su vínculo con los objetivos de un gimnasio. Desde el momento que en un gimnasio se ofrece un servicio, compite en un mercado donde hay una gran variedad de competidores tratando de captar el mayor número de clientes posibles dentro de su nicho de mercado previamente definido. Partiendo del punto anterior se encontró que el SGEEC tiene un gran potencial como herramienta para diferenciarse de los demás gimnasios. Para esto, es importante conocer de forma detallada qué impacto tiene sobre los consumidores para posteriormente cuantificar el beneficio económico de dicho impacto.

El equipo cardiovascular que aprovecha el ejercicio de las personas para generar electricidad en los gimnasios puede ser analizado como un factor de diferenciación entre los demás gimnasios que no cuenten con dicho sistema. Dentro de una sociedad demandante de servicios y productos con una menor huella de carbono, este tipo de sistemas pueden llegar a ser una gran ventaja competitiva debido a este concepto. Si bien la electricidad generada por medio del ejercicio cardiovascular no tiene un impacto considerable en términos de producción de electricidad, tiene el potencial para llegar a tener un efecto en la mente de los consumidores de estos servicios ya que se está aprovechando energía que antes era desperdiciada; es decir, que la energía del ejercicio cardiovascular sea aprovechada. Para aquellas personas que quieren disminuir su huella de carbono como individuos, que es una población en aumento, los gimnasios que cuenten con este tipo de sistemas pueden llegar a ser el motivo por el cual algunos usuarios se inclinan a seleccionarlos o no entre los demás gimnasios existentes en el mercado.

En este caso, el sistema de generación de electricidad por medio del ejercicio cardiovascular se considera una ventaja competitiva, como lo menciona Michael Porter en su libro *Ventaja competitiva*, “Lograr diferenciación significa que una firma intenta ser única en su industria en algunas dimensiones que son apreciadas extensamente por los compradores. Las áreas de la diferenciación pueden ser: producto, distribución, ventas, comercialización, servicio, imagen, etcétera” En este caso, el área de diferenciación sería el producto o servicio que ofrece el gimnasio, creando una posición defendible en la industria, con la finalidad de hacer frente, con éxito, a las fuerzas competitivas generando un retorno sobre la inversión.

Para cuantificar el impacto de esta ventaja competitiva que sería creada con la implantación del sistema en estudio, se incluyó la siguiente pregunta en las encuestas realizadas:

Al escoger un gimnasio, ¿Cuál es el nivel de importancia de los siguientes factores?: (alto, medio, bajo)

Instalaciones  
Gimnasio ecológico-SGEEC  
Ubicación  
Precio

La pregunta contempla los cuatro factores más importantes para los usuarios de gimnasios, resultado de una encuesta de menor tamaño. Aunado a esto la pregunta se estructuró con la finalidad de no causar un sesgo en las personas encuestadas. Esto se debe a que es preferible evitar preguntas directas sobre el tema en estudio, en este caso el SGEEC. Esto permite mezclar distintos factores dando lugar a una mayor variedad de respuestas con menor sesgo sobre el tema en cuestión. De esta forma se puede hacer un comparativo entre estos distintos factores (ventajas competitivas) para conocer sobre cuáles son los más importantes para los clientes. Para esto, se le asignó un valor de tres al nivel alto, dos al nivel medio y uno al nivel bajo. El factor que tiene mayor peso al momento de seleccionar un gimnasio es: “Instalaciones” seguido de “Ubicación”, “SGEEC”, “Precio”, respectivamente (véase tabla 20). Es importante destacar que el gimnasio con SGEEC está por encima del factor precio, por lo que asumiendo que n-gimnasios tuviesen las mismas instalaciones y ubicación, el promedio de los usuarios preferiría un gimnasio ecológico sobre uno que no lo fuese, a pesar de que el precio del ecológico estuviese por encima del precio del otro.

Nivel de importancia	
Factor	Puntuación
Instalaciones	885
Ubicación	864
SGEEC	795
Precio	780

Tabla 20. Nivel de importancia de los factores al seleccionar un gimnasio

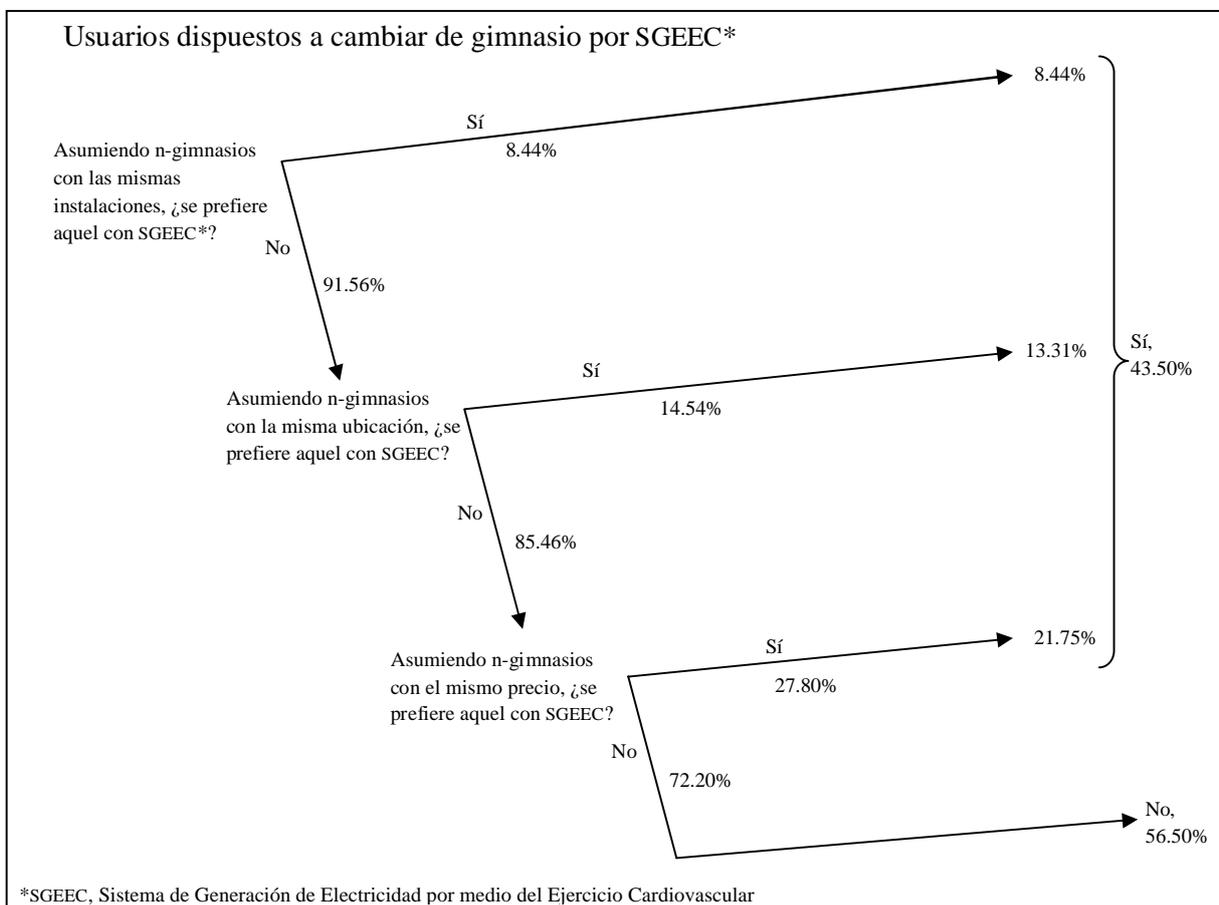
Mediante un análisis más detallado sobre la información recopilada se puede determinar implícitamente cuántos de los encuestados estarían dispuestos a cambiar de gimnasio en caso de que existiera uno con

SGEEC. Para obtener dichos resultados se analizó de la siguiente forma y con los supuestos que a continuación se detallan (véase Diagrama 2.)

Se realizó un comparativo de todos los factores contra el factor SGEEC en el orden de importancia para los usuarios. Para dicho estudio se hicieron los siguientes supuestos:

Los encuestados, como representantes de los usuarios de gimnasios, corresponden a una muestra representativa de aquellos que en algún momento realizan un comparativo sobre los distintos gimnasios que el mercado ofrece al momento de buscar y seleccionar uno.

Los cuatro factores en estudio son los únicos que afectan la decisión de elección de los usuarios potenciales de un gimnasio.



**Diagrama 2. Árbol de decisión, usuarios dispuestos a cambiar de gimnasio por SGEEC.**

Para realizar dicho análisis se limitó a los cuatro factores antes mencionados, considerando que están dentro de los preponderantes al momento de tomar una decisión. De esta forma, al hacer el primer comparativo entre Instalaciones y SGEEC se asume que los n-gimnasios en cuestión cuentan con instalaciones similares y aquellos encuestados que le hayan dado un nivel de importancia más alto a SGEEC se asume que sería suficiente para que seleccionaran el gimnasio con esta característica. Aquellos

que no, escalan al siguiente nivel de comparación, en donde sucede lo mismo cambiando el factor sucesivamente como se muestra en el árbol de decisión. (Véase Diagrama 2.)

