



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### “CARACTERIZACION TECNICA ECONOMICA DE UN SISTEMA DE COGENERACIÓN PARA UN HOTEL PYME CON CLIMA CALIDO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

P R E S E N T A:

**CARLOS IVÁN TIRO GÓMEZ**

TUTOR:

**DR. RODOLFO HERRERA TOLEDO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO 2012



Presidente: **Dr. José Luis Fernández Zayas**

Vocal: **Dr. Rodolfo Alberto Herrera Toledo**

Secretario: **Ing. Augusto Sánchez Cifuentes**

1er Suplente: **M.I. Tanya Moreno Coronado**

2do Suplente: **M.I. Héctor Mora García**

**TUTOR DE TESIS:**

**DR. RODOLFO ALBERTO HERRERA TOLEDO**

---

**FIRMA**

**“La paciencia es un árbol de raíz amarga pero de frutos muy dulces”**

---

**Proverbio Persa**

# AGRADECIMIENTOS

---

Mi eterno agradecimiento a todas las personas que en algún momento de su vida convivieron conmigo, todas las personas que han pasado en mi existencia dejan alguna enseñanza, algunas buenas, otras no tanto, sin embargo, se tiene la esencia de aquello que me pudieron brindar.

*A mis padres:* Gracias, infinitas gracias, a mi padre José y a mi madre Guadalupe, ustedes son las dos personas que más admiro en este mundo, me enseñaron a valerme por mí mismo, y muy a su manera, formaron en mí una persona que busca siempre lograr todo lo que se propone. Sin ustedes no soy nada.

*A mis hermanos:* Haber crecido junto a ustedes es un privilegio, Eduardo, César y Luis, conté con su apoyo en las buenas y en las malas, ustedes son personas que siempre están presentes en mí, espero que esto les sirva de ejemplo, y se convenzan de que en este mundo no existe nada imposible, todo es cuestión de querer.

*A mis amigos:* Durante 5 años conocí a personas ejemplares, compañeros que siempre me supieron ayudar y brindar palabras cuando las necesité, gracias a todos ustedes, para mí son todos muy importantes, sin embargo, quiero hacerle una mención a gente que siempre estuvo ahí conmigo: a Iván (Dragus), Miguel (Mike), Chava, Alex, Gerardo, Pedro (mi Punkie!), Pedro (chaparrito), a mi buen Iohan (QEPD), Axel y la bola que nos juntamos por tanto tiempo afuera de la facultad para burlarnos de todos. Perdón si no menciono a todos, pero saben que los considero a todos como mis hermanos.

*A mi tutor Rodolfo:* Rodo gracias por aguantarme durante el tiempo que estuve en el PAE, por haberme guiado en este trabajo y permitirme estar entre tus tesis, que para mí es un honor, eres una persona admirable.

*A mi Universidad y mis profesores:* Mi segunda casa, el orgullo de ser universitario es un privilegio que pocos gozamos, pertenecer a la máxima casa de estudios desde mi bachillerato hace que sienta un amor gigante por la mejor Universidad de Iberoamérica.

No tengo más que palabras de eterno agradecimiento a los que estuvieron en este camino y formaron parte de mi historia como universitario, la mejor etapa de mi vida y en la que logré entender que sin esfuerzo, dedicación y sobre todo paciencia, jamás conseguiré nada.

**¡¡MUCHAS GRACIAS A TODOS!!**

# INDICE

---

## **CAPITULO 1. SECTOR TURISMO Y OPORTUNIDADES DE AHORRO**

1.1	Descripción del sector turismo	2
1.2	El turismo nacional en el mundo	2
1.3	Sector hotelero, sus características y participación	6
1.4	Oportunidades de ahorro en la industria hotelera	8
1.5	Beneficios de la cogeneración en la industria hotelera	9

## **CAPITULO 2. PANORAMA DEL SECTOR ELECTRICO Y COGENERACION COMO ALTERNATIVA**

2.1	Estado del arte de la generación eléctrica en México	14
2.2	Impacto ambiental del sector eléctrico	15
2.3	La cogeneración, alternativa de ahorro	17
2.3.1	Clasificación de los sistemas de cogeneración	21
2.3.2	Tipos de sistemas de cogeneración	23
2.4	Marco institucional y legal de la cogeneración en México	28

## **CAPITULO 3. PARAMETROS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE COGENERACION**

3.1	Metodología previa para caracterización del sistema de cogeneración	30
3.1.1	Recopilación de información	31
3.1.2	Factores que afectan la viabilidad de un proyecto	32
3.1.3	Actividades previas al análisis	33
3.2	Obtención de la relación energía térmica/energía eléctrica (Q/E) y sus variaciones	34
3.3	Curvas de duración de carga térmica y eléctrica	35
3.4	Metodología de selección del sistema de cogeneración	36
3.4.1	Efecto de la relación Q/E en la selección de equipos	37
3.4.2	Mapa energético del centro consumidor	37
3.4.3	Selección a partir de la relación Q/E	39
3.5	Tipo de arreglo del sistema de cogeneración de acuerdo a su motor primario	41
3.6	Recuperadores de calor	43
3.7	Definición del nivel de cogeneración	43
3.8	Diagrama de flujo del sistema del análisis de previabilidad	44

## **CAPITULO 4. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE COGENERACION EN HOTELES**

4.1	Selección de los hoteles de estudio	47
4.2	Condiciones geográficas de los hoteles de estudio	48
4.3	Elaboración de los perfiles de consumo eléctrico y térmico: curvas de duración de consumo	49
4.4	Obtención de la relación Q/E de los hoteles de estudio	51
4.4.1	Obtención de la relación Q/E en base a demandas	52
4.4.2	Mapas energéticos de los hoteles en estudio	53
4.4.3	Validación de los resultados obtenidos en base a la literatura disponible	55
4.5	Tipo de tecnología a partir de la relación Q/E	56
4.5.1	Ventajas de las tecnologías seleccionadas	56
4.6	Microcogeneración, microgeneración o microchp	58
4.7	Aplicación de sistemas de microgeneración en hoteles	59

## **CAPITULO 5. ANALISIS TECNICO ECONOMICO DE LOS SISTEMAS PROPUESTOS**

5.1	Estimaciones de consumo y demanda de los equipos a implementar	62
5.2	Implementación de una estimación de consumo típico para determinar compra y venta de energía a la red eléctrica	63
5.3	Comparación de la facturación suponiendo la implementación del equipo	68
5.4	Estimación del consumo de combustible para implementar un análisis económico	70
5.4.1	Caso de estimación del costo de generación de energía térmica por sistema convencional	74
5.5	Estimación del costo actual y costo futuro	75
5.6	Costo de los equipos de cogeneración	76
5.6.1	Costos adicionales	77
5.7	Análisis económico de primer nivel	78
5.7.1	Variables económicas del proyecto	78
5.8	Resultados del análisis económico de primer nivel	81
	<b>Conclusiones</b>	83
	<b>Bibliografía</b>	87

## **ANEXOS**

Anexo 1	Estrategia nacional de energía	90
Anexo 2	Autorización de un proyecto de generación e importación de energía	91
Anexo 3	Encuesta de cogeneración	93
Anexo 4	Condiciones climáticas de los hoteles en estudio	102
Anexo 5	Curvas de consumo eléctrico	104
Anexo 6	Curvas de consumo térmico	107
Anexo 7	Cálculo de la demanda térmica ideal	110
Anexo 8	Fichas de consumo mensual	116

Anexo 9	Cálculo de día típico máximo y mínimo de consumo	119
Anexo 10	Fichas técnicas de motores de cogeneración	121
Anexo 11	Cálculo de sistema convencional	128
Anexo 12	Memoria de cálculo de análisis económico	129

# SIMBOLOS, UNIDADES Y ABREVIATURAS

---

## Unidades

m	Metro
J	Joule
kg	Kilogramo
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
°C	Grado Celsius
K	Grado Kelvin
kW	Kilowatt
kWe	Kilowatt eléctrico
kWt	Kilowatt térmico
m <sub>c</sub>	Masa de combustible
msnm	Metros sobre el nivel del mar
kWh	Kilowatt hora
kJ	Kilojoule
MW	Megawatt
$\left[\frac{t}{h}\right]$	Toneladas por hora
$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	Kilogramo sobre metro cúbico
$\left[\frac{kg}{s}\right]$	Kilogramo sobre segundo
$\left[\frac{kJ}{kg}\right]$	Kilo Joule sobre Kilogramo
$\left[\frac{\$}{kg}\right]$	Pesos por kilogramo
a	Año de proyecto

## **Símbolos**

$\eta$	Eficiencia
SO <sub>x</sub>	Óxidos de Azufre
NO <sub>x</sub>	Óxidos de Nitrógeno
$\frac{Q}{E}$	Relación calor / electricidad
$\phi$	Humedad relativa
E <sub>m</sub>	Demanda eléctrica modificada
PCI	Poder calorífico inferior
BN <sub>i</sub>	Beneficio neto en el año “i”

## **Abreviaturas**

PIB	Producto interno bruto
EU	Estados Unidos de América
Var	Variación
OMT	Organización mundial de turismo
INEGI	Instituto nacional de estadística, geografía e historia
WTON	World tourism organization network
SECTUR	Secretaría de turismo
CONUEE	Comisión nacional para el uso eficiente de la energía
FIDE	Fideicomiso para el ahorro de energía
CFE	Comisión federal de electricidad
SENER	Secretaría de energía
CHP	Combined heat and power
CRE	Comisión reguladora de energía
MPyMES	Micro, pequeña y mediana empresa
PAE	Proyectos de ahorro de energía

CONACyT	Consejo nacional de ciencia y tecnología
ASNM	Altura sobre el nivel del mar
PyME	Pequeña y mediana empresa
MicroCHP	Micro combined heat and power
USD	Dólar americano
RCSP	Recuperadores de calor sin post-combustión
RCCP	Recuperadores de calor con post-combustión
RCCMP	Recuperadores de calor con máxima post-combustión
CC	Ciclo combinado
FC	Factor de carga
RBC	Relación beneficio costo
TIR	Tasa interna de retorno
VPN	Valor presente neto
RNO	Resultado neto de la operación

# OBJETIVO

---

Verificar la factibilidad técnica y económica de un sistema de cogeneración caracterizando un hotel PYME con condiciones cálidas húmedas.

# INTRODUCCION

---

En una época en la que se vive una tendencia negativa del uso de los hidrocarburos, el medio ambiente comienza a resentir la actividad humana durante los últimos siglos, y las empresas buscan el beneficio económico a través del uso responsable de la energía, la cogeneración se vuelve una importante alternativa que busca el aprovechamiento máximo de los recursos energéticos de los que se dispone.

El sector turismo, y en el caso particular de la industria hotelera, se tienen grandes oportunidades de ahorro. Las empresas pequeñas y medianas, cuyo impacto en gasto energético es una gran inversión, implementando sistemas de cogeneración pueden obtener un enorme beneficio económico, social y ambiental implementando este tipo de tecnologías.

El presente trabajo tiene como objetivo verificar la factibilidad de un sistema de cogeneración en hoteles de escala pequeña, que son los que predominan en este sector, apoyándolos mediante uso eficiente de la energía y tecnologías de aprovechamiento para reducir sus gastos energéticos, mantener una responsabilidad con el medio ambiente al reducir las emisiones que se producen por la forma tradicional de obtención de energía, así como el aprovechamiento de la energía residual de los sistemas convencionales.

Debido a su carácter de análisis de pre viabilidad, es necesario realizar estudios con mayor detalle y enfoque particular de cada caso, sin embargo, las condiciones generales obtenidas con este trabajo demuestran que son una gran oportunidad de ahorro.

La factibilidad económica de un proyecto es la principal causa que frena ciertos proyectos, sin embargo, los sistemas de cogeneración son una inversión a mediano y largo plazo con excelentes resultados. El trabajo que a continuación se presenta, tiene un enfoque técnico económico, el cual plantea los principales factores y medidas que se deben realizar en el dimensionamiento de un sistema de cogeneración, a pesar de lo anterior, como se mencionó, son necesarios estudios particulares a cada caso. De cualquier forma, las características generales de los hoteles son un buen parámetro para establecer las bases a la implementación real de un sistema de cogeneración en hoteles PyMES.

# CAPITULO 1. SECTOR TURISMO Y OPORTUNIDADES DE AHORRO

---

El turismo en el país es un sector muy importante que aporta un porcentaje significativo al producto interno bruto (PIB) que genera miles de empleos directos e indirectos, representando un fuerte sector económicamente hablando.

Gran parte de este sector está representado por la micro, pequeña y mediana empresa, que brindan servicios en baja escala, cuyos ingresos no son tan altos y que presentan un objetivo interesante para el presente trabajo.

Aplicar un sistema de cogeneración a un hotel no es algo nuevo, de hecho en algunos países de Europa ya hay sistemas implementados, cuyo buen desempeño se ha probado y cumplen ampliamente con las expectativas.

Los hoteles se ven beneficiados enormemente con estos sistemas, debido en gran medida a que gran parte de sus gastos están destinados a la energía eléctrica y térmica, representando un gran porcentaje de sus inversiones y que pueden reducirse con una gestión eficiente de energía y aplicando los sistemas de autogeneración, como se presentara en este trabajo. Partiendo de este panorama, se buscará mejorar las condiciones económicas, energéticas y ambientales del hotel, proporcionando al mismo una amplia oportunidad de ahorro con una gran factibilidad, brindándole una alternativa ambiciosa de crecimiento económico y agregándole el valor de ser una empresa socialmente responsable.

## **1.1 DESCRIPCION DEL SECTOR TURISMO**

México es, debido a la posición geográfica privilegiada que guarda, uno de los países con algunos de los principales destinos turísticos de América y el mundo. Contiene una gran variedad de climas, desde el clima desértico hasta selvas húmedas, con costa al este y oeste, con una variedad muy amplia de flora y fauna, con una gran cultura y arqueología, que lo convierten en uno de los principales destinos turísticos del mundo.

El turismo atrae millones de turistas al año, principalmente en playas y zonas arqueológicas, que acaparan la mayor concentración de turistas tanto nacionales como extranjeros, cuya derrama económica tiene un gran impacto en la economía nacional. El PIB, tiene un gran aporte de este sector, generando miles de empleos directos e indirectos (tanto eventuales como permanentes), siendo el soporte económico de miles de familias en México.

Así mismo, la inversión en el turismo genera entradas de capital de miles de millones de dólares, tanto en infraestructura como en proyectos turísticos, lo cual mantiene un crecimiento del mismo muy constante, que representa a futuro uno de los pilares de la economía nacional, colocando a México como uno de los países que concentran el turismo en todo el mundo. Esta tendencia permite la búsqueda de nuevas formas de inversión que ayuden en el crecimiento en todas las áreas de este mercado. Los Hoteles y Moteles, el transporte y los servicios son las partes fundamentales de este sector.

Particularmente, los hoteles representan una gran oportunidad de ahorro en diversas áreas, tanto en la ingeniería como en otras disciplinas, con la finalidad de mantener una tendencia de crecimiento y progreso que ayude en la economía nacional, reduzca las pérdidas económicas y genere nuevos empleos que permitan mantener una economía estable.

## **1.2 EL SECTOR TURISMO NACIONAL EN EL MUNDO**

México se sitúa dentro de los primeros 10 países más visitados del mundo, compitiendo con naciones como Francia, España, EU, China, Italia, Reino Unido y Alemania, además de ser el único país de Latinoamérica en aparecer en esa lista, concentrando una llegada de más de

22 millones de turistas extranjeros y manteniéndose desde hace muchos años en los primeros lugares, siendo el segundo país más visitado de América, solo por detrás de Estados Unidos. Esta tendencia se ha mantenido por años, lo que se traduce en una amplia concentración del mercado internacional, México se llegó a situar en mejores lugares a través de los años, llegando a ocupar el lugar 7 en 2004 y 2005<sup>1</sup>, sin embargo, los problemas que ha tenido el país en años recientes generaron un retroceso en estas tendencias, lo cual no significó que el país quedara fuera de los primeros 10 lugares.

