



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
SECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION  
PROGRAMA DE POSGRADO EN INGENIERIA DE SISTEMAS



DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DEL USO DE ENERGIA EN EL  
SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE LA ALBERCA DE LA UNIDAD  
PROFESIONAL ADOLFO LOPEZ MATEOS IPN

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS  
EN INGENIERIA DE SISTEMAS

PRESENTA

ING. LUCERO PRISCILA DAMIAN ADAME

DIRECTORES DE TESIS:

DR. ANDRIY KRYVKO  
DR. RICARDO MOTA PALOMINO

DICIEMBRE DE 2011



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D. F. siendo las 12:00 horas del día 22 del mes de Noviembre del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de E.S.I.M.E.-ZAC. para examinar la tesis titulada:

**“DIAGNÓSTICO Y MEJORAMIENTO DEL USO DE ENERGÍA EN EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA DE LA ALBERCA DE LA UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS” DEL IPN.**

Presentada por el alumno:

<b>DAMIÁN</b>	<b>ADAME</b>	<b>LUCERO PRISCILA</b>							
Apellido paterno	Apellido materno	Nombre(s)							
		Con registro:	A	1	0	0	5	6	9

aspirante de: **MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS**

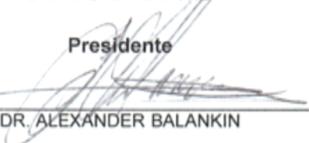
Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

### LA COMISIÓN REVISORA

#### Directores de tesis

  
\_\_\_\_\_  
DR. ANDRIY KRYVKO

**Presidente**

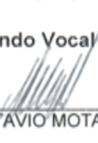
  
\_\_\_\_\_  
DR. ALEXANDER BALANKIN

**Tercer Vocal**

  
\_\_\_\_\_  
DR. MIGUEL PATIÑO ORTIZ

  
\_\_\_\_\_  
DR. RICARDO OCTAVIO MOTA PALOMINO

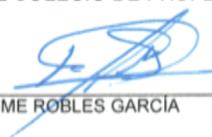
**Segundo Vocal**

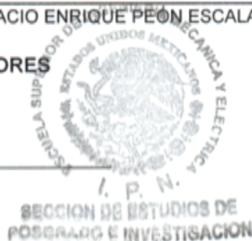
  
\_\_\_\_\_  
DR. RICARDO OCTAVIO MOTA PALOMINO

**Secretario**

  
\_\_\_\_\_  
DR. IGNACIO ENRIQUE PEÓN ESCALANTE

**PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES**

  
\_\_\_\_\_  
DR. JAIME ROBLES GARCÍA



*Sth*



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL  
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

México D.F. Diciembre de 2011  
ASUNTO: CARTA DE CESION DE DERECHOS

Secretaria de Investigación y Posgrado.

La que suscribe, **Ing. Lucero Priscila Damián Adame**, alumna del programa de **Maestría en Ciencias en Ingeniería de Sistemas**, con número de registro **A100569**, adscrita a la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME unidad Zacatenco, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección del **Dr. Andriy Kryvko** y **Dr. Ricardo Mota Palomino** y cede los derechos del trabajo titulado "DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DEL USO DE ENERGIA EN EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE LA ALBERCA DE LA UNIDAD PROFESIONAL ADOLFO LOPEZ MATEOS IPN", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin autorización del autor y/o director del trabajo, la cual puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección electrónica, [lucrodamian@gmail.com](mailto:lucrodamian@gmail.com).

Una vez otorgado el permiso, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Atentamente

Ing. Lucero P. Damián Adame.

## Resumen y Abstract

### Resumen

En el presente trabajo se desarrolló el diagnóstico sistémico del uso de energía en el sistema de calentamiento de agua de la Alberca Olímpica de la unidad profesional Adolfo López Mateos (Zacatenco), donde se han realizado iniciativas para tener un mejor aprovechamiento del mismo. Dado a que en la actualidad ya han participado en este proceso tres sistemas distintos, se realiza un análisis de ellos, que revela su efectividad y sostenibilidad más allá del mediano plazo, obteniendo una conclusión propositiva consistente en el uso de energía solar fotovoltaica.

### Abstract

In this work, was developed the systemic diagnosis of energy use in the water heating system of the Olympic Pool from the Professional Unit "Adolfo López Mateos IPN" (Zacatenco), where there have been initiatives to better use of it. Due to today have participated in this process three different systems, was made an analysis of them, which shows its effectiveness and sustainability, obtaining a purposeful conclusion that consist in the use of PV power energy.

## **AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES**

AGRADEZCO:

Al I.P.N. por brindarme la oportunidad de continuar mi desarrollo académico.

A la SEPI ESIME Zacatenco y al programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería de Sistemas por darme la instrucción necesaria para concluir este proceso.

A los proyectos 20100639 y 20110969, y a su director el Dr. Andriy Kryvko, por permitirme participar en ellos siendo becaria PIFI.

Al proyecto CFE-2006-C05-48545 y a su responsable técnico el Dr. Ricardo Mota Palomino, por permitirme participar en él y ser becaria.

Al departamento de Servicios Generales por la información y facilidades proporcionadas para el desarrollo del presente trabajo.

## **AGRADECIMIENTOS**

AGRADEZCO:

A Dios por llenarme de bendiciones.

A mi esposo Didier por todo su apoyo y aliento con paciencia y comprensión.

A mis asesores, Dr. Andriy Kryvko y Dr. Ricardo Mota, por todo su apoyo, su tiempo y comprensión.

A todas las personas que de alguna u otra manera me apoyaron en la realización de este trabajo, Ing. Rubén Landeros, Ing. Rolando Roda, Ing. Chiñas, Mtro. Miguel Jiménez principalmente.

“Este trabajo esta dedicado a mi esposo Didier y a nuestros hijos,  
quienes son fuente de mi dicha”.  
LOS AMO

## INDICE

Resumen y Abstract.....	08
Introducción.....	13
Capitulo 1. Estado del Arte.....	14
1.1 Justificación.....	14
1.2 Objetivos .....	14
1.3 Antecedentes .....	15
1.4 Marco Contextual .....	19
1.5 Perspectiva Sistémica del Problema .....	28
1.6 Marco Metodológico .....	33
Capitulo 2. Marco Teórico.....	35
2.1 Valor Presente.....	35
2.2 Cetes.....	36
2.3 Energía Solar.....	38
Capitulo 3. Análisis y Diagnóstico.....	39
3.1 Sistema de calentamiento Térmico Solar.....	39
3.2 Sistema de Calentamiento con Bombas de Calor.....	40
3.3 Otros sistemas.....	51
Capitulo 4. Presentación de Propuestas.....	52
4.1 Toma de decisiones.....	52
4.2 Propuesta Sistema Fotovoltaico.....	52
4.3 Propuesta Sistema Térmico Solar.....	58
4.4 Otras Propuestas.....	59
Conclusiones.....	60
Anexos.....	62
Glosario de Términos.....	63
Índice de Imágenes.....	65
Nomenclatura.....	66
Documentos de Interés.....	66
Tablas.....	67
Referencias.....	71

## Introducción

Hablar del uso de energías alternas es un tema común hoy en día, sin embargo su utilización requiere primero de un diagnóstico integral, que defina si el sistema en el que se desea implementar el uso de energía de este tipo es viable, que tipo de necesidades energéticas tiene y finalmente que opciones alternas de fuente de energía están disponibles según sus necesidades.

Existen varios factores que pudieran afectar al desempeño de un sistema alterno, por lo que pronosticar su viabilidad desde el punto de vista económico, así como su permanencia en el medio y su subsecuentes beneficios a corto, mediano o largo plazo resulta de vital importancia.

Por lo anterior en este trabajo, se analiza desde una perspectiva sistémica, el uso de energía del caso de estudio elegido, el sistema de calentamiento actual de la “La Alberca Olímpica” de Zacatenco, en el que se han desarrollado ya algunas iniciativas, por lo que se diagnóstica el sistema y analizan distintos proyectos que pudieran cumplir con los objetivos requeridos del sistema.



# Capítulo 1. Estado del Arte

## 1.1 Justificación

En búsqueda de un mejor aprovechamiento de la energía y acorde con la ola de protección al medio ambiente, el IPN ha realizado diversos esfuerzos en la introducción de mejoras en sus diferentes instalaciones, el caso de “La Alberca de Zacatenco” es muestra de ello, principalmente en lo que a su sistema de calentamiento de agua se refiere, sin embargo, en los sistemas instalados para dicho fin, los costos económicos hacia el instituto y la contribución a la reducción de emisiones de carbono principalmente, no han sido completamente optimizadas.

Contando con una visión sistema de lo planteado, es necesario realizar un diagnóstico que permita obtener conclusiones propositivas en las que se logre detener o reducir el uso de los productos energéticos tradicionales y derivados de combustibles fósiles, que al tener una alza constante en su precio, reflejan y seguirán reflejando mientras se usen, un crecimiento en los gastos diarios generados hacia el instituto así como sus respectivas emisiones de GEI al ecosistema.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo General.

Realizar un diagnóstico del uso de energía del sistema de calentamiento de agua de la alberca olímpica de la unidad profesional Adolfo López Mateos como plataforma para proponer una mejora en dicha actividad.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Desarrollar un análisis sistémico de los usos de energía del sistema de calentamiento de agua de “La Alberca Olímpica de Zacatenco”, que incluya, análisis técnico del sistema, análisis del entorno económico a

mediano plazo (20 años), y fuentes alternas de energía disponibles para el abastecimiento del sistema.

- b) Incorporar un modelo propositivo de uso y aprovechamiento de energía, con base en una fuente de energía alterna, acorde a las necesidades del sistema.
- c) Realizar el análisis comparativo entre los sistemas, actual y propuesto en un plazo de 20 años para determinar el mejor modelo tomando en cuenta el costo beneficio.

### 1.3 Antecedentes

La Alberca Olímpica y Fosa de clavados de Zacatenco, como son conocidas, están ubicadas en la unidad profesional Adolfo López Mateos IPN en la delegación Gustavo A. Madero a 19°29'N y 99°08'O, elev 2244m; fueron construidas con un volumen de agua de 1633.35m<sup>3</sup> la alberca y 3360m<sup>3</sup> la fosa, sin techo. Figura 1.1. Como primer sistema de calentamiento del agua fue instalado un sistema consistente en calderas a base diesel con el que se esperaba calentar tanto el agua de la alberca como de la fosa de clavados y regaderas, lo que representa un volumen un poco mayor a 4993.35m<sup>3</sup> (49,933 litros de agua) para el funcionamiento de este sistema se instalaron dos tanques de almacenamiento de diesel ambos con una capacidad de 20,000 litros y 2 calderas marca Cleaver Broks

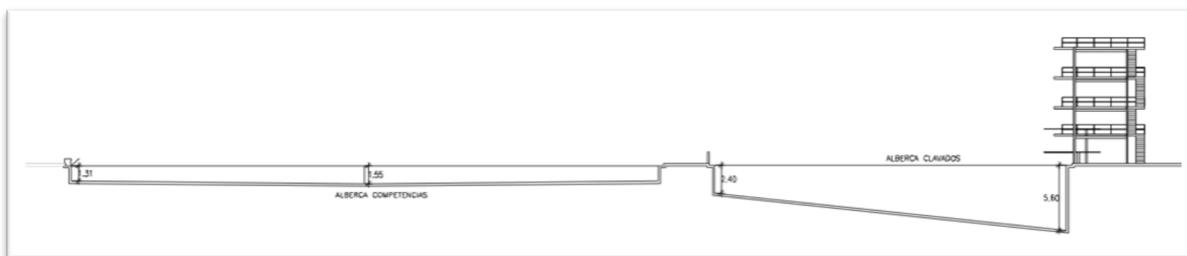


Figura 1.1 Corte Longitudinal, alberca y fosa de clavados.<sup>1</sup>

El sistema de calentamiento con calderas permaneció activo aproximadamente 50 años. Éste sistema de calentamiento seguramente resulto eficiente al inicio de operaciones, sin embargo, con el paso del tiempo, el desgaste de las maquinas, el incremento en las tarifas del combustible se fue tornando en incrementos en los costos fijos, además una reducción en el rendimiento del sistema para mantener el agua a los 28°C reglamentarios. En el año 2004, el presupuesto destinado para el combustible de este sistema, permitía surtir mensualmente 10,000 litros de diesel, cantidad insuficiente para mantener el sistema en operación contante durante todo el mes y mantener el agua a una

temperatura de 27°C tanto de alberca y fosa, manteniéndose a una temperatura menor mas o menos constante durante aproximadamente tres semanas. Los fines de semana y periodo vacacional los operantes decidían usualmente mantener apagado el sistema para lograr un ahorro en combustible, sin embargo a pesar de lograr un ahorro, también se presentaba una perdida de temperatura del agua en ese periodo que forzaba el rendimiento del sistema al reiniciar las actividades.

Por todo lo anterior, en este mismo año (2004), fue incluido dentro de un proyecto de remodelación programado para la instalación completa, el techado de la alberca con una altura de 18.12 m. y área de 5500m., con la intención de conservar más limpia el agua, mantener una temperatura estable de la misma, y reducir las emisiones de gases resultantes de la combustión del diesel, instalando sobre ésta techumbre 704 colectores solares<sup>2</sup> que cubren un área total de 2600m<sup>2</sup> del techo (Figura 1.2) “Exun 40” fabricados de polipropileno, para el calentamiento del agua, tanto de la alberca como de la fosa de clavados, que permitiría el aprovechamiento la energía térmica del sol. Éste sistema de calentamiento fue puesto en marcha en el año de 2005 con el cual se estimaba se podrían reducir considerablemente los costos de facturación de los combustibles utilizados para el funcionamiento del sistema de calentamiento con calderas y a su vez las emisiones de carbono resultantes, permitiendo adicionalmente que este nuevo “Sistema Híbrido” (Sol-Diesel), tuviera un mejor rendimiento eliminando o al menos reduciendo las limitantes para mantener el agua a una temperatura constante y por ende una mejor actividad deportiva.

Traducido en costos la construcción de la cubierta para la alberca e instalación de los colectores solares y obras complementarias al mismo fin, tuvieron un coste de \$20, 906,229.87 según cifras del POI al 30 de septiembre de 2006.<sup>1</sup>



Figura 1.2 Vista Satelital.<sup>2</sup>

A pesar de no tener un sistema de medición y control de consumo de combustible, posterior a ésta remodelación y su puesta en marcha, los consumos de diesel en las calderas bajaron drásticamente, según reportes de los operantes, puesto que, para entonces, el combustible antes insuficiente para completar un mes de operación de la caldera, posterior a los colectores solares, tenía un gasto aproximado a la mitad de lo usual.

Desafortunadamente no solo se presentaron las respuestas positivas del sistema térmico solar añadido, pues su óptimo funcionamiento tuvo una duración de unos dos años aproximadamente, el sistema no operaba completamente como se esperaba, dado a que al presentarse una reducción en la demanda de combustible también se redujo el presupuesto para éste por lo que los 10,000 litros de diesel empezaron a ser surtidos por periodos de tiempo de aproximadamente 2 meses, que en teoría serían suficientes para la óptima operación, sin embargo se presentaron complicaciones no previstas como que la tubería instalada para subir y bajar del agua no resultaba de un calibre suficiente para el flujo requerido por el volumen total de agua, se noto que el sistema era suficiente para elevar la temperatura del agua a las condiciones deseadas únicamente para la alberca o para la fosa, pero no para ambas, aunado a esto, el arreglo de colectores solares al encontrarse con vientos medios tuvo un desprendimiento de 30 de ellos de los 706 instalados y esto afecto el funcionamiento del arreglo total, finalmente hubo necesidad de desconectar el arreglo por los inconvenientes presentados con la idea de realizar un mantenimiento correctivo.

Pese a que el sistema de calentamiento funcione o no, las actividades deportivas en la instalación deben mantener vigentes, situación que no puede ser realizada de manera eficaz y eficiente con bajas temperaturas de agua, así como tampoco ampliar la cobertura de las mismas. Por tal motivo, se decidió instalar un nuevo sistema de calentamiento el cual prometía solucionar los problemas de calefacción del agua de una manera inmediata, consistente en bombas de calor (fuente de energía eléctrica).

En 2008 se puso en marcha el proyecto de instalación de bombas de calor; en la primera etapa se pusieron en operación 12 bombas con recursos provenientes de la CONADE, en 2009 se hizo la segunda etapa con recursos proporcionados por el IPN y la fundación “Alfredo Harp Helú” en la que se instalaron 24 bombas que completaron el proyecto.<sup>3</sup>

Actualmente se encuentran entonces instalados 3 sistemas de calentamiento de agua en las instalaciones de la alberca (Figura 1.3):

1. Sistema por calderas (fuente de energía, Diesel), el cual funciona para calentar exclusivamente el agua de regaderas, en las cuales fluye agua caliente únicamente por periodos de 15 minutos a cada

hora por medio de sistema hidroneumático, durante el tiempo en que hay actividades deportivas.

2. Sistema térmico solar (fuente de energía, el Sol), el cual se buscaba funcionara con las calderas como soporte, al ser dañado y no contar con mantenimiento lleva aproximadamente 6 años desconectado, lo que significa que no ha habido flujo de agua en los colectores durante este tiempo, lo cual pudo haber ocasionado serias averías no solo en los 30 colectores que inicialmente desbalancearon el funcionamiento del arreglo sino en el total de ellos, que además han sido ya, deformados por la radiación directa del Sol quedando en su mayoría inservibles.
3. Bombas de calor (fuente de energía, Eléctrica), proyecto de 36 bombas, 20 destinadas a la alberca (calculando una mayor necesidad por su capacidad de perdida de calor), y 16 destinadas a la fosa de clavados.