Se puede concluir a partir del análisis anterior que 43.50% de los clientes potenciales de un gimnasio tendrían preferencia sobre el gimnasio que contara con SGEEC al momento de elegir entre n-gimnasios similares.

### 6.12. Estudio de mercado y aumento en la participación de mercado debido al SGEEC

Para ejemplificar el impacto que el SGEEC pudiese tener en el mercado, se hizo un estudio para conocer, a grandes rasgos, el número de clientes, participación de mercado, que pudiesen ser captados por el hecho de contar con el SGEEC. Esto con el objeto de cuantificar el potencial económico del proyecto.

Para este estudio se tomaron en cuenta los siguientes supuestos:

Debido a que los gimnasios seleccionados tienen características similares se asume que también el número de clientes es el mismo, aproximadamente 2,000 clientes por gimnasio. Para la obtención de estos datos se visitó a los gimnasios en cuestión, los cuales están señalizados en el Mapa 2., observando y contabilizando el número de aparatos cardiovasculares de cada tipo y preguntando al personal por el número de clientes activos. Debido a que los gimnasios estudiados cobran una mensualidad similar, se asume que sus clientes tienen preferencias similares ya que se encuentran dentro del mismo nivel socioeconómico.

Se estudiaron aquellos gimnasios que estuvieran a 1.2 km a la redonda del gimnasio bajo estudio, asumiendo que dentro de esta distancia cualquier gimnasio es considerado con la misma ubicación al momento de seleccionar uno.



Mapa 2. Estudio de mercado. Ubicación geográfica de gimnasios similares a 1.2km a la redonda del gimnasio en estudio<sup>61</sup>

Se realizó un estudio de los gimnasios señalados en el Mapa 1. para conocer el tamaño y tipo de instalaciones, así como los precios y servicios que ofrecen estos establecimientos para seleccionarlos. Se

<sup>61</sup> Google Maps, Ciudad de México. (Consulta 20/VI/2009) <http://maps.google.com/?ie=UTF8&ll=19.335928,-99.190922&spn=0.022637,0.044074&z=15>

llegó a la conclusión de que éstos son gimnasios con características similares, además de estar dentro del criterio de cercanía mencionado anteriormente de 1.2 km a la redonda del gimnasio en estudio.

A partir de los supuestos anteriores se construyó la siguiente tabla:

	SGEEC	Sin SGEEC			
	Gimnasio 1	Gimnasio 2	Gimnasio 3	Gimnasio 4	Gimnasio 5
Usuarios > 15 años	2000	2000	2000	2000	2000
Clientes captados por SGEEC	<b>3640</b>	-910	-910	-910	-910
Total	5640	1090	1090	1090	1090
% cambio	<b>182%</b>	-46%	-46%	-46%	-46%

Tabla 21. Nuevos clientes captados por preferencia a SGEEC

La tabla se construyó con los datos obtenidos en el capítulo previo “Impacto del SGEEC sobre la mente de los consumidores” donde se concluyó que 46% de los usuarios actuales de un gimnasio estarían dispuestos a cambiar de gimnasio por el hecho de contar con el SGEEC, ya que cambiar de gimnasio sólo significaría aprovechar la energía del ejercicio cardiovascular debido a que el gimnasio es prácticamente igual que sus competidores en instalaciones, precio y ubicación.

Al comparar los gimnasios disponibles con características similares en precio, ubicación, instalaciones, se calculó que por contar con SGEEC en el gimnasio en estudio se captarían 3,640 clientes nuevos provenientes de otros gimnasios, sin contar aquellos clientes nuevos que no están inscritos en ningún gimnasio.

Estos nuevos clientes captados significan un incremento de 182% en clientes mayores de 15 años del gimnasio debido al hecho de contar con el SGEEC. Esta cifra podrá parecer sumamente alta, sin embargo si se considera que el estudio se realizó sobre gimnasios similares que cuentan con instalaciones, precios y ubicaciones similares el SGEEC se convierte en una gran ventaja competitiva que los usuarios querrán tener, ya que para ellos no significa ningún sacrificio o cambio significativo pero si un beneficio al medio ambiente. Retomando el aumento en la captación de clientes, esto puede interpretarse como un 182% de incremento en los ingresos de dicho gimnasio, siempre y cuando pudiese absorber dicha demanda, ampliando su capacidad instalada actual.

Si el promedio de las mensualidades de los gimnasios del estudio de mercado resultó ser de \$985.00 por persona, se registraría un aumento de \$3,585,400.00 MXN mensuales en los ingresos de dicho gimnasio proveniente de los clientes nuevos captados gracias a la instalación del SGEEC. Cabe mencionar que absorber dicha cantidad de clientes significaría una inversión adicional en capacidad instalada para dar servicio a la demanda generada por el SGEEC. Más adelante se estudia dicho escenario.

Con este breve estudio de mercado y cálculo se puede detectar el gran potencial económico de este proyecto. En un principio, se tenía como principal objetivo encontrar el ahorro directo por medio

de la generación de electricidad a partir del ejercicio cardiovascular. Este ahorro proviene de la emisión de CERs o VERs y el ahorro en el consumo de electricidad. Al calcular los ahorros antes mencionados el ingreso proveniente de dichos instrumentos es bajo (\$6,348 anualmente) para costear la inversión que implica la implantación de un SGEEC (2,000\$USD por equipo cardiovascular). Del análisis del proyecto se desprende que, además de los ahorros directos que genera el sistema, hay beneficios implícitos adicionales; uno de ellos es el impacto positivo que tiene sobre los consumidores, donde la cultura creciente por el cuidado del medio ambiente ha creado una sociedad demandante de servicios con menor impacto al medio ambiente o carbón neutral. Cuantificar y estudiar este efecto como una ventaja competitiva sobre los demás gimnasios tiene un gran valor económico, ya que gracias a la implantación de un SGEEC se pueden captar clientes de otros gimnasios por la simple razón de contar con dicho sistema.

### 6.13. Proyección del flujo económico del proyecto

Es aquí donde el sistema agrega un valor a la empresa y donde el sistema se vuelve económicamente atractivo para los inversionistas. Para conocer el valor que agrega la implantación de dicho sistema se realizó el cálculo del Valor Presente Neto de dicha inversión. Se hicieron los siguientes supuestos para calcular el flujo de dicha operación:

El costo de los equipos es de \$2,000.00 USD<sup>62</sup> (\$2,777,500.00 MXN<sup>63</sup>) dentro de un escenario sumamente conservador, ya que debido a la curva de aprendizaje el precio de los equipos podría llegar a ser cuantitativamente alto inicialmente. Es importante mencionar que el costo del equipo es una estimación aproximada y conservadora con el simple motivo de dejar un amplio margen debido al nivel de incertidumbre en estas tempranas etapas de la investigación.

La inversión inicial que representa la instalación del SGEEC es amortizada durante el primer año. No es hasta el final del primer año que se empieza a captar el flujo de nuevos clientes debido al SGEEC.

La captación de nuevos clientes debido a la implantación del SGEEC se estabiliza hasta el quinto año en una proporción de 30% del segundo al cuarto año y el quinto año, 10%. Es decir, los 3,640 clientes se absorben en las proporciones mencionadas, así como los ingresos que representan dichos clientes para el gimnasio.

Debido a los nuevos clientes captados es necesario aumentar la capacidad instalada en la misma proporción en que aumentan los nuevos clientes. La inversión de estos equipos adicionales se realiza conforme se van absorbiendo los nuevos clientes. Esto es, asumiendo que no se desean

---

<sup>62</sup> Valor obtenido del estudio realizado en Hong Kong por el Ing. Lucien Gambarota. Se decidió utilizar el doble del costo registrado para dicho estudio debido a costos adicionales como desarrollo del producto, investigación etc. Jane Spencer, "While you're at it, Why not generate a Little Electricity", en *Wall Street Journal*, marzo de 2007. (Consulta: 23/VI/2009). [http://online.wsj.com/public/article/SB117270857656222691-3qllxXq2db3gi3uvYIQ53I8a\\_ak\\_20070308.html?mod=blogs](http://online.wsj.com/public/article/SB117270857656222691-3qllxXq2db3gi3uvYIQ53I8a_ak_20070308.html?mod=blogs)

<sup>63</sup> \$13.50MXN/\$US, Tipo de cambio promedio (oct.2008-oct 2009), Banco de México, "Mercado Cambiario", Dólar 2008-2009. (Consulta: 30/X/2009). <http://www.banxico.org.mx/PortalesEspecializados/tiposCambio/TiposCambio.html>

aumentar los niveles de utilización, ya que como se menciona anteriormente, es un escenario conservador.