**TABLA 1.1 LLEGADA DE TURISTAS INTERNACIONALES<sup>2</sup>**

<i>Llegadas de Turistas Internacionales (millones de personas)</i>				
<b>Ranking 2010</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Var % 10/09</b>
<b>Mundial</b>	<b>917</b>	<b>882</b>	<b>939</b>	<b>6.50%</b>
1 Francia	79.2	76.8	77.1	0.50%
2 EE. UU.	57.9	55	59.8	8.80%
3 China	53	50.9	55.7	9.40%
4 España	57.2	52.2	52.7	1.00%
5 Italia	42.7	43.2	43.6	0.90%
6 Reino Unido	30.1	28.2	28.3	0.30%
7 Turquía	25	25.5	27	5.90%
8 Alemania	24.9	24.2	26.9	10.90%
9 Malasia	22.1	23.6	24.6	3.90%
<b>10 México</b>	<b>22.6</b>	<b>21.5</b>	<b>22.3</b>	<b>3.80%</b>
11 Austria	21.9	21.4	22	3.00%

Los ingresos generados de esta actividad siguen siendo significativamente altos, en el orden de miles de millones. Debido a su dependencia de la temporada del año, el turismo es uno de los sectores más dinámicos, siendo afectada por diversos factores externos (recesión económica mundial, problemas de seguridad nacional, disminución de la afluencia de turistas de otras naciones por alerta sanitaria, etc.) lo cual impactó negativamente cambiando la tendencia ascendente a una disminución visible en el sector, pero debido al atractivo turístico, se ha mantenido con números relativamente sanos y estables aportando entre el 8 y 9% al producto interno bruto (PIB), siendo los servicios los que más aportan a

<sup>1</sup> OMT. SECTUR 2006

<sup>2</sup> World Tourism Organization Network, <http://statistics.unwto.org/en>. Consultado el 24 de Febrero de 2012

este rubro. Los servicios de alojamiento (Hoteles y Moteles), transporte, restaurantes y bares, conforman el fuerte de este sector, aportando los indicadores más altos. Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, el sector turismo tiene una participación de 701, 167, 000 (millones de pesos) en 2006<sup>3</sup>, año en el que repunto el turismo después de mantenerse con números mucho más bajos en años anteriores, inclusive cuando en el 2001 el porcentaje fue mayor al año citado, pero los números fueron mucho menores (444, 903 millones de pesos).

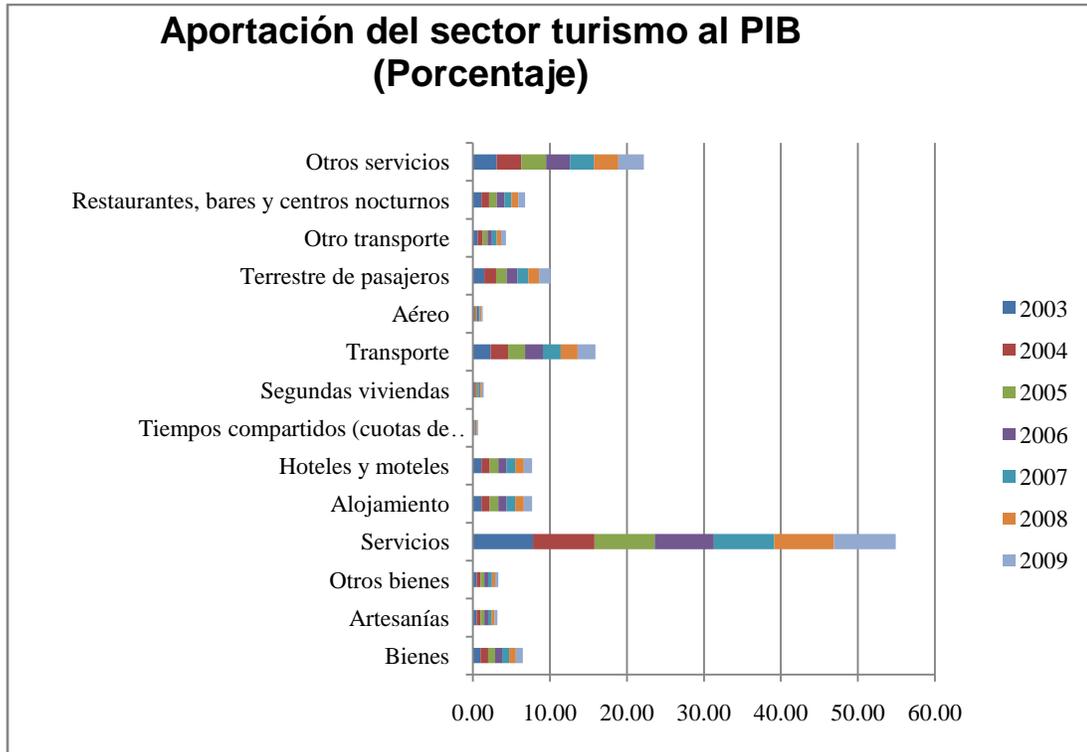


FIGURA 1.1 APORTACION DEL SECTOR TURISMO AL PRODUCTO INTERNO BRUTO<sup>4</sup>

Se pueden dividir a los turistas en dos grupos, los turistas nacionales y los extranjeros. Los turistas extranjeros inyectan capital al país a través de las divisas internacionales, en el orden de miles de millones de dólares. La mayoría de los visitantes del país provienen de Estados Unidos y Canadá, mientras que en menor medida provienen de Europa y otros países de América Latina y el resto del mundo.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Sistema de cuentas nacionales de México. Cuenta satélite del turismo en México, 2005-2009.

<sup>4</sup>Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Sistema de cuentas nacionales de México. Cuenta satélite del turismo en México, 2005-2009.

La llegada de turistas a México ronda los 22 millones anuales, siendo los principales destinos turísticos las playas del golfo y el pacífico, la capital del país, las zonas arqueológicas que se encuentran distribuidas en la zona centro y sur y las zonas fronterizas.

**TABLA 1.2 LLEGADA DE TURISTAS INTERNACIONALES DE 2008 A 2010 (RANKING MUNDIAL)<sup>5</sup>**

<b>Llegadas de Turistas Internacionales (millones de personas)</b>				
<b>Ranking 2010</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Var % 10/09</b>
Mundial	<b>917</b>	<b>882</b>	<b>939</b>	<b>6.50%</b>
1 Francia	79.2	76.8	77.1	0.50%
2 EE. UU.	57.9	55	59.8	8.80%
3 China	53	50.9	55.7	9.40%
4 España	57.2	52.2	52.7	1.00%
5 Italia	42.7	43.2	43.6	0.90%
6 Reino Unido	30.1	28.2	28.3	0.30%
7 Turquía	25	25.5	27	5.90%
8 Alemania	24.9	24.2	26.9	10.90%
9 Malasia	22.1	23.6	24.6	3.90%
<b>10 México</b>	<b>22.6</b>	<b>21.5</b>	<b>22.3</b>	<b>3.80%</b>
11 Austria	21.9	21.4	22	3.00%

Como se puede observar en la tabla anterior, se presenta una tendencia constante en este rubro, lo cual significa que México se posiciona en buenos lugares mundiales en arribo de turistas. En cuanto a las divisas internacionales, la gran cantidad de afluencia turística en estos años, proporcionó a México ingresos durante 2008 que rondaron los 13mil millones de dólares anuales, situación que disminuyó en los siguientes dos años, dejando un capital aproximado de 11mil millones de dólares, un porcentaje significativo de la economía nacional, colocándolo en el lugar 23 al cierre del año 2010 y contribuyendo de manera importante en el sector económico.

<sup>5</sup> World Tourism Organization Network, <http://statistics.unwto.org/en>. Consultado el 24 de Febrero de 2012

**TABLA 1.3 DIVISAS POR TURISMO INTERNACIONAL DURANTE 2008, 2009 Y 2010 EN EL MUNDO<sup>6</sup>**

<b>Divisas por Turismo Internacional (miles de millones de dólares)</b>				
<b>Ranking 2010</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Var % 10/09</b>
Mundial	<b>940</b>	<b>852</b>	<b>926</b>	<b>8.70%</b>
1 EE. UU.	110.4	94.2	103.5	9.90%
2 España	61.6	53.2	52.5	-1.30%
3 Francia	56.6	49.5	46.6	-5.90%
4 China	40.8	39.7	45.8	15.40%
5 Italia	45.7	40.2	38.8	-3.50%
6 Alemania	39.9	34.6	34.7	0.30%
7 Reino Unido	36	30.1	32.4	7.60%
8 Australia	24.7	25.4	29.6	16.50%
9 Macao (China)	16.9	18.1	27.8	53.60%
10 Hong Kong (China)	15.3	16.4	22.2	35.40%
23 México	<b>13.3</b>	<b>11.3</b>	<b>11.8</b>	<b>4.30%</b>

### **1.3 SECTOR HOTELERO, SUS CARACTERISTICAS Y PARTICIPACION**

La Hotelería es el conjunto de todos aquellos establecimientos comerciales que, de forma profesional y habitual, prestan servicio de hospedaje y restaurantes, ya sea habitaciones o apartamentos con o sin otros servicios complementarios. Estos servicios van de la mano con las facilidades del lugar, como infraestructura, transporte, diversión nocturna, entre otros. Las atracciones son el aspecto central del turismo, como lo son los recursos naturales, clima, cultura, historia, accesibilidad etc.

Los servicios de alojamiento representan una parte importante del turismo, proporcionando gran variedad de servicios en los miles de hoteles instalados en México. Gran parte de los hoteles que existen en el país se concentran en las playas y ciudades de mayor atracción

<sup>6</sup> World Tourism Organization Network, <http://statistics.unwto.org/en>

turística, como lo son Acapulco, Cancún, Puerto Vallarta, Distrito Federal, Monterrey y Guadalajara.

De acuerdo a la tabla 2 citada anteriormente, los servicios representan el 7.8 del 8.8% del total de aporte al PIB mexicano, los hoteles representan el 1.1% de este porcentaje, manteniéndose como el segundo más alto, solo por debajo del transporte, siendo uno de los principales sectores en esta área de la economía. De acuerdo a los censos económicos 2009, se cuenta con 17,190 hoteles y moteles en el territorio nacional (sin tomar en cuenta otro tipo de establecimientos con servicio de alojamiento temporal), que ofrecen sus servicios a lo largo de la república.

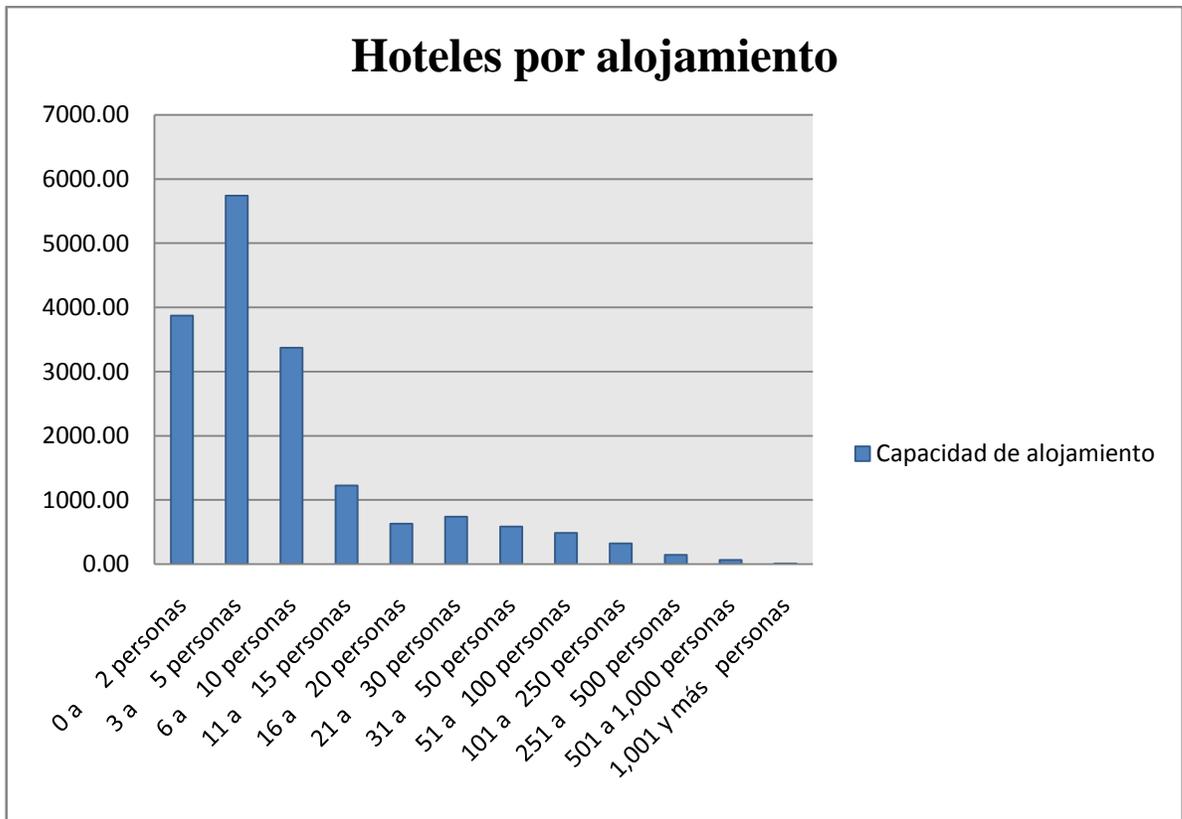


FIGURA 1.2 CARACTERISTICAS DE LOS ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIOS DE ALOJAMIENTO<sup>7</sup>

Como se aprecia en la figura anterior, la pequeña y mediana empresa abarcan un amplio margen de estas cifras, convirtiéndolos en el principal proveedor de estos servicios, siendo los hoteles con mayor capacidad los menos existentes en el país, pues solo existen 221

<sup>7</sup> INEGI. Censos Económicos 2009

hoteles con capacidad para más de 250 personas, mientras que el resto del sector se encuentra constituido por hoteles de capacidad menor.

En un panorama general, el porcentaje de ocupación de los hoteles se mantuvo cerca del 50%, mientras que, por otro lado, la estadía promedio es en promedio de 2 días, según cifras de la Secretaría de Turismo (SECTUR). La tabla que se muestra a continuación contiene los datos desde el año 2000 y hasta el 2008 de los datos que se mencionan:

**TABLA 1.4 PORCENTAJE DE OCUPACION Y ESTADIA PROMEDIO DEL SECTOR HOTELERO<sup>8</sup>**

Año	Total	2000	2001	2002	2003
Porcentaje de ocupación	51.28	53.12	51.86	49.23	48.68
Estadía promedio	2.12	2.1	2.15	2.17	2.15
Año	2004	2005	2006	2007	2008
Porcentaje de ocupación	50.85	51.88	51.92	52.1	51.78
Estadía promedio	2.12	2.11	2.1	2.17	2.01

La industria hotelera, es por tanto, muy dinámica y con indicadores muy variables, dependen en su totalidad de la época del año y la sede en la que se encuentren, así como las actividades económicas de la zona. Por consiguiente, para efectos de estudio de este trabajo, se llevaron a cabo análisis generales con tendencias y estimaciones que brindaron la solución al problema.

#### **1.4 OPORTUNIDADES DE AHORRO EN LA INDUSTRIA HOTELERA**

El uso de la energía en hoteles está enfocado principalmente a la energía eléctrica, además de usos de energía térmica para servicios como lavandería, restaurantes, calentamiento de agua, etc. Los consumos varían en función de la ocupación del hotel, la zona geográfica, el clima y sobre todo de la temporada del año en la que se encuentre.