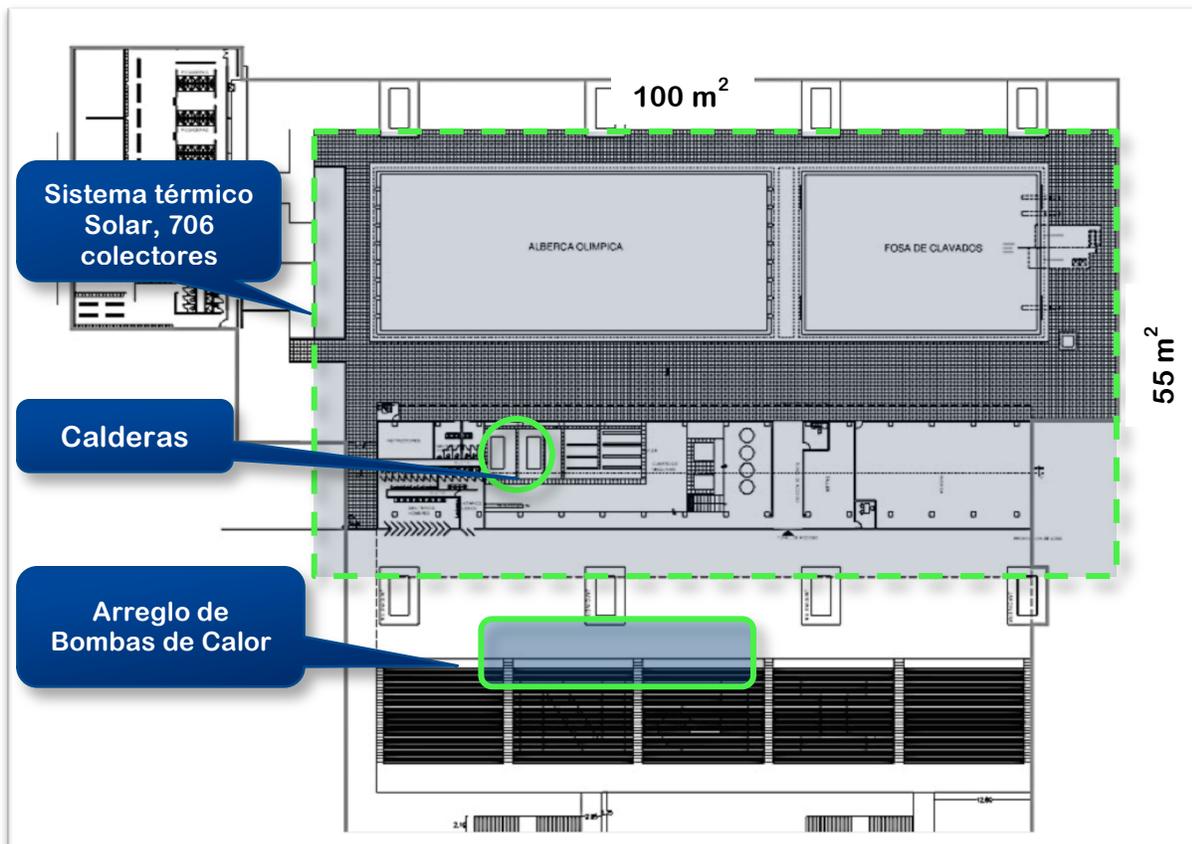


Figura 1.3 Ubicación de los sistemas de calefacción<sup>2</sup>

El sistema con bombas de calor ha demostrado tener un mejor rendimiento, permitiendo que la temperatura del agua se mantenga constante a unos 27°C la mayoría del tiempo. El suministro de diesel o su escasez ya no resulta un

problema para las practicas deportivas de la instalación, sin embargo, aunque los costos que representa su funcionamiento no son financiados por los presupuestos destinados a la Dirección de Desarrollo y Fomento Deportivo, como es el caso del diesel, éstos reflejan un incremento importante en los gastos de energía eléctrica para el instituto, cabe mencionar también que con este sistema, los objetivos que tenia el sistema térmico solar, de hacer uso de una fuente de energía limpia y económicamente sostenible quedaron descartados.

## 1.4 Marco Contextual

### 1.4.1 Desarrollo y fomento deportivo del IPN

El desarrollo y fomento deportivo del IPN, tiene como misión, intensificar el deporte en el Instituto, desarrollando a deportistas y proyectándolos al deporte selectivo y de alto rendimiento, para representarlo en competencias nacionales e internacionales.

Como objetivos tiene el reorganizar el deporte en el IPN para alcanzar la excelencia a través de un proyecto de reestructuración con la finalidad de que tanto en las aulas como en las oficinas sea una actividad cotidiana y para toda la vida. Crear un ambiente propicio de desarrollo integral donde se formen los futuros líderes para el engrandecimiento de México.

Busca también, fortalecer su vinculación con el sector social, participando en eventos deportivos organizados por la sección estudiantil, en torneos estatales, regionales y nacionales, así también vincularse con el sector productivo promoviendo el uso de sus instalaciones realizando encuentros deportivos y obteniendo a cambio una mayor promoción deportiva, regresos de inversión y obtención de patrocinios para los equipos deportivos institucionales.

El contar con una buena infraestructura deportiva, facilita que los estudiantes y trabajadores del instituto cuenten con condiciones favorables para el desarrollo de diversas actividades deportivas y recreativas, contribuyendo a una mejor salud física y mental dentro de la comunidad.<sup>4</sup>

Atendiendo a lo anterior, se ha realizado la construcción y rehabilitación constante de las zonas deportivas que favorezcan su operatividad, siendo los encargados de lo anterior, directamente la dirección de desarrollo y fomento deportivo (DDFD) en su departamento de Control y Operación de Instalaciones Deportivas y el Patronato de Obras del IPN (POI).<sup>1</sup>

## 1.4.2 Tarifa Eléctrica CFE HM zona Centro

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda de 100 kilowatts o más.

**Mínimo Mensual:** El importe que resulta de aplicar el cargo por kilowatt de demanda facturable al 10% de la demanda contratada.

**Demanda Contratada:** La demanda contratada la fijará inicialmente el usuario, su valor no será menor de 60% de la carga total conectada, ni menor de 100Kilowatts o la capacidad del mayor motor o aparato instalado. En el caso de que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90%.

**Horario:** Para los efectos de la aplicación de esta tarifa, se utilizarán los horarios locales oficialmente establecidos. Por días festivos se entenderán aquellos de descanso obligatorio, establecidos en el artículo 74 de la Ley Federal del Trabajo, a excepción de la fracción IX, así como los que se establezcan por Acuerdo Presidencial.

**Periodos de Punta, Intermedio y Base:** Estos periodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para distintas temporadas del año. Para la región central del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre, ver la Tabla 1.1. Y del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril ver la Tabla 1.2.<sup>5</sup>

Tabla 1.1 Cargo por demanda facturable en región centro.<sup>5</sup>

Día de la semana	Base	Intermedia	Punta
Lunes a Viernes	0:00 - 6:00	6:00 – 20:00 22:00 – 24:00	20:00 – 22:00
Sábados	0:00 – 7:00	7:00 – 24:00	
Domingos y festivos	0:00 – 19:00	19:00 – 24:00	

Tabla 1.2 Cargo por energía en periodos de base, intermedia y de punta.<sup>5</sup>

Día de la semana	Base	Intermedia	Punta
Lunes a Viernes	0:00 - 6:00	6:00 – 18:00 22:00 – 24:00	18:00 – 22:00
Sábados	0:00 – 7:00	8:00 – 19:00 21:00 – 24:00	19:00 – 21:00
Domingos y festivos	0:00 – 19:00	18:00 – 24:00	

La subestación del estadio Wilfrido Massieu a la que corresponden los circuitos de la alberca, tiene una demanda contratada de 1500Kw, y el consumo es facturable con la tarifa HM.

El comportamiento histórico de la tarifa HM (ver Tabla 1 del Anexo Tablas), para la zona centro del país, del enero de 2008 a julio de 2011 lo describen las Figuras 1.4 y 1.5

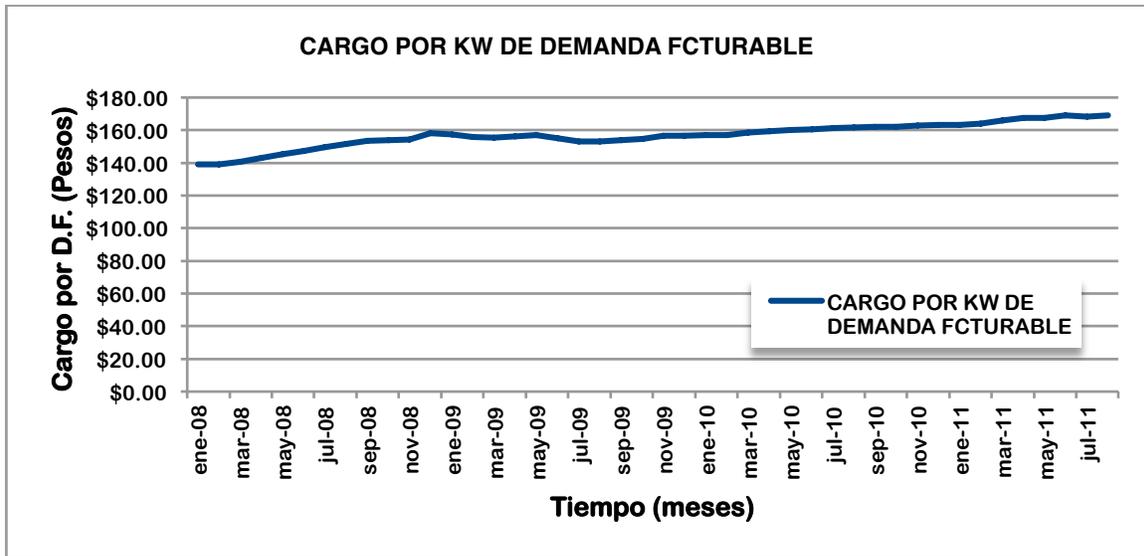


Figura 1.4 Histórico de cargos 1.

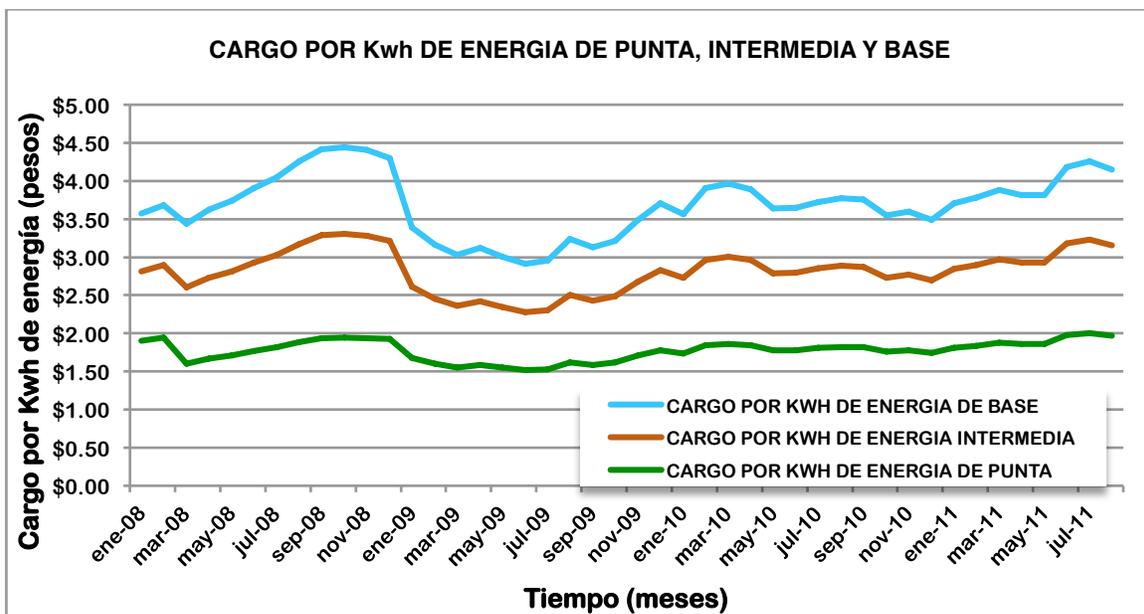


Figura 1.5 Histórico de cargos 2.

Mostrando un crecimiento gradual, con una tasa de crecimiento mensual ( $r_{TF}^m$ ) de 0.004568271 y con la tasa anual efectiva correspondiente ( $r_{TF}$ ) de 0.056217799. Calculadas como:

$$r_{TF}^m = \left( \frac{C_{j+1}}{C_j} \right) - 1 \quad (1.1)$$

y:

$$r_{TF} = (1 + r_{TF}^m)^{12} - 1 \quad , \quad (1.2)$$

donde  $C_j$  es el cargo por Kwh en el mes  $j$ .

### 1.4.3 Plan Nacional para el Aprovechamiento de la Energía

#### 1.4.3.1 Comisión Intersecretarial de Cambio Climático.

La CICC fue creada con el objeto de coordinar, en el ámbito de sus respectivas competencias, las acciones de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF) relativas a la formulación e instrumentación de las políticas nacionales para la prevención y mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, la adaptación a los efectos del cambio climático y, en general, para promover el desarrollo de programas y estrategias de acción climática relativos al cumplimiento de los compromisos suscritos por México en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y los demás instrumentos derivados de ella, particularmente el Protocolo de Kioto.

La CICC está integrada por los titulares de las Secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales (quien la preside); Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Comunicaciones y Transportes; Economía; Desarrollo Social; Energía; y Relaciones Exteriores. La Secretaría de Hacienda y Crédito Público participa en sus reuniones de manera permanente.

La SEMARNAT y la SENER trabajaron en colaboración con el Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente (CMM) para analizar opciones en el sector de generación y uso de energía que pudieran integrarse en una estrategia nacional de acción climática. Los estudios del CMM sirvieron de base para la construcción de sucesivas propuestas.

El Grupo de Trabajo para la Estrategia Nacional de Acción Climática (GT-ENAC) de la CICC, formuló un documento *Hacia una Estrategia Nacional de Acción Climática*.

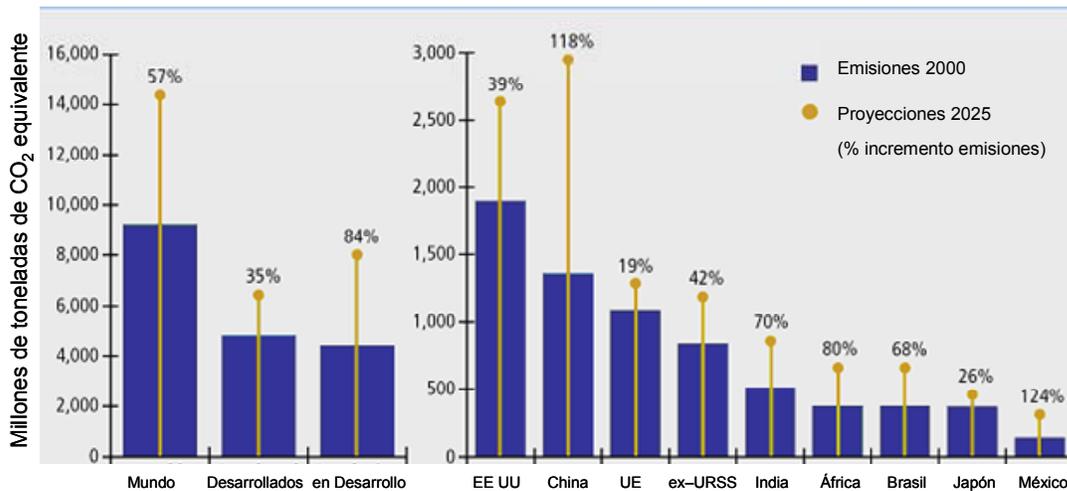
Este documento cumple con el objetivo de fomentar un proceso nacional, amplio e incluyente, de construcción de consensos sociales a fin de:

1. Identificar oportunidades de mitigación y desarrollar proyectos de reducción de emisiones;
2. Reconocer la vulnerabilidad de los diversos sectores e iniciar el desarrollo de capacidades nacionales y locales de respuesta y adaptación; y
3. Presentar a la consideración del nuevo equipo de gobierno, que entrará en funciones a partir del 1o de diciembre de 2006, los lineamientos y las acciones aquí propuestas en calidad de plataforma, en el marco del Plan Nacional de Desarrollo 2006-2012, para la formulación de un Programa Especial de Acción Climática.

#### 1.4.3.2. Generación y uso de energía.

Las fuerzas conductoras más importantes que determinan los patrones de emisiones de GEI por la generación y el uso de energía son el crecimiento de la población, el crecimiento económico, la intensidad energética y las mezclas de combustibles fósiles que utilizamos.

Las emisiones de GEI, en particular las provenientes de combustibles fósiles que empleamos para la generación de energía, continuarán incrementándose en cualquier escenario tendencial. Se estima que en los próximos 30 años el mundo emitirá casi tres cuartas partes de lo que ha emitido durante los últimos 250 años ver Figura.1.6



Proyecciones basadas en la Agencia Internacional de Energía (IEA) 2003 (CO<sub>2</sub> de combustibles fósiles) y POLES (modelo de equilibrio parcial aplicado a otros GEI). Los GEI no incluyen CO<sub>2</sub> de USUCCS. EE UU: Estados Unidos; UE: Unión Europea; ex-URSS: antigua Unión de Repúblicas Soviéticas Socialistas. FUENTE: WRI, 2005. *Navigating the Numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy*.

Figura 1.6 Proyecciones basadas en la Agencia Internacional de Energía<sup>6</sup>

De acuerdo con datos del WRI, la IEA y la CMNUCC, México contribuye con alrededor del 1.5% de las emisiones mundiales. Si los patrones de consumo y generación de energía continúan sin modificarse, sus emisiones futuras se

incrementarían sensiblemente, ya que espera acelerar su desarrollo económico y, para abastecer sus requerimientos energéticos, deberá acrecentar la utilización de combustibles fósiles. Las emisiones actuales de los países desarrollados y las de los países en desarrollo son del mismo orden de magnitud (17.4 y 16.3 miles de millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e por año respectivamente), pero los escenarios tendenciales indican que en un futuro muy próximo las emisiones de estos últimos superarán a las de los primeros.

#### 1.4.3.2 Oportunidades de mitigación en la generación y uso de Energía.

Los programas oficiales de ahorro y eficiencia energética de la Comisión Nacional de Ahorro de Energía (CONAE) y del Fideicomiso para el Ahorro de la Energía Eléctrica (FIDE), incluidos en la línea base de emisiones de la prospectiva 2004-2014 de la SENER, representan acciones que continuarán contribuyendo a disminuir emisiones hasta por 58 millones de toneladas anuales de CO<sub>2</sub>e en el horizonte 2013, por lo que su continuación y extensión es muy importante para poder lograr los objetivos aquí planteados.

Actualmente existen muchas tecnologías más limpias disponibles para los sectores económicos considerados aquí que, además de que les permitiría reducir su intensidad de carbono con respecto a la proyectada para 2014, los haría menos dependientes de los incrementos en los precios de los combustibles fósiles y más competitivos a escala mundial.