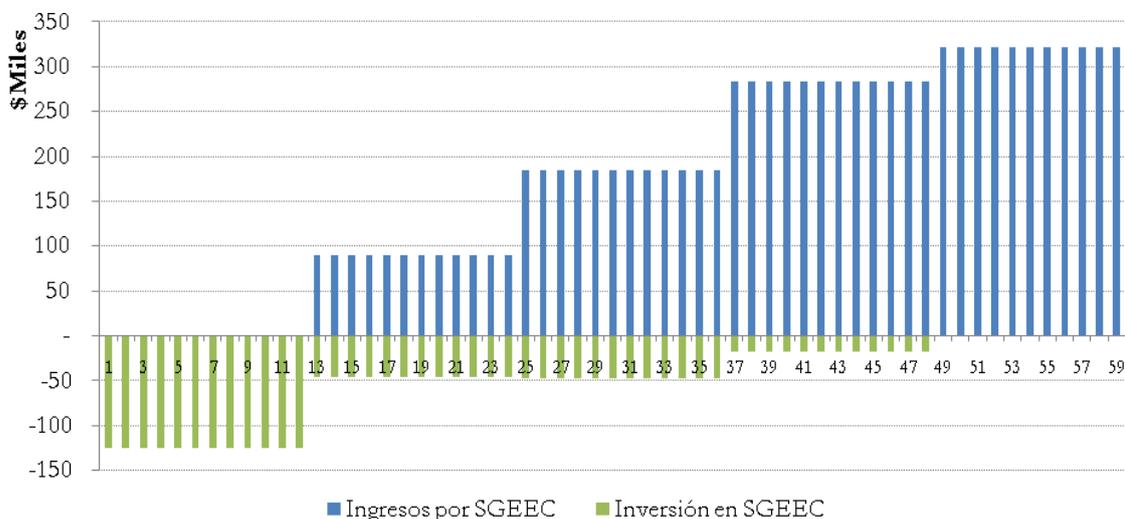
Para este estudio no se tomarán en cuenta los incrementos en la duración de las rutinas diarias, simplemente se estudiará con las condiciones actuales en lo que respecta a hábitos de uso y preferencias de los usuarios.

Para darle más flexibilidad al proyecto, los ingresos por los bonos de carbono no son contabilizados.

Los ingresos provenientes de los nuevos clientes tienen una inflación anual de 2.5% por debajo de los niveles de los últimos años, ya que se trata de un escenario conservador.<sup>64</sup>

El valor presente neto es calculado durante cinco años, considerando la absorción de los clientes y el beneficio total de la inversión.

El flujo resultante se muestra en la gráfica 15, en donde se pueden observar los supuestos antes mencionados. En el primer año sólo hay inversión y es hasta el segundo año cuando, gracias a la instalación del SGEEC, se genera un flujo positivo debido a los nuevos clientes atraídos por dicho sistema y paulatinamente se va absorbiendo el total de clientes a lo largo de los siguientes tres años, mientras que se continúa la inversión para aumentar la capacidad instalada del gimnasio por el incremento de clientes. Cabe mencionar que para fines prácticos se asume que el gimnasio cuenta con el espacio suficiente para aumentar su capacidad instalada.

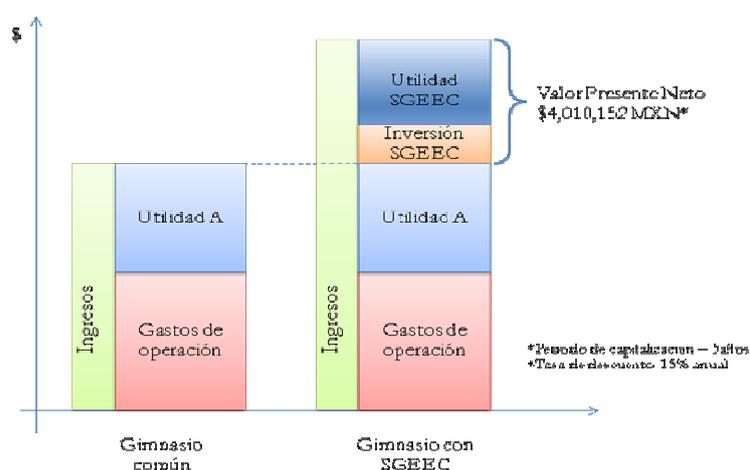


Gráfica 15. Flujo durante los primeros 60 meses de la puesta en marcha de un SGEEC en un gimnasio.

<sup>64</sup> Dos por ciento menor al Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) anual (octubre de 2009), Banco de México, "Inflación", INPC 2009. (Consulta 30/X/2009) <http://www.banxico.org.mx/PortalesEspecializados/inflacion/inflacion.html>

### 6.13.1. Análisis en el dinero nuevo de la inversión y su Valor Presente Neto

Es importante hacer notar que este análisis es sobre el dinero nuevo invertido en el SGEEC, donde se puede analizar un gimnasio que ya se encuentra en operación y realizará dicha inversión. De ser así, los flujos que generen los clientes nuevos adquiridos por dicha inversión pueden ser vistos como utilidad neta después de descontar la amortización de esta operación. Los costos fijos en los que incurre un gimnasio en operación, entre ellos, nómina, impuestos, equipo, etcétera, son cubiertos desde antes de la inversión, es decir, por los ingresos A (véase gráfica 16) generando una utilidad A. De este modo, con o sin inversión, el gimnasio incurre en los gastos de operación antes mencionados, como se observa en la gráfica 16; la misma base se mantiene en los dos escenarios, sin embargo, en caso de realizar la inversión en el SGEEC se genera un nuevo flujo de ingresos (por encima de la línea punteada) debido a dicha inversión, el cual puede ser examinado independientemente. Al analizar la inversión de esta manera, la más atractiva, se crea una desventaja para el proyecto, en donde el campo de aplicación de dicho sistema se ve limitado a sólo aquellos gimnasios que se encuentren en el mercado y completamente estabilizados. Esto último, refiriéndose a la operación del negocio que por sí solo puede cubrir sus gastos y generar cierta utilidad sobre el costo de operación.



Gráfica 16. Valor Presente Neto del dinero nuevo invertido en el SGEEC.

### 6.13.2. Sensibilidad del Valor Presente Neto

Para ahondar más en este análisis, se realizó un estudio de sensibilidad para observar y encontrar qué es lo que más afecta al valor presente neto, variando el periodo de capitalización y la tasa de descuento. (Véase Tabla 22.) Dentro de las variables estudiadas para la sensibilidad del VPN se encuentran la tasa de descuento, así como la vida útil del proyecto o periodo de capitalización. Se determinó que el proyecto es sumamente sensible al periodo de capitalización,<sup>65</sup> mientras que la tasa de descuento no logra tener un impacto considerable. La sensibilidad al periodo de capitalización se debe a que los flujos mensuales son altos debido al pago de mensualidades de los nuevos clientes captados gracias al SGEEC y esto provoca que al dejar de capitalizar un año el valor presente neto disminuye considerablemente. Sin

<sup>65</sup> Se refiere a la vida económicamente útil de la inversión a descontar.

embargo, en cualquier escenario de cinco años de la tabla 22 el valor presente neto es positivo, lo cual significa que el proyecto agrega valor a la empresa. Esto se debe principalmente a que la absorción de los nuevos clientes no se termina hasta los cinco años obteniendo el mayor beneficio posible del proyecto. El periodo de capitalización es limitado por la vida útil de los equipos cardiovasculares, para esto se aprovecharon las visitas realizadas a los gimnasios para conocer la frecuencia con la que los equipos cardiovasculares son renovados; encontrando que dicho periodo varía entre cuatro y cinco años.

		Periodos de capitalización		
		2 años	3 años	5 años
T.D. *	10%	\$(964,581)	\$307,536	\$5,010,249
	15%	\$(961,171)	\$161,171	<b>\$4,010,152</b>
	25%	\$(950,691)	\$(75,201)	\$2,515,750
	<b>TIR</b>	N/A	21.50%	65.75%

\*T.D. Tasa de descuento

**Tabla22. Valor presente neto, tabla de sensibilidad.**

Con estas cantidades se puede concluir que el valor que tiene que implantar un sistema de generación de electricidad por medio del ejercicio cardiovascular en un gimnasio ya en operación es económicamente atractivo para cualquier inversionista, debido al efecto sobre los clientes al momento de seleccionar un gimnasio. Esto trae como consecuencia una demanda sustancial de este tipo de servicios, ya que su impacto es menor en el medio ambiente que en el resto de los gimnasios. En otras palabras, la implantación del SGEEC le permite al gimnasio aumentar su participación de mercado cuantitativamente, lo que se refleja en una inversión con retornos atractivos.

Asimismo, la tasa interna de retorno para los periodos de cinco y tres años es sumamente atractiva, significa que el valor presente neto es cero a esta tasa (punto de equilibrio). Además del concepto de la TIR se puede analizar desde un caso más práctico en donde, por ejemplo, se va a utilizar un financiamiento con una tasa de interés  $i$  para llevar a cabo la inversión del proyecto. En caso de que  $i$  fuese mayor a la TIR significa que el VPN dará negativo sustrayendo valor a la empresa. Es decir la TIR también sirve para fijar un máximo para el costo del capital, así como el costo de oportunidad de dicha inversión.