En mayor medida, los hoteles tienen un alto consumo de electricidad, debido a la demanda de los huéspedes de iluminación durante el día y noche, consumo eléctrico principalmente

---

<sup>8</sup> SECTUR. Principales indicadores en hoteles y moteles.

de aire acondicionado, aparatos y dispositivos como hornos de microondas, refrigeradores, secadoras de cabello, motores, bombas y otros dispositivos diversos.

En la parte térmica, se demanda calentamiento de agua para uso sanitario y lavandería. Como se observó en este trabajo, el principal consumo de los hoteleros se da en gas LP y, en mucha menor medida, diesel en casos particulares para otro tipo de aplicaciones.

Una de las principales desventajas a la que nos enfrentamos al realizar un estudio en este sector, es la variabilidad de los factores que influyen en los consumos, ya que, al ser un sector muy dinámico, presenta curvas de consumo que en ocasiones no brindan tendencias favorables para la aplicación de la metodología propuesta, sin embargo, se pueden realizar aproximaciones en base a información estadística que nos proporcionen herramientas más confiables para que el proyecto no se convierta en un problema económico, debido a la alta inversión que supone.

### **1.5 BENEFICIOS DE LA COGENERACIÓN EN LA INDUSTRIA HOTELERA**

Como se verá más adelante, el país invierte muchos recursos en la generación de energía eléctrica, en términos generales, la generación eléctrica por los métodos convencionales causa grandes problemas. La aplicación de innovaciones en materia de energía proporciona beneficios globales, como lo son el uso de fuentes alternas de energía, cogeneración, prácticas de ahorro, etc.

En México, se presentan diversos beneficios con la tecnología aplicada, además, si bien el sector hotelero no es el mayor consumidor de energía eléctrica, si representa un amplio porcentaje de los centros consumidores, la siguiente figura muestra los principales beneficios de la aplicación, en general, de la cogeneración:



FIGURA 1.3 PRINCIPALES BENEFICIOS DEL USO DE SISTEMAS DE COGENERACIÓN<sup>9</sup>.

Los hoteles de estudio, al ser pequeñas y medianas empresas, brindan grandes oportunidades, en las que se trata de lograr beneficios globales en aspectos ambientales, económicos y sociales. Estos tres rubros se cubren con la disminución de la generación de la energía consumida por el hotel, con la consecuente reducción de emisiones al ambiente, así mismo, dado los estudios realizados y las tendencias mostradas, existen una gran cantidad de fugas de energía en los sistemas hoteleros (tanto eléctricos y térmicos), lo cual disminuye considerablemente la eficiencia de los sistemas, los cuales se verán beneficiados con la implementación de los sistemas de cogeneración, ya que se logran eficiencias operativas altas, además de pocas fugas de energía, lo cual se traduce en beneficios económicos para el hotel, al reducir los gastos globales en energía.

<sup>9</sup> CONUEE, “Oportunidades de cogeneración eficiente”, 2009.



**FIGURA 1.4 BENEFICIOS DE LA COGENERACION**

Como se había mencionado, los sistemas aplicados en otros países a la industria hotelera no es un tema nuevo, incluso se encuentran operando ya varios sistemas en diversos hoteles, probando los beneficios planteados en esta tesis.

España es uno de los países que cuentan con diversos sistemas instalados de cogeneración y trigeneración (generación de electricidad, energía térmica y refrigeración), aplicados en complejos hoteleros con resultados satisfactorios.

Como ejemplo, en un complejo hotelero en las costas de Tarragona, Euzkadi, España, se implementó un sistema de generación de energía eléctrica, energía térmica y refrigeración, es decir, un sistema de trigeneración, con resultados muy importantes. Como ejemplo, los tiempos de retorno del capital de inversión en los sistemas aplicados, varían (para cada una de las opciones propuestas), entre 3.38 y 6.64 años<sup>10</sup>, y con una amplia viabilidad económica, además de importantes ahorros.

Un sistema de cogeneración no es una inversión pequeña, de hecho es un sistema relativamente caro, sin embargo, el gobierno federal provee diversos créditos a través de

---

<sup>10</sup> Luis Massagués, Joaquín Rodríguez, Joan Carles Bruno, Alberto Coronas, “*Estudio comparativo de una instalación de trigeneración con microturbinas de gas y un sistema convencional con bomba de calor en un complejo hotelero*”, Departament d’Enginyeria Electrònica, Elèctrica i Automàtica, E.T.S.E. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, España, 2004.

dependencias como el FIDE (Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica), que proveen créditos para proyectos enfocados al uso eficiente de la energía, los cuales proporcionan los medios para la realización de este tipo de proyectos a tiempos y tasas bajos, que no representen una carga mayor para los hoteleros pertenecientes a este grupo de empresarios.

Gran parte de los hoteles del país proporcionan servicios como albercas, spas, gimnasio, restaurantes, cafeterías y bares, que se ven beneficiados enormemente por estas tecnologías. En gran parte, el ahorro económico es lo más atractivo para los empresarios, sin embargo, representa algo mucho más allá del aspecto monetario, sino que se contribuye en aspectos sociales y ambientales, siendo estímulos importantes también para la aplicación de esta tecnología.

## CAPITULO 2. PANORAMA DEL SECTOR ELECTRICO Y COGENERACIÓN COMO ALTERNATIVA

---

El sistema eléctrico mexicano está constituido básicamente por plantas termoeléctricas y, en general, las que producen energía a base de hidrocarburos, energías no renovables que en algún momento dejaran de existir, dejando al ser humano con la tarea de buscar fuentes alternas de energía.

Precisamente la Cogeneración ofrece los beneficios de reducir las emisiones al ambiente, aprovechando energía residual para, a su vez, satisfacer necesidades secundarias, como lo es el caso de la energía térmica en sistemas para calentamiento de agua o procesos primarios que involucren el vapor de baja temperatura, tanto en servicios como en producción en la industria.

La Cogeneración permite la utilización en sus sistemas de gas natural, biodiesel y otros combustibles de emisiones bajas, los cuales son mucho más nobles con el medio ambiente, reduciendo significativamente la polución, además de ofrecer la alternativa de entrar en materia de energías renovables (en el caso del biodiesel), así mismo, la cogeneración nos ofrece eficiencias globales mucho más altas que cualquier sistema convencional, tanto en escala grande como pequeña, lo que habla de su flexibilidad en este aspecto. Los sistemas de Cogeneración actuales nos permiten instalar en residencias, plantas industriales, hoteles, spas, gimnasios, y todo aquel lugar que demande secuencialmente energía térmica y eléctrica.

Otro de los modelos de cogeneración permiten el acoplamiento de un sistema de refrigeración por compresión de vapor, a lo cual se le conoce como trigeneración y es otro de los sistemas que ofrecen beneficios muy altos con relativo consumo bajo de energía

primaria, comparado con la oferta energética que ofrecen. Estos sistemas se han probado ya en muchos lugares alrededor del mundo con resultados satisfactorios, sin embargo, al no ser tema del presente trabajo, no se abundará en el mismo.

## 2.1 ESTADO DEL ARTE DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN MÉXICO

De acuerdo con datos de Comisión Federal de Electricidad (CFE), la capacidad instalada a finales del año 2011 era de 39,704 MW generados por dicha empresa paraestatal, mientras que el aporte de la industria privada era de 11,907 MW, lo que representaba un total de 51,611 MW de capacidad instalada total en México. De esta capacidad, un 45.20% de la producción de electricidad se basaba en centrales termoeléctricas, con un aporte de 23,121.17 MW del total generado, es decir, la generación de la energía eléctrica en México, aún depende en gran medida de los hidrocarburos. A pesar de lo anterior, el aporte de los métodos limpios de generación de energía comienza a ser visibles en cifras estadísticas. Citando un ejemplo, el aporte por energía geotérmica en ese mismo año es del 1.7% (886.6 MW), la nucleoelectrica representa el 2.70% (1,364.88 MW), la eoloeléctrica aporta un 0.20% (86.75 MW) y la hidroeléctrica el 21.90% (11,210.90 MW).

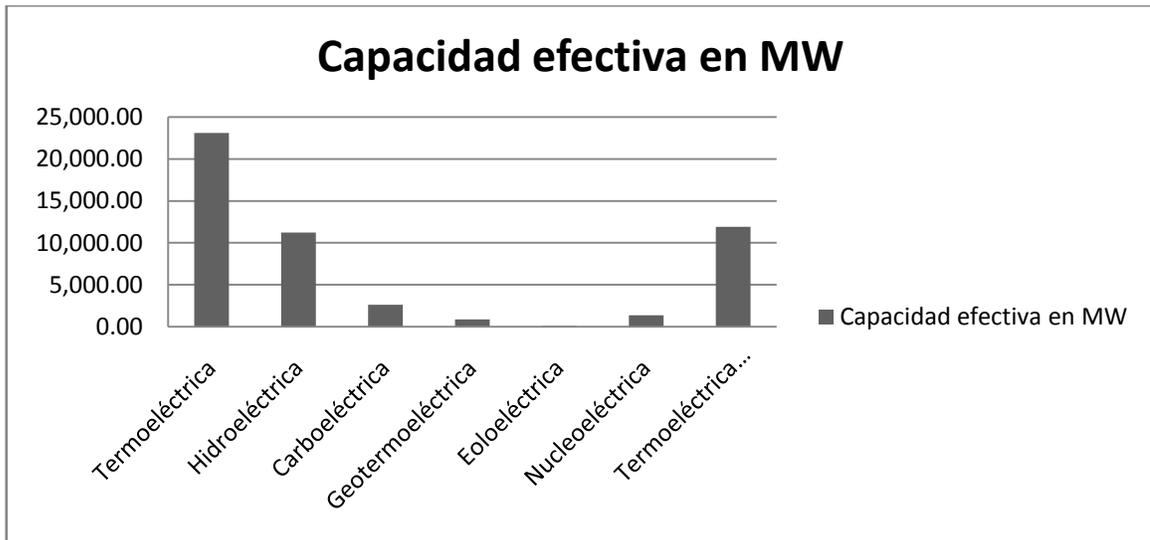


FIGURA 2.1 CAPACIDAD EFECTIVA INSTALADA POR TIPO DE GENERACION AL MES DE DICIEMBRE DE 2011<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Comisión Federal de Electricidad, 2011, Estadísticas de Generación.

En el año 2003 la capacidad instalada del país ascendió en 3,939 MW al sumarse a la generación diez nuevas centrales de generación, ubicadas en los estados de Veracruz, Campeche, Sonora, Michoacán, Baja California, Chihuahua, Tamaulipas, Querétaro y Puebla<sup>12</sup>.

La tendencia actual se conserva, un amplio porcentaje de la generación se basa en centrales termoeléctricas e hidroeléctricas, lo que constituye la base de la producción eléctrica del país, mientras que las energías renovables, a pesar de mantener una tendencia ascendente, aún están lejos de ser una medida viable de generación a grandes escalas. Sin embargo, diversos estudios y desarrollos en el área de la investigación en ingeniería, muestran una perspectiva optimista con relación a la producción mundial en un futuro próximo.

La Secretaría de Energía (SENER), publicó un documento en el año 2010, donde se plantea un escenario para maximizar el valor económico de los recursos naturales y la renta energética con el objetivo de priorizar las nuevas tecnologías de producción para, finalmente, llegar a un objetivo estratégico de calidad en la generación con base en sustentabilidad y eficiencia. El documento titulado “Estrategia nacional de energía”, tiene una visión para el año 2024, se puede consultar un resumen en el Anexo 1.

## **2.2 IMPACTO AMBIENTAL DEL SECTOR ELECTRICO**

Al ser operativos con recursos fósiles, las centrales de generación termoeléctricas, de carbón y combustóleo, son generadores directos de una gran cantidad de emisiones al medio ambiente, siendo una de las principales preocupaciones del sector energético en el país, lo cual se traduce en esfuerzos por la implementación de medidas que intenten revertir esta situación.

Debido que, en corto plazo, no es posible sustituir totalmente el método actual de producción eléctrica, es importante tomar medidas para disminuir estas tendencias. Una

---

<http://www.cfe.gob.mx/QUIENESSOMOS/ESTADISTICAS/Paginas/Indicadoresdegeneraci%C3%B3n.aspx>  
consultado el 17 de febrero de 2011

<sup>12</sup> Instituto Nacional de Ecología, *Evaluación del impacto de las emisiones de la termoeléctrica de Tuxpan en la calidad del aire de la región, usando el sistema de modelado de dispersión*. Diciembre 2003.

gran parte de la producción de CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub> de la industria, son creadas por culpa de las centrales de generación instaladas a lo largo del territorio nacional.

El sector energético Mexicano contribuye con altos porcentajes a los índices de contaminación del país, siendo superiores a los de la industria en general, de acuerdo a la gráfica comparativa citada a continuación:

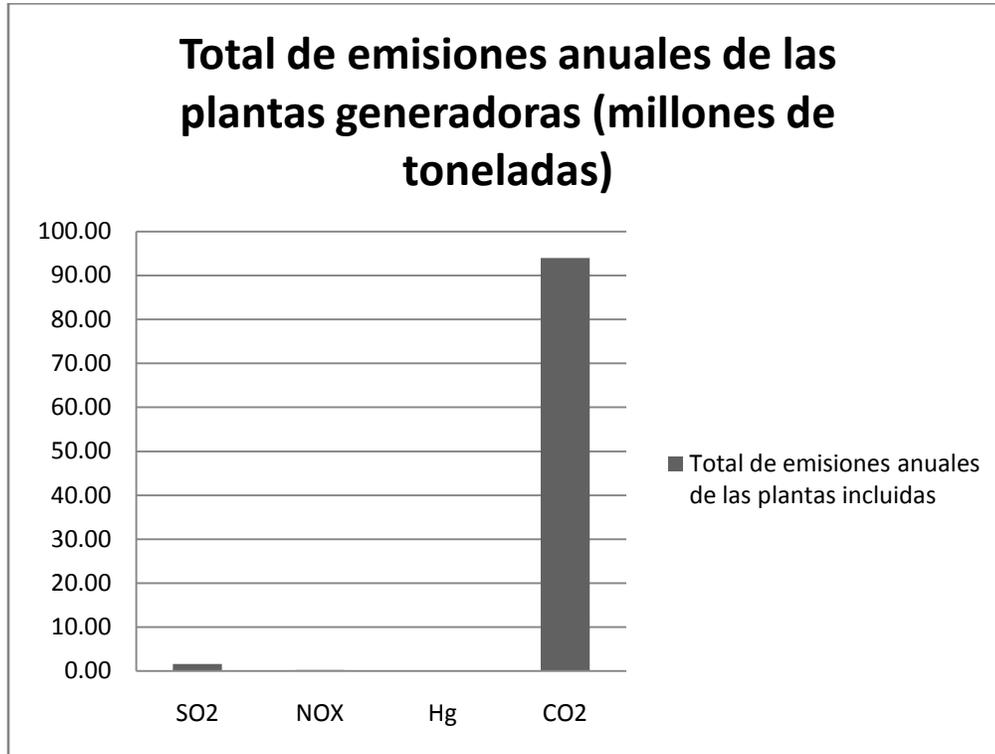


FIGURA 2.2 RESUMEN DE LAS EMISIONES DE LAS CENTRALES ELECTRICAS EN MEXICO<sup>13</sup>

Para revertir esta situación, se promueve la reducción de emisiones con equipo de alta eficiencia (por ejemplo, las plantas de ciclo combinado), instalación de plantas eólicas, geotérmicas o la implementación de la cogeneración, que reducen drásticamente las emisiones al medio ambiente, sin comprometer la generación necesaria.