#### 1.4.3.3 Escenarios de Penetración de tecnologías más limpias.

En el curso del proceso de formulación de esta Estrategia Nacional de Acción Climática, se identificaron y estudiaron una serie de proyectos específicos de reducción de emisiones de GEI para los sectores petrolero, eléctrico e industrial, considerando los costos de inversión y de operación, así como los ingresos potenciales por bonos de carbono. Estos proyectos corresponden a algunas de las áreas de oportunidad, aunque no cubren todas, solamente aquellas en las que fue posible reconocer la elegibilidad de los proyectos para un futuro próximo.

Los proyectos identificados se analizaron en el marco de tres escenarios de penetración tecnológica, uno que corresponde a la prospectiva de la SENER y dos sugeridos por el CMM, cada uno de los cuales presenta distintos potenciales de reducción de emisiones de GEI respecto del escenario tendencial (evolución lineal sin cambios, o “business as usual”).

**1. Escenario tendencial.** Línea base de la que se parte para estimar el potencial de reducción de emisiones de los diferentes escenarios de mitigación. Este escenario no prevé cambios tecnológicos a ciclo combinado en las centrales termoeléctricas tradicionales que utilizan combustóleo, generación eléctrica a partir

de fuentes renovables y proyectos de cogeneración en PEMEX.

**2. Escenario prospectivo.** Incluye los proyectos considerados en las perspectivas energéticas de la SENER, incluidas las medidas de ahorro y eficiencia energética que se encuentran planteadas en la misma o en curso de aplicación.

**3. Escenario de alta penetración tecnológica.** Incluye 120 proyectos, considerando todos los del escenario prospectivo más otros adicionales, de acuerdo con las oportunidades de mitigación que se presentan por generación y uso de energía. Su potencial de mitigación podría ser de 125 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> por año.

**4. Escenario de penetración tecnológica intermedia.** Incluye toda la cartera de proyectos del escenario prospectivo más algunos de los proyectos adicionales del segundo escenario, seleccionados porque su ejecución presenta mayor viabilidad. Contiene 82 proyectos, con un potencial de mitigación de 98.6 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> para 2014.<sup>6</sup>

#### 1.4.4 Legislación y regulación para la generación de energía eléctrica

- **2001** – Se publican los *Modelos de contrato para interconexión y transmisión* en el Diario Oficial de la Federación. No se contemplan subsidios para la promoción del desarrollo de fuentes de energía renovable. Estos modelos de contrato aplican a proyectos eólicos, solares e hidroeléctricos mayores a 0.5 MW.
- **2007** – Se publica en el Diario Oficial de la Federación el *Modelo de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Solar en Pequeña Escala* aplicable a sistemas FV hasta de 30 kW.
- **2008** – Se publica la Especificación *CFE G0100-04 Interconexión a la Red Eléctrica de Baja Tensión de Sistemas Fotovoltaicos con Capacidad hasta 30 kW*.
- **2008** – El Congreso Mexicano promulga la *Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética*.
- **2010** – La Comisión Reguladora de Energía expide el *Modelo de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable o Sistema de Cogeneración en Mediana Escala*, y sustituye el *Modelo de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Solar en Pequeña Escala* por el *Modelo de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable o Sistema de Cogeneración en Pequeña Escala*.<sup>7</sup>

#### 1.4.5 Uso de energía fotovoltaica en México

En el presente trabajo únicamente se mencionan los proyectos más destacables en México que tienen similitud con la investigación.

En México se han realizado ya importantes progresos en cuanto a generación de energía renovable se refiere, hablando particularmente de energía solar fotovoltaica, hay ya varios parques fotovoltaicos así como plantas instaladas en techos de gran y pequeña escala.

Como ejemplo de lo anterior se mencionan los siguientes desarrollos.

1. Desarrollo Wal-Mart en Aguascalientes. SFV interconectado a la red eléctrica. Inaugurado el 19 de enero de 2009, con 1,056 paneles fotovoltaicos instalados en el techo de la tienda Bodega Aurrera Convención, ubicada en la antes mencionada ciudad. La planta solar representó una inversión de US \$2 millones de dólares y fue desarrollado por la empresa G3 Servicios Ambientales. Los 1,056 paneles solares ocupan un área de 2,173m<sup>2</sup> (la mitad de la superficie disponible en el techo de la tienda), los cuales producirán al año 265,641 kWh. La producción de energía eléctrica representa el 20 por ciento de la energía consumida por la bodega en un año<sup>8</sup>(ver Figura 1.7).



Figura 1.7 Paneles Fotovoltaicos en Walmart Aguascalientes.<sup>9</sup>

2. Desarrollo Chrysler en Saltillo Coahuila. Para Diciembre de 2009, la armadora de autos, Chrysler de México instaló en su hasta entonces nueva planta de motores una planta solar fotovoltaica con una capacidad instalada de 411 kW. Este proyecto se localiza en Valle de Derramadero, en el sur del municipio de Saltillo, Coahuila, al norte de México. El proveedor de los paneles solares es la española Isofotón que surtió 1875 módulos fabricados en su centro de desarrollo y manufactura en España, un conjunto de baterías que acumularán la energía eléctrica que no pueden inyectar en la planta por el día, y por la noche

abastecerán a 150 luminarias led de última generación, que iluminarán las zonas exteriores de la fábrica. Antes de que se diera a conocer esta planta, el proyecto fotovoltaico más importante en México era el de Walmart en Aguascalientes con 175 kW de potencia pico instalados en el techo de una de sus bodegas comerciales (ver Figura 1.8).<sup>10</sup>



Figura 1.8 Planta fotovoltaica de Chrysler<sup>11</sup>

3. Desarrollo UAM Iztapalapa: El 05 de octubre de 2009, fue inaugurado el desarrollo fotovoltaico en la Universidad Autónoma Metropolitana, campus Iztapalapa, en colaboración con el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), teniendo como objetivos, además de invertir en una fuente de ahorros financieros y reducir emisiones al medio ambiente, la formación de recursos humanos especialistas en el tema de la energía solar fotovoltaica y sus aplicaciones, así como reforzar áreas de investigación en este tipo de temas, logrando interesar y sensibilizar a la comunidad universitaria.

El SFV interconectado a la red eléctrica, instalado en el techo de sus edificios B y C, está conformado por 286 paneles FV, generando hasta 60 kWp (kilowatts pico), que proporcionarán anualmente 79 mil 800 kWh (kilowatt-hora), equivalente a 216 kWh por día. El SFV, cubre el 87% de la demanda energética de unos de sus edificios, como se ilustra en las Figuras 1.9 y 1.10<sup>12</sup>



Figura 1.9 Desarrollo UAM Iztapalapa. Distrito Federal<sup>12</sup>



Figura 1.10 Desarrollo UAM Iztapalapa, Vista satelital<sup>2</sup>

## 1.5 Perspectiva Sistémica del Problema

### 1.5.1 Sistemas

La vida en sociedad está organizada alrededor de sistemas complejos en los cuales y por los cuales, el hombre trata de proporcionar el orden a su universo. La vida está organizada alrededor de instituciones de todas clases: algunas son estructuradas por el hombre, otras han evolucionado, según parece, sin un diseño convenido. Algunas instituciones como la familia, son pequeñas y manejables; otras como la política o la industria, son de envergadura nacional y cada día se

vuelven más complejas. Algunas otras son de propiedad privada y otras pertenecen al dominio público. En cada clase social, cualquiera que sea nuestro trabajo o intento, tenemos que enfrentarnos a organizaciones y sistemas.

Para la resolución de los problemas que se suscitan en ellos, se requiere una amplia visión del problema y no solo una porción aislada de éste. El enfoque de sistemas es la filosofía del manejo de sistemas por los cuales debe montarse este esfuerzo, resolviendo los problemas del sistema mayor, con soluciones que satisfagan no solo los objetivos de los subsistemas, sino también la sobrevivencia del sistema global.

¿Que es un sistema?. Simplificadamente es una reunión o conjunto de elementos relacionados. Los cuales pueden ser conceptos, objetos o sujetos o comprender dos o las tres clases de elementos, como en un sistema hombre-máquina que engloba las tres. Por lo tanto un sistema es un agregados de entidades, viviente, no viviente o ambas. Los sistemas se componen a su vez de otros sistemas a los que llamamos subsistemas, también hay sistemas más grandes o superordinales los cuales integran el sistema total o sistema integral. La estructura de un sistema consta de, entradas o recursos seguidas de el proceso de conversión del sistema, que provoca resultados o salidas la cuales pueden ser también éxitos o beneficios lo anterior se encuentra inmerso un medio, el cual se define como algo que incluye todos los sistemas sobre el cual no ejerce control alguien que toma decisiones, a pesar de que el sistema tiene limites implantados no se pueden ignorar las interacciones con el medio, a menos que carezcan de significado las soluciones adoptadas como en el caso de los sistemas físicos o concretos. En la Figura 1.11, se muestra un diagrama de un sistema su medio.



Figura 1.11 Un sistema y su medio.<sup>13</sup>

Los sistemas también adquieren:

- Propósito o función específicos.
- Sistemas, subsistemas y elementos están dotados también de atributos y propiedades que pueden ser cuantitativos y cualitativos.
- Metas y objetivos
- Administración
- Estructura
- Estados y Flujos

Los sistemas pueden ser clasificados por el tipo de elementos que los componen y las interacciones que hay entre ellos. Principalmente destacan:

1. Físicos, concretos, flexibles, no vivos. Como equipos, maquinarias, objetos y elementos reales. En resumen, pueden describirse en términos cuantitativos de desempeño.
2. Abstractos, rígidos, vivos. Como planes, hipótesis, símbolos, pensamientos, personas y en general seres vivos. Pueden describirse en términos cualitativos.
3. Ambos.<sup>13</sup>

Para identificar el tipo de sistema es indispensable el establecimiento de sus límites.

En cuanto a su naturaleza los sistemas pueden ser:

1. Cerrados. Son herméticos a cualquier influencia ambiental, no reciben ninguna influencia del ambiente ni éste de ellos. No reciben recursos externos ni producen desechos.
2. Abiertos. Intercambian materia y energía con el ambiente continuamente. Son eminentemente adaptativos, pues para sobrevivir deben readaptarse constantemente a las condiciones del medio.<sup>14</sup>

### 1.5.2 Identificación del Sistema

Existen cuatro áreas importantes en la aplicación del enfoque de sistemas:

1. Definir los límites del sistema total y del medio.
2. Establecer objetivos del sistema.
3. Determinar la estructura y relaciones programas-agentes.
4. Describir la administración del sistema.

Se utiliza un modelo mental para identificar las partes que integran el sistema y sus interrelaciones primeramente del sistema de calentamiento de agua de la “Alberca Olímpica de Zacatenco” Figura 1.12.

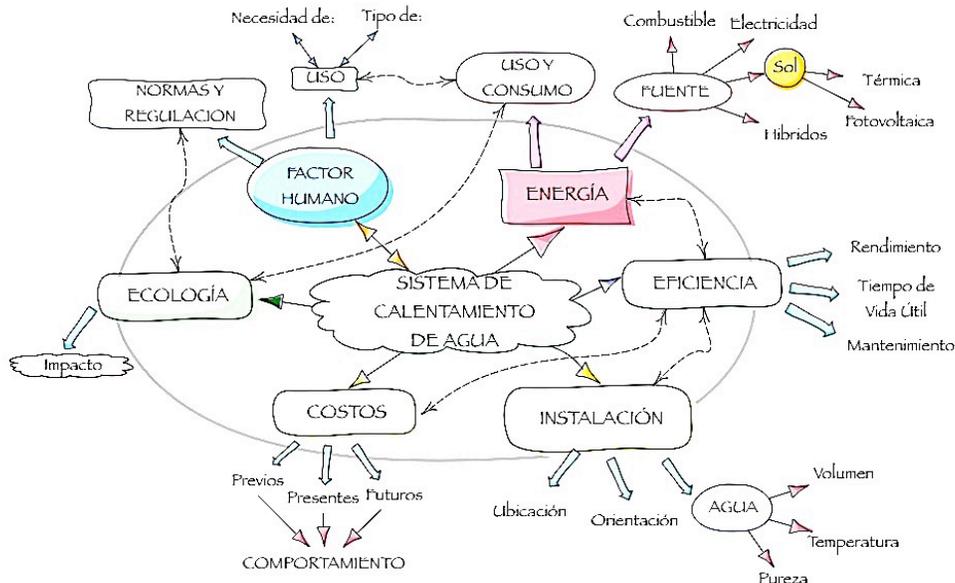


Figura 1.12 Modelo mental e interrelaciones de un sistema de calentamiento de agua.

*Del modelo mental:* La implementación de un sistema de calentamiento de agua surge por una necesidad humana, para que éste funcione, se requiere una fuente de energía, la cual puede ser variada, el uso de la piscina, por ende afecta el uso del sistema el cual es eficiente dependiendo de varios factores, cómo esta estructurado físicamente y cuales son las condiciones de uso y mantenimiento. El uso de energía, debe ser regulado y normalizado, dentro de ello, se encuentra el establecimiento de su tarifa la cual puede ser cambiante según las circunstancias específicas del medio en un periodo de tiempo. Utilizar energía, al ser un proceso de conversión arroja desechos, los cuales pueden tener en menor o mayor escala un impacto en el sistema ecológico.

Para establecer un sistema específico del problema y su definición de límites está inextricablemente unido la implantación de metas y objetivos del sistema así como la selección de los elementos específicos que lo componen y estructurarlos. En base a lo anterior se identifica el sistema a estudiar en este trabajo. El sistema de calentamiento de agua actual. Sistema con Bombas de calor. Figura 1.13

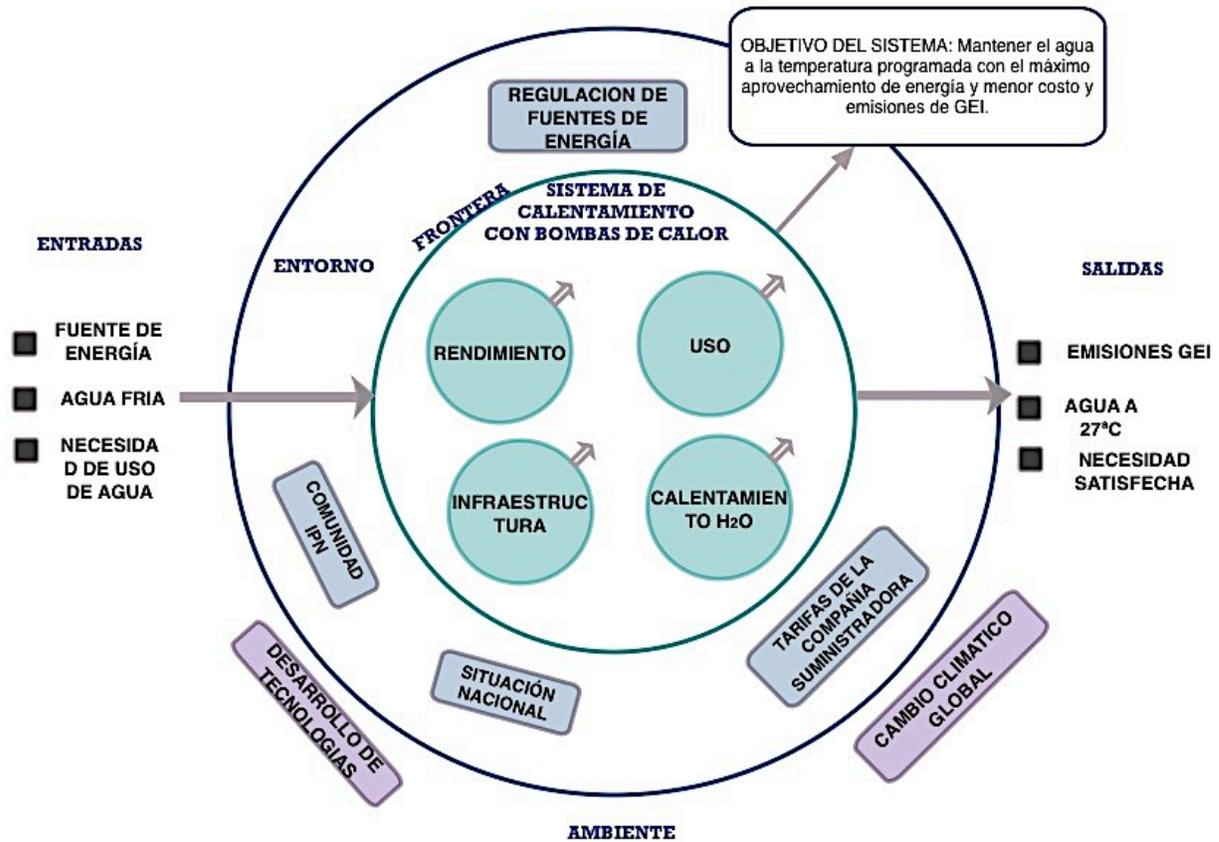


Figura 1.13 Sistema de Calentamiento de Agua con bombas de Calor.

El sistema de estudio (Sistema de calentamiento de agua con bombas de calor), tiene como objetivo principal el calentar el agua de la alberca a una temperatura de 27°C constantes con el mejor aprovechamiento de energía y menor costo, tiene metas y objetivos; existe gracias a una necesidad humana, sin ella no tiene razón de existir, tiene influencia y es influenciado por dicho suceso, sin embargo en su funcionamiento intrínseco no participa la mano del hombre.

Por lo anterior se puede decir que el sistema de estudio es un sistema Hombre-Máquina, o socio-técnico abierto. El cual consiste en analizar el cumplimiento de sus objetivos.

De los antecedentes (1.3) y el marco contextual (1.4) sabemos también que el sistema forma parte de un flujo en el tiempo en el que el ambiente ha sido y es tiende a seguir siendo cambiante. Figura 1.14



Figura 1.14 Contexto temporal de cambio en el ambiente.

## 1.6 Marco Metodológico

Buscando lograr los objetivos propuestos se utilizara un método basado en la teoría de Mejoramiento de Sistemas<sup>1</sup> que se refiere al proceso de asegurar que un sistema o sistemas operen de acuerdo con las expectativas (Figura 1.15). En este contexto el mejorar el sistema se refiere a trazar las causas de desviaciones de las normas operantes establecidas o a investigar cómo puede hacerse para que el sistema produzca mejores resultados. Los problemas principales por resolverse son: 1. El sistema no satisface los objetivos establecidos; 2. El sistema no proporciona los resultados prometidos; 3. EL sistema no opera como fue planteado inicialmente.