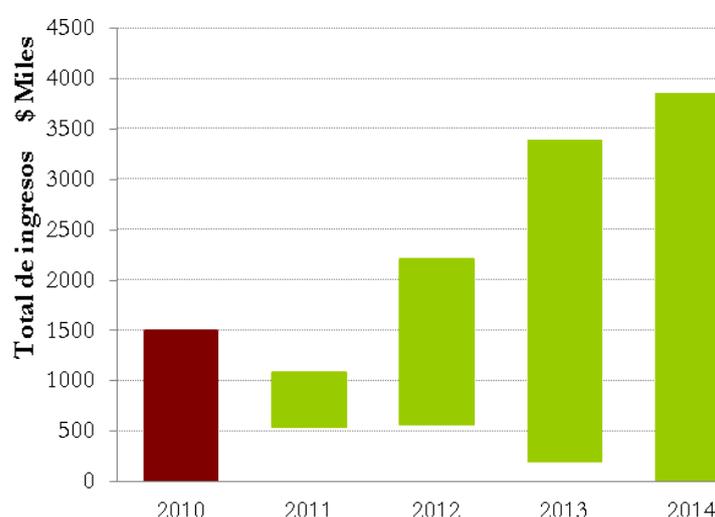
### **6.13.3. Análisis de flujos de cascada**

Este tipo de análisis se utiliza con frecuencia en los modelos financieros para mostrar de una forma gráfica y clara los flujos del proyecto de una forma resumida, concisa y con gran cantidad de información (véase gráfica 17). En esta gráfica se muestran los flujos de efectivo netos y el retorno sobre la inversión, en donde los de color rojo representan un flujo negativo mientras que los verdes uno positivo. Así se puede analizar geométricamente la inversión realizada donde por año se puede ver fácilmente el retorno de la inversión, siendo los bloques los flujos netos de la operación y su altura inicial (espacio por debajo) la inversión realizada en dicho año. En este caso se observa que en 2010 la inversión realizada es de aproximadamente \$1.5 millones, en 2012 la inversión fue aproximadamente de \$ 0.5 millones

mientras que el ingreso fue de 1.6 millones. Dicha relación costo/ingreso se aprecia gráficamente a simple vista.

$$\text{Múltiplo de Capital} = \frac{\text{Ingresos (costo + utilidad)}}{\text{Inversión (costo)}}$$

El múltiplo de capital, otro indicador utilizado por los inversionistas, sirve para conocer el retorno de la inversión. Para el cálculo de los ingresos y egresos se utiliza la suma aritmética de los flujos de la operación. Para la inversión del SGEEC el múltiplo de capital es de 2.74x. Es importante mencionar que la utilidad después de gastos de operación se calcula con base en el concepto del nuevo dinero antes mencionado por lo cual el único costo es el de los equipos con SGEEC, de ahí que los indicadores sean bastante atractivos en comparación con otras posibilidades de inversión.



Gráfica 17. Análisis en cascada de la inversión para el SGEEC

#### 6.13.4. Margen de seguridad en las proyecciones económicas

El punto de equilibrio con relación al número de clientes captados debido al SGEEC es de 13.07%, es decir, es el mínimo necesario de personas que estarían dispuestas a seleccionar un gimnasio con SGEEC para que la inversión se recupere en cinco años. Esto representa 1,046 nuevos clientes captados; a partir del siguiente cliente captado se estaría agregando valor a la empresa. Desde una perspectiva más amplia, captar 13.07% es relativamente comprensible si se compara con el dato obtenido de las encuestas donde 43.50% de los clientes potenciales estarían dispuestos a cambiarse de gimnasio por el hecho de contar con el SGEEC, lo que daría un margen de treinta puntos porcentuales. Este margen indica un menor riesgo en la inversión dando mayor campo a los efectos de factores que no son considerados en este estudio y pudieran tener un impacto sobre el resultado. Es importante resaltar que el estudio de las preferencias del mercado por medio de las trescientas ocho encuestas sólo fue un acercamiento que resultó positivo y de gran beneficio para el proyecto. Ahora que se conoce que el mercado está interesado en este tipo de servicios se debe hacer una investigación más a fondo para

entender con mayor claridad sus necesidades y así alinear correctamente el proyecto con el consumidor. Dados los alcances de esta tesis no se continuó con dicha investigación.

#### 6.13.5. **Potencial sobre beneficios fiscales otorgados por el gobierno**

Hoy es una práctica común de los gobiernos locales y federales en el mundo crear y otorgar incentivos fiscales a aquellos que desarrollen algún tipo de proyecto en beneficio de la sociedad. En el caso particular sobre el cambio climático y el impacto de los seres humanos sobre el medio ambiente, los gobiernos promueven prácticas que disminuyan dicho impacto y que ayuden a garantizar el futuro de sus sociedades basándose en la sustentabilidad. Esto es políticamente favorable porque se mejora el nivel de vida de los habitantes a corto y largo plazo.

Por ello, el gobierno de la Ciudad de México creó el Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables (PCES) el 8 de noviembre del 2008 con la finalidad de promover el uso adecuado del agua, de energía, entre otros recursos naturales, así como su optimación ante la creciente demanda de dichos recursos.

A partir de 1994 en el mundo se han creado planes semejantes tanto en:

Estados Unidos de América-The Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)

Reino Unido- Code for Sustainable Homes

Canadá-EnerGuide

Australia-House Energy Rating

El programa de la Ciudad de México se enfoca en cinco rubros principales y funciona sobre puntuación que se le asigna a diferentes rubros en relación con los puntos anteriores y dependiendo de las cualidades de la edificación se alcanzan distintos niveles de certificación.

<b>Categoría</b>	<b>Puntos</b>
Energía	25
Agua	25
Residuos	10
Calidad de vida	25
Impacto ambiental	15
<b>Total</b>	<b>100</b>

Tabla 23. Sistema de puntuación PCES<sup>66</sup>

<sup>66</sup> Administración Pública del Distrito Federal, *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, 25 de noviembre de 2008, núm. 470, pp..8-16.(Consulta: 20/XII/2009) [http://www.consejeria.df.gob.mx/gaceta/pdf/NOVIEMBRE\\_25\\_08.pdf](http://www.consejeria.df.gob.mx/gaceta/pdf/NOVIEMBRE_25_08.pdf)

El rubro de energía establece que en caso de contar con sistemas de generación de energía de nueva tecnología se podrá otorgar hasta ocho puntos adicionales sobre los 25 asignados, y se contribuiría a obtener la puntuación correspondiente a energía.

Conforme a la ponderación obtenida, se califica para distintos niveles y sus respectivos beneficios como se muestra a continuación.

Niveles de certificación	Puntos	Beneficios
Cumplimiento	21-50	Ahorros en pago de luz, agua y otros
Eficiencia	51-80	Beneficios de cumplimiento más: 15% de descuento en el impuesto predial Simplificación administrativa Posibles financiamientos a tasas preferenciales Posibles reducciones en primas de seguros
Excelencia	81-100	Beneficios de eficiencia más: 30% de descuento en el impuesto predial Financiamiento para programas de ahorro de energía Cuotas preferenciales en los derechos de agua

Tabla24. Niveles de certificación.<sup>67</sup>

Como se puede observar, los beneficios directos son hasta 30% de descuento en el impuesto predial que para ciertas propiedades de gran tamaño, como algunos gimnasios, pueden llegar a tener un peso importante, lo que redundaría en gran beneficio para la empresa. De este modo la instalación del SGEEC contribuye a obtener alrededor de 30% de ahorro en impuestos.

Es importante destacar que no se hace un estudio más a fondo ya que el Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables se encuentra en su primera fase, donde sólo aplican hogares y oficinas. Sin embargo, se piensa que se trata de una prueba piloto para lanzar distintos programas que fomenten estas prácticas en todo tipo de construcción, negocio y uso de suelo.

En caso de un programa similar al PCES que aplique para la certificación de gimnasios se volverá aun más atractivo el SGEEC debido a los beneficios fiscales que otorgan los gobiernos para promover la implantación de este tipo de proyectos.

<sup>67</sup> *Ibidem.*

---

## Conclusión

El análisis del Sistema de Generación de Electricidad por medio del Ejercicio Cardiovascular desde distintos puntos de vista permitió captar el potencial total de este proyecto. Al encontrar los distintos beneficios que puede aportar el sistema se observó el gran impacto que pudiera tener en caso de desarrollar la tecnología necesaria para su implantación y uso en los gimnasios alrededor de México y el mundo. Es un sistema que mejora la situación actual en cualquier aspecto que ha sido tocado anteriormente, en otras palabras, si se analiza la situación “antes y después” se encontrará que el sistema siempre aporta un beneficio, ser útil a la sociedad, objeto principal de esta investigación.

Es de suma importancia comprender en su totalidad los beneficios potenciales del sistema a la sociedad mexicana para encontrar realmente el valor de dicho proyecto (Objetivo 1). Al evaluar el valor total del proyecto se vuelve atractivo para cualquier inversionista debido al costo de oportunidad, es decir, los inversionistas siempre buscan maximizar la utilidad de su dinero; de haber en el mercado una opción con mejor retorno que la del proyecto, será sumamente difícil conseguir inversionistas, con lo que la viabilidad y continuidad del proyecto estarían en riesgo.