Se tienen documentadas las emisiones de estos residuos debido a su peligrosidad, sin embargo, las emisiones no constituyen solo este tipo de contaminante al existir otras emisiones de riesgo (plomo, antimonio, berilio, benceno, partículas suspendidas). El dióxido de carbono es el principal responsable del efecto invernadero, los compuestos de

<sup>13</sup> Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte, “Emisiones atmosféricas de las centrales eléctricas del América del Norte”, 2004.

azufre ( $\text{SO}_x$ ) producen lluvia ácida y son un problema de salud, los compuestos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) producen ozono atmosférico y también es causante del efecto invernadero.

### 2.3 LA COGENERACIÓN, ALTERNATIVA DE AHORRO

Las industrias en general satisfacen sus necesidades energéticas mediante un esquema en el cual compran electricidad y combustibles a los proveedores para cumplir con su demanda, práctica que es muy ineficiente, desde el punto de vista energético y bastante cara, desde el punto de vista económico.

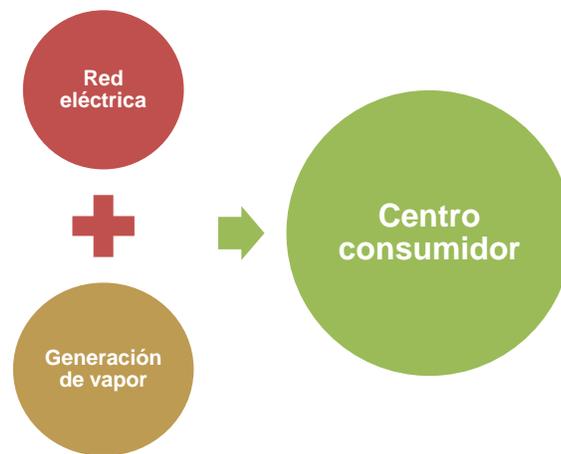
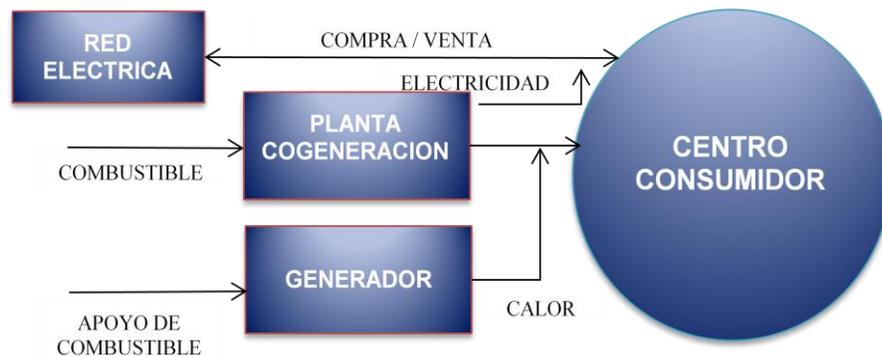


FIGURA 2.3 SISTEMA CONVENCIONAL

Dentro de los métodos para realizar ahorro de energía, aumentar la renta económica de un sistema y cumplir con bajas emisiones a la atmósfera, se encuentra la cogeneración. Si bien no es una técnica nueva, aún hoy en día los sistemas de cogeneración, al menos en México, se encuentran en un camino desfavorable para su uso como método primario de generación. La cogeneración se define como *la producción secuencial de energía eléctrica y/o mecánica y de energía térmica útil, a partir de una misma fuente primaria*. Hoy en día la cogeneración es uno de los métodos más rentables para producir energía útil en procesos industriales, debido a su alta eficiencia, bajas emisiones al ambiente y la ventaja económica que supone su instalación. En inglés, es también conocida como *combined heat and power* (CHP). El sistema de cogeneración utiliza electricidad de la red solo como apoyo y mantiene un consumo de combustible constante para generación.



**FIGURA 2.4 SISTEMA DE COGENERACION**

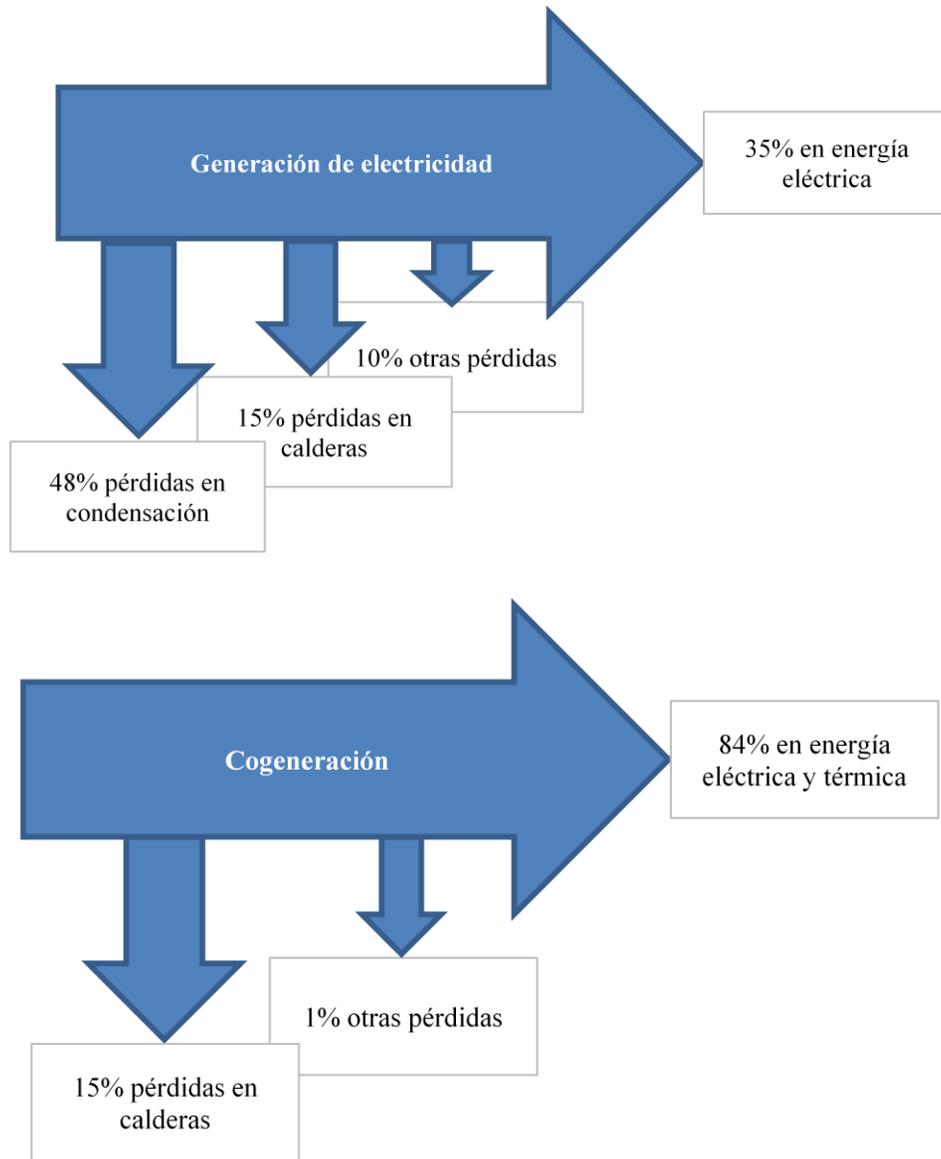
En una planta termoeléctrica se produce la combustión por medio de un combustible fósil, para generar vapor a alta temperatura y presión que posteriormente es ingresado a una turbina para generar energía eléctrica. En este proceso se logran eficiencias que están en un rango de eficiencia de un 40% aún en las plantas con una eficiencia alta, el resto de la energía es desechada a la atmósfera por medio de los gases de escape en la chimenea del generador de vapor y en los sistemas de enfriamiento y condensación, en donde existe un rechazo de calor. Esta energía desechada contiene baja presión y temperatura en comparación con la utilizada en la producción primaria, ya que no es útil para utilizarse nuevamente en el proceso de generación de la misma planta, motivo por el cual es posible utilizarla en sistemas que no demanden energía con mayor calidad.

Se podría pensar que la cogeneración es relativamente nueva, sin embargo, los europeos ya la utilizaban desde finales del siglo pasado, incluso se tuvo un auge en el que la producción secuencial de energía eléctrica y térmica se abarcaba como método primario de generación de energía. Sin embargo, con el paso del tiempo estos métodos fueron dejados en el olvido, en gran parte debido al desarrollo de la producción de electricidad y las expansiones de las redes eléctricas, lo cual hacían que más gente se conectara a la red en lugar de generar su propia energía, además de otros factores importantes tales como el bajo costo de la energía primaria en aquellos tiempos, donde el petróleo no había encarecido, las tarifas eléctricas subsidiadas y la oposición de las compañías de generación de energía eléctrica. En los años 70 la tendencia se revierte, en gran medida gracias al encarecimiento de los combustibles

fósiles, los cuales eran y siguen siendo la fuente de energía primaria principal, aunados a otros problemas que enfrentaba la política energética.

Los métodos convencionales de producción han mostrado deficiencias en algunos de sus métodos que pueden ser aprovechables. En el ciclo con turbina de gas ocurre algo similar, en comparación con las centrales termoeléctricas basadas en turbinas de vapor, con los gases de escape, si bien no son útiles en el proceso de generación, contienen una alta temperatura que puede ser utilizada para calentamiento de otras fuentes, a través de intercambiadores de calor. Es por eso que la cogeneración puede ser implementada en casi cualquier ciclo de potencia.

En un panorama general, los sistemas de cogeneración muestran una relación de eficiencia muy alta con respecto a la eficiencia de algún otro proceso. Los sistemas basados en ciclos Rankine (turbina de vapor) y Brayton (turbina de gas) tienen eficiencias, como se mencionó anteriormente, entre el 30 y 40%, los ciclos combinados superan por un poco estas eficiencias, mientras que los sistemas de cogeneración tienen una eficiencia global arriba del 80%, ya que aprovecha todas las fuentes de energía con las que cuenta.



**FIGURA 2.5 EFICIENCIA DE LA UTILIZACION DEL COMBUSTIBLE EN UNA CENTRAL TERMoeLECTRICA Y UNA DE COGENERACION<sup>14</sup>**

Los métodos actuales de cogeneración se basan principalmente en:

Turbinas de vapor

Turbinas de gas

Motor recíprocante

En ciclo combinado con turbina de gas y turbina de vapor

<sup>14</sup> Sistemas de cogeneración, Universidad de Cienfuegos, Cuba, 1999

Cada uno de los sistemas tiene distintas configuraciones y deben ser escogidas de acuerdo a las demandas del sistema. Si bien el objetivo en común de todos es cubrir las demandas eléctricas y térmicas, se debe tomar en cuenta la disponibilidad y características de cada uno de ellos para su implementación. A su vez, cada uno tiene un consumo de combustible diferente y difieren entre ellos de acuerdo a su fuente de energía y la manera en que la aportan.

Los sistemas de cogeneración se componen principalmente de 4 elementos, los cuales son: la fuente de energía, motor primario, sistema de aprovechamiento de energía mecánica y sistema de aprovechamiento de energía térmica, como se muestra en la siguiente tabla:

**TABLA 2.1 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE COGENERACION**

<b>Elementos de un sistema de Cogeneración</b>	Fuente de energía	Gas Natural Petróleo Carbón Biomasa, otros
	Motor Primario	Turbina de vapor Turbina de gas Motor de combustión interna
	Sistema de aprovechamiento de energía mecánica	Compresores Bombas Generadores eléctricos
	Sistema de aprovechamiento de energía térmica	Caldera convencional Caldera de recuperación Hornos y secadores Intercambiadores de calor

### **2.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE COGENERACIÓN**

La cogeneración se puede clasificar, principalmente, en dos categorías:

**Los sistemas superiores:** aquellos donde la generación de energía eléctrica constituye el producto primario y el calor residual que existe en los gases de escape se utiliza en algún otro proceso productivo.

**Los sistemas inferiores:** son aquellos donde el producto primario es la energía térmica y su producto secundario es la generación eléctrica.

Los sistemas superiores son ampliamente utilizados en la industria azucarera, textil, papel, química, alimentos y, en general, aquellas que requieren vapor o agua caliente en sus procesos, mientras que los inferiores tienen su aplicación en industrias como la producción de acero, de cemento, vidrio y en ciertas industrias petroquímicas y químicas, que requieren energía térmica como producto primario. La cogeneración proporciona entre 20 y 45 por ciento de ahorro de energía primaria únicamente por su eficiencia de conversión<sup>15</sup>. Además de esto, la cogeneración proporciona grandes ventajas, entre ellas la reducción de pérdidas por transmisión a la red, ya que el sistema de cogeneración opera localmente. Otro de los beneficios de la cogeneración son los económicos, derivados del costo final entre el combustible y la energía generada.

La eficiencia de los sistemas de cogeneración es mucho mayor que la generada por sistemas convencionales, un estudio de la CONUEE, publicado en diciembre de 2009, nos provee la siguiente tabla que nos da una referencia de las eficiencias de los sistemas de cogeneración con respecto a la convencional:

---

<sup>15</sup> CONUEE, *Estudio sobre Cogeneración en el sector Industrial en México*, Diciembre 2009.

**TABLA 2.2 EFICIENCIAS TIPICAS COMPARATIVAS DE GENERACION Y COGENERACION<sup>16</sup>**

<b>Tecnología</b>	<b>Planta convencional</b>	<b>Cogeneración</b>
Turbina de vapor	7% - 38%	60% - 80%
Turbina de gas	25% - 42%	65% - 87%
Ciclo combinado	35% - 55%	73% - 90%
Motor - generador	25% - 45%	65% - 92%
Microturbinas	15% - 30%	60% - 85%
Celdas de combustible	37% - 50%	85% - 90%

De esta manera, se puede observar que las eficiencias de los sistemas de generación contra los de la cogeneración se encuentran muy por debajo de lo que éstas ofrecen, haciendo de la misma una estrategia atractiva para el sector industrial en medianos plazos, proporcionando un panorama alentador de esta tecnología.

### **2.3.2 TIPOS DE SISTEMA DE COGENERACION**

Como se mencionó anteriormente, los sistemas superiores son aquellos cuya energía primaria es la eléctrica y, a efectos de este trabajo, serán los sistemas que se analizarán, ya que la demanda eléctrica es la primera a cubrir en los hoteles en estudio.

Dentro de los sistemas superiores, se había mencionado que el tipo de motor primario dispone su configuración, ya sea turbina de vapor, turbina de gas o un motor de combustión interna, los cuales comparten la característica de estar acoplados a un generador eléctrico, una fuente de energía térmica, ya sea una caldera o una cámara de combustión.

En la parte de ingeniería, el tipo de motor nos da ciertas limitaciones dependiendo de su forma de trabajo, en el caso de las turbinas de vapor, las condiciones de presión y temperatura tanto del ambiente como del agua de alimentación, modifican su rendimiento de acuerdo a la campana de saturación del agua, modificando eficiencia y rendimiento. Las turbinas de gas, al ser máquinas volumétricas, tienden a variar en su potencia y rendimiento

<sup>16</sup> CONUEE, *Estudio sobre Cogeneración en el sector Industrial en México*, Diciembre 2009.

de acuerdo a la altura y temperatura a la que se instalen, es decir, su capacidad en sitio es distinta a la especificada en condiciones ideales.

### ***Cogeneración con turbinas de vapor***

Bajo este esquema trabajan la mayoría de los sistemas cuyo requerimiento primordial es la generación eléctrica y demandan vapor o agua caliente a temperaturas relativamente bajas. Este tipo de sistemas son muy flexibles, debido a que se puede ajustar muy fácilmente la potencia necesaria, generalmente en estos sistemas es necesario un análisis para establecer si se requiere postcombustión para cumplir con la demanda térmica.