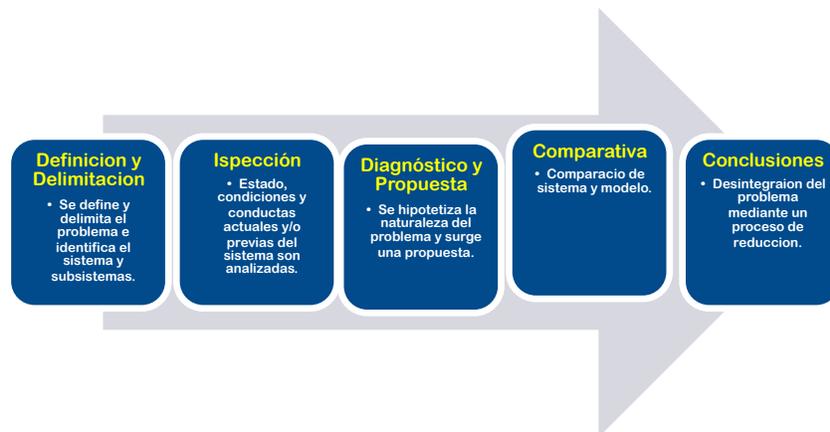
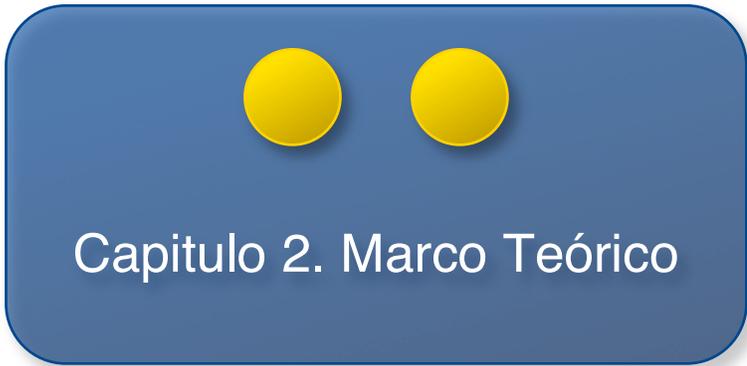


Figura 1.15 Método de obtención de resultados

1. DEFINICION Y DELIMITACION: Se describe y delimita el problema desde una perspectiva sistémica Ver. 1.1.5
2. INSPECCION: Se realiza una inspección física y técnica del sistema se capturan todos los datos inherentes a él actuales o previos que puedan ser utilizados para su análisis cuantitativo y cualitativo.

3. **DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA:** Se analizan los datos recopilados, dado a que el sistema es influido por un contexto de cambio en el tiempo se realizan proyecciones a futuro para poder predecir su comportamiento. Una vez identificada la naturaleza del problema se evalúan las opciones de solución y selecciona una propuesta.
4. **COMPARATIVA:** Para poder comprar el sistema actual con el sistema propuesto se colocan bajo la misma perspectiva proyectando de igual manera la propuesta, para así poder definir cual de ellos tendría un mejor desempeño y rentabilidad a futuro.
5. **CONCLUSIONES:** Finalización del análisis, se reduce el problema y la propuesta a las deducciones obtenidas del trabajo.



## Capitulo 2. Marco Teórico

### 2.1. Valor Presente.

El valor actual o presente de una suma, que vence en fecha futura, es aquel capital que, a una tasa dada y en el periodo comprendido hasta la fecha de vencimiento, alcanzará un monto igual a la suma debida.

El calculo de valores presentes se llama descuento y la tasa de interés usada en los cálculos se llama tasa de descuento. Así el descuento en finanzas es muy distinto al descuento en el comercio minorista. En el comercio minorista significa reducir el precio con el fin de vender mas bienes; en finanzas significa calcular el valor presente de una suma futura de dinero. Para distinguir las dos clases de descuento en el mundo de los negocios, el calculo de los valores presentes se llama análisis de flujo de efectivo descontado (DCF, por sus siglas en inglés).<sup>16</sup>

La fórmula general para el valor presente de \$1 que se recibirá dentro de n periodos a una tasa de descuento  $i$  (por periodo) es:

$$PV = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (2.1)$$

Esto se llama el factor de valor presente de \$1 con una tasa de interés  $i$  durante  $n$  periodos.

El valor presente que se recibirá dentro de cinco años al 10% anual, es:

$$PV = \frac{1}{(1+0.1)^5} = 0.62092 \quad (2.2)$$

**Diagramas de tiempo-valor.** Si en una línea de tiempo se colocan los valores en juego, se obtiene un diagrama de tiempo valor. Estos diagramas son de gran utilidad para el análisis de los problemas y permiten apreciaciones intuitivas. Figura 2.1

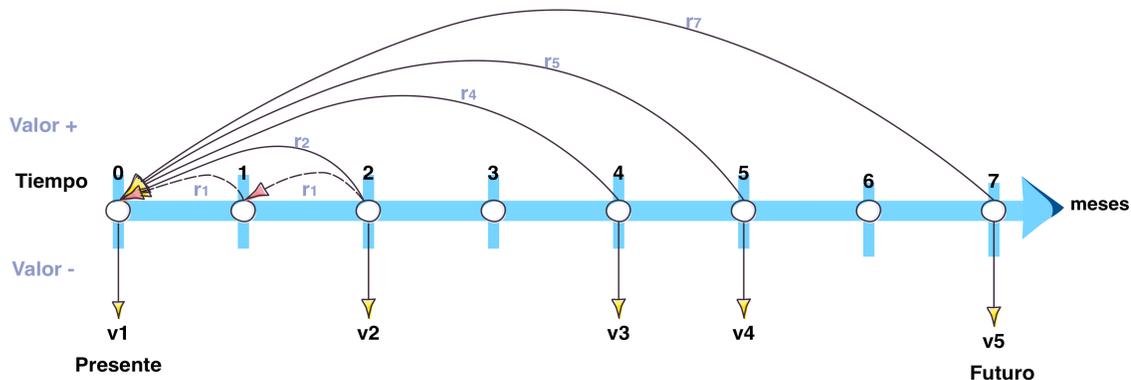


Figura.2.1 Diagrama de tiempo-valor.<sup>17</sup>

De la figura tenemos que:

$$VP(v_2) = \frac{V_2}{1+r_2} \quad (2.3)$$

así mismo:

$$VP(V_2) = \frac{V_2}{(1+r_1)^2} \quad (2.4)$$

Donde:

$r_i =$  Tasa correspondiente a  $i$  periodos de tiempo.

En un diagrama, el tiempo puede medirse de dos maneras diferentes: en sentido positivo (de izquierda a derecha), si se tiene una fecha inicial y se cuenta con un valor futuro y en sentido negativo (de derecha a izquierda), si se tiene una fecha de vencimiento, o final y un valor antes del vencimiento.<sup>17</sup>

## 2.2 CETES

**¿Qué son?.** Los Certificados de la Tesorería de la Federación (CETES) son el instrumento de deuda bursátil más antiguo emitido por el Gobierno Federal. Se emitieron por primera vez en enero de 1978 y desde entonces constituyen un pilar fundamental en el desarrollo del mercado de dinero en México. Estos títulos pertenecen a la familia de los bonos cupón cero, esto es, se comercializan a descuento (por debajo de su valor nominal), no devengan intereses en el transcurso de su vida y liquidan su valor nominal en la fecha de vencimiento. A continuación se presenta una descripción detallada de los mismos.

**Valor Nominal y Plazo.** Tienen un valor nominal de \$10.00 (diez pesos). Se pueden emitir a cualquier plazo siempre y cuando su fecha de vencimiento coincida con un jueves o la fecha que sustituya a este en caso de que fuera

inhábil. De hecho, estos títulos se han llegado a emitir a plazos mínimos de 7 días y a plazos máximos de 728 días. En la actualidad los CETES se emiten y colocan a plazos de 28 y 91 días, y a plazos cercanos a los seis meses y un año<sup>1</sup>

**Pago de Intereses.** Estos títulos no devengan intereses debido a que son bonos cupón cero. Sin embargo, la tasa de interés del título está implícita en la relación que existe entre su precio de adquisición, el valor nominal del título y su plazo a vencimiento.

**Identificación de títulos.** La clave de identificación de la emisión de los CETES está diseñada para que los instrumentos sean fungibles entre sí. Esto es, CETES emitidos con anterioridad y CETES emitidos recientemente pueden tener la misma clave de identificación siempre y cuando vengzan en la misma fecha. Para ello, la referida clave está compuesta por ocho caracteres, el primero para identificar el título ("B"), el segundo es un espacio en blanco, y los seis restantes para indicar su fecha de vencimiento (año,mes,día). Como se puede observar, lo relevante para identificar un CETE es su fecha de vencimiento, esto significa que dos CETES emitidos en fechas distintas pero que vencen el mismo día cuentan con la misma clave de identificación, por lo que son indistinguibles entre sí.

### 2.2.1 Metodología general para evaluar los CETES

El precio CETE se puede calcular a partir de su tasa de rendimiento o de su tasa de descuento, el precio final puede variar ligeramente en función del número de cifras decimales que se ocupen.

A partir de la tasa de rendimiento, el precio de un CETE se puede calcular utilizando la siguiente fórmula.

$$P = \frac{VN}{\left(1 + \frac{r_t * t}{360}\right)} \quad (2.5)$$

Donde

*P = Precio del CETE (redondeado a 7 decimales)*

*VN = Valor Nominal del título en pesos*

*r<sub>t</sub> = Tasa de rendimiento anual nominal de CETE a t días*

*t = Plazo en días del CETE*

## 2.3 Energía Solar

La energía solar es definida como la energía radiante transmitida por el sol e interceptada por la Tierra. Es transmitida por el espacio por medio de radiación electromagnética con un rango de longitudes de onda entre 0.20 y 15  $\mu\text{m}$ . La disponibilidad del flujo solar para aplicaciones terrestres varía con la temporada del año, hora del día, ubicación y orientación de la superficie receptora.

Conforme al uso de la energía solar se puede clasificar en dos tipos, energía solar térmica, y energía solar fotovoltaica<sup>20</sup>.



## Capítulo 3. Análisis y Diagnóstico

### 3.1 Sistema de Calentamiento Térmico Solar

Actualmente desconectado del flujo de agua, por lo tanto sin funcionamiento en el proceso de calentamiento de alberca y fosa. Debido a la falta de datos específicos como, consumo de combustible y datos históricos de temperatura alcanzada del sistema, serán analizadas a groso modo, las razones por las cuales su operación pese a lo esperado no fue exitosa.

#### a) INSPECCIÓN:

Puesto en marcha en el año de 2005 el sistema térmico solar consta de 706 colectores solares, *ECOSUN marca Modulo Solar*, fabricado en polipropileno resistente a rayos UV, cubriendo un área de aproximadamente 2675m<sup>2</sup>, del techo instalado previamente para el uso de éste sistema.

En diseño es un sistema híbrido en diseño, ya que utiliza como soporte otra fuente de energía en este caso Diesel, a través de las calderas, considerando su intervención en caso de que el arreglo de colectores no lograse alcanzar el incremento de temperatura programado.

Aproximadamente 2.5 años posterior a su instalación y puesta en marcha, se presentó el desprendimiento de 30 colectores del total del arreglo, por lo que se tomo la decisión de desconectar el arreglo de colectores, además de haberse notado aparición de sarrosidad en los conductos. No hubo mantenimiento correctivo oportuno ni tampoco fueron cubiertos los colectores para protegerlos de la insolación al permanecer vacíos y sin flujo de agua. Actualmente los colectores han perdido estabilidad dimensional y el sistema es prácticamente obsoleto.

Conforme a los cálculos de dimensionamiento del fabricante se encuentran los siguientes datos.

- Diseñado para garantizar en un día un incremento de temperatura mínimo de 2°C en invierno y 3°C en verano en condiciones normales de asoleamiento. Incremento promedio anual 2.5°C
- Deberá alcanzar un rango de temperatura entre 27° y 28°C y mantenerla. En alberca techada.
- Considerado un volumen total de agua de 3960m<sup>3</sup>
- Se considera una eficiencia mínima de 68.3% en Diciembre y máxima de 80.3% en abril.
- Se pronostica un ahorro de gas de 55%

De lo anterior se destaca,:

- Se requiere un incremento de temperatura aproximado de entre 6°C y 8°C
- El volumen total de agua es mayor al estimado por aproximadamente 1000m<sup>3</sup>, con un total de 4993m<sup>3</sup>.
- El sistema de soporte (calderas) funcionan con diesel.
- Cabe mencionar que al ser un sistema híbrido, es necesario tomar en cuenta además del rendimiento del sistema solar, el rendimiento del sistema de soporte, en este caso de las calderas Para poder considerar un rendimiento total. Así mismo considerar el tiempo en que el sistema térmico solar alcance a tener un ciclo completo de agua para su calentamiento, las condiciones hidráulicas del filtrado de agua, y las condiciones ambientales principales adicionales a la insolación como vientos y temperatura ambiente.

Por las consideraciones del dimensionamiento se puede decir que el sistema instalado es un sistema de precalentamiento mas no de calentamiento solar que depende en una buena medida del sistema de soporte, en este caso de las calderas. Aunado a las consideraciones previamente descritas se pueden considerar causas por las que no tuvo un desempeño tan exitoso como el esperado.

## 3.2 Sistema de Calentamiento por Bombas De Calor

Actualmente las bombas de calor son el sistema utilizado para el calentamiento de agua de alberca y fosa, para la alberca están destinadas 20 bombas de calor, para la fosa 16. Éstas toman su energía de una de las subestaciones del instituto, de la que dependen más instalaciones de la zona deportiva, la cual tiene una demanda contratada de 1500Kw y el consumo es facturable con la tarifa HM .

Cada grupo de bombas están conectados en un tablero independiente. El sistema de bombas de calor, cuenta con un termostato el cual activa el arreglo cuando la temperatura del agua ha bajado y requiere el funcionamiento de ellas,

sin embargo cada circuito derivado de los tableros, (que corresponde a una bomba), pueden ser encendidos o apagados del arreglo independientemente, de esta manera se limita el numero de bombas que participan en el encendido del arreglo.

*a). INSPECCION:*

Para poder hacer un análisis cuantitativo del sistema se decidió trabajar con los datos de consumo del sistema, dado a que no fue instalado un sistema de medición que indique a los operadores el gasto de energía que representa dicho sistema, se requirió realizar mediciones directamente a los 2 tableros en los que se encuentran conectadas las bombas de calor, las destinadas para la alberca y el de las destinadas para la fosa. Siendo el perfil de consumo la información deseada, se utilizó un analizador de redes eléctricas marca AEMC modelo 3945 (Figura 3.1), en cada uno de los tableros mencionados, por un lapso de 7 días en el mes de agosto de 2011 en condiciones normales de trabajo.



Figura 3.1 Colocación del analizador de redes.

Siendo que las mediciones por 7 días arrojarían un perfil de consumo, mas no información de consumo durante el año, se recopilaron los datos de consumo previos de la subestación que abastece de energía a “La Alberca”, con el apoyo del departamento de servicios escolares, se recopilo la información de consumo y facturación mensual de dicha subestación desde enero de 2008 hasta abril de 2011, tal información con el objetivo de encontrar el porcentaje de consumo que le representa el sistema de bombas y su facturación, así mismo identificar los meses en los que se presenta mayor demanda y por lo tanto un mayor costo.

Físicamente, se localiza el sistema y verifican sus datos técnicos.

*b). ANÁLISIS:*

Dado a que las mediciones fueron realizadas en los tableros separados de alberca y fosa se analizaran primeramente de forma separada y posteriormente en forma

conjunta, al ser ese el punto de interés. Así mismo fueron utilizados la potencia y consumo como los parámetros de mayor interés para los fines de estudio posteriores consistentes al dinamismo del sistema.

> POTENCIA.

Dado a que la potencia activa, es la que representa la capacidad de un circuito para poder realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo, fue utilizada para analizar el comportamiento de la demanda durante los días que se realizó la medición, bajo condiciones normales de operación del sistema.

**En la alberca:** La demanda máxima registrada fue de 85.901 kW, este pico fue registrado en día domingo a las 15:00pm, la mínima es de 0 Kw y se presentó casi en todos los días en distinto periodo de tiempo (Ver tabla 2 del Anexo Tablas). Se observa que el comportamiento de demanda es muy irregular, tanto en el transcurso de un día como entre días distintos como se muestra en la Figura 3.2.

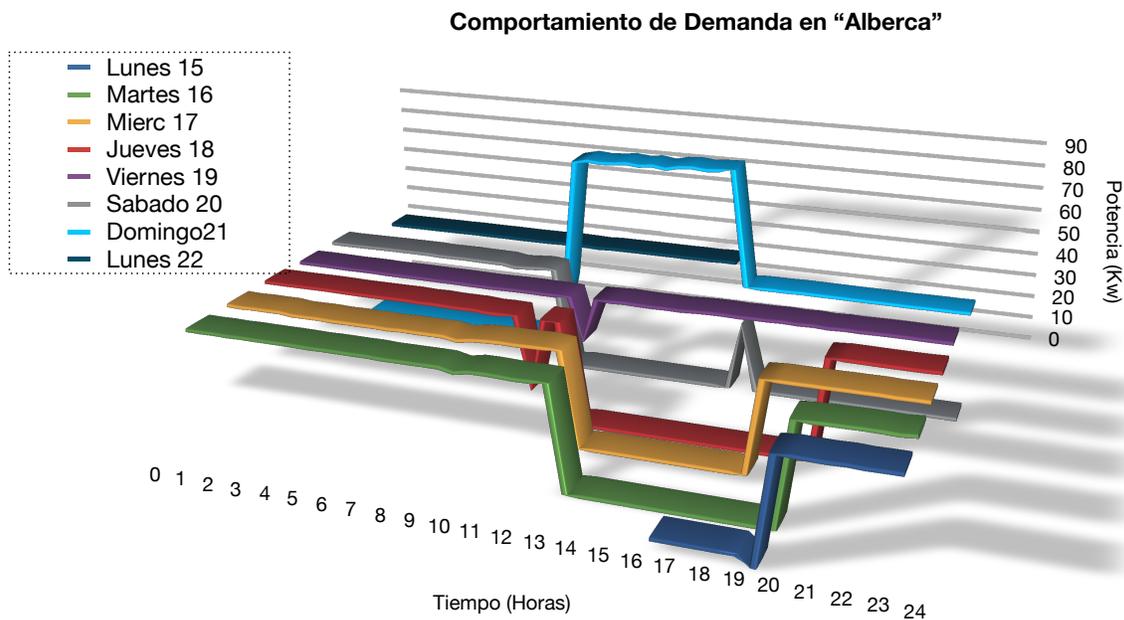


Figura 3.2 Potencia registrada en la alberca.