### Beneficios económicos

Los beneficios monetarios provenientes de este proyecto pueden ser muchos y de distinta naturaleza como fueron analizados a lo largo de esta investigación. Primeramente se puede separar en:

#### Directos

- Son aquellos que provienen, como su nombre lo indica, de la generación de energía por medio del ejercicio cardiovascular en los gimnasios. Una empresa al generar un recurso que antes era adquirido de un proveedor externo, obtiene un ahorro siempre y cuando la generación tenga un costo menor que la opción de conseguirlo de una fuente externa. Sin embargo, si la producción de dicho recurso proviene de una actividad que antes no era aprovechada para la producción de electricidad, es un caso distinto, en donde el ahorro es directo ya que se aumenta la eficiencia del sistema en operación.
- La cantidad de electricidad producida y a su vez ahorrada por el hecho de aprovechar el ejercicio cardiovascular realizado por las personas en un año son **3.84 MWh** (Objetivo 2) lo cual se traduce a un ahorro anual de \$4,243.00 en el cargo de consumo de luz. Es verdad que este ahorro es insignificante ante el costo de los equipos antes mencionados y la amortización de dicha inversión con este ahorro tardaría varios años; no obstante, es importante resaltar que la electricidad en México se encuentra subsidiada, lo que significa que el ahorro actual es mucho menor de lo que es realmente. En el momento que el subsidio gubernamental sea retirado o en países donde no exista dicho beneficio, el ahorro en la cuenta de electricidad será aun más considerable.

Debido a que el ahorro directo de la generación de electricidad es insuficiente para hacer económicamente atractivo el proyecto, se buscaron distintos beneficios adicionales e implícitos en la implantación del sistema en un gimnasio, los cuales se mencionan a continuación:

#### Indirectos

- Dentro de los beneficios económicos indirectos están los bonos de carbono los cuales es necesario registrar incurriendo en un gasto que, de ser suficientemente grande, el proyecto se podría amortizar dentro de un tiempo razonable. Hay bonos programáticos que permiten unir Mecanismos de Desarrollo Limpio en caso de ser fácilmente replicables y de pequeña escala, como el SGEEC. Basta con registrar la marca de los equipos cardiovasculares como un MDL programático para que cualquier gimnasio que instale dicho sistema sea parte de dicho proyecto. El ahorro por la emisión de CERs o VERs es de aproximadamente \$2,141.39 MXN/año o \$1,090.44 MXN/año respectivamente.
- Se determinó que los usuarios de los equipos cardiovasculares en un gimnasio están dispuestos a aumentar su rutina diaria con tal de reducir el impacto al medio ambiente. Esto se puede analizar como una motivación adicional para las personas a hacer ejercicio, lo cual se refleja en una mayor producción de electricidad en 40.45%. (Objetivo 4)
- Al tener como objetivo aumentar la utilización de los equipos cardiovasculares para maximizar el retorno de la inversión realizada, el gimnasio crea una mejor relación usuario-gimnasio y aminora la rotación de clientes. Esto tiene como impacto económico una reducción en gastos de publicidad para atraer nuevos clientes; es de cinco a diez veces más costoso atraer un nuevo cliente que mantenerlo. Una disminución en 5% de deserción de clientes representa un aumento en la utilidad de 25% a 85%.
- El Sistema de Generación de Energía Eléctrica por medio del Ejercicio Cardiovascular (SGEEC) tiene un gran peso en la mente de los consumidores al momento de elegir un gimnasio. Alrededor de 43% (Objetivo 5) de los usuarios estaría dispuesto a cambiar de gimnasio a uno que cuente con el SGEEC, siempre y cuando sean similares. Esto representa un Valor Presente Neto de \$4,010,156 MXN (Objetivo 3) siendo la vida económicamente útil del proyecto cinco años. Cabe mencionar que este resultado es particular al gimnasio en estudio, el cual cuenta con cuatro competidores en la misma ubicación y con características similares. Ya que el flujo para el cálculo del valor presente neto toma en cuenta la cantidad de competidores similares y a su vez el aumento de la participación de mercado para el gimnasio con SGEEC, los resultados de VPN varían dependiendo del gimnasio en estudio.

El beneficio económico sobre el aumento en la participación de mercado gracias al SGEEC resulta ser el principal atractivo económico para los inversionistas, ya que además de dar un VPN positivo, la inversión se recupera en el tercer año de operación y con un

Múltiplo de Capital de 2.74x y una TIR entre 21.5% como mínimo hasta 65.75% como máximo, dependiendo del escenario en estudio. Estos indicadores convierten al proyecto en algo sumamente atractivo para cualquier inversionista debido al costo de oportunidad. Comparando con otras inversiones, por ejemplo en bienes raíces, hoy se busca dentro de esta industria una TIR de 18 % y un Múltiplo de Capital de 1.6x, aproximadamente. Esto indica que el proyecto está a la altura de competir financieramente contra otros proyectos ante los ojos de un inversionista. La razón por la cual se compara la inversión contra la industria de bienes raíces es por la naturaleza de dicho establecimiento, siendo un bien raíz que se adquiere y administra para lograr obtener flujos positivos mensualmente durante la vida del proyecto. La inversión en el SGEEC se puede estudiar de la misma forma como se estudiaría la renovación de un edificio de oficinas y por eso las rentas aumentarían y por lo tanto los flujos, tal y como fue estudiada la inversión en el sistema de generación de electricidad por medio del ejercicio cardiovascular.

Beneficios anuales (\$)	Caso base (CB)	Caso 1 = CB +40.45% aumento en rutina	Caso 1+3640 clientes nuevos
CERs	\$2,141	\$3,008	\$8,500
VERs	\$1,090	\$1,532	\$4,329
Cuenta de luz	\$4,243	\$5,959	\$16,843
Nuevos clientes	\$-	\$-	\$2,106,144
Reducción 5% deserción de clientes	+25% -> 85% utilidades	+25% -> 85% utilidades	+25% -> 85% utilidades
<b>Total</b>	<b>\$6,384</b>	<b>\$8,967</b>	<b>\$2,135,816</b>

Tabla25. Beneficios económicos potenciales para un gimnasio al instalar el SGEEC.

### Beneficios sociales

Es importante destacar los beneficios sociales que la implantación de este sistema generará en la sociedad donde se instale, en este caso, en la comunidad del gimnasio. Sin embargo, se debe tener en mente que el proyecto tiene potencial suficiente para ser desarrollado junto con el gobierno por el impacto que tiene en la sociedad. Un sistema que motiva a la gente de una forma innovadora a realizar ejercicio cardiovascular y reducir emisiones de GEIs como fuente innovadora de energía, está plenamente relacionado con la salud de las personas y, a su vez, con la salud de la sociedad en general. Debido a los alcances de esta investigación no es posible cuantificar los beneficios adicionales a la salud que serían adquiridos por una persona al aumentar su rutina diaria. Sin embargo, está comprobado que dicho beneficio se da porque 91% de las personas están dispuestas a aumentar su rutina de ejercicio para generar electricidad. Es por esto que sería interesante ver la posibilidad de trabajar con el gobierno en un proyecto conjunto para instalar gimnasios que cuenten con el SGEEC y que estén al alcance de toda la población mexicana. Así se aplicaría una estrategia preventiva, no reactiva, para atender uno de

los principales problemas de salud en México, la obesidad, enfermedad crónica que afecta a 24.2% de los mexicanos y es la principal causa de enfermedades:

Cardiovasculares (especialmente cardiopatías y los accidentes vasculares cerebrales), que ya constituyen la principal causa de muerte en todo el mundo, con 17 millones de muertes anuales.

Diabetes, que se ha transformado rápidamente en una epidemia mundial. La OMS calcula que las muertes por diabetes aumentarán en todo el mundo en más de 50% en los próximos diez años.

Del aparato locomotor, y en particular la artrosis.

Algunos cánceres, como los de endometrio, mama y colon.<sup>68</sup>

Dentro de las principales cinco recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud para prevenir la obesidad y el sobrepeso está “Aumentar la actividad física (al menos 30 minutos de actividad física regular, de intensidad moderada, la mayoría de los días).” Si el SGEEC motiva a 91% de las personas a realizar 40.45% más ejercicio, significa que directamente contribuye a evitar la obesidad y el sobrepeso.

Los gimnasios actualmente son una alternativa a los parques y áreas verdes de recreación por la falta de espacio en las urbes. Debido a esto, el número de gimnasios se irá incrementando en las ciudades, ya sean privados o públicos. En este último caso es sumamente importante por parte de las autoridades ofrecer instalaciones para realizar ejercicio y a su vez motivar a la población a utilizarlas. Esto es especialmente importante para los sectores más vulnerables de la sociedad (escasos recursos), cuyas opciones de alimentación y entornos en los que viven son más limitados.

Las consecuencias de la obesidad y sobrepeso se reducirán en la medida que enfrentemos este problema de manera preventiva y será posible reaccionar con mayor tiempo ante imprevistos que pudiesen surgir. Asimismo, los costos de atención a dicho problema se reducirán en beneficio del gasto público que representa la atención a dichas enfermedades (0.5% PIB).