El esquema más simple, el sistema de turbinas a contrapresión, se basan en que el vapor existe en la turbina a una presión mayor, o al menos igual, a la presión atmosférica, lo cual depende principalmente de la carga térmica, de ahí el término a contrapresión, antes de salir de la turbina, el vapor es extraído hacia un recuperador de calor para posteriormente condensarse. Este condensado retorna al ciclo a través de una bomba que lo inyecta en el generador de vapor, lo cual hace que la configuración reduzca el sistema de agua de enfriamiento o incluso lo excluya del ciclo, además de que se reduce el rechazo de calor en el condensador por lo que la eficiencia aumenta.

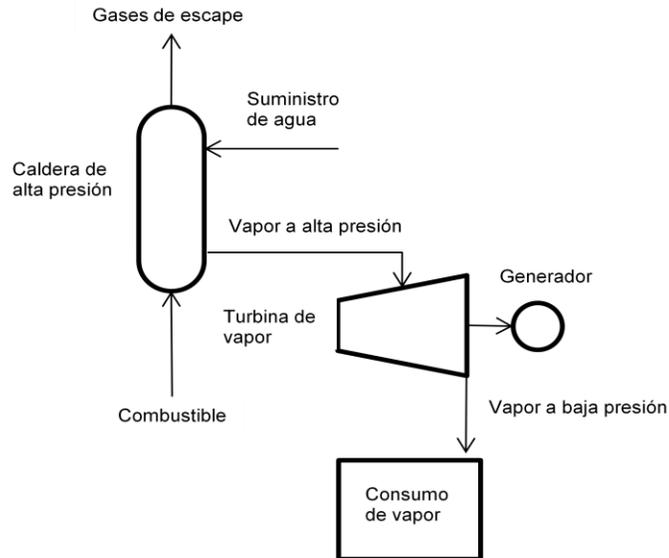


FIGURA 2.3 COGENERACION CON TURBINA DE VAPOR<sup>17</sup>

### *Cogeneración con turbinas de gas*

El gran desarrollo tecnológico de las turbinas de gas a través del tiempo, principalmente por el desarrollo de nuevos materiales que soportan las altas temperaturas que se alcanzan en el mismo, ha logrado que las turbinas de gas sean uno de los motores primarios más utilizados en los sistemas de cogeneración. Los gases de escape de las turbinas son limpios y a temperaturas mucho mayores que los esquemas basados en turbinas de vapor, lo que favorece su aplicación y su eficiencia con respecto a los anteriores.

Entre las ventajas de utilizar sistemas con turbinas de gas se encuentran el poco espacio que requieren, su costo es bajo en comparación con los de turbinas de vapor, se pueden aplicar en menores potencias y tienen emisiones menores. Sin embargo, están limitadas en el combustible que se puede usar, ya que los gases de combustión circulan directamente a través de la turbina, su vida útil es más baja y requieren mantenimiento especializado, además de que las turbinas de gas son máquinas volumétricas, por lo cual su potencia y eficiencia se ve afectada por la densidad del aire, que disminuye al aumentar la altura sobre el nivel del mar.

<sup>17</sup> Sistemas de cogeneración, Universidad de Cienfuegos, Cuba, 1999.

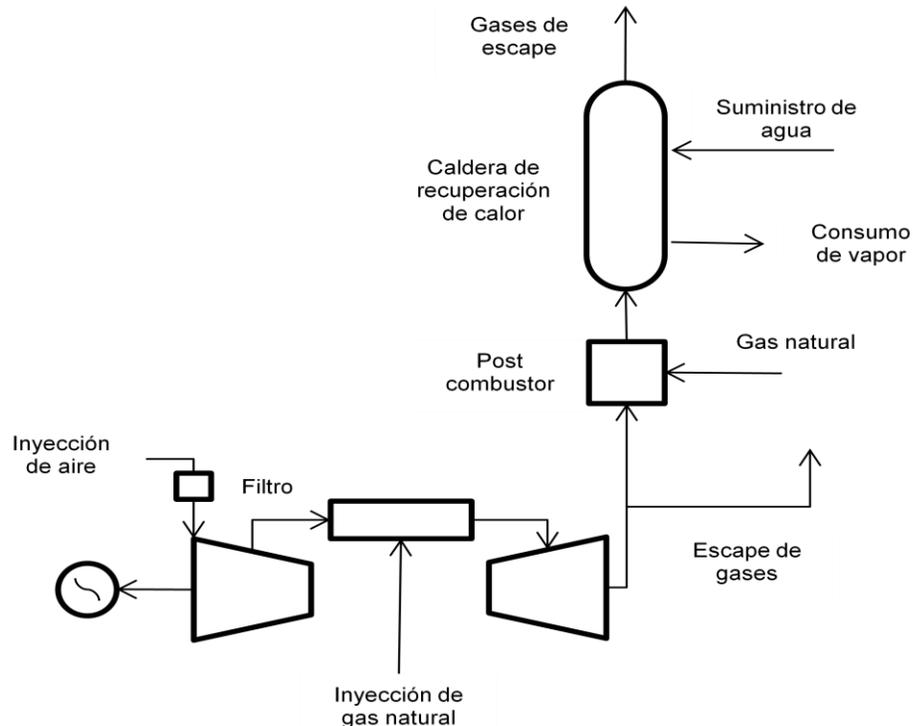


FIGURA 2.4 COGENERACION CON TURBINA DE GAS<sup>18</sup>

### *Cogeneración con motores de combustión interna*

Los sistemas con motores de combustión interna o alternativos, no difieren en gran medida de los sistemas de turbina de gas, sin embargo, se tienen mayores limitaciones en la parte térmica, teniendo un rendimiento más bajo. Se aplican en potencias menores y tienen una mayor eficiencia, incluso a cargas parciales. Su relación calor/electricidad es menor y la energía térmica disponible es de muy bajo potencial.

Estos sistemas se producen en módulos compactos o paquetes, en diferentes potencias que rondan desde los 6 kW hasta 1 MW, su consumo de combustible es más estable y su disponibilidad para cambios de demanda es muy buena, consumen combustibles diversos, pero están en mayor proporción los sistemas generadores a base de gas natural.

<sup>18</sup> Sistemas de cogeneración, Universidad de Cienfuegos, Cuba, 1999.

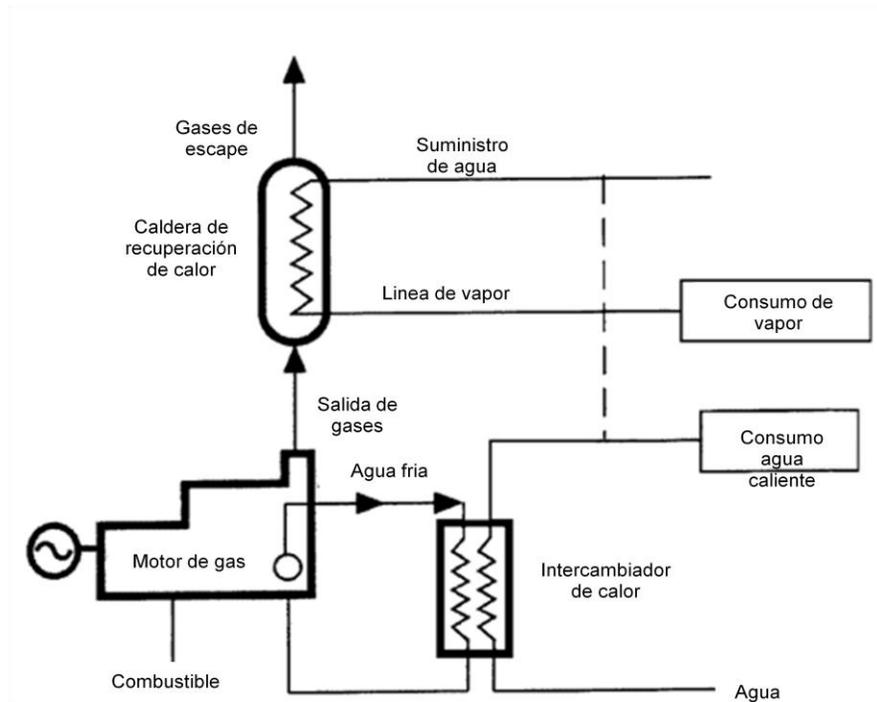


FIGURA 2.5 COGENERACION CON MOTOR DE COMBUSTION INTERNA<sup>19</sup>

### *Cogeneración en ciclo combinado*

La característica principal de este sistema es la implementación y operación de una turbina de gas y una turbina de vapor, que puede ser de ciclo abierto o cerrado. Los sistemas basados en este tipo de tecnologías utilizan los gases de escape de alta temperatura del ciclo con turbina de gas para ser recuperados en un intercambiador de calor, el cual transfiere la energía a un ciclo de vapor.

Estos sistemas pueden aplicarse a sistemas de vapor con turbinas a contrapresión y de extracción condensación, utilizan toda la gama de combustibles, son mucho más eficientes que los sistemas en ciclo simple y mantienen una alta relación calor/electricidad. Su aplicación es en aquellos sistemas que demandan energía eléctrica. La producción de vapor se realiza en extracciones a la turbina en la etapa de alta presión o también pueden ser utilizados los gases de escape. Esta configuración permite un sinnúmero de posibilidades de aplicación para cubrir la demanda de energía y es la más completa en cuanto a producción en gran escala.

<sup>19</sup> Sistemas de cogeneración, Universidad de Cienfuegos, Cuba, 1999.

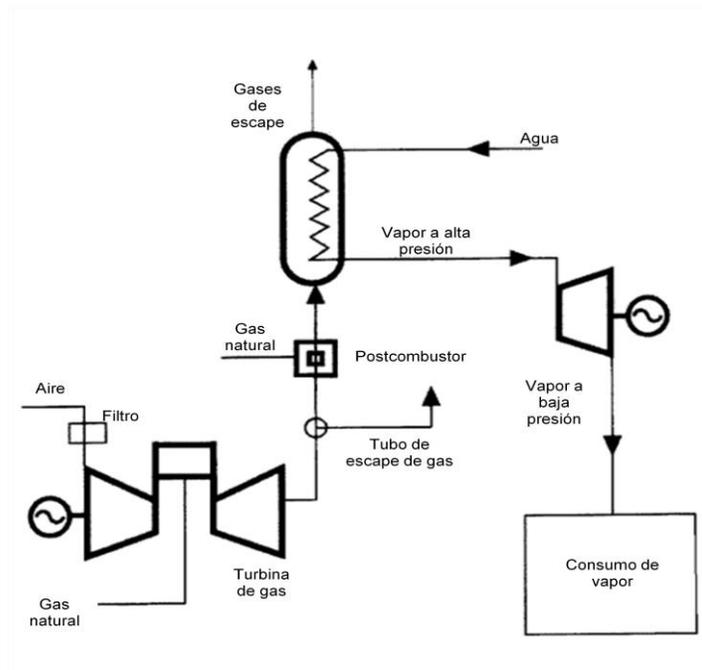


FIGURA 2.6 COGENERACION EN CICLO COMBINADO<sup>20</sup>

#### 2.4 MARCO INSTITUCIONAL Y LEGAL DE LA COGENERACIÓN EN MÉXICO

La Comisión Reguladora de Energía (CRE) tiene como misión “*Regular de manera transparente, imparcial y eficiente las industrias del gas, de los refinados derivados de los hidrocarburos y de electricidad, generando certidumbre que aliente la inversión productiva, fomentando una sana competencia, propiciando una adecuada cobertura y la prestación de los servicios a precios competitivos, en beneficio de los usuarios*”<sup>21</sup>, órgano descentralizado de la Secretaría de Energía (SENER), constituida en 1995 con facultades para regular las industrias de la energía eléctrica y del gas natural en México, cuya función es otorgar los permisos para la generación e importación de energía eléctrica previstos en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica<sup>22</sup>. El marco regulatorio de la industria eléctrica proporciona facultades de brindar el servicio público únicamente a la Comisión Federal de Electricidad (CFE), lo que permite la participación del sector privado en la

<sup>20</sup> Sistemas de cogeneración, Universidad de Cienfuegos, Cuba, 1999.

<sup>21</sup> Comisión Reguladora de Energía, <http://www.cre.gob.mx/articulo.aspx?id=11>, Consultado el 21 de Febrero de 2011.

<sup>22</sup> Cámara de Diputados. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/99.pdf> Consultado el 21 de Febrero de 2011

generación e importación de energía eléctrica, siempre y cuando no se considere servicio público. Los particulares pueden participar en el Sector Eléctrico Mexicano en:

Autoabastecimiento

Cogeneración

Producción independiente

Pequeña producción

Exportación e

Importación

La Comisión Federal de Electricidad (CFE), organismo público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, es una empresa del gobierno mexicano encargada de la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica a lo largo de la República Mexicana. Opera las centrales de generación, se encarga de realizar gestiones, garantizar el suministro y mantenimiento de la red eléctrica nacional.

Ante esta comisión se deben realizar una serie de trámites y gestiones con respecto a la instalación de sistemas de cogeneración, toda vez que hayan sido autorizadas por la CONUEE. Entre las gestiones a realizar está el contrato de interconexión con la red para la venta a CFE del excedente de energía, o en su caso, energía de respaldo requerida por la empresa que gestione un sistema de cogeneración.

La entrega de energía eléctrica a la red pública, se sujeta siempre a las reglas de operación y despacho del Sistema Eléctrico Nacional, que establece la CFE, se puede consultar una descripción general de las mismas en el Anexo 2.

# CAPITULO 3. METODOLOGÍA DE DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE COGENERACION

---

Como se mencionó anteriormente, el sector turismo presenta importantes oportunidades de ahorro, que se traducen en beneficios ambientales, energéticos y económicos que permiten al sector hotelero contribuir en todos los aspectos en la eficiencia energética.

La mayoría de los hoteles pertenecientes a este grupo (MPyMES), se basan en contratos con CFE para su demanda eléctrica y compra de combustibles como gas LP, diesel y gas natural para satisfacer sus necesidades térmicas, sin embargo, estas prácticas están lejos de ser eficientes energéticamente hablando y, de acuerdo a nuestro análisis, es una forma de derrochar dinero ante la baja eficiencia de los sistemas que utilizan.

Si bien la concientización de la importancia del uso eficiente de la energía permite mostrar un panorama en el cual se muestra al hotelero la importancia de tener costumbres que promuevan el ahorro de energía, las cuales no tienen inversión alguna ni representan un gasto y representan enormes beneficios, el aplicar tecnologías de ahorro como la cogeneración permite ampliar el margen de ahorro y uso eficiente de energía a valores que son muy atractivos económicamente hablando, lo que es, en conclusión, el principal interés de un hotelero.

## **3.1 METODOLOGÍA PREVIA PARA CARACTERIZACION DEL SISTEMA DE COGENERACIÓN**

El análisis de viabilidad técnica y económica de un sistema de cogeneración exige tener la información necesaria para cumplir con todos los requisitos que el potencial usuario necesita para satisfacer su demanda, sabiendo cómo, cuanto y qué tipo de energía utiliza. Ésta información abarca desde la demanda térmica y eléctrica hasta las tarifas aplicables a combustibles y consumo eléctrico hacia el usuario, además de otros datos necesarios aplicables al sistema.

Se debe iniciar con un diagnóstico energético, para conocer la situación actual del centro consumidor, y así aplicar las mejoras que proporcionan un uso eficiente de la energía con bajos costos o incluso sin representar inversión alguna.

Una vez que se ha determinado la viabilidad de un sistema de cogeneración a partir de un diagnóstico, se procede a aplicar una metodología que tiene como objetivo establecer la factibilidad del proyecto, haciendo hincapié en los aspectos más importantes, buscando establecer los parámetros críticos que nos permitan determinar si es posible aplicar un sistema de cogeneración, en este caso, al hotel de estudio.