Pese a que las series pueden no ser distinguibles fácilmente se puede ver un patrón de demanda en común de todos los días exceptuando el domingo entre las 00:00 horas y las 08:00 a.m. en el que no muestra actividad en ese periodo de tiempo iniciando a las 08:00 a.m. iniciando en media hora el periodo de mediciones de potencia mas altas de toda la semana, el cual concluye a las 15:30 aproximadamente y se mantiene en un nivel que semeja mucho al patrón de comportamiento del resto de los días, oscilando entre 35 y 45 Kw. Tal

comportamiento nos indica que en los días de Lunes a Viernes el requerimiento de trabajo de las bombas es mas o menos regular, y el numero de ellas activas también, probablemente 10 de las 20 con las que se cuentan, el día sábado se registro trabajo desde las 9:30 a.m. lo que probablemente representó una pérdida de calor significativa, la cual debió ser recuperada el día domingo accionando las 20 bombas del circuito y por ende registrando prácticamente el doble de la demanda máxima registrada en los días de lunes a sábado la cual fue de 43.2 Kw.

En la grafica anterior se puede mostrar también que el periodo de fluctuaciones de demanda en todos los días se presenta en un horario de 8:00 a.m. a 8:00 p.m. aproximadamente.

**En la fosa:** La demanda máxima registrada fue de 40.112 kW, éste pico fue registrado el día viernes 12 de agosto a las 19:00 horas, la mínima es de 0 Kw y se presentó en todos los días en un periodo de tiempo de las 13:00hr a las 18:30hr, lo que nos indica inactividad total en ese periodo de tiempo en todos los días, cabe mencionar que uno de ellos, el día domingo fue inactivo totalmente y el día lunes únicamente mostro actividad por un corto periodo de 4 horas Se observa que el comportamiento de demanda a diferencia del de la alberca mucho más regular, sin embargo hay periodos de tiempo inactivo mucho más largos (Ver Tabla 3 del Anexo Tablas). Sin embargo no hay un pico de demanda tan alto como el registrado en la alberca, lo cual además de deberse a un menor numero de bombas conectadas, se debe a los fines de actividad que tiene la fosa en diferencia de la alberca. (Figura 3.3)

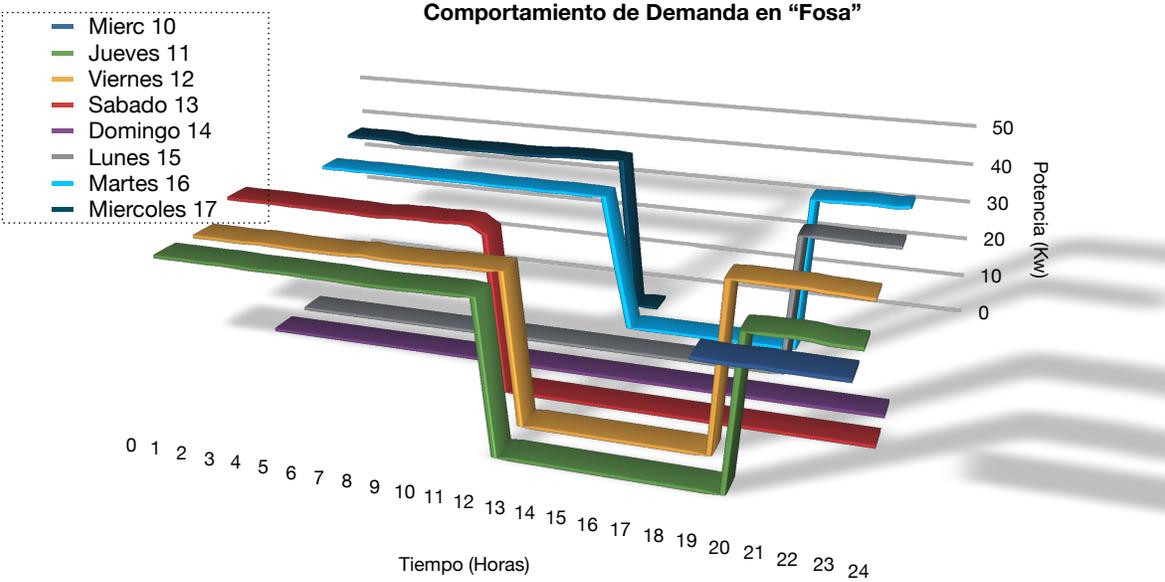


Figura 3.3 Potencia registrada en la fosa.

**Del sistema completo (alberca y fosa):** Sumando las demandas medidas para alberca y fosa por separado obtenemos la demanda máxima que el sistema puede tener suponiendo que ambas, estén operando a sus mayores requerimientos lo que nos da:

$$\text{Alberca (85.900 Kw) + Fosa (40.111 Kw) = 126.013 Kw}$$

### > CONSUMO

**De la alberca:** Refiriéndonos al consumo registrado por las bombas de calor destinadas a mantener la temperatura del agua de la alberca estable. Bajo las condiciones normales de trabajo en que operan.

La medición fue iniciada el día lunes 15 de agosto a las 4:05:00 p.m. y terminada el día lunes 22 de agosto a las 3:00:00 p.m (Ver Tabla 4 del Anexo Tablas). El periodo de medición fue un total de 6 días, 22horas, 55 minutos, con un consumo de energía acumulada de 5,190 Kwh. Ver Figura 3.4

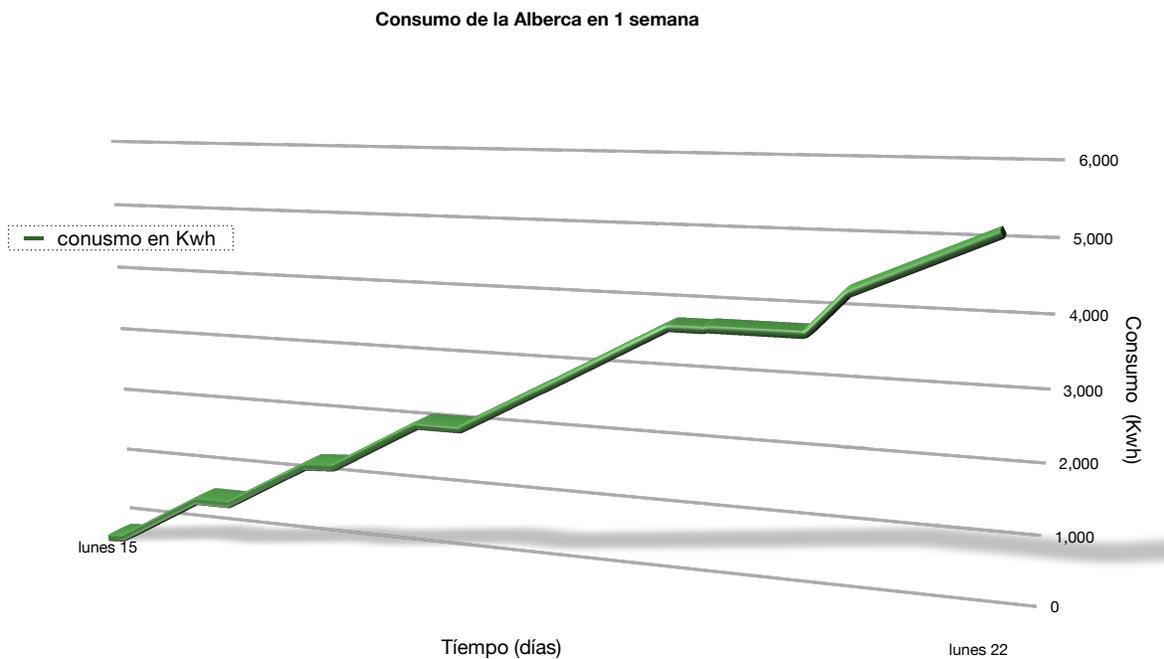


Figura 3.4. Consumo de energía acumulada durante los días de medición en la alberca.

**De la fosa:** Refiriéndonos al consumo registrado por las bombas de calor destinadas a mantener la temperatura del agua de la fosa, estable. Bajo las condiciones normales de trabajo en que operan.

La medición fue iniciada el día miércoles 10 de agosto a las 2:10:00 p.m. y terminada el día miércoles 17 de agosto a la 1:50:00 p.m (Ver Tabla 5 del Anexo Tablas). El periodo de medición fue un total de 6 días, 23horas, 40 minutos, con un consumo de energía acumulada de 3,005 Kwh. Ver Figura 3.5

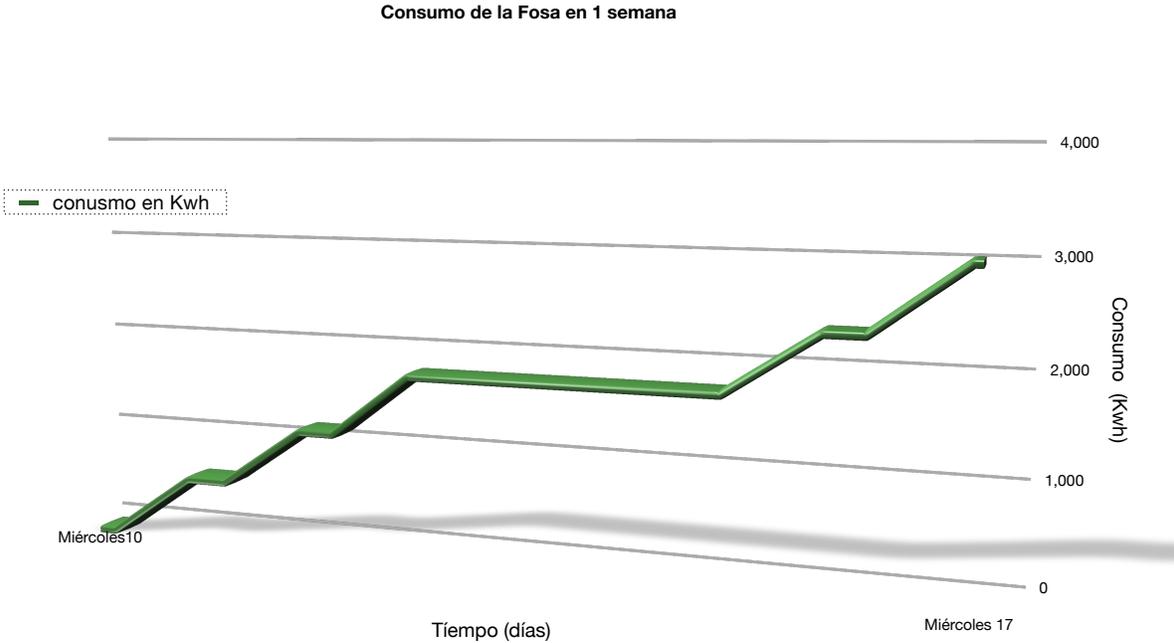


Figura 3.5 Consumo de energía acumulada durante los días de medición en la fosa.

**Sistema completo:** De lo anterior se obtiene que por día se tiene un consumo aproximado de 742.48Kwh en la alberca y de 601 Kwh en la fosa y el sistema completo un consumo por día aproximado de 1343.48Kwh.

Siendo complicado hacer un análisis económico de lo que representa el consumo obtenido, se utilizaron los datos históricos de consumo y facturación de la subestación que abastece de energía eléctrica las instalaciones de “La Alberca” en el año próximo anterior y los meses previos del año en curso, para obtener el porcentaje del consumo y la facturación correspondiente al sistema de bombas de calor aisladamente; es decir el equivalente en Kw y pesos del consumo de energía eléctrica por las 36 bombas de calor que integran el sistema (Ver Tabla 6 del Anexo Tablas).

Dicha SE que abastece de energía a la alberca esta ubicada en las instalaciones del Estadio de Atletismo Wilfrido Massieu, el cual a su vez esta ubicado en contra esquina a la Alberca, ésta abastece a mas instalaciones deportivas de la zona por lo que la información corresponde a un grupo de instalaciones. Los datos del consumo se muestran en la Figura 3.6

### Consumo anual en SE Estadio Wimfrido Massieu

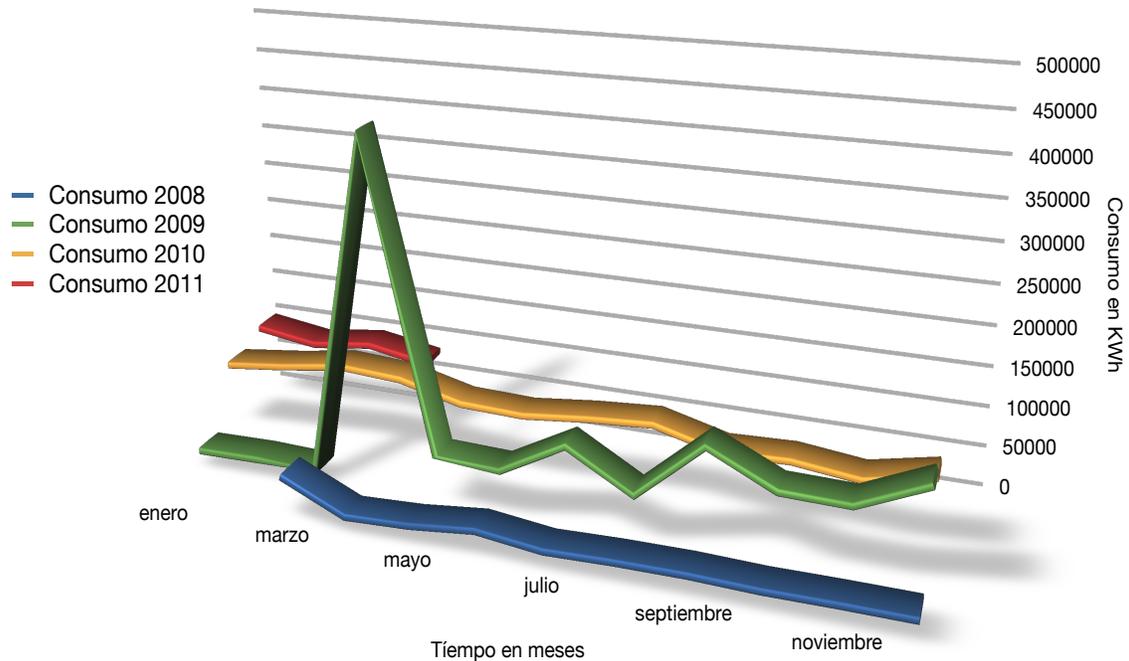


Figura 3.6 Consumo anual desde febrero de 2008 a abril de 2011

En la grafica anterior, se puede observar como la línea de comportamiento en el consumo durante el año 2008 se mantiene visiblemente en valores bajos cercanos a la mitad del consumo alcanzado para el año 2010, así como cierta estabilidad en el consumo mensual, en este año aun no había sido puesto en marcha el sistema de bombas de calor, por lo que lo utilizaremos como referencia de comportamiento previo únicamente.

También puede ser claramente observable el comportamiento atípico del año 2009, cabe mencionar que durante ese año se realizaron numerosas obras en el fortalecimiento de la infraestructura deportiva, lo que puede ser la causa de ello, adicionalmente durante éste año también se produjeron cambios en el sistema de facturación de la energía eléctrica a nivel nacional al ser desaparecida la hasta entonces vigente, compañía de Luz y Fuerza del centro y tomar su lugar la Comisión Federal de Electricidad. Por lo anterior el año 2009 no es utilizado como referencia en los análisis.

Para el año 2010 las bombas de calor, así como otras instalaciones de nueva integración a la red de la misma subestación ya operaban de forma normal, por lo que éstos datos forman parte de los análisis que serán descritos.

Conforme a lo anterior, los datos de facturación de los mismos años mencionados reflejan comportamientos del mismo orden que el consumo como se muestra en la Figura 3.7

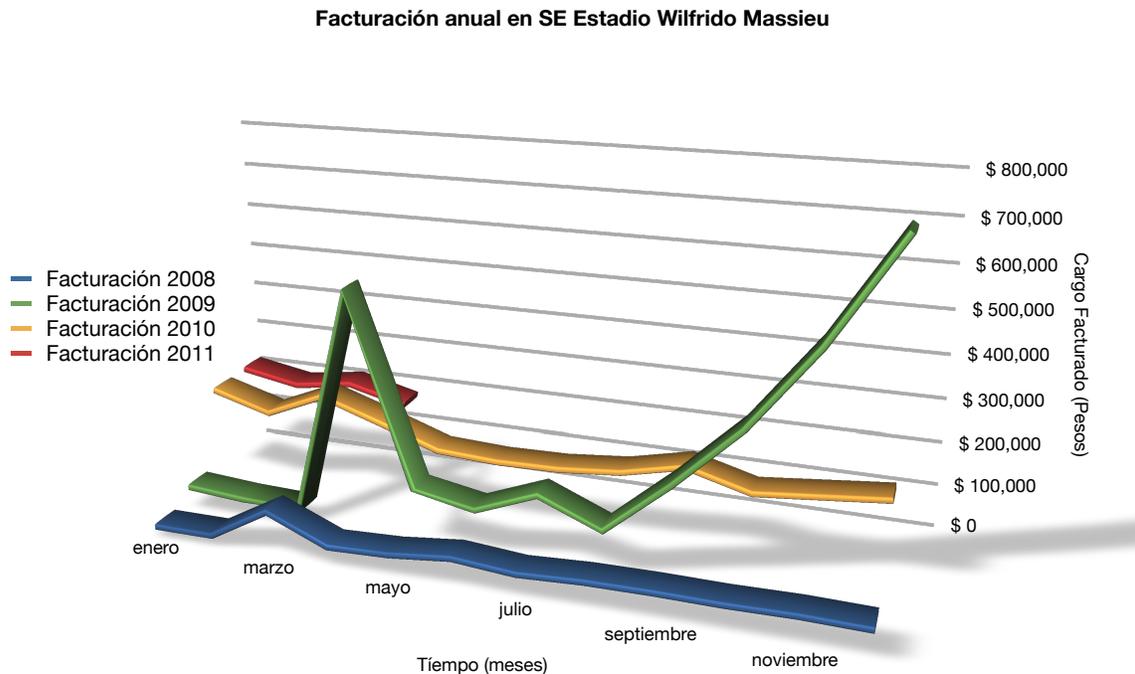


Figura 3.7 Facturación anual desde febrero de 2008 a abril de 2011

Como sucedió con el consumo, se puede observar la situación atípica del año 2009, así como el comportamiento mencionado para los otros años.

Con ésta información, obtenemos que los meses de mayor consumo energético y por ende mayor facturación en el año son enero febrero marzo y abril.

Teniendo una visión general del comportamiento del total del consumo de la SE, obtenemos de lo anterior el porcentaje correspondiente a las bombas de calor.