### **Beneficios ambientales**

El beneficio ambiental que se obtiene del Sistema de Generación de Electricidad por medio del Ejercicio Cardiovascular es el ahorro en toneladas de carbono. Si bien el ahorro de un gimnasio no es una cantidad significativa para tener relevancia en el marco regulatorio del medio ambiente, si lo es cuando atañe a varios gimnasios. En este caso el beneficio sería enorme, al reducirse las emisiones de GEI por la electricidad ahorrada; los hidrocarburos ahorrados podrán ser usados en mejores aplicaciones que su combustión, además de reducir el impacto que las actividades del ser humano tienen sobre el calentamiento global. Es importante mencionar que esta investigación es una acción independiente y aislada para disminuir el impacto en el medio ambiente que conlleva realizar ejercicio en gimnasios,

---

<sup>68</sup> Organización Mundial de la Salud, “Obesidad”. (Consulta 15/XII/2009)  
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/index.html>

como actividad humana. Lo relevante será encontrar tecnologías que contribuyan a reducir dicho impacto en todas y cada una de las actividades que el ser humano realiza.

En la actualidad hay el debate sobre si el calentamiento global es causa de la actividad humana o simplemente es un proceso natural de la tierra, lo cual está teniendo grandes consecuencias ya que crea la incertidumbre de si la actividad humana es la causa o no de dicho calentamiento y si es necesario tomar acciones para contrarrestar dicho efecto. Sin embargo, este es simplemente un punto de vista muy particular y enfocado únicamente a un problema. Las tecnologías que hoy se crean para disminuir el efecto del calentamiento global, desde un punto de vista más amplio, emiten menos GEI, consumen menos combustible, aprovechan fuentes de energía renovables que antes eran desaprovechadas, todo esto al final de cuentas significa mayor eficiencia, mayor productividad, mejor aprovechamiento de los recursos, con lo que se garantiza el futuro de la sociedad humana y se mejora el nivel de vida de cada uno de los habitantes. Para esto, es necesaria la creación de proyectos de esta índole en cada una de las actividades del ser humano, obligándonos a observar el mundo con ojos más críticos y así encontrar una mejor manera de aprovechar los recursos una y otra vez que nos lleve a un círculo recurrente donde “el después” siempre es mejor que “el antes”.

### **Beneficios académicos**

Como se comentó, el motivo principal de esta investigación es estudiar la posibilidad de un SGEEC en los gimnasios de la ciudad, así como su potencial económico y social. Además, se presentan las bases necesarias para iniciar una línea de investigación dentro de la Universidad para desarrollar el SGEEC. De ser el caso sería una línea de investigación multidisciplinaria que ocuparía:

Ingeniería mecánica, diseño y optimación de mecanismos para la transformación de la energía mecánica en eléctrica.

Ingeniería industrial, logística, diseño de la producción a gran escala, calidad, análisis competitivo y estratégico del proyecto, así como su valuación.

Ingeniería eléctrica y electrónica, sistemas eléctricos y electrónicos destinados a la generación, captación y almacenamiento de la electricidad.

Ingeniería ambiental, certificación de bonos de carbono, sustentabilidad dentro del gimnasio.

Ingeniería en sistemas, programación de código para el *software* necesario para la medición y optimación de los sistemas eléctricos.

Diseñadores industriales, ergonomía, diseño y funcionalidad en los equipos cardiovasculares.

Abogados, propiedad intelectual necesaria para la protección del proyecto.

La conjunción de distintas disciplinas de una manera organizada y bien encauzada, además de los beneficios antes mencionados, favorece el trabajo multidisciplinario de alumnos y académicos de esta Universidad, obligando a cada uno de sus miembros a informarse de todo lo relacionado con el

proyecto. Como resultado, se estaría creando un ambiente similar al que se puede encontrar en el mundo profesional donde hay equipos multidisciplinarios e internacionales para el desarrollo de un producto o tecnología.

Como se puede observar después de analizar cada uno de los beneficios que aporta el SGEEC, todos están sumamente relacionados, ya que un beneficio social se convierte en un beneficio económico y, a su vez, en un beneficio ambiental, el cual nuevamente coadyuva a la sociedad volviendo a ser económicamente cuantificable.

---

## Apéndice A

### *Formato de encuesta*

Buenos días, tardes o noches

Se está realizando un estudio para analizar la posibilidad de generar electricidad a través del ejercicio que usted está realizando y así ayudar al medio ambiente con energía limpia.

¿Le importaría contestar 3 breves preguntas?

### Sección llenada por la persona que realiza la encuesta.

Aparato Cardiovascular Núm. \_\_\_\_\_

\_\_\_ Elíptica

\_\_\_ Bicicleta Fija

\_\_\_ Remadora

Hora Inicio: \_\_\_\_\_

Hora Fin: \_\_\_\_\_

Sexo: \_\_\_F \_\_\_M

---

### Sección de preguntas.

1.-Tiempo de la rutina: \_\_\_\_\_ [min]

2.-¿Está dispuesto a aumentar el tiempo de su rutina diaria por un beneficio al medio ambiente?

\_\_\_ Sí \_\_\_ No

2.1. ¿Cuánto más? \_\_\_5min. \_\_\_10min. \_\_\_15min. \_\_\_20min. Otro: \_\_\_\_\_ [min]

3.-Al escoger un gimnasio, cuál es el nivel de importancia de los siguientes factores:

Instalaciones: \_\_\_Alto \_\_\_Medio \_\_\_Bajo

Gimnasio ecológico, generación de electricidad: \_\_\_Alto \_\_\_Medio \_\_\_Bajo

Ubicación: \_\_\_Alto \_\_\_Medio \_\_\_Bajo

Precio: \_\_\_Alto \_\_\_Medio \_\_\_Bajo

4.-Potencia media, ésta es mostrada en la pantalla de la máquina al instante en que se finaliza la rutina.

\_\_\_\_\_ [Watts]

---



---

## Apéndice B

### *Determinación del tamaño de la muestra*

El tamaño de la muestra utilizada en esta investigación fue delimitado por dos factores principalmente:

Estadístico, se busca un nivel de confianza aceptable así como rango de confianza. Para esto se decidió que un nivel de confianza del 95% con un nivel de significancia de 5% es adecuado debido a la fase en la que se encuentra la investigación. Fase inicial, donde se busca tener un buen conocimiento del tema en estudio y sus variables sin llegar a un nivel de exactitud muy alto, debido al tiempo y recursos que implica lograr dicha exactitud que al final de dicha fase no será aprovechada en su totalidad.

Tiempo y recursos, debido a que las encuestas se realizaron en un gimnasio comercial, el tiempo que fue concedido por la administración del lugar fue limitado y con ciertas restricciones para no causar molestia alguna a los usuarios.

Para determinar el tamaño de la muestra dentro de las condiciones antes citadas en una población de 2000 personas aproximadamente, se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{0.25N}{z^2 (1 - 0.25)} \dots\dots\dots(1)$$

Donde :

N; tamaño de población = 2000 personas

; nivel de significancia = 5%

nivel de confianza = 1 - 0.05 = 95%

z=1.96

Sustituyendo en (1)

$$n = \frac{0.25(2000)}{\left(\frac{0.05}{1.96}\right)^2 (1 - 0.25)} = 322.38 \approx 322$$

Como se puede observar el tamaño de la muestra es un poco mayor a la muestra real (308 encuestas) esto se debe a que fue el máximo de encuestas que se pudieron realizar en el tiempo estipulado por la administración del gimnasio y la disposición de las personas a contestar la encuesta. Sin embargo los resultados no se ven afectados considerablemente.

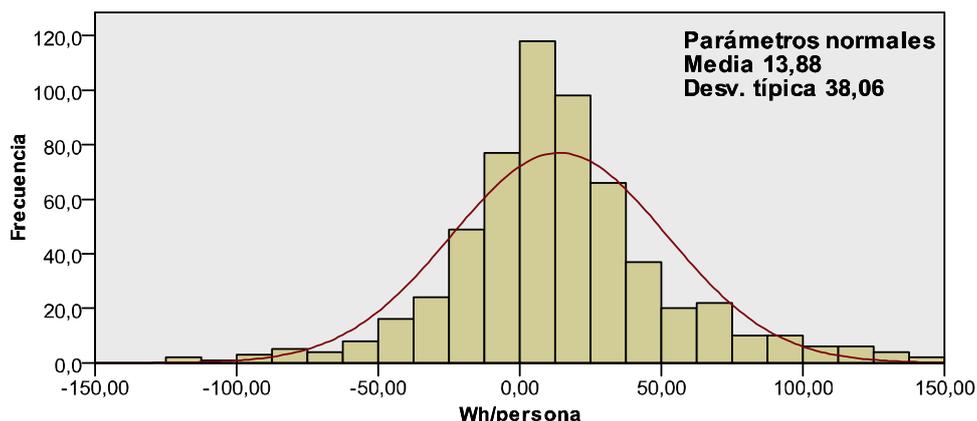


## Apéndice C

### Prueba de Kolmogorov Smirnov

Para darle mayor credibilidad a la simulación Montecarlo, a continuación se presentan los resultados de la prueba Kolmogorov Smirnov, realizada con la ayuda del *software* SPSS:

#### Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra



Gráfica 18. SPSS. Histograma utilizado para la prueba de Kolmogorov Smirnov.