Para la realización de este trabajo, se tiene una metodología global, debido a que el objetivo es caracterizar generalmente un sistema de cogeneración, así que se busca establecer métodos globales a partir de algún indicador térmico o eléctrico que suponga la aplicación eficiente de un sistema, sin necesidad de realizar un estudio más detallado, proporcionando un primer acercamiento, ya que siempre es necesario cuidar aspectos particulares de los sistemas.

A continuación, se describe la metodología de acuerdo a su orden de aplicación.

### **3.1.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**

Dado que la cogeneración es una oportunidad de ahorro con una inversión relativamente cara, se requiere primero realizar un diagnóstico energético al usuario, orientándolo en costumbres y políticas que no generen o representen bajos gastos de inversión pero que tengan repercusiones importantes en el uso eficiente de energía, tal es el caso de fugas en el sistema térmico, mal aislamiento de las tuberías de distribución de vapor, mal estado de la subestación, mantenimiento escaso o nulo en los sistemas, entre otros factores de impacto.

Es necesario realizar un balance de energía en el sistema a analizar, con la finalidad de obtener un primer escenario en el cual se obtenga información de la utilización de la energía, con estos parámetros se pretende obtener un porcentaje significativo del consumo de energía para mantener un margen benéfico. En un principio la cargas consumidoras de energía eléctrica del sistema se obtienen de los datos de placa, estimando la energía nominal demandada por los mismos, ya sea calculando la salida o haciendo las mediciones pertinentes. Así mismo, se realiza un levantamiento para identificar las cargas consumidoras y los electrodomésticos utilizados por el usuario, con el fin

de estimar la carga total del sistema, así como los datos históricos que ayuden a la estimación del número total de horas de operación a plena carga.

Si el usuario no ha realizado un diagnóstico energético pero tiene información confiable, es necesario realizar una inspección de las cargas, con el objetivo de darle recomendaciones de poca o nula inversión para mantener el nivel de eficiencia lo más alto posible, aunque es preferible realizar primero un diagnóstico para mantener la viabilidad económica y técnica.

### **3.1.2 FACTORES QUE AFECTAN LA VIABILIDAD DE UN PROYECTO**

Existen diversos factores que afectan la viabilidad de un proyecto, para el caso de este trabajo, es necesario tomar en consideración una serie de elementos críticos, que pueden alterar el resultado y que tienen un peso importante en las decisiones a tomar en la caracterización del sistema.

#### ***Tipo de combustible***

Como se mencionó en el capítulo anterior, los sistemas de cogeneración tienen una gran flexibilidad en cuanto a combustible se refiere, sin embargo, la disponibilidad de los mismos es una problemática primaria que se debe tomar en cuenta. El carbón es el combustible más barato, pero eleva los costos debido a los costos de traslado, manejo y limpieza del mismo, por lo que su implementación no es justificable. El combustóleo es ampliamente utilizado en las calderas actuales de las centrales termoeléctricas e industriales, a pesar de lo anterior, requiere de una gran inversión en sistema de limpieza de gases debido a su alto contenido de azufre y vanadio, lo cual lo vuelve un combustible muy corrosivo y contaminante, lo cual tampoco justifica su implementación. El Diesel es un combustible altamente costoso, a pesar de ser menos contaminante que el combustóleo, y su uso es justificable solamente como respaldo, debido a su alto poder calorífico. El gas natural representa una opción mucho más viable, debido a que es un combustible sumamente limpio y que su utilización en el país se está generalizando, pero requiere de facilidades de acceso a gaseoductos de capacidad suficiente para cumplir con la energía demandada.

#### ***Relación calor/electricidad***

Conocer cuánto calor se requiere así como cuanta electricidad nos da una relación sumamente importante para saber cuál es la energía primaria que se debe satisfacer en un primer plano. En la industria es normalmente primaria la energía térmica, pero en el caso de este trabajo será la energía eléctrica, es decir, un sistema superior, que nos da la facilidad de contar con excedentes eléctricos

que se puedan vender a CFE o mantener un suministro de respaldo para casos de emergencia. La relación calor/electricidad es uno de los factores más importantes, ya que tener excedentes resulta una mala práctica que perjudicaría el sistema en lugar de ayudarlo, debido a que la producción de energía tiene un costo, el cual se está desperdiciando.

### ***Disponibilidad***

Casi todas las empresas tienen demandas continuas de energía térmica y eléctrica y, en algunos casos, es ininterrumpida, factor que se vuelve sumamente importante y que es explorable en un diagnóstico. Un sistema de cogeneración puede cubrir toda la demanda sin problemas si es bien dimensionado y seleccionado.

### ***Costo de inversión***

El costo de inversión es un factor muy variable, que depende en su mayoría del tipo de sistema seleccionado, puede presentar variaciones muy altas, por lo que se deben tomar en cuenta todas las condiciones demandadas por el proceso a cubrir.

### ***Situación geográfica***

Tiene grandes repercusiones sobre todo en el aspecto técnico y económico, ya que las características de algunos sistemas tienen grandes variaciones con respecto a factores como la temperatura, la altura sobre el nivel del mar, y la humedad en el ambiente.

## **3.1.3 ACTIVIDADES PREVIAS AL ANÁLISIS**

Como se había mencionado anteriormente, es necesario un diagnóstico energético para poder realizar un estudio de viabilidad técnica-económica de un sistema de cogeneración, en el cual se realiza una solicitud a la empresa de diversa información necesaria. En términos generales, se requiere información sobre:

Facturación eléctrica, entre mayor sea la cantidad de información en este rubro, en cuanto a consumo de energía eléctrica se refiere.

Datos de placa de los equipos instalados, entre los que se encuentran motores, bombas, equipo de aire acondicionado, etc.

Relación de los requerimientos de vapor, diagramas y descripción general de los sistemas y/o equipos que requieran fuentes térmicas y que se consideren en el equipo de cogeneración.

Costos y consumo de combustibles utilizados para la generación de energía térmica.

Lista o relación de las cargas eléctricas utilizadas en el lugar a realizar el diagnóstico, desde hornos de microondas hasta refrigeradores y equipo de aire acondicionado.

Relación de luminarias y el tipo de las mismas instaladas en el lugar a diagnosticar.

Se realiza una inspección general del lugar, con la finalidad de verificar la validez de la información proporcionada por la empresa, así mismo, se pueden detectar fallas o alguna otra particularidad que tenga relevancia. En el caso de que la información requerida no pueda ser proporcionada por la empresa, se realiza un levantamiento de la información en el lugar.

Una vez que se tiene la información necesaria para el diagnóstico, se procede al análisis de la información. En esta etapa el consultor clasifica la información obtenida, de manera que reconoce las necesidades primarias de la empresa, toda vez que se cuenta con suficiente información y nos arroja resultados favorables. En la mayoría de los casos la información de un año es suficiente y proporciona una visión global del comportamiento de la empresa, a menos que el usuario mencione lo contrario o que las tendencias obtenidas sean desfavorables.

En el caso de las cargas instaladas, se puede realizar una simulación para compararlo con lo facturado para así tener un mejor criterio de decisión que en su caso ayuden a mejorar las implementaciones o tendencias previstas con anterioridad.

### **3.2 OBTENCIÓN DE LA RELACIÓN ENERGÍA TÉRMICA/ELÉCTRICA (Q/E) Y SUS VARIACIONES**

Todas las industrias tienen valores distintos de requerimientos de energía térmica y eléctrica, en algunos casos llega a ser mayor el consumo térmico y en muchos otros el consumo eléctrico, e incluso existen algunos en los que los requerimientos son similares, es por eso que diseñar correctamente un sistema de cogeneración es tan importante debido a que las demandas térmicas y eléctricas son variables de acuerdo al nivel de producción de la empresa.

El factor de relación calor/electricidad nos proporciona información sobre este tema, a través de un número adimensional que se obtiene a partir de las demandas máximas promedio, se calcula de acuerdo a la ecuación:

$$\frac{Q}{E} = \frac{\text{Consumo anual de energía térmica (kJ)}}{\text{Consumo anual de energía eléctrica (kWh)} * 3600 \frac{\text{kJ}}{\text{kWh}}}$$

Puede obtenerse también en función de las demandas:

$$\frac{Q}{E} = \frac{\text{Demanda máxima térmica a cubrir (kW)}}{\text{Demanda máxima eléctrica a cubrir (kW)}}$$

Es necesario analizar este factor bajo diferentes condiciones de operación para satisfacer las necesidades requeridas por el usuario, de manera que se acerque lo más posible a la energía requerida para sus procesos o servicios. Para lo anterior se requiere conocer el sistema empleado, para lo cual se solicita información necesaria en un diagnóstico energético para la elaboración de los perfiles. Se presenta un documento encuesta de sistemas de cogeneración en el Anexo 3.

### **3.3 CURVAS DE DURACIÓN DE CARGA TÉRMICA Y ELÉCTRICA**

Con el objetivo de ajustar la demanda a las características inherentes de un sistema de cogeneración, se realizan las curvas de duración de cargas térmicas y eléctricas, para poder tener una aproximación adecuada a las necesidades del usuario. En base a la carga térmica o eléctrica, las curvas podrán definir la capacidad del equipo a instalar, tomando en cuenta la necesidad primaria del usuario, así mismo, las opciones que se pueden aplicar son muchas, por lo que se deben tomar en cuenta varios factores, como lo son:

- Perfiles mensuales
- Perfiles diarios
- Perfiles horario

Lo anterior tiene como objetivo observar la tendencia de las demandas del usuario para satisfacerlas, sino al 100%, lo más cercano posible, estos factores dependen de distintas circunstancias, como el tipo de servicio, producción, horarios de trabajo, variaciones por condiciones ambientales, entre otros, que ayudan a facilitar la elaboración de estas curvas.

En cuanto a costos de inversión, la configuración aplicada varía en función de las necesidades del usuario, así como de los ajustes realizados al mismo, por lo que se tiene que tener especial énfasis en este aspecto, por lo que la evaluación preliminar tiene un alto grado de importancia, por ejemplo, se pueden poner a operar dos turbinas de gas para satisfacer las necesidades del usuario, pero esto incrementaría considerablemente el costo de inversión. También tiene tomarse en cuenta aquellas operaciones que impliquen variaciones considerables de demanda. Todos estos factores son importantes para la correcta selección del sistema.

### ***Elaboración de los perfiles***

Se debe tomar en consideración:

Información estadística de la instalación. En aquellos usuarios con tarifas eléctricas horarias de CFE, se tiene una información de la demanda promedio cada 5 minutos, lo cual es relevante, en el sentido de que se tiene información confiable sobre el comportamiento del consumo eléctrico. Para el caso térmico, aquellas empresas que cuenten con bitácoras de consumo proporcionan información importante en este rubro.

Medición directa en campo. Con el objetivo de corroborar la información obtenida se realizan mediciones directas en la empresa, en caso de no contar con la información requerida en el punto anterior, existen diversos equipos que pueden realizar estas mediciones, en el caso de la energía térmica, se pueden calcular a través del consumo de combustible o con mediciones de líneas de flujo de vapor y/o agua caliente

## **3.4 METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DEL SISTEMA DE COGENERACIÓN**

Una vez que se ha realizado la metodología preliminar que proporciona la información suficiente y necesaria para tomar decisiones y obtener parámetros de selección, se procede a la selección del equipo de acuerdo a las necesidades establecidas en base a la metodología preliminar.

Los puntos críticos de la selección son los siguientes:

Relación calor/electricidad (Q/E), para saber si se trata de un sistema superior o inferior.

Calidad del calor requerido, para satisfacer las necesidades de temperatura y presión en este aspecto.

Costos de los equipos de acuerdo a la tecnología seleccionada, los diversos sistemas de cogeneración (turbina de gas, turbina de vapor, motor reciprocante, celdas de combustible), presentan variaciones en su costo y el equipo debe ajustarse de manera que cumpla con las exigencias técnicas y sea factible su inversión.

Tipo de combustible, debido a su costo y disponibilidad.

Tamaño del sistema, algunas tecnologías son competitivas en altas demandas, mientras que otras son capaces de cumplir con las exigencias en bajas demandas. Se debe conocer este aspecto dados los requerimientos de espacio en la empresa.

### **3.4.1 EFECTO DE LA RELACION Q/E EN LA SELECCIÓN DE EQUIPOS**

La inversión es un aspecto sumamente importante en la selección del equipo, debido a que si bien todos los sistemas proporcionan energía de acuerdo a las necesidades del usuario, no todas son de un costo accesible. De hecho, los sistemas de cogeneración son una inversión relativamente alta, y una mala selección puede concluir en pérdidas para el usuario.

Mientras más se acerque el sistema de cogeneración a la relación Q/E, más viable será económicamente hablando, ya que se tienen menos deficiencias o excesos de energía, lo cual significa una reducción en pérdidas térmicas o compra (y en su caso venta), de energía eléctrica. En un panorama ideal, el sistema cumple con un factor de uno con las demandas, pero como se ha citado anteriormente, esto casi nunca ocurre, debido a las variaciones por diversos factores de cada una de las demandas.

### **3.4.2 MAPA ENERGÉTICO DEL CENTRO CONSUMIDOR**

Se define como centro consumidor a aquella industria o empresa que cuenta con una demanda eléctrica y térmica para su producción o servicios y que, por consiguiente, es candidato para un estudio de pre-viabilidad de cogeneración. La característica primordial de un centro consumidor es contar con una demanda de energía eléctrica y calor útil, para satisfacer las necesidades de servicio o producción.

El mapa energético nos brinda un panorama en base a la situación del centro consumidor y de los posibles escenarios que se obtengan a partir de opciones de sistemas de cogeneración, en el mapa siguiente se plantean cuatro posibles escenarios para su descripción

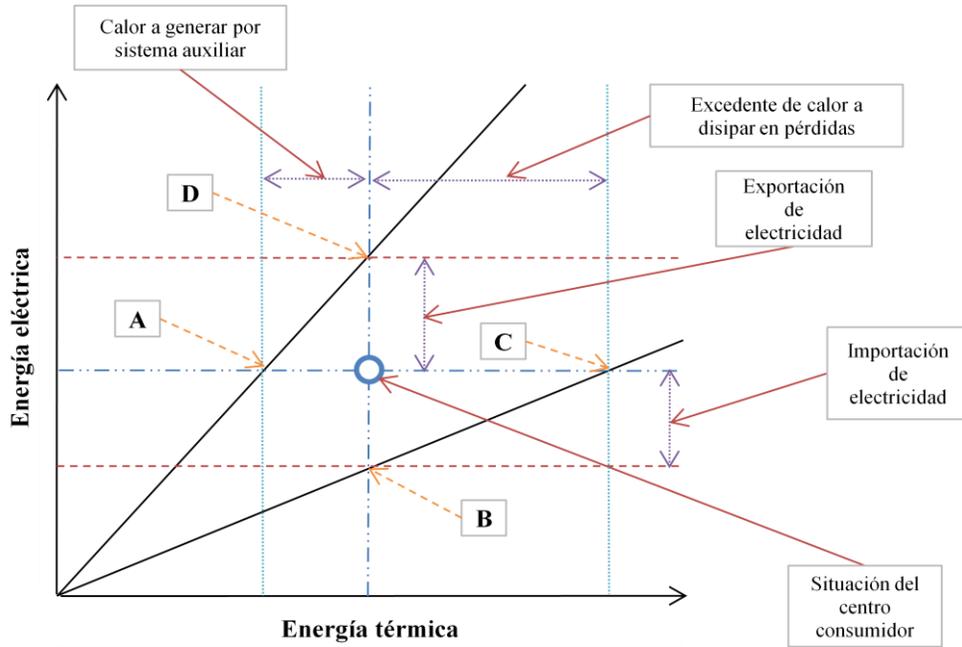


FIGURA 3.1 MAPA ENERGÉTICO

Se tienen dos posibles sistemas de cogeneración que presentan cuatro escenarios, para cada uno existen inconvenientes, ya que gráficamente no cruzan el punto de la situación del centro consumidor. Los casos que se presentan son:

Requerimiento de sistema auxiliar generador de calor útil. En este caso se tiene una configuración con déficit térmico, utilizando algún sistema auxiliar, como puede ser realizar un proceso de combustión extra aprovechando el contenido de oxígeno de los gases de combustión, mediante combustible de apoyo, este proceso se conoce como post-combustión, o bien, se puede producir la energía térmica necesaria directamente a través de un equipo, como una caldera.