Tomando el consumo por día de las mediciones realizadas en el mes de agosto y tomando la misma información del mismo mes del cual se tiene disponible la información que es Agosto de 2010 se obtiene el porcentaje correspondiente utilizando únicamente una regla de tres.

Agosto de 2010= 3,506.45 Kwh 100 % del consumo/día de la SE.  
 Agosto de 2011=1,343.48 Kwh 33.44% del consumo/día de la SE.

Así entonces se estima como consumo medio mensual en 2010 de las bombas de calor 33,679.80 Kwh, con una facturación de \$ 65,952.37 M.N.

*c). DIAGNÓSTICO*

Tomando como referencia el consumo medio mensual de la SE en el año 2008 cuando no estaban instaladas las bombas de calor, el cual es de 29,080 Kwh y comparándolo con el consumo medio mensual de las bombas de calor calculado, que es de 33.44 Kwh, nos damos cuenta de la magnitud del gasto energético que representan las bombas de calor, pues resulta mayor que el consumo de la SE completa en años anteriores.

Realizando la misma comparación con el consumo medio mensual en el año 2010, el cual es de 100,731.56 Kwh, el consumo medio mensual del 2008 representa el 29% del consumo medio mensual del año 2010 lo que nos indica que hubo un incremento de aproximadamente el 71%. Se ilustra en la Figura 3.8.

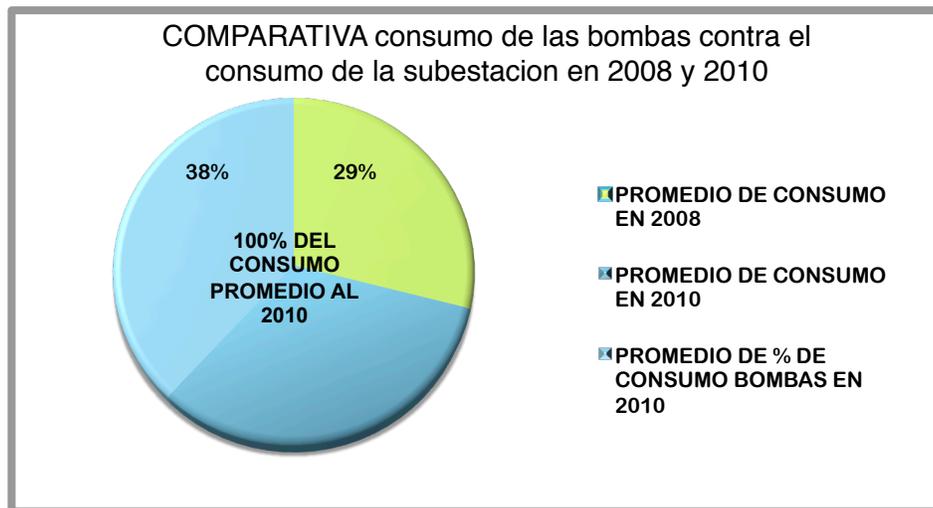


Figura 3.8 Comparativa y referencia de consumos medios mensuales.

Nótese que, del 100% del consumo medio mensual en 2010, el 33.44% representa el consumo de las bombas de calor, sin embargo el consumo medio de la SE en el año 2008 representa únicamente el 29%, sumando ese porcentaje con el de las bombas de calor obtenemos un 63%, restando 37% más, para completar el consumo alcanzado para 2010 desde 2008 el cual puede suponerse corresponde al resto de instalaciones nuevas en la periferia.

Es decir el crecimiento que ha tenido el consumo desde 2008 al 2010 es más del doble y es también un 37% mayor que la suma del consumo de la SE en 2008 más el consumo de la implementación de las bombas de calor.

#### d) PROYECCION A FUTURO

Del capítulo 1, sección 1.4.2 se tomó la tasa de crecimiento anual que, se obtuvo del registro de comportamiento de la tarifa HM desde 2008 a 2011.

Utilizando los datos correspondientes a la facturación mensual del sistema de estudio de los meses de mayo de 2010 a abril de 2011, se realizó la proyección de facturación mensual de los siguientes 20 años, como sigue:

$$C_k = C_0(1 + r_{TF}) \quad (3.1)$$

Donde:

$C_k$  = Capital proyectado en el  $k$  – ésimo periodo de tiempo (mes)

$C_0$  = Capital inicial

$r_{TF}$  = Tasa de crecimiento anual efectiva de tarifa HM

Para iniciar la proyección y los subsecuentes análisis se requiere hacer un corte en el presente, como punto de partida, el cual se convino al 30 de septiembre de 2011. De esta manera los resultados pueden ser comparables bajo el mismo contexto.

Por lo anterior el primer mes proyectado dentro del análisis es octubre de 2011 y el último diciembre de 2031, 20 años y 2 meses. En suma para tal fecha, utilizando el sistema de calentamiento actual, se habría pagado una cantidad de \$30,694,498.52 por concepto del consumo de energía del sistema de bombas de calor.

Dado a que al hablar de dinero que por alguna condición se pagará en un periodo de tiempo, no es lo mismo que hablar de dinero al día de hoy, se realiza el cálculo del “Valor Presente” de cada uno de los meses proyectados. Utilizando la tasa de CETES a 28 días, vigente a la fecha convenida de corte (30 septiembre de 2011).

Este tipo de tasa es utilizada dado a que, al ser un instrumento gubernamental se caracteriza por ser seguro y libre de riesgos, ya que el pago de su valor nominal está garantizado por el gobierno federal<sup>3</sup>.

El cálculo del valor presente se calculó entonces como sigue:

Del portal del Banco de México<sup>24</sup> se obtiene el valor nominal de CETES a la fecha de corte convenida de 4.34%

Siendo una tasa a 28 días se transforma a una tasa anual nominal:

De la fórmula (2.3) se tiene que:

$$P = \frac{VN}{\left(1 + \frac{r_{28}t}{360}\right)^{28}} \quad (3.2)$$

Ahora, como se cumple que:

$$VN = (1 + i_{28})P \quad (3.2^*)$$

Donde  $i_{28}$  es la tasa real correspondiente a 28 días, entonces:

$$i_{28} = \frac{VN}{P} - 1 \quad (3.3)$$

De las ecuaciones (3.2) y (3.3) se obtiene:

$$i_{28} = \left(1 + \frac{r_{28}28}{360}\right) - 1 = \frac{r_{28}28}{360} \quad (3.4)$$

Para obtener la tasa diaria:

$$i_d = (1 + i_{28})^{1/28} - 1 = \left(1 + \frac{r_{28}28}{360}\right)^{1/28} - 1 \quad (3.5)$$

Para obtener la tasa anual:

$$i_{365} = (1 + i_d)^{365} - 1 \quad (3.6)$$

Por lo tanto se obtiene la siguiente fórmula para calcular la tasa anual efectiva  $i_{365}$  equivalente a la tasa anual nominal de CETE 28,  $r_{28}$ :

$$r_{365} = \left(1 + \frac{r_{28}28}{360}\right)^{365/28} - 1 \quad (3.7)$$

A partir de  $i_{365}$  se obtiene la tasa mensual utilizada para el calculo del valor presente  $i$  de la manera siguiente.

$$i = \left((1 + i_{365})^{1/12} - 1\right) * 12 \quad (3.8)$$

La tasa calculada anual obtenida es de 4.44% misma que se utilizó para el calculo del valor presente como sigue.

$$VP = \frac{C_k}{(1+i)^k} \quad (3.9)$$

Donde:

$VP = Valor Presente$

$C_k = \text{Capital en el periodo } k \text{ (mes)}$   
 $k = \text{periodo}$

El valor presente del monto total a pagar por concepto de consumo de la energía del sistema dentro de 20 años es de: \$18,290,580.21 M.N.

De manera gráfica se puede observar el diagrama de flujo del valor presente del sistema de estudio en la Figura 3.9

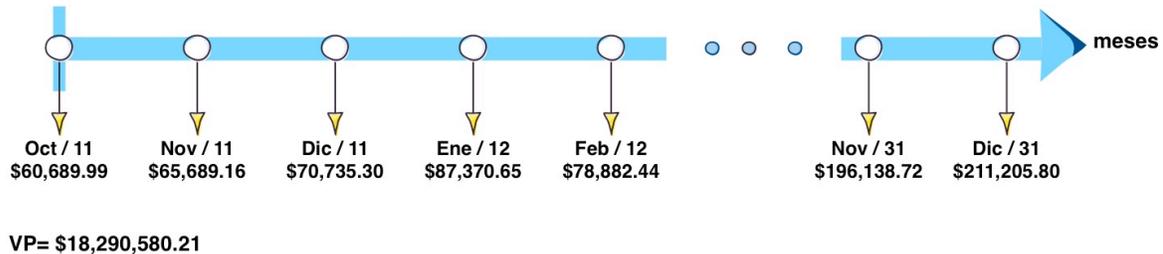


Fig. 3.9 Diagrama de Flujo del valor presente del sistema actual.

En donde cada flecha (hacia abajo), representa una cuenta por pagar proyectada mensual. El valor presente se localiza en el primer periodo dado a que se considera el monto de dinero con el cual se tendría que tener en el presente para cubrir el total de las cuentas por pagar a diciembre de 2031.

### 3.3 Otros Sistemas

Consideran otros sistemas que afectan directamente al sistema de calentamiento, como:

- El sistema de purificación del agua, eliminación de la salinidad, que puede repercutir en el flujo del líquido por los ductos.
- El sistema de protección de pérdida de calor, que afecta directamente a la eficiencia del sistema.
- El medio ambiente, que debe ser considerado , temperatura ambiente, insolación y nivel de vientos principalmente.

Capítulo 4. Presentación de Propuestas.

4.1 Toma de decisiones.



Figura 4.1 Alternativas.

Se presentan las tres propuestas.

4.2 Propuesta Sistema Fotovoltaico

Tomando en cuenta el análisis y diagnóstico de sistema actual, así como los factores contextuales relevantes, se considera proponer el uso de la energía solar como fuente de energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos. Para lo anterior se requirió calcular el consumo máximo diario que podría ser requerido en

el sistema con los datos medios diarios por cada mes del año 2010 y 2011 disponibles, Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Valores de consumo medio diario

CONSUMO DE SISTEMA MEDIO DIARIO		
	AÑO 2010 / Kwh	AÑO 2011 / Kwh
Enero	1232.89	1452.25
Febrero	1489.08	1455.96
Marzo	1485.87	1434.95
Abril	1480.04	1315.47
Mayo	1197.65	
Junio	1207.21	
Julio	1274.02	
Agosto	1343.49	
Septiembre	1125.18	
Octubre	1127.20	
Noviembre	1051.10	
Diciembre	1227.31	

Para calcular el máximo consumo que pudiera ser registrado se procede a realizar un intervalo de de confianza al 99% como:

$$(\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma) \quad (4.0)$$

Donde:  $\sigma$  es la desviación estándar.

Es decir, considerando que el consumo siga una distribución normal los valores que pudieran registrarse se encuentren siempre cubiertos dentro de este rango prácticamente el 100% de los casos (99.966666%).

Con lo anterior entonces se propone:

Suplir el sistema térmico solar ya en instalado en la techumbre por un sistema solar fotovoltaico interconectado a la red eléctrica, el cual genere energía suficiente para el sistema de calentamiento actual. Reduciendo así los costos de facturación por dicho sistema y a su vez reducir la emisión de GEI, resultante de la generación de ésta energía por la compañía suministradora.

Se genera la siguiente **HIPÓTESIS**: Si el sistema propuesto genera la energía usual consumida más su margen de riesgo, es decir 1,699Kwh, en condiciones de baja insolación (4 horas al día), significaría que prácticamente en el 100% de los casos, cubriría el consumo demandado por el sistema de bombas y además se

tendría un excedente de energía generada, útil para el uso de otras cargas de la instalación de la alberca. Este ahorro de energía “extra” significara consecucionalmente ahorro de dinero, mensualmente.

Para reforzar lo anterior se realizó un análisis del sistema propuesto.

**SISTEMA PROPUESTO:** Sistema interconectado a la red eléctrica con una potencia solar pico de 412Kwp y una generación de 1,699 Kwh por día en condiciones extremas (4 horas de insolación), con paneles fotovoltaicos de 230W de potencia, acondicionamiento de potencia eléctrica y sistema de comunicación y monitoreo visual con despliegue de datos al público Figura 4.2.



Figura 4.2 Sistema FV propuesto.

Dicho sistema, tabulado con un costo de 1,258,694.08 US\$, incluye: ingeniería, soportes para los paneles fotovoltaicos, material eléctrico, gabinetes concentradores, instalación y puesta en marcha. Y requeriría un área de instalación de 3900m2 disponibles en la techumbre de la alberca. Se muestra el resumen del presupuesto en la Figura 4.3

**Resumen de Presupuesto**

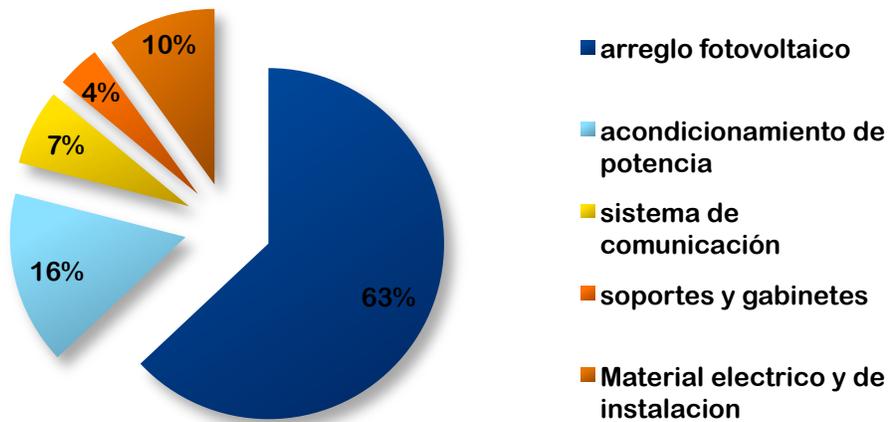


Figura 4.3 Resumen del presupuesto de sistema solar fotovoltaico.

Como fue mencionado el sistema propuesto generaría energía por día de 1,699 Kwh lo que significaría anualmente 620.135 MWh/año, lo que representa dejar de emitir al medio ambiente 333 toneladas de CO<sub>2</sub> el primer año de instalación y 8,325 toneladas del mismo gas, durante un periodo de 25 años considerándolo como su vida útil garantizada.

El Sistema fotovoltaico interconectado a la red, tiene muy pocas posibilidades de avería especialmente si la instalación se ha realizado correctamente y se realiza un mantenimiento preventivo periódico anual, el cual puede ser realizado prácticamente por cualquier electricista, un sistema de este tipo no tiene partes móviles sometidas a desgaste ni requiere cambio de piezas y lubricación.

Este mantenimiento consiste en dos aspectos principalmente

1. Mantener siempre limpios los módulos FV, concretamente las caras expuestas al sol y procurar que ningún obstáculo haga sombra sobre ella. Las pérdidas de eficiencia producidas por este factor pueden llegar a ser de un 5%.
2. Verificar (anualmente), que las conexiones entre paneles y componentes eléctricos del sistema estén bien ajustadas y libres de corrosión.<sup>25</sup>

Por lo tanto se propone la programación de mantenimiento del sistema fotovoltaico una vez al año.

## ANÁLISIS FINANCIERO

Para realizar un análisis financiero se utilizaron los datos históricos diarios de consumo proporcionales al sistema de bombas de calor calculados y se compararon con la generación de energía diaria, su diferencia, representa el ahorro de energía o dicho en otras palabras el excedente de energía requerida por el sistema y disponible para ser utilizada en el resto de la instalación extra a cubrir las necesidades principales.

Se identificó el costo que habría tenido esta energía excedente y se proyectó a nivel mensual a futuro durante los próximos 20 años.

Como sigue:

$$C_k = C_o(1 + r_{TF}) \quad (4.1)$$

Donde:

$C_k$  = Capital proyectado en  $k$  periodo de tiempo (mes)

$C_o$  = Capital inicial

$r_{TF}$  = Tasa de crecimiento anual de tarifa HM

La sumatoria de lo que 20 años se habría dejado de pagar extra sería un monto de \$ 12,329,967.40. Sin embargo es necesario traducirlo al valor presente para poder hacerlo comparable con el sistema propuesto anterior. Se utilizo la misma mecánica del calculo del sistema actual existente y se obtiene un valor presente de: \$7,246,907.59

Por otro lado está el ahorro generado al dejar de pagar mensualmente los costos de facturación proyectados por el uso de la energía de la compañía suministradora, los cuales en 20 años a la misma fecha de corte tendrían una suma de Valor Presente de : \$18,290,580.21

Sin embargo al ser propuesto un mantenimiento anual, éste también formaría parte de la inversión, se calcula entonces el costo de ello.

Considerando el costo del mantenimiento propuesto el cual, por su simpleza se estima en un monto de \$7000, considerando 2 días de trabajo de \$3,500 cada uno, con un incremento del 5% anual.

El costo de mantenimiento también es proyectado a diciembre de 2031, obteniendo un costo acumulado de \$224,461.68 y un valor presente de \$216,246.20

De esta manera comparando los costos y los ahorros económicos por el uso del sistema fotovoltaico, se tiene.

Costo de inversión de sistema fotovoltaico:

1,258,694.08 USD

Usando el tipo de cambio al 30 de Septiembre de 2011<sup>26</sup>, que fue de, \$13.77 se obtiene un costo de inversión en pesos mexicanos de:

\$ 17,332,217.48

Sumando el valor presente del costo del mantenimiento al 31 de diciembre de 2031 obtenemos:

$$\begin{aligned} \$ 17,332,217.48 + \$216,246.20 &= \$ 17,548,463.68 \\ &\text{Costo de Inversión} \end{aligned}$$

Tomando en cuenta únicamente la suma de recibos que dejarían de pagarse en un lapso de 19 años 5 meses, es decir en marzo de 2029, se habría cubierto el monto correspondiente a la inversión, si no se hiciese nada. Ver Tabla 4.2

Tabla 4.2 Datos de la recuperación de la inversión

Recuperación de la Inversión	
\$ 17,548,463.68	COSTO DE INVERSION: Sistema Fotovoltaico más el valor presente del mantenimiento de 20 años.
\$ 17,563,981.64	VALOR PRESENTE de facturación del sistema actual a marzo de 2029.