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Wh/persona es normal con la media 13,88 y la desviación típica 38,056.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	,001	No rechace la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.				

Tabla 26 Resumen de contrastes de hipótesis SPSS.

Donde la hipótesis nula, tal como se especifica en la tabla anterior, es aceptada y por lo tanto la serie de datos que corresponde a los Wh generados por una persona registrados en las encuestas pertenecen a una distribución normal.

Es importante destacar que los datos utilizados para la prueba de Kolmogorov Smirnov fueron modificados para que tuviesen una parte negativa. (Véase gráfica SPSS.) Aunque esto en la realidad es imposible ya que un Wh negativo significa consumido y no generado, tratándose de un generador, simplemente los Watts generados serán cero, cuando esté sin movimiento, pero jamás llegará a consumir electricidad. Es por esto que los datos se han colocado en espejo a partir del centro de la Campana de Gauss.

---

## Fuentes de consulta

### Bibliografía

Resendez-Nuñez, Daniel, (1994): “El sector eléctrico de México”, CFE y LyFC, México, 1994

Kotler, Philip (2006): “Marketing Management”, (12ª. edición), Ed. Pearson Prentice Hall, EUA.

Gibilisco Stan (2009): “Electronics Demystified”, (3ª edición), Ed. McGraw-Hill, EUA.

Geltner, David, Millar, Norman (2001): “Commercial Real Estate Analysis and Investments”, (1ª edición), Ed. South-Western, EUA.

Grueggeman, William, Fisher, Jeffrey, (2008): “Finance and Investments”, (3ª edición), Ed. McGraw-Hill, EUA.

E.Kula (1994): “Economics of Natural Resources, the Environment and Policies”, Ed Chapman & Hall, Reino Unido.

### Mesografía

Foro Latinoamericano del Carbono-UNEP RISO Center John Christensen (2009): “CDM Post 2012”.

Organización Latinoamericana de Energía, “Informe de Estadísticas Energéticas” Chile (2007).

Irastrozarejo Verónica (2008): “Prospectiva del sector eléctrico 2008-2017”, Secretaría de Energía

Banco Mundial, “State and Trend of the Carbon Market 2008”.

Instituto Nacional de Ecología (2005): “Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero”

SYNERGY, UNESA, Universidad Politécnica de Madrid, Institut System-und Innocationsforschung, Instituto Mexicano del Petróleo, Universidad Nacional Autónoma de México, CIER y OLADE (2005). “Metodologías para la implementación de los mecanismos flexibles de Kyoto-Mecanismo de desarrollo limpio en Latinoamérica”

Asociación de Productores de Energías Renovables (2009): “Estudio del impacto macroeconómico de las energías”. (Consulta: 25/11/2009) <http://www.appa.es/19privado/descargas/APPA%20-%20Estudio%20Impacto%20Macroeconomico%20Energias%20Renovables%20Espana.pdf>

GapMinder (2009): “Electric Power Consumption (kWh per person)”. GapMinder World, Map. (Consulta 14/11/2009)  
[http://graphs.gapminder.org/world/#\\$majorMode=map\\$;shi=t;ly=2003;lb=f;il=t;fs=11;al=30;stl=f;st=f;nsl=t;se=t\\$wst;tts=C\\$ts;sp=6;ti=2005\\$zpv;v=0\\$inc\\_x;mmid=XCOORDS;iid=pyj6tScZqmEckXvG4InlreQ;by=const\\$inc\\_y;mmid=YCOORDS;iid=pyj6tScZqmEckXvG4InlreQ;by=const\\$inc\\_s;uniValue=8.21;iid=pyj6tScZqmEckXvG4InlreQ;by=ind\\$inc\\_c;uniValue=255;gid=CATIDO;by=grp\\$map\\_s;sma=49;smi=2.65\\$cd;bd=0\\$inds=i143\\_r,,,,,;i239\\_r,,,,,](http://graphs.gapminder.org/world/#$majorMode=map$;shi=t;ly=2003;lb=f;il=t;fs=11;al=30;stl=f;st=f;nsl=t;se=t$wst;tts=C$ts;sp=6;ti=2005$zpv;v=0$inc_x;mmid=XCOORDS;iid=pyj6tScZqmEckXvG4InlreQ;by=const$inc_y;mmid=YCOORDS;iid=pyj6tScZqmEckXvG4InlreQ;by=const$inc_s;uniValue=8.21;iid=pyj6tScZqmEckXvG4InlreQ;by=ind$inc_c;uniValue=255;gid=CATIDO;by=grp$map_s;sma=49;smi=2.65$cd;bd=0$inds=i143_r,,,,,;i239_r,,,,,)

CIA (2008): "The World Fact book", Country Comparisons - Electricity – Consumption.

(Consulta: 25/III/2009)

<https://www.cia.gov/search?NS-search-page=document&NS-rel-doc-name=/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2042rank.html&NS-query=electricity+consumption&NS-search-type=NS-boolean-query&NS-collection=Factbook&NS-docs-found=461&NS-doc-number=1>.

Emission Database for Global Atmospheric Research (2005): "Annual Emission Greenhouse Gas by Sector". Global Warming Art. (Consulta: 27/III/2009)

[http://www.globalwarmingart.com/wiki/Image:Greenhouse\\_Gas\\_by\\_Sector\\_png](http://www.globalwarmingart.com/wiki/Image:Greenhouse_Gas_by_Sector_png)

CIA (2008): "The World Factbook", World, Electricity Consumption, Production, Exports, Imports.

(Consulta: 17/I/2009)

<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/xx.html>

Romedenne Lagrange, Olivier (2008): "Impacto de un cable superconductor sobre la eficiencia energética de la red eléctrica", Universidad Politécnica de Cataluña. (Consulta: 4/IX/2009)

<http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/6397>

Carmona Dávila, Rafael, Conferencia Green Momentum, Facultad de Ingeniería, 2009.

Organización Mundial de la Salud (2009): "Obesidad/Sobrepeso México". (Consulta: 5/IX/2009)

<https://apps.who.int/infobase/reportviewer.aspx?rptcode=ALL&unicode=484&dm=5&surveycode=102806a1>

Nation Master (2009): "Health Statistics". Obesity by Country, Mexico. (Consulta: 10/IV/2009)

[http://www.nationmaster.com/graph/hea\\_obe-health-obesity](http://www.nationmaster.com/graph/hea_obe-health-obesity)

Vega, Margarita. "Presionan malos hábitos al sistema de Salud", en Reforma, sección nacional, 3/IX/2009. (Consulta: 5/IX/2009)

<http://www.reforma.com/edicionimpresa/vista.asp?seccion=nacional&fecha=20090903&pagina=9&ext=pdf>

Sistema de Información Económica Energética (2008). "Energía en cifras", OLADE, versión 18, Chile. (Consulta: 20/IX/2009) <http://www.olade.org.ec/documentos2/plegablecifras-2006.pdf>

World Resource Institute (2005): "Navigating the Numbers: Greenhouse Gases and International Climate Change Agreements". (Consulta: 11/09/2009)

<http://archive.wri.org/pubs/powerpoints.cfm?SortBy=3>

Presidencia de México (2008): "Plan Nacional de Desarrollo-Cambio Climático".

(Consulta: 27/III/2009)

<http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/sustentabilidad-ambiental/cambio-climatico.html>

Lucien Gambarota (2009): "Motor Gym", Cardio Cross Trainer, MotorWave. (Consulta 10/III/2009)

<http://www.motorwavegroup.com/Motorgym/index.html>

Latin American Carbon Forum (2008): "CDM in Latin America", en Presentaciones.

(Consulta 17/IX/2009)

<http://www.laticarbon.com/2009/english/presentations.htm>

---

Secretaría de Energía (2008): “Prospectiva del sector eléctrico 2008-2017”,

The Green MicroGym, (2009): “Total Annual Emissions in Metric Tons”. (Consulta: 23/VII/2009)  
<http://thegreenmicrogym.com>

UNFCCC, 2009, “Kyoto Protocol”. (Consulta: 2/II/2010)  
[http://unfccc.int/files/kyoto\\_protocol/status\\_of\\_ratification/application/pdf/kp\\_ratification\\_20091203.pdf](http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/status_of_ratification/application/pdf/kp_ratification_20091203.pdf)

Intergovernmental Panel on Climate Change, (2006), “Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”. (Consulta:10/X/2009)  
[http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_reports.htm#4](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.htm#4)

Comisión Federal de Electricidad, “Ahorro de Energía-Casa Habitación”. (Consulta 29/VII/2009)  
<http://www.cfe.gob.mx/es/InformacionAlCliente/ahorrodeenergia/>

Society of Petroleum Engineers, “Unit Conversion Factors”, Approximate Heat Content of Petroleum Products. (Consulta: 7/I/2010)  
[http://www.spe.org/industry/reference/unit\\_conversions.php](http://www.spe.org/industry/reference/unit_conversions.php)

UNFCCC, “Project Development Design”, PDF-Fuerza Eólica del Itsmo. (Consulta:29/VII/2009)  
<http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/AENOR1233573587.78>