Importación de electricidad. En este escenario se plantea la deficiencia de energía eléctrica, la cual puede ser generada a través de un sistema auxiliar como una planta de emergencia, o realizar un contrato de interconexión de energía de respaldo.

Excedente térmico. En este caso se tiene un exceso de energía térmica, el cual debe ser condensado para recuperar el fluido o desechado a la atmósfera, este caso resulta ser poco conveniente debido al costo de generación de vapor de acuerdo al combustible utilizado.

Excedente eléctrico. Se produce la suficiente cantidad de energía térmica pero se tiene un exceso de electricidad, la cual puede ser vendida a la red, este escenario depende de un contrato de interconexión a la red eléctrica.

Los casos que se presenten con un análisis de mapa energético son muy variables, en la figura se tiene la representación de los mismos para un caso particular, sin embargo, las variaciones en el sistema pueden ser tales que se tengan más casos y más puntos, en los cuales se debe analizar la viabilidad de cada uno, y cada escenario representa una oportunidad que debe ser evaluada en función de los requerimientos del usuario, motivo por el cual se debe ser cuidadoso en las opciones disponibles para su implementación.

### **3.4.3 SELECCIÓN A PARTIR DE LA RELACIÓN Q/E**

#### ***Relación Q/E baja***

Cuando se tienen relaciones bajas de Q/E se habla de sistemas superiores, y se debe tener especial énfasis en la generación eléctrica, en estos casos un motor reciprocante o un motor de turbina de gas suelen ser las soluciones más adecuadas como motor primario.

#### ***Relación Q/E media***

Para este tipo de configuraciones las turbinas de gas con quemadores suplementarios suelen ser las más adecuadas, sin embargo, las turbinas pequeñas presentan eficiencias más bajas por lo que se tiene un calor de desperdicio considerable

Las turbinas de gas, con configuración del calentador de calor directo o de recuperación de calor, proporcionan la cantidad adecuada para muchos procesos en el sector industrial, en climas más cálidos pueden proveer el balance correcto de calor para sistemas de aire acondicionado, para hospitales, hoteles y aeropuertos, aquellos donde el servicio se requiere las 24 horas prácticamente durante todo el año.

**Relación Q/E alta**

En este caso se tiene una demanda térmica muy alta, por lo que lo recomendable son turbinas de vapor alimentadas a baja, media o alta presión con extracciones a contrapresión o turbinas de extracción/condensación. Las turbinas de vapor proporcionan la flexibilidad para variar la carga y obtener la combinación más económica para la carga térmica deseada.

Aquí se tiene una razón Q/E muy variable, desde baja como 2 hasta tan alta como 40, pero depende primordialmente del tipo de consumo, en este caso es aplicable para sistemas inferiores. Aquí la calidad térmica juega un papel muy importante, ya que se puede extraer vapor de alta calidad, dependiendo de las presiones de trabajo del generador de vapor y la turbina, pero se pueden alcanzar altas temperaturas y altas presiones, necesarias en procesos que involucran un alto consumo de energía térmica.

Con lo anterior, se puede sintetizar la tecnología del motor de acuerdo a la siguiente tabla:

**TABLA 3.1 TECNOLOGIA DEL MOTOR DE ACUERDO A SU RAZON Q/E Y COMBUSTIBLE<sup>23</sup>**

<b>TIPO</b>	<b>CALOR DISPONIBLE A PROCESO</b>	<b>RAZON TERMICA-ELECTRICA</b>	<b>COMBUSTIBLES COMUNES</b>
<b>TURBINA DE VAPOR</b>	<b>393.15 K a 673.15 K</b>	<b>2 a 30</b>	<b>DESTILADOS, GASEOSOS, RESIDUALES, RESIDUOS DE MADERA</b>
<b>TURBINA DE GAS</b>	<b>393.15 K a 773.15 K</b>	<b>1.2 a 4</b>	<b>RESIDUALES, GASEOSOS Y DESTILADOS</b>
<b>MOTOR RECIPROCANTE</b>	<b>353.15 K a 393.15 K</b>	<b>0.8 a 2</b>	<b>RESIDUALES, GASEOSOS Y DESTILADOS</b>

<sup>23</sup> Metodología para el análisis de previabilidad de cogeneración. CONAE 1999

### **3.5 TIPO DE ARREGLO DEL SISTEMA DE COGENERACIÓN DE ACUERDO A SU MOTOR PRIMARIO**

#### ***Turbina de vapor***

Se considera una turbina de vapor cuando la carga está por encima de 10 t/h y se tienen potencias eléctricas superiores a los 500kW<sup>23</sup>, debajo de estos valores la generación de vapor a alta presión lo hace incosteable, a menos que se cuente con calderas operando, lo cual reduce su costo.

Las turbinas a contrapresión proporcionan vapor a la presión que se requiere en el proceso, si se tiene variación se debe utilizar una turbina de contrapresión con extracciones. Los sistemas a contrapresión están diseñados para surtir los requerimientos de vapor del proceso y la producción eléctrica es muy variable de acuerdo a la demanda de vapor, lo que hace que generalmente se tenga que comprar energía de la red eléctrica en aquellos periodos donde la demanda de vapor es baja y la turbina trabaja a carga parcial. En unidades pequeñas se tiene la desventaja de tener un rendimiento interno bajo.

La principal ventaja de estos equipos es su capacidad para satisfacer la relación Q/E muy variable, cuando la demanda del vapor es elevada se puede extraer una gran cantidad de vapor por la extracción, haciendo pasar por la turbina de baja presión la cantidad mínima necesaria para que el equipo no se dañe. Cuando la demanda térmica disminuye se incrementa el flujo de vapor por la turbina de baja presión provocando que se eleve la generación eléctrica.

#### ***Turbina de gas***

La tecnología de turbina de gas es mejor aprovechada cuando se requieren potencias eléctricas constantes y vapor de mediana o alta presión, ya que típicamente se encuentran temperaturas de los gases de escape entre los 447 y los 517 °C<sup>23</sup>. Estos sistemas son compactos y tienen características que son muy apropiadas para su aplicación en la cogeneración. La potencia generada por la turbina de gas está en función directa de su rendimiento, el cual se define como la relación que existe entre su producción de energía mecánica y su consumo de combustible. El rendimiento está en función de:

Relación de presiones

Temperatura del aire de admisión

Altitud sobre el nivel del mar del sitio de operación

## Régimen de funcionamiento

Funcionar a cargas parciales afectan la operación de la turbina, básicamente conforme la carga disminuye también lo hace el rendimiento, lo que ocasiona que cada kWh producido supone un mayor consumo de combustible, además que, al disminuir la carga, la temperatura de los gases de escape y el flujo másico también disminuyen, por lo que la energía térmica disponible ira en decremento, este efecto en particular es compensado en cierta parte por el aumento en la energía residual que supone la disminución del rendimiento térmico. En todo caso la manera más adecuada de operar estos sistemas es a plena carga, siendo la que menores costos de operación e inversión suponen.

Si se tiene un exceso de energía térmica los gases de escape pueden pasar directamente a la chimenea. Para reducir estas pérdidas, se considera la instalación de dos turbinas, una que funcione a plena carga y otra intermitentemente.

El comportamiento de una turbina de gas es directamente proporcional al flujo másico de aire que la atraviesa y, debido a que es una máquina volumétrica, el flujo de masa cambia directamente como una función de la densidad del aire, entre más elevada sea la altitud menor será el rendimiento de la turbina de gas. La pérdida de potencia se da a razón aproximada de 3.6% por cada 300m de elevación. Otro factor importante es la temperatura ambiente, y puede afectar la turbina si existen incrementos considerables, un aumento de 22 K puede representar una pérdida de potencia cercana al 20%<sup>23</sup>.

### ***Motores de combustión interna***

Los motores reciprocantes ofrecen eficiencias eléctricas de entre 20% y 42%, dependiendo del tipo de motor y la configuración, además, las temperaturas que alcanzan los gases de escape se encuentran entre los 302 y 602 °C, la mejor forma de recuperar la energía es con el calentamiento de agua, ya que se logran obtener eficiencias de combustible hasta del 80%. Sin embargo, en la generación de vapor de baja presión se utiliza menos de la mitad del calor de salida, por lo que la eficiencia decae a un 72%. En términos generales la eficiencia fluctúa en valores entre el 60% y 75%.

Los motores reciprocantes presentan curvas de consumo específico de combustible muy estables a cargas parciales, en cuanto a variaciones de cargas eléctricas presentan hasta aproximadamente un

40% de su carga nominal, por lo que su mejor utilización es en operaciones con cargas eléctricas parciales.

### ***Ciclo combinado***

El esquema de ciclo combinado es el más utilizado en plantas de generación de potencia de alta capacidad, genera vapor a alta presión, utilizando los gases de escape de la turbina de gas, la turbina de vapor expande el vapor generado lo que genera energía eléctrica en ambas turbinas y vapor de baja presión para proceso. Es una de las mejores soluciones implementadas cuando se requiere una potencia eléctrica constante y cargas variables de vapor.

## **3.6 RECUPERADORES DE CALOR**

Los recuperadores de calor se utilizan para recuperar la energía de los gases de escape de la turbina de gas para generar vapor que requiere el sistema. Existen tres tipos básicos:

Recuperadores de calor sin post-combustión (RCSP), son aquellos donde se alcanza a cubrir la demanda térmica sin necesidad de quema de combustible posterior.

Recuperador de calor con post-combustión (RCCP), se requiere de un proceso extra para cubrir la demanda térmica, realizando combustión después de recuperar la energía térmica de los gases de escape.

Recuperador de calor con máxima post-combustión (RCCMP), ante la baja cobertura térmica se genera prácticamente toda la energía a través de estos sistemas.

## **3.7 DEFINICIÓN DE NIVEL DE COGENERACIÓN**

Existen dos niveles de cogeneración definidos para esta metodología de la CONUEE, los cuales son:

Satisfacer al 100% la demanda térmica

Satisfacer al 100% la demanda eléctrica

Dado las grandes variaciones de la relación Q/E, en las que resulta difícil que el sistema de cogeneración siga la demanda térmica, se debe seguir como criterio que es preferible incrementar la capacidad eléctrica del sistema para tener excedentes que puedan ser vendidos a la red.

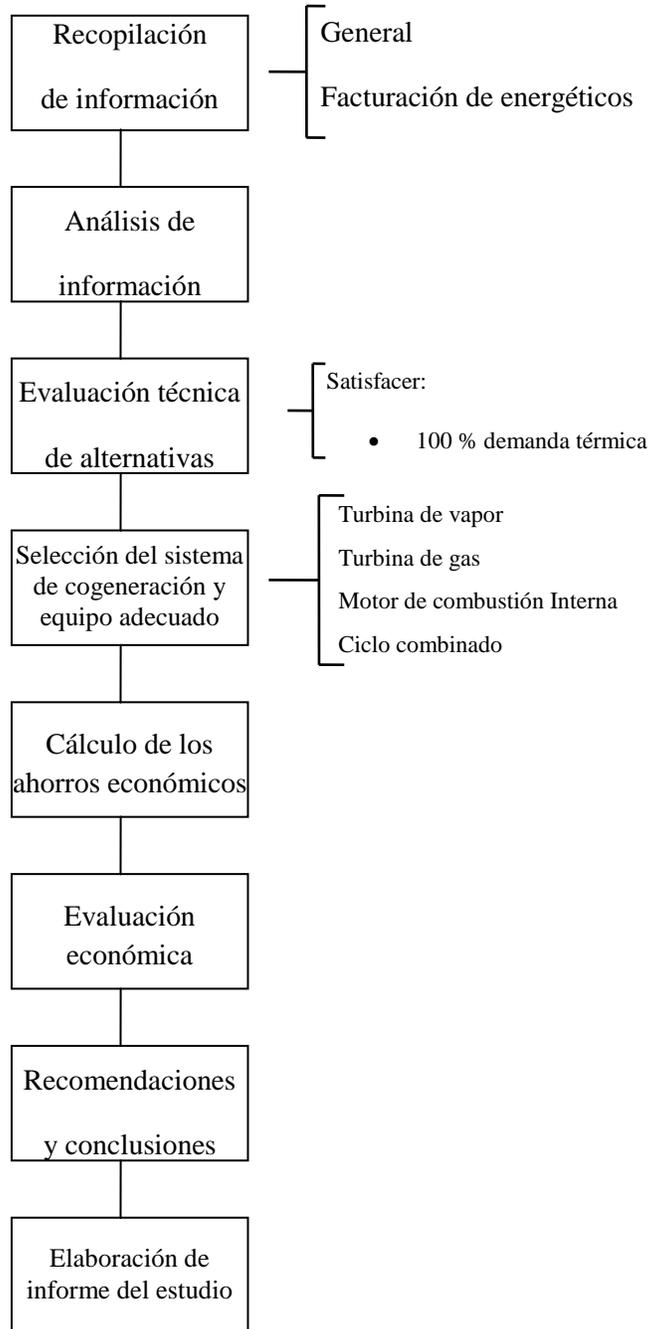
Para definir el nivel necesario, se debe tomar en cuenta que tipo de sistema se va a implementar, si será un sistema superior, o un sistema inferior, y realizar un estudio en base a esas demandas.

Si bien es cierto que satisfacer al cien por ciento un tipo de energía es básicamente cubrir con la prioridad de la empresa, el desecho vapor o vender electricidad en cualquier caso, representan pérdidas e inversiones. Para poder realizar venta de energía eléctrica, es necesario la implementación de una acometida eléctrica, que se traduce en una inversión de capital lo cual convierte los costos, en muchas ocasiones, en un proyecto inviable. Por otro lado, el desecho de vapor significa pérdidas térmicas, lo cual significa quema de combustible y por consiguiente gastos de operación, lo que significa que desecho vapor a la atmósfera es desperdiciar energía y producir pérdidas económicas también, a diferencia de la electricidad, el vapor no puede ser enviado a alguna red, y un potencial comprador debe estar no muy lejos del centro consumidor, debido a la pérdida de energía que supone la condensación del mismo.

### **3.8 DIAGRAMA DE FLUJO DEL ANALISIS DE PREVIABILIDAD**

La metodología anterior se puede resumir de acuerdo al diagrama de flujo siguiente:

## DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL ANÁLISIS DE PRÉVIABILIDAD DE SISTEMAS DE COGENERACIÓN<sup>24</sup>



<sup>24</sup> FUENTE: CONUEE

## CAPITULO 4. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE COGENERACION EN HOTELES

---

En el capítulo anterior se plantea la metodología necesaria para la implementación de un sistema de cogeneración, aplicando una serie de pasos para validar si es posible o no realizar la instalación y su factibilidad técnica, en base a ciertos indicadores. El presente capítulo plantea la aplicación de la citada metodología a los hoteles en estudio que se utilizaron, haciendo hincapié en los factores viables y los inviables.