En el caso de hacer uso de la energía extra producida y utilizarla en otras partes se tiene en la tabla 4.3 :

Tabla 4.3 Análisis de costos

RESUMEN DE COSTOS	
<b>\$17,548,463.68</b>	COSTO DE INVERSION recuperable en 19 años
<b>\$18,290,580.21</b>	VALOR PRESENTE correspondiente lo que se pagaría en 20 años por concepto de facturación de la energía mensual para el sistema actual.
<b>\$7,246,907.59</b>	VALOR PRESENTE de ahorro "extra" en 20 años.
<b>\$7,989,024.11</b>	VP de GANANCIA DE DINERO en 20 años una vez cubierto el costo de inversión.
UTILIZANDO EL 100% DE ENERGIA GENERADA	
<b>\$9,559,439.57</b>	COSTO DE INVERSION 2 recuperable en septiembre de 2020
<b>\$15,978,048.22</b>	VP de GANANCIA DE DINERO en 20 años una vez cubierto el costo de inversión.

Es decir, al 31 de diciembre de 2031 la inversión y a habría sido cubierta y se tendrían ganancias de \$ 7,989,024.11 considerando utilizar únicamente la energía requerida para el sistema y el excedente verterlo a la red y \$15,978,048.22 utilizando el 100% de la energía generada.

De manera gráfica se puede observar el diagrama de flujo del valor presente del sistema propuesto en la Figura 4.4

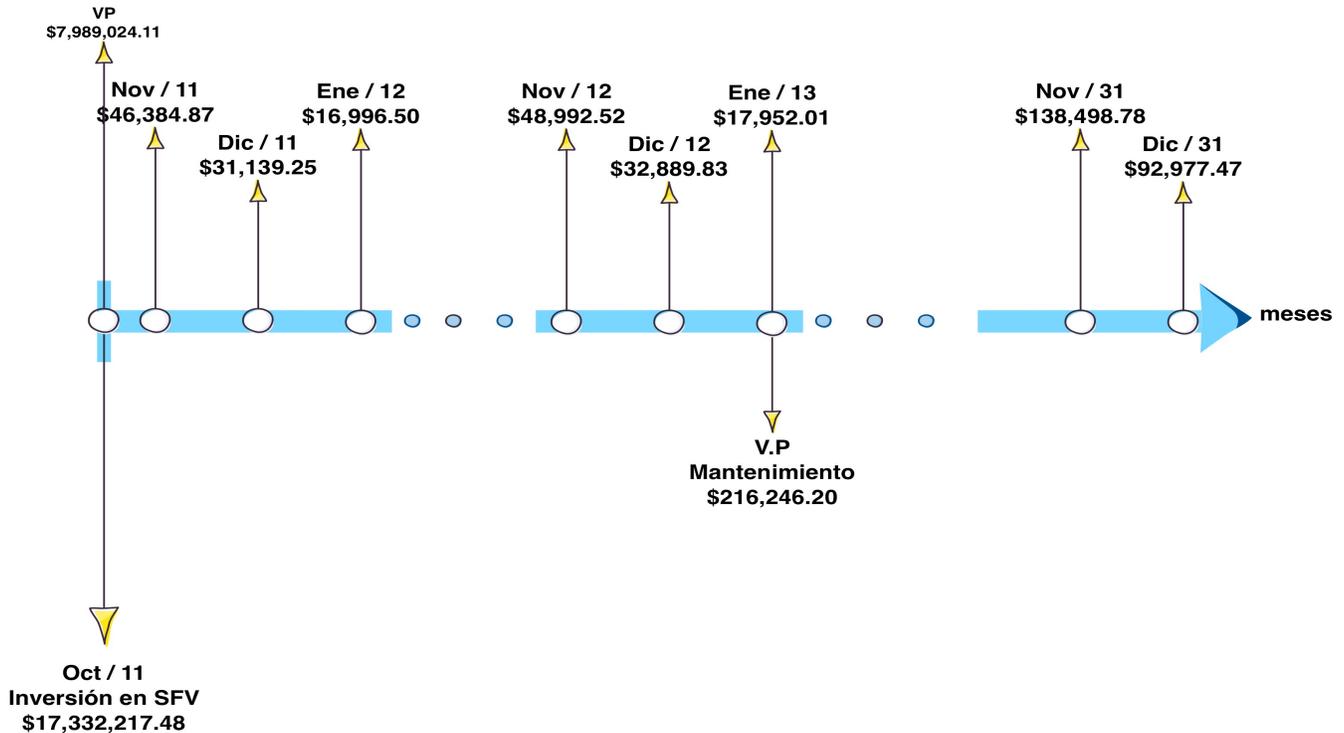


Figura 4.4 Diagrama de Flujo del valor presente del sistema propuesto.

Adicionalmente se sugiere tomar en cuenta las siguientes recomendaciones.

1. Establecer puntos de medición y control de energía en los diferentes tableros de carga de la instalación.
2. Programar el uso eficiente de energía.
3. Implementar estrategias que reduzcan las pérdidas de calor del agua, probablemente bloquear las corrientes de viento a los costados de la alberca.
4. Implementar programas de uso eficiente de energía y mantenimiento es decir generar una cultura de concientización en la comunidad general.

### 4.3 Propuesta sistema Térmico Solar

Básicamente consistente en: Redimensionar un sistema térmico Solar, a la capacidad acorde al volumen de agua total. Cubrir las paredes para bloquear las corrientes de viento entre la superficie del agua y el techo para reducir las pérdidas de calor. Suplir el sistema de soporte con el que actualmente se cuenta, es decir las calderas, por uno de mayor eficiencia de ser posible nuevo, así mismo realizar las reparaciones de los tanques contenedores de agua caliente. Por último, comenzar un programa de concientización del uso eficiente de la energía y mantenimiento preventivo de los sistemas.

## 4.4 Otras Propuestas

1. Reparar el sistema térmico actual (suficiente para uno de los volúmenes, alberca o fosa) utilizar como sistema de soporte las bombas de calor necesarias. Buscar un destino para las bombas de calor restantes en donde se puedan utilizar eficientemente.
2. Reparar el sistema térmico actual (suficiente para uno de los volúmenes, alberca o fosa) utilizar como sistema de soporte las bombas de calor necesarias e implementar un sistema FV que ayude a reducir los costos que ese nueva sistema pueda generar a la facturación de la energía eléctrica. Buscar un destino para las bombas de calor restantes en donde se puedan utilizar eficientemente.
3. Hacer un sistema híbrido utilizando los tres sistemas instalados una vez reparados los que lo requieran y usarlo de forma intermitente según las necesidades de “La Alberca”.

## Conclusiones.

1. Tomar en cuenta el medio y las interacciones que hay entre él y un sistema perteneciente a él, resulta la mejor practica para garantizar un funcionamiento en sinergia del sistema y su medio así como su prevalencia.
2. El sistema de calentamiento actual resulta eficiente de manera técnica sin embargo tiene una baja rentabilidad en su consideración como sistema total, al tener altos costos fijos que irán en aumento y utilizar una fuente de energía no renovable.
3. Del contexto del problema, los análisis y la propuesta una nueva línea de tiempo nos muestra, que mientras nacionalmente se han generado importantes programas para fomentar el uso de energías alternas y además se ha establecido un compromiso nacional con ello, se está utilizando en el caso de estudio un sistema no acorde con este contexto, por otro lado, tiende debido a su contexto elevar sus costos. Por el lado contrario, confiar en la implantación del sistema propuesto, o de alguna propuesta sustentable garantiza una reducción de costos progresiva, que incluso podría ser mayor a la proyectada, debido a la influencia del sistema total en que el desarrollo del tipo de tecnologías propuestas tiene un panorama favorable Figura C.1



Figura C.1 Contexto temporal.

4. Los sistemas de medición y control de un sistema como el estudiado, en general de un sistema rígido son indispensables.
5. El IPN al ser una casa de estudios en su mayoría tecnológicos, podría tener un impacto bastante favorable en el uso de sistemas como el propuesto, inicialmente a nivel interno y posteriormente al medio, obteniendo:
  - a) Ahorros y ganancias económicas en determinado periodo de tiempo, en el caso particular de la propuesta 19 años.
  - b) Fortalecer la formación de recursos humanos al integrar alumnos e investigadores de las áreas afines de ESIME, ESCOM, UPIITA por mencionar algunos.
  - c) Promover una cultura de aprovechamiento de energía en el Instituto y su medio.
  - d) Generar un impacto ecológico positivo.

# ANEXOS

# Glosario de Términos

## A

**ANÁLISIS:** m. Distinción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios, elementos, etc.: *el análisis es la segunda regla del método cartesiano*. Estudio minucioso de una obra, de un escrito o de cualquier otro objeto de estudio intelectual.

**AMORTIZACION:** La amortización es un término económico y contable, referido al proceso de distribución en el tiempo de un valor duradero. Adicionalmente se utiliza como sinónimo de depreciación en cualquiera de sus métodos.

Amortizar es el proceso financiero mediante el cual se extingue, gradualmente, una deuda por medio de pagos periódicos, que pueden ser iguales o diferentes.

En las amortizaciones de una deuda, cada pago o cuota que se entrega sirve para pagar los intereses y reducir el importe de la deuda.

## C

**CONSUMO (Energía Activa):** La energía real eléctrica medida en kilovatios horas (Kwh) por el medidor vatio por hora, independientemente del factor de potencia.

## D

**DIAGNOSTICO:** Un diagnóstico es aquello perteneciente o relativo a la diagnosis. Este término, a su vez, hace referencia a la acción y efecto de diagnosticar (recoger y analizar datos para evaluar la naturaleza de problemas de diverso orden).

## F

**FACTURACION DE CONSUMO:** Cantidad total de energía consumida durante un periodo predeterminado de tiempo (generalmente 28 a 33 días).

## H

**HIPOTESIS:** Una hipótesis es una proposición aceptable que ha sido formulada a través de la recolección de información y datos, aunque no esté confirmada, sirve para responder de forma tentativa a un problema con base científica.

Una hipótesis puede usarse como una propuesta provisional que no se pretende demostrar estrictamente, o puede ser una predicción que debe ser verificada por el método científico.

## I

INTERVALO DE DEMANDA (Periodo de Integración): El periodo de tiempo durante el cual la energía es hecha promedios. Los intervalos de demanda típicos son de 15, 30 y 60 minutos.

## P

POTENCIA (Activa): La potencia activa, es la que representa la capacidad de un circuito para poder realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo. Los dispositivos electrónicos transforman la electricidad en otras formas de energía como ser mecánica, química, térmica, lumínica, etc. Dicha potencia es, por lo tanto, la que realmente es consumida por los circuitos. Cuando se habla de demanda eléctrica, es esta potencia la que se utiliza para determinar dicha demanda. La potencia activa suele designarse con la letra P y se mide en vatios (W).

## S

SISTEMA: Reunión o conjunto de elementos relacionados. Los cuales pueden ser conceptos, objetos o sujetos o comprender dos o las tres clases de elementos.

## T

TARIFA ELÉCTRICA: Cargo monetario asignado al tipo de uso de energía eléctrica.

TASA: Determinación del valor o precio de algo: *de interés por el préstamo de dinero.*

## V

VALOR PRESENTE, O ACTUAL: El valor actual o presente de una suma, que vence en fecha futura, es aquel capital que, a una tasa dada y en el periodo comprendido hasta la fecha de vencimiento, alcanzará un monto igual a la suma debida.

## Índice de Imágenes

Figura	Pp
Figura 1.1 Corte Longitudinal, alberca y fosa de clavados .....	15
Figura 1.2 Vista Satelital de la alberca y fosa de clavados .....	16
Figura 1.3 Ubicación de los sistemas de calefacción .....	18
Figura 1.4 Histórico de cargos 1 .....	21
Figura 1.5 Histórico de cargos 2 .....	21
Figura 1.6 Proyecciones basadas en la Agencia Internacional de Energía....	23
Figura 1.7 Paneles Fotovoltaicos en Walmart Aguascalientes .....	26
Figura 1.8 Planta fotovoltaica de Chrysler .....	27
Figura 1.9 Desarrollo UAM Iztapalapa. Distrito Federal .....	28
Figura 1.10 Desarrollo UAM Iztapalapa, Vista satelital .....	28
Figura 1.11 Un sistema y su medio .....	29
Figura 1.12 Modelo mental e interrelaciones de un sistema de calentamiento de agua .....	31
Figura 1.13 Sistema de Calentamiento de Agua con bombas de Calor. ....	32
Figura 1.14 Contexto temporal de cambio en el ambiente.....	33
Figura 1.15 Método de obtención de resultados.....	33
Figura.2.1 Diagrama de tiempo-valor.....	36
Figura 3.1 Colocación del analizador de redes.....	41
Figura 3.5 Consumo de energía acumulada durante los días de medición en la fosa.....	42
Figura 3.2 Potencia registrada en la alberca.....	43
Figura 3.3 Potencia registrada en la fosa.....	44
Figura 3.4. Consumo de energía acumulada durante los días de medición en la alberca.....	45
Figura 3.6 Consumo anual desde febrero de 2008 a abril de 2011 .....	46
Figura 3.7 Facturación anual desde febrero de 2008 a abril de 2011 .....	47
Figura 3.8 Comparativa y referencia de consumos medios mensuales. ....	48
Figura 3.9 Diagrama de Flujo del valor presente del sistema actual.....	51
Figura 4,1 Toma de decisiones.....	52
Figura 4.2 Sistema FV propuesto.....	54
Figura 4.3 Resumen del presupuesto de sistema solar fotovoltaico.....	54
Figura 4.4 Diagrama de Flujo del valor presente del sistema propuesto.....	58
Figura C.1 Contexto temporal.....	60

# Nomenclatura

GEI. Gases de Efecto Invernadero  
SE. Subestación  
CFE. Comisión Federal de Electricidad  
SENER. Secretaria de Energía.  
SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.  
IPN. Instituto Politécnico Nacional  
SFV: Sistema Fotovoltaico  
CETES: Certificados de la Federación.

# Documentos de Interés

(Primera Sección) DIARIO OFICIAL. Jueves 8 de abril de 2010  
**CONTRATO DE INTERCONEXIÓN PARA FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE O SISTEMA DE COGENERACIÓN EN MEDIANA ESCALA QUE CELEBRAN, POR UNA PARTE, LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD, DENOMINADA EN LO SUCESIVO EL SUMINISTRADOR, Y POR LA OTRA \_\_\_\_\_, A QUIEN EN LO SUCESIVO SE DENOMINARÁ EL GENERADOR, REPRESENTADO POR \_\_\_\_\_ EN SU CARÁCTER DE \_\_\_\_\_, AL TENOR DE LAS SIGUIENTES DECLARACIONES Y CLAUSULAS.**

## DECLARACIONES

- I. Declara el **Suministrador** que:
- (a) Es un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propios, que se rige por la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento, y acredita tal carácter en los términos del artículo 8 de la citada Ley.
  - (b) Su representante, el señor \_\_\_\_\_, cuenta con todas las facultades necesarias para comparecer a la celebración del presente contrato, según consta en la Escritura Pública número \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_, pasada ante la fe del señor licenciado \_\_\_\_\_, Notario Público número \_\_\_\_\_ de la ciudad de \_\_\_\_\_.
  - (c) Tiene su domicilio en \_\_\_\_\_, mismo que señala para todos los fines y efectos legales del presente Contrato.
  - (d) El presente Contrato es aplicable a todos los **Generadores con Fuente de Energía Renovable y Generadores con Sistemas de Cogeneración** en mediana escala con capacidad de hasta 500 kW, que se interconectan a la red eléctrica del Suministrador en tensiones mayores a 1 kV y menores a 69 kV, y que no requieren hacer uso del **Sistema del Suministrador** para portear energía a sus cargas.
- II. Declara el **Generador** que:
- (a) (Opción 1. persona física): Es una persona física que comparece por su propio derecho con capacidad jurídica para contratar y obligarse en términos del presente Contrato y se identifica con \_\_\_\_\_ expedida por \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_.
  - (Opción 2. persona moral): Es una sociedad mexicana, constituida de acuerdo con la Escritura Pública número \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_, pasada ante la fe del licenciado \_\_\_\_\_, Notario Público número \_\_\_\_\_ de la ciudad de \_\_\_\_\_, e inscrita en el Registro Público de Comercio de \_\_\_\_\_ bajo el número \_\_\_\_\_.
  - Su representante \_\_\_\_\_, quien actúa con el carácter de \_\_\_\_\_, cuenta con todas las facultades necesarias para la celebración del presente contrato, según se desprende de la Escritura Pública número \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_, pasada ante la fe del señor licenciado \_\_\_\_\_, Notario Público número \_\_\_\_\_ de la ciudad de \_\_\_\_\_, e inscrita en el Registro Público de Comercio de \_\_\_\_\_ bajo el número \_\_\_\_\_.
  - (b) Tiene su domicilio en \_\_\_\_\_, mismo que señala para todos los fines y efectos legales de este Contrato.
  - (c) Se obliga a proporcionar al Suministrador los anexos que formarán parte del Contrato, los cuales se describen a continuación:
    - 1.- Anexo E-RMT "Características de los equipos de medición y comunicación"
    - 2.- **Información Técnica** que acredite documentalmente que cuenta con equipo de cogeneración que cumple con los términos del artículo 36, fracción II, de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
  - (d) Se obliga a cumplir lo establecido por el Suministrador en el Anexo E-RDT "Requisitos Técnicos para la interconexión" y en la normatividad aplicable.

## CLAUSULAS

**PRIMERA.** Objeto del Contrato. El objeto de este Contrato es realizar y mantener durante la vigencia del mismo, la interconexión entre el Sistema Eléctrico Nacional propiedad del **Suministrador** y la **Fuente de Energía Renovable** o el **Sistema de Cogeneración** en mediana escala del **Generador**.

**SEGUNDA.** Definiciones. Los términos que aparecen en este Contrato, ya sea en el propio cuerpo o en cualquiera de sus anexos, con inicial mayúscula y negritas tendrán el significado que se les asigna en esta cláusula segunda. Dicho significado se aplicará al término tanto en singular como en plural.