Carbon Offset Options,”Certified Emission Reductions”. (Consulta: 27/X/2009)  
<http://www.carbonfootprint.com/offset.aspx?o=6.2&r=ShopOffset>

Comisión Federal de Electricidad, “Conoce tu tarifa”, Tarifa O-M Tensión Media. (Consulta: 7/VII/2009)  
<http://www.cfe.gob.mx/aplicaciones/ccfe/tarifas/tarifas/Tarifas.asp?Tarifa=OM>

Google Maps, Ciudad de México. (Consulta 20/VI/2009)  
<http://maps.google.com/?ie=UTF8&ll=19.335928,-99.190922&spn=0.022637,0.044074&z=15>

Jane Spencer, “While you’re at it, Why not generate a Little Electricity”, en Wall Street Journal, marzo de 2007. (Consulta: 23/VI/2009)  
[http://online.wsj.com/public/article/SB117270857656222691-3qllxXq2db3gi3uvYlQ53I8a\\_ak\\_20070308.html?mod=blogs](http://online.wsj.com/public/article/SB117270857656222691-3qllxXq2db3gi3uvYlQ53I8a_ak_20070308.html?mod=blogs)

Banco de México, “Mercado Cambiario”, Dólar 2008-2009. (Consulta: 30/X/2009).  
<http://www.banxico.org.mx/PortalesEspecializados/tiposCambio/TiposCambio.html>

Banco de México, “Inflación”, INPC 2009. (Consulta 30/X/2009)  
<http://www.banxico.org.mx/PortalesEspecializados/inflacion/inflacion.html>

Administración Pública del Distrito Federal, Gaceta Oficial del Distrito Federal, 25 de noviembre de 2008, núm. 470. (Consulta: 20/XII/2009)  
[http://www.consejeria.df.gob.mx/gaceta/pdf/NOVIEMBRE\\_25\\_08.pdf](http://www.consejeria.df.gob.mx/gaceta/pdf/NOVIEMBRE_25_08.pdf)

Organización Mundial de la Salud, “Obesidad”. (Consulta 15/XII/2009)  
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/index.html>

Center of Disease Control and Prevention (2010), "Sobre peso y obesidad-Consecuencias Económicas".  
(Consulta 27/III/2010)

<http://www.cdc.gov/obesity/causes/economics.html>

Samudra, Vijay, Luisa T. Molina y Mario J. Molina (2004): "Cálculo de emisiones de contaminación atmosférica por uso de combustibles fósiles en el sector eléctrico mexicano", Integrated Program on Urban, Regional, and Global Air Pollution, Massachusetts Institute of Technology.

---

## Glosario

Bbl. Acrónimo utilizado para denotar “barril”.

Bicicleta fija. Máquina destinada para realizar ejercicio cardiovascular, que consta de un mecanismo común de bicicleta, sin embargo no cuenta con una rueda que transfiera la energía al suelo para producir un desplazamiento positivo.

BM. Margen de construcción, factor de emisión de las nuevas centrales eléctricas de un país que hubieran sido construidas en lugar de proyectos MDL.

BOE. Unidades de barril de petróleo.

Bonos de carbono. Mecanismo internacional de mitigación de emisión de GEI a la atmósfera, como uno de los mecanismos propuestos por el Protocolo de Kyoto.

Cáncer. Enfermedad en la cual el organismo produce un exceso de células malignas (conocidas como cancerígenas o cancerosas), con crecimiento y división más allá de los límites normales.

Canibalización empresarial. Situación que ocurre cuando la venta de un producto causa la reducción de las ventas de otro producto de la misma empresa. Generalmente ocurre cuando uno de los productos es sustituto del otro.

Cardiopatía. Cualquier padecimiento del corazón o del resto del sistema cardiovascular.

Central eléctrica eólica. Planta de generación de electricidad compuesta por una serie de molinos destinados a convertir la energía eólica en eléctrica.

Central eléctrica geotérmica. Planta de generación de electricidad a partir del calor interno del planeta. Dicho calor es utilizado dentro de un ciclo termodinámico convencional para mover un alterador y producir energía eléctrica.

Central eléctrica mareomotriz. Planta de generación de electricidad a partir del movimiento mareomotriz. Dicho movimiento es utilizado para poner en movimiento un alterador y producir energía eléctrica.

Central eléctrica solar. Planta de generación de electricidad a partir de la energía luminosa (fotones) proporcionada por el sol.

Central termoeléctrica. Planta de generación de electricidad a partir de la energía liberada en forma de calor, normalmente mediante la combustión de combustibles fósiles. Dicho calor es utilizado dentro de un ciclo termodinámico convencional para mover un alterador y producir energía eléctrica.

CER. Reducción certificada de emisiones, equivalente a una tonelada de CO<sub>2</sub> que se deja de emitir a la atmósfera y puede ser vendido en el mercado de carbono a países del Anexo I del Protocolo de Kyoto.

CFC. Clorofluorocarbono.

CH<sub>4</sub>. Metano.

Ciclo combinado. En el campo de la generación de energía eléctrica se utiliza para especificar la coexistencia de dos ciclos termodinámicos en un mismo sistema.

CO<sub>2</sub>, Dióxido de carbono.

Contaminantes antropogénicos. Sustancias producidas por actividades del ser humano y expulsadas al medio ambiente en cantidades que exceden los niveles normales de dichas sustancias en el medio ambiente.

Diabetes. Enfermedad metabólica caracterizada por un aumento de la concertación de glucosa en la sangre debido a deficiencia de insulina.

Distribución normal. Distribución de probabilidad de variable continua que aparece con frecuencia en fenómenos reales, su forma es mejor conocida como Campana de Gauss.

DNMC. Distribución para marca de clase.

EcoSecurities. Compañía dedicada a originar, desarrollar y comercializar reducciones de emisiones de carbono.

Elíptica. Máquina destinada a realizar ejercicio similar a una bicicleta fija con la diferencia que el usuario se encuentra de pie al realizar el ejercicio y el movimiento con los pies dibuja una elíptica en lugar de un círculo.

Energía cinética. El trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa dada desde el reposo hasta la velocidad que posee.

Energía potencial. Capacidad que tiene un cuerpo para realizar trabajo en función exclusivamente de su posición dentro del sistema.

Estratósfera. Capa de la atmósfera que se sitúa entre la tropósfera y la mesósfera, y se extiende desde unos 11 hasta unos 50 km de la superficie.

FEC. Factor de emisión de carbono.

Fuente Conmutada. Es un sistema o circuito electrónico que transforma energía alterna a directa trabajando a frecuencias elevadas, en el orden de kHz o más para disminuir el tamaño de los dispositivos magnéticos. Así para manejar estas frecuencias altas se utilizan transistores de potencia capaces de conmutar a altas velocidades.

GEI. Gases de efecto invernadero.

HFC. Hidrofluorado.

Hipertensión. Hipertensión arterial es una condición médica caracterizada por un incremento continuo de la presión arterial.

Inversor. Es capaz de cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna.

IPCC. Panel Intergubernamental del Cambio Climático.

MC. Margen combinado.

MDL. Mecanismo de desarrollo limpio.

MOSFET. Por las siglas en inglés "Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor", consiste en un transistor de efecto de campo basado en la estructura MOS.

Mtons. Toneladas métricas.

N<sub>2</sub>O. Óxido de Nitroso.

OLADE. Organización Latinoamericana de Energía.

OM. Margen de operación, factor de emisión de las centrales eléctricas de un país que hubieran continuado operando en lugar de proyectos MDL.

ONG. Organización No Gubernamental.

Osteoartritis. Enfermedad que causa la desintegración del cartílago de las articulaciones.

PCA. Poder calorífico.

PCES. Programa de certificaciones de edificaciones sustentables.

PFC. Perfluorado.

PIB. Producto Interno Bruto.

PoA. Programa de actividades.

Red de distribución. Red de distribución eléctrica, subsistema del sistema eléctrico cuya función es el suministro de energía desde la subestación de distribución hasta los usuarios finales.

Relevador. Dispositivo electromecánico que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Remadora. Máquina destinada a realizar ejercicio, diseñada para simular el mismo movimiento que al remar en un bote de carreras.

SENER. Secretaría de Energía.

SF<sub>6</sub>. Hexafluoruro de azufre.

SGEEC. Sistema de Generación de Electricidad por medio del Ejercicio Cardiovascular.

Simulación Montecarlo. Método estocástico numérico usado para aproximar expresiones matemáticas complejas y costosas de evaluar con exactitud.

tCO<sub>2</sub>e. Toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, es decir cualquier GEI puede convertirse a CO dependiendo de su poder calorífico principalmente.

TD. Tasa de descuento.

tGEI. Toneladas de Gas de Efecto Invernadero.

TIR. Tasa Interna de Retorno o Retorno sobre la inversión.

Toe. Por las siglas en inglés de “tons of oil equivalent”; toneladas de petróleo equivalente.

VCN. Valor calorífico neto.

VCS 2007. Por las siglas en inglés de “Voluntary Carbon Standard 2007”.

VER. Reducción de Emisiones Verificadas, son similares a los CER con la diferencia de que se comercializan y verifican por mercados voluntarios de carbono.

VPN. Valor presente neto.

---