Jueves 8 de abril de 2010 DIARIO OFICIAL. (Primera Sección)

- **Cogeneración.** Conforme a lo dispuesto en el artículo 36, fracción II, de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- **Contrato.** El presente Contrato para Fuente de Energía Renovable o Sistema de Cogeneración en mediana escala incluyendo todos y cada uno de sus anexos.
- **Generador.** La persona física o moral que cuente con un equipo de generación eléctrica con **Fuente de Energía Renovable** o aquellas personas físicas o morales que cuenten con un **Sistema de Cogeneración** en mediana escala.
- **Información Técnica.** Información suficiente con la que se deberá demostrar que se cuenta con equipo de cogeneración que se acreditará con copias de alguno de los siguientes documentos: factura, manuales del fabricante, diagramas de proceso, entre otros.
- **Energía Acumulada de Meses Anteriores en Favor del Generador.** Energía entregada por el **Generador** al **Suministrador** que no fue posible compensar en un mes anterior determinado y que se acumula para futuras compensaciones.
- **Fuente de Energía Renovable, Generadores de energía renovable** como se define en el artículo 3, fracción II, de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.
- **Kilowatt hora (kWh).** Unidad convencional de medida de la energía eléctrica.
- **Ley.** La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- **Parte.** El Suministrador de acuerdo a la Ley y la persona física o moral que suscribe el Contrato.
- **Reglamento.** El Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- **Sistema.** El Sistema Eléctrico Nacional propiedad del **Suministrador**.
- **Sistema de Cogeneración.** Dispositivos que en su conjunto producen energía eléctrica mediante **Cogeneración**.

**TERCERA.** Vigencia del Contrato. El presente Contrato surtirá efecto a partir de la fecha en que sea firmado por ambas Partes y tendrá una duración indefinida.

**CUARTA.** Terminación anticipada y rescisión. El presente Contrato podrá darse por terminado anticipadamente por cualquiera de las causas siguientes:

- a) Por voluntad del **Generador**, siendo requisito previo la notificación por escrito del **Generador** al **Suministrador** con anticipación no menor a treinta (30) días hábiles.
- b) Por necesidades del servicio, siendo requisito previo la notificación debidamente justificada por escrito del **Suministrador** al **Generador** con anticipación no menor a treinta (30) días hábiles.
- c) Por acuerdo de las **Partes**.

El Contrato podrá rescindirse por contravención a las disposiciones que establece la Ley, el Reglamento y las demás disposiciones aplicables al Contrato, siempre y cuando dicha contravención afecte sustancialmente lo establecido en este Contrato, así como por el incumplimiento reiterado de alguna de las Partes, respecto de las obligaciones sustantivas que se estipulan en el presente Contrato.

Mientras no se rescinda el Contrato, cada Parte seguirá cumpliendo con sus obligaciones respectivas al amparo del mismo.

**QUINTA.** Entrega de energía por el **Generador.** El **Generador** se compromete a poner a disposición del **Suministrador** la energía producida por la **Fuente de Energía Renovable** o por el **Sistema de Cogeneración** en mediana escala, y el **Suministrador** se compromete a recibirla hasta por un total igual a la energía asociada a la potencia de \_\_\_\_\_ kW.

La potencia máxima a instalar dependerá del tipo de servicio, y no podrá ser mayor a la carga contratada con el **Suministrador** de acuerdo a la cláusula octava del Contrato y estará limitada hasta 500 kW.

**SEXTA.** Interconexión. Las inversiones requeridas para la construcción de las instalaciones o equipos que técnicamente sean necesarios estarán a cargo del **Generador**.

Asimismo, estará a cargo del **Generador** cualquier modificación que sea necesario realizar a las instalaciones existentes del **Suministrador** para lograr la interconexión, mismas que, en su caso, realizará bajo la supervisión del **Suministrador** y previa autorización de éste.

# Tablas

**Tabla 1. Cuotas aplicables tarifa HM zona central, 2008 -2011**

CUOTAS APLICABLES, TARIFA HM ZONA CENTRAL					
	MES	CARGO POR KW DE DEMANDA FCTURABLE	CARGO POR KWH DE ENERGIA DE PUNTA	CARGO POR KWH DE ENERGIA INTERMEDIA	CARGO POR KWH DE ENERGIA DE BASE
2008	ene-08	\$139.04	\$1.91	\$0.91	\$0.76
	feb-08	\$139.19	\$1.95	\$0.95	\$0.79
	mar-08	\$140.65	\$1.60	\$1.00	\$0.83
	abr-08	\$142.93	\$1.67	\$1.06	\$0.89
	may-08	\$145.36	\$1.71	\$1.10	\$0.92
	jun-08	\$147.47	\$1.77	\$1.17	\$0.97
	jul-08	\$149.67	\$1.82	\$1.22	\$1.02
	ago-08	\$151.38	\$1.88	\$1.29	\$1.08
	sep-08	\$153.70	\$1.94	\$1.35	\$1.13
	oct-08	\$153.90	\$1.94	\$1.36	\$1.14
	nov-08	\$154.42	\$1.94	\$1.35	\$1.12
	dic-08	\$158.14	\$1.93	\$1.29	\$1.08
2009	ene-09	\$157.55	\$1.68	\$0.93	\$0.78
	feb-09	\$155.86	\$1.60	\$0.85	\$0.71
	mar-09	\$155.36	\$1.56	\$0.80	\$0.67
	abr-09	\$156.35	\$1.59	\$0.83	\$0.70
	may-09	\$156.99	\$1.55	\$0.79	\$0.66
	jun-09	\$155.01	\$1.52	\$0.76	\$0.64
	jul-09	\$153.27	\$1.52	\$0.78	\$0.65
	ago-09	\$153.24	\$1.62	\$0.88	\$0.74
	sep-09	\$153.72	\$1.59	\$0.84	\$0.70
	oct-09	\$154.55	\$1.62	\$0.87	\$0.73
	nov-09	\$156.81	\$1.71	\$0.97	\$0.81
	dic-09	\$156.68	\$1.78	\$1.05	\$0.88
2010	ene-10	\$156.85	\$1.74	\$1.00	\$0.83
	feb-10	\$157.13	\$1.84	\$1.13	\$0.94
	mar-10	\$158.40	\$1.86	\$1.14	\$0.96
	abr-10	\$159.46	\$1.85	\$1.11	\$0.93
	may-10	\$160.26	\$1.78	\$1.01	\$0.85
	jun-10	\$160.52	\$1.78	\$1.02	\$0.85
	jul-10	\$161.39	\$1.81	\$1.04	\$0.87
	ago-10	\$161.68	\$1.82	\$1.06	\$0.89
	sep-10	\$161.97	\$1.82	\$1.06	\$0.88
	oct-10	\$162.05	\$1.76	\$0.98	\$0.82
	nov-10	\$162.68	\$1.78	\$0.99	\$0.83
	dic-10	\$163.28	\$1.74	\$0.95	\$0.79
2011	ene-11	\$163.23	\$1.81	\$1.03	\$0.86
	feb-11	\$164.19	\$1.84	\$1.06	\$0.89
	mar-11	\$165.88	\$1.88	\$1.09	\$0.91
	abr-11	\$167.34	\$1.86	\$1.06	\$0.89
	may-11	\$167.34	\$1.86	\$1.06	\$0.89
jun-11	\$168.99	\$1.98	\$1.20	\$1.00	
jul-11	\$168.43	\$2.00	\$1.23	\$1.03	
ago-11	\$168.94	\$1.97	\$1.19	\$0.99	

**Tabla 2. Potencia Medida para la Alberca**

POTENCIA REGISTRADA EN WATTS								
FRACCION HORA	Lunes 15	Martes 16	Mierc 17	Jueves 18	Viernes 19	Sabado 20	Domingo21	Lunes 22
0		42503.37	42741.95	43098.88	42498.74	42791.36	0	34915.88
0.5		42431.02	42534.04	43109.86	42576.45	42692.04	0	34862.81
1		42533.96	42739.03	43083.44	42528.68	42757.46	0	34902.07
1.5		42395.45	42703.76	43124.62	42459.42	42801.87	0	34962.06
2		42542.4	42740.19	43184.63	42360.84	42865.61	0.03	34934.04
2.5		42491.35	42150.4	43175	42439.59	42938.31	0	34996.1
3		42510.19	42207.63	43072.96	42417.85	42934.38	0	34986.42
3.5		42517.02	42268.79	42986.75	42266.71	42965.67	0	35078.86
4		42498.01	42045.14	43011.05	42281.97	42933.76	0	35037.53
4.5		42369.35	42134.95	43019.8	42315.91	42697.74	0	35006.53
5		42485.99	42099.45	43060.62	42287.57	42755.64	0	35036.76
5.5		42473.56	42183.91	43111.79	42246.62	42826.66	0	34989.61
6		42438.08	41992.91	42869.56	42255.83	42699.85	0	34935.83
6.5		42514.18	42279.18	43002.31	42204.76	42646.83	0	34970
7		42244.18	42163.42	42802.45	42126.23	42591.39	0	35007.2
7.5		42285.89	42207.19	42776.26	42053.87	41722.75	0	35191.76
8		42301.8	42208.32	42839.77	42166.13	42148.55	0	35164.32
8.5		42357.28	41254.51	42383.17	42270.32	42565.99	27103.17	35057.89
9		42330.22	42266.38	42492.32	42300.48	42502.81	82779.48	34838.43
9.5		41071.63	42651.52	42838.11	42171.15	0	83754.64	35156.65
10		42212.75	42834.21	12722.79	42214.16	0	83283.43	35176.31
10.5		42291.44	42728.13	42406.48	42339.97	0	83636.35	35184.79
11		42107.47	42882.45	42448.16	24469.77	0	84287.99	35201.18
11.5		41892.9	43009.62	0	42647.41	0	83687.21	35192.54
12		42049.37	42969.22	0	42497.84	0	84354.25	35184.29
12.5		42341.02	4548.54	0	42753.82	0	83469.28	35149.22
13		0	4564.5	0	42571.31	0	84788.63	35228.65
13.5		0	4569.37	0	42475.94	0	85142.74	35088.89
14		0	4565.42	0	42566.27	0	84553.88	35339.83
14.5		0.03	4558.34	0	42467.6	0	85050.67	35242.67
15		0	4575.31	0.01	42796.46	0	85900.86	
15.5		0.01	4557.25	-0.01	42982.76	0	34880.31	
16		0.05	4585.24	-0.01	43009.23	28521.64	34821.78	
16.5	4553.99	0.02	4570.67	-0.01	42838.07	0	34875.88	
17	4549.79	0.02	4564.15	-0.04	42958.04	0.25	34863.31	
17.5	4540.66	0.08	4563.82	0.07	42971.26	0.53	35023.28	
18	4543.77	0.05	4566.79	-0.02	43183.08	0.48	34975.28	
18.5	4524.81	0.05	42896.43	-0.04	42953.91	0.53	34939.78	
19	4545.29	0.05	42870.17	0.01	43158.6	0.38	34938.13	
19.5	572.78	0.01	42849.55	0.01	42851.82	0.36	34882.68	
20	42811.57	42376.38	42906.59	42457.93	43120.73	0.2	34869.58	
20.5	42819.52	42230.83	42894.61	42449.79	43013.27	0.16	34862.48	
21	42668.23	42435.13	42974.31	42420.02	43130.89	0.1	34799.67	
21.5	42572.61	42499.53	42976.82	42336.59	43189.63	0	34783.59	
22	42775.9	42622.48	43032.33	42300.86	43207.68	0	34875.94	
22.5	42508.42	42564.63	42846.63	42273.74	43116.78	0	34904.19	
23	42608.7	42388.45	42959.81	42294.93	43097.13	0	34852.59	
23.5	42630.95	42868.57	42943.02	42483.09	43126.62	0	34949.16	

**Tabla 3. Potencia Medida para la Fosa**

POTENCIA REGISTRADA EN WATTS								
FRACCION HORA	Mierc 10	Jueves 11	Viernes 12	Sabado 13	Domingo 14	Lunes 15	Martes 16	Miercoles 17
0		35483.87	35104.01	39659.55	0	0	34606.6	39360.07
0.5		35457.27	35141.75	39595.38	0	0	34541.11	39289.42
1		35491.87	35145.35	39634.08	0	0	34645.7	39397.33
1.5		35472.65	35071.92	39678.55	0	0	34518.28	39367.29
2		35439.44	35093.42	39676.66	0	0	34674.32	39291.1
2.5		35545.21	35290.81	39566.91	0	0	34617.84	38714.94
3		35474.32	35229.14	39576.81	0	0	34585.52	38736.16
3.5		35336.45	35136.24	39504.11	0	0	34579.56	38836.98
4		35356.45	35048.39	39534.74	0	0	34512.69	38744.44
4.5		35423.52	35055.67	39401.37	0	0	34491.02	38723.37
5		35444.45	35038.96	39462.56	0	0	34556.53	38614.27
5.5		35368.93	35076.04	39295.62	0	0	34520.84	38713.08
6		35336.64	35173.84	39268.95	0	0	34530.42	38766.06
6.5		35365.46	35458.77	39647.54	0	0	34563.9	38846.43
7		35256.73	35162.56	39633.85	0	0	34447.7	38803.45
7.5		35162.84	35112.06	39803.37	0	0	34376.43	38702.63
8		35097.74	35129.97	39687.68	0	0	34361.01	38720.67
8.5		35147.15	35175.02	39758.55	0	0	34452.86	38846.9
9		35186.29	35259.62	39999.05	0	0	34384.27	39003.48
9.5		35322.19	35363.25	39793.15	0	0	34317.66	39265.24
10		35391.68	35567.02	37760.76	0	0	34377.95	39364.69
10.5		35407.15	35536.42	0	0	0	34459.86	39404.39
11		35504.51	35537.56	0	0	0	34345.67	39290.65
11.5		35464.22	35843.15	0	0	0	34328.9	39541.98
12		0	0	0	0	0	34430.28	39519.11
12.5		0	0	0	0	0	16672.58	0
13		0	0	0	0	0	0	0
13.5		0	0	0	0	0	0	0
14		0	0	0	0	0	0	0
14.5	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0
15.5	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0
16.5	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0
17.5	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0
18.5	0	0	0	0	0	0	0	0
19	35684.8	0	40111.7	0	0	0	0	0
19.5	35539.1	0	40022.58	0	0	0	0	0
20	35455.15	35689.83	39997.13	0	0	34963.64	39091.71	
20.5	35521.28	35639.87	39919.06	0	0	34985.81	38920.25	
21	35624.65	35666.01	39934.22	0	0	34879.66	39084.7	
21.5	35516.98	35796.77	39949.11	0	0	34781.15	39121.88	
22	35546.97	35669.94	39642.55	0	0	34799.8	39304.3	
22.5	35483.95	35246.5	39586.56	0	0	34645.57	39185.83	
23	35471.74	35214.81	39414.9	0	0	34662.21	39044.98	
23.5	35482.13	35220.28	39317.72	0	0	34701.06	39526.87	

**Tabla 6. Facturación y Consumo de Subestación (Estadio Wilfrido Massieu)**

FACTURACION SE				
MES-AÑO	Fact-08	Fact-09	Fact-10	Fact-11
enero	23943	58124	242453.697	247402
febrero	24976	48909	204015	223369
marzo	102041	48367	261323	242414
abril	44292	556627	216486	208558
mayo	50160	135861	169065	
junio	65793	109805	162271	
julio	54824	164792	165000	
agosto	62597	107262	178063	
septiembre	64672	228426	210212	
octubre	63845	364574	171854	
noviembre	66859	546554	186010	
diciembre	64537	773206	200299	
CONSUMO SE				
MES-AÑO	Cons-08	Cons-09	Cons-10	Cons-11
enero		22000	99751.6667	117500
febrero		24000	108820	106400
marzo	55000	24000	120220	116100
abril	20000	432200	115885	103000
mayo	24000	68000	96900	
junio	33000	64000	94523	
julio	24000	107000	103079	
agosto	26900	62000	108700	
septiembre	27900	133000	88100	
octubre	26000	95005	91200	
noviembre	27000	93577	82300	
diciembre	27000	130419	99300	

## Referencias Bibliográficas

1. Informe del POI-IPN 2006. [www.poi.ipn.mx](http://www.poi.ipn.mx) [www.poi.ipn.mx](http://www.poi.ipn.mx)
2. Google Earth. Imágenes Satelitales.
3. Informe de la Administración IPN 2004-2009
4. Pagina de la ddfd [www.deportes.ipn.mx](http://www.deportes.ipn.mx)
5. : CFE. <http://app.cfe.gob.mx/aplicaciones/ccfe/tarifas>
6. Síntesis Ejecutiva, Hacia una estrategia Nacional de Acción Climática. México. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático.
7. Desarrollo y Aplicaciones de Microrredes en México. Doctor Humberto R. Becerra López. Instituto de Investigaciones Electricas- GENC
8. [http://www.greenmomentum.com/wb3/wb/gm/gm\\_content?id\\_content=1143](http://www.greenmomentum.com/wb3/wb/gm/gm_content?id_content=1143)
9. <http://www.desmex.com/spa/prensa.html>
10. [http://www.greenmomentum.com/wb3/wb/gm/gm\\_content?id\\_content=4653](http://www.greenmomentum.com/wb3/wb/gm/gm_content?id_content=4653)
11. <http://www.injuber.com/InjuberSoluciones/Noticias/>
12. Mireya Ruiz Amelio, Oscar Monroy Hermosillo y Brenda Camacho Santos. 2do Coloquio Internacional de SFV conectados a la red. Mexicali, B.C. septiembre de 2009.
13. John P. Van Gigch. Teoría General de Sistemas
14. <http://www.monografias.com/trabajos15/teoria-sistemas/teoria-sistemas.shtm>
15. John P. Van Gigch. Teoría General de Sistemas
16. Finanzas. Primera Edición Revisada. Bodie & Merton. Editorial Pearson, Prentice Hall.
17. Matemáticas Financieras. Cuarta Edición. Lincoyán Portus G. Editorial Mc. Graw Hill.
18. Secretaria de Hacienda y Crédito Público. Banco de México en su carácter de Agente Financiero del Gobierno Federal. CETES
19. Contabilidad Financiera 4ta Edición. Gerardo Guajardo Cantú. Ed. Mc Graw Hill.
20. Alternative Energy Production. Environmentally Conscious. Myer Kutz. Ed WILEY
21. <http://www.banxico.org.mx/graph/test/?s=SF43936,CF107,5&period=Dia&l=es>
22. Energía Solar Fotovoltaica.
23. [http://mx.finance.yahoo.com/divisas/convertidor/;\\_ylt=AtquoU3d9MWIAJGuJXVqAl0S8sBG;\\_ylu=X3oDMTE2N3NxM3QxBHBvcwM4BHNIYwN5ZmlDdXJyZW5jeQRzbGsDaXJhY29udmVydGlk#from=USD;to=MXN;amt=1](http://mx.finance.yahoo.com/divisas/convertidor/;_ylt=AtquoU3d9MWIAJGuJXVqAl0S8sBG;_ylu=X3oDMTE2N3NxM3QxBHBvcwM4BHNIYwN5ZmlDdXJyZW5jeQRzbGsDaXJhY29udmVydGlk#from=USD;to=MXN;amt=1)