Los hoteles utilizados en este trabajo, son hoteles en los que se realizó previamente un diagnóstico energético, a través del Laboratorio de Proyectos de Ahorro de Energía (PAE), del posgrado de la Universidad, por lo que la información utilizada estaba previamente analizada.

Los hoteles en estudio se ubican en tres estados, Campeche, Veracruz y Colima, y la mayoría se ubican en zona de playa, por lo que fue necesario recopilación de información particular de cada uno de los estados en los que se encuentran los mismos, en base a la información disponible de las dependencias que realizan ese trabajo en particular.

Lo que se pretende en este capítulo, es obtener los valores necesarios para el dimensionamiento del equipo en base a la relación Q/E y plantear los parámetros necesarios para la correcta selección del equipo a implementar, con el objetivo de satisfacer las necesidades de los centros consumidores de forma general, pero sin tener desviaciones grandes con respecto a los parámetros particulares de cada uno.

Se realizó el dimensionamiento de la tecnología tomando en consideración la información de los diagnósticos, sin embargo, debido a la falta de información, se estimaron algunos datos importantes, como lo es el caso de la demanda térmica, dado que los perfiles de consumo obtenidos no tuvieron un comportamiento favorable.

#### **4.1 SELECCIÓN DE LOS HOTELES DE ESTUDIO**

El laboratorio de Proyectos de Ahorro de Energía, en conjunto con la Universidad Veracruzana y la Universidad Autónoma de Campeche, han realizado 26 diagnósticos energéticos desde Junio de 2010 hasta Marzo de 2012, a través del proyecto “Eficiencia PyMES SECTUR” del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por lo que el muestreo que se tiene es bastante amplio, sin embargo, muchos de los hoteles que se analizaron no cumplen con ciertos parámetros para ser candidatos a aplicar un sistema de cogeneración, ya sea porque no tienen la acometida eléctrica adecuada, su consumo es muy bajo o no tienen las condiciones necesarias para realizar su aplicación.

Para poder seleccionar los hoteles de estudio, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Que el tipo de tarifa sea de media tensión
- Que se cuente como mínimo con información de facturación eléctrica de un año
- Que se cuente como mínimo con información de facturación térmica de un año

Con las consideraciones anteriores, se filtraron los diagnósticos hasta llegar a cinco hoteles candidatos, de los cuales se tomó toda la información disponible que se tenía, incluyendo las hojas de levantamiento de datos.

Los hoteles a analizar son:

- Hotel Alhambra, ubicado en Campeche, Campeche
- Hotel Baluartes, ubicado en Campeche, Campeche
- Hotel Costa y Sol, ubicado en Boca del Rio, Veracruz
- Hotel María Isabel, ubicado en Colima, Colima
- Hotel Ocean View, ubicado en Campeche, Campeche

Los hoteles anteriores permitieron el desarrollo de este trabajo de acuerdo a la metodología planteada, y se realizó su análisis en base al diagnóstico energético de cada uno de los hoteles, con el objetivo de buscar factores o indicadores globales que pudieran aplicarse de manera general a los mismos.

## 4.2 CONDICIONES GEOGRÁFICAS DE LOS HOTELES DE ESTUDIO

Dado que en el diagnóstico energético la información geográfica necesaria para este trabajo es poco relevante, fue necesario realizar una recopilación de las principales condiciones geográficas y meteorológicas de los hoteles en análisis, a través del Sistema Meteorológico Nacional, que proporciona información acerca de las condiciones climáticas en cada uno de los municipios de los estados del país.

Para el análisis, se tomo como referencia el valor máximo de la temperatura máxima registrada dentro de una serie de valores durante un periodo de tiempo, sin tomar en cuenta el mes, es decir, obteniendo el valor más alto entre los máximos registrados. Este mismo criterio fue utilizado para el valor de la humedad relativa, tomando el valor mínimo, por otro lado, el valor de la temperatura mínima se obtuvo tomando como valor significativo la temperatura mínima registrada.

Así mismo, se consultó la altura sobre el nivel del mar necesaria para ajustes requeridos para los motores de los sistemas a aplicar, ya que al ser máquinas volumétricas, las condiciones de sitio son distintas a las condiciones de operación óptima (condiciones ISO), lo que reduce su eficiencia e impacta en su desempeño, por lo que la potencia entregada difiere de la indicada en los datos técnicos. En el caso de estos hoteles, la altura es insignificante, debido a que están ubicados a alturas a nivel del mar, siendo la afectación por este tipo de condiciones prácticamente insignificante. Para poder ajustar los parámetros de operación por este factor, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Factor de ajuste} = \frac{(1013.25 - ASNM * 0.119659 + ASNM^2 * 0.00000519)}{1013.25}$$

Con la información anterior, se obtuvo la tabla de criterios, que resume los valores importantes recopilados, la información completa se puede consultar en el Anexo 4.

**TABLA 4.1 CARACTERISTICAS GEOGRÁFICAS DE LOS HOTELES EN ESTUDIO<sup>25</sup>**

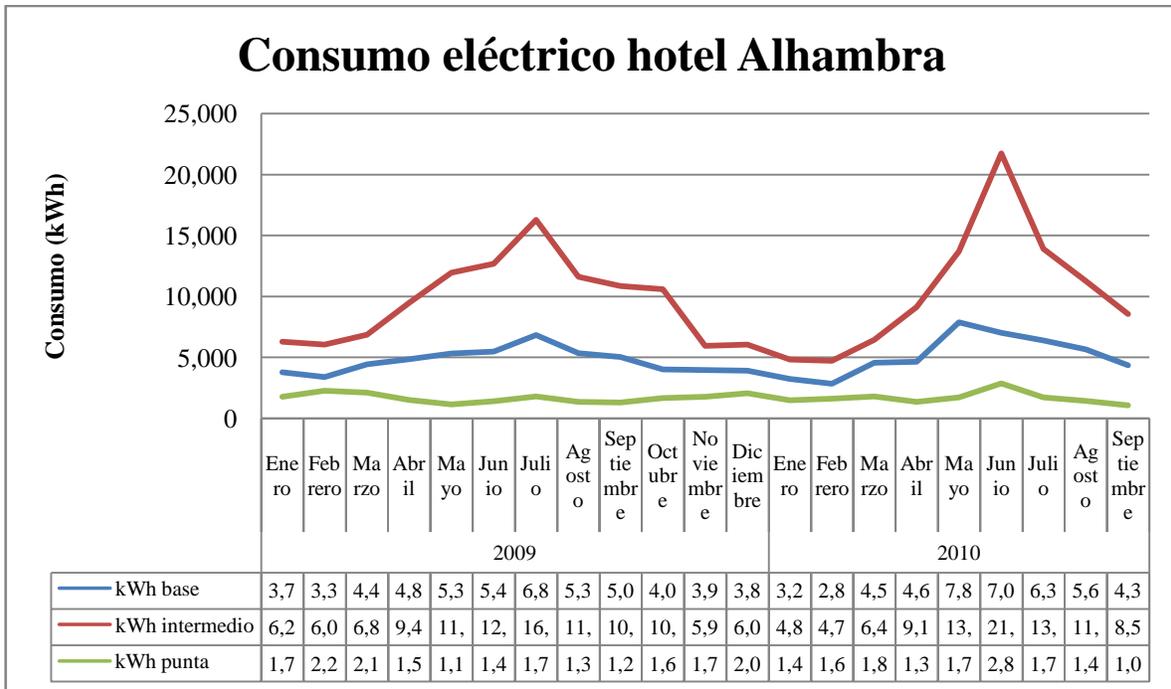
<b>Características Geográficas de los hoteles en estudio</b>					
<b>Hotel</b>	<b>Ubicación</b>	<b>ASNM</b>	<b>T máx. promedio</b>	<b>T mín. promedio</b>	<b>Humedad relativa (<math>\phi</math>)</b>
Alhambra	San Francisco de Campeche, Campeche	5 msnm	35.2°C	6.8°C	64%
Baluartes	San Francisco de Campeche, Campeche	5 msnm	35.2°C	6.8°C	64%
Costa y sol	Boca del Río, Veracruz	19.4 msnm	31.4°C	18.4°C	72%
María Isabel	Colima, Colima	444 msnm	35.9°C	13.5°C	50%
Ocean View	San Francisco de Campeche, Campeche	5 msnm	35.2°C	6.8°C	64%

### **4.3 ELABORACIÓN DE LOS PERFILES DE CONSUMO ELÉCTRICO Y TÉRMICO: CURVAS DE DURACIÓN DE CONSUMO**

Los perfiles de consumo fueron elaborados en base a la información estadística disponible, con el mínimo de un año, sin embargo, cuando se contó con un número mayor de información, se elaboraron los perfiles de acuerdo a la disponibilidad de datos, por lo que no necesariamente coinciden. Para cada uno de los hoteles, se realizaron los perfiles térmicos y eléctricos, con el objetivo de obtener la relación Q/E en base a estos mismos perfiles.

A continuación se muestran los perfiles de acuerdo a su consumo eléctrico:

<sup>25</sup> Sistema meteorológico nacional. Normales climatológicas. 2000



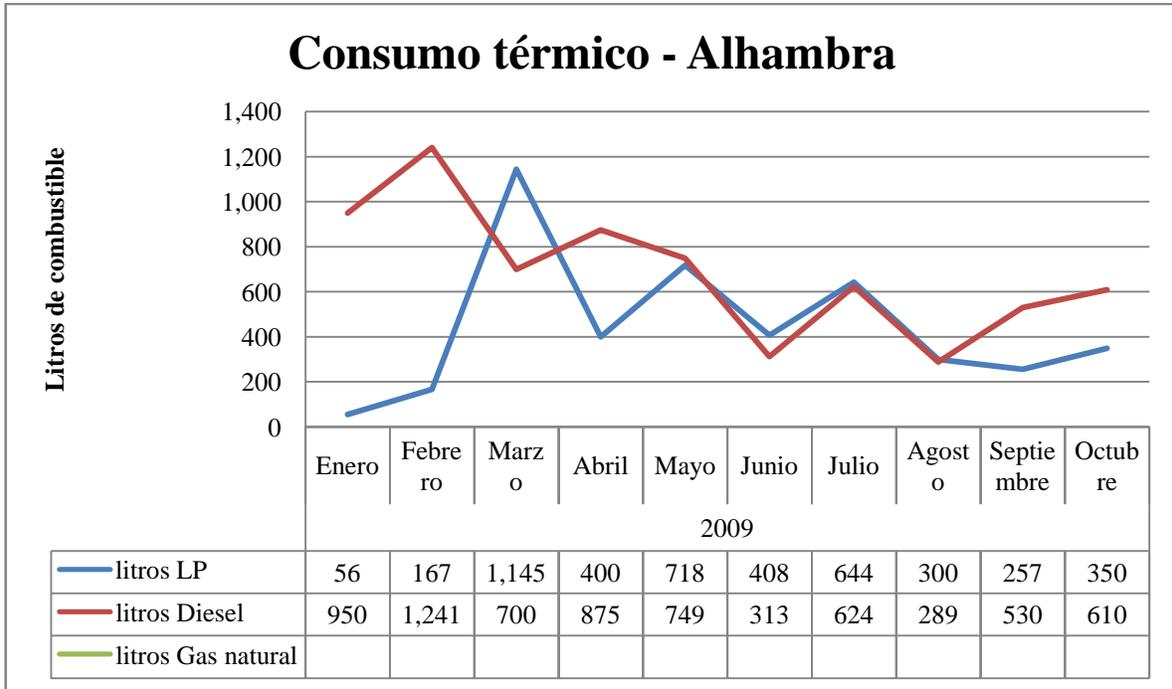
**FIGURA 4.1 CURVAS DE CONSUMO ELECTRICO**

En la figura mostrada se observa el comportamiento del consumo de acuerdo a la información del hotel en estudio, en este caso el hotel Alhambra, se tiene una gráfica con el comportamiento en los periodos de 2009 y 2010 durante los meses disponibles, en este caso no se tiene información completa del periodo 2010, solo se tiene hasta el mes de Septiembre, sin embargo se observa una tendencia similar entre los dos años.

El objetivo de tener estas gráficas, es poder observar las tendencias de los consumos, con el fin de tener una idea de cuándo es el periodo de consumo máximo, así como saber el valor del mismo, ya que para el diseño se pueden realizar cálculos con el este valor para cubrir la demanda máxima pedida por el usuario. La figura muestra los consumos en los periodos base, intermedio y punta.

Se pueden consultar las curvas de consumo para cada uno de los hoteles en el Anexo 5.

En el caso de los perfiles térmicos, están elaborados, al igual que los eléctricos, a partir de la información real y no promedio, con el objetivo de encontrar tendencias favorables en las gráficas.



**FIGURA 4.2 CURVAS DE CONSUMO TERMICO**

La curva de comportamiento térmico está basado en los litros por mes adquiridos por el centro consumidor, de acuerdo a la información disponible, se pueden observar grandes fluctuaciones y, en general, en todos los casos se presenta un comportamiento similar.

Como se puede observar en las gráficas, es muy difícil obtener alguna tendencia favorable, debido principalmente a las variaciones tan amplias que se presentan en relación de un valor a otro, y los picos que presenta la gráfica no se aproximan entre sí, por lo que la información obtenida con estos perfiles es poco confiable, sin embargo, aún se puede realizar el análisis en base a las demandas, en lugar de los consumos, lo cual podría presentar un comportamiento que se asemeje más a lo buscado. Las gráficas completas para cada uno de los hoteles se encuentran disponibles en el Anexo 6.

#### 4.4 OBTENCIÓN DE LA RELACIÓN Q/E DE LOS HOTELES EN ESTUDIO

Como se mencionaba anteriormente, existen cambios muy drásticos en el nivel de consumo, de manera que no se puede realizar un acercamiento con base en las tendencias de dichos valores. Muchos de los factores que influyen en estas curvas son circunstanciales,

de manera que se tiene poca fiabilidad de los datos, mientras que otros factores son constantes, como lo es la temporada del año, ya que varía la ocupación dependiendo de cada estado. Al ser hoteles de puntos turísticos, se tiene el común denominador de las temporadas vacacionales, por lo que los valores punta de este parámetro se encuentra en los periodos de verano, marzo-abril, y temporada invernal.

Para mantener una confiabilidad de los datos, se procedió a realizar el análisis en base a las demandas térmicas y eléctricas de los hoteles. Para el caso eléctrico, se procedió a obtener estos valores directamente de la memoria de facturación. Por otro lado, para el caso térmico, se realizaron los cálculos pertinentes en base al consumo ideal de agua por habitación, restaurantes y centros de lavandería, en una estimación realizada en el mismo laboratorio del PAE.

#### **4.4.1 OBTENCIÓN DE LA RELACIÓN Q/E EN BASE A DEMANDAS**

Las relaciones Q/E son más confiables cuando se obtienen por medio de las demandas, debido principalmente a que se puede realizar un dimensionamiento para el trabajo a plena carga, con lo que se estima cubrir el cien por ciento de la potencia requerida. Se mencionaba que para el caso eléctrico se obtuvo de los datos de facturación, mientras que, para el caso térmico, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Uso de agua caliente en baños
- Uso de agua caliente en lavanderías
- Uso de agua caliente en restaurantes

No se consideró el uso de agua caliente en alberca debido a las condiciones climáticas de los hoteles en estudio ya que, si bien la mayoría de los hoteles cuenta con una, no utilizan calentamiento de agua para este fin.

Para obtener los consumos ideales, se utilizó información y un trabajo previo realizado en el PAE, con lo que se tenían valores aproximados de la demanda de agua caliente de acuerdo a la capacidad de alojamiento del hotel, así como el número de restaurantes en cada uno (se tiene un caso donde se cuenta con dos restaurantes).

Con la información anterior, se obtienen los siguientes valores:

**TABLA 4.2 RELACIÓN Q/E EN BASE A DEMANDAS<sup>26</sup>**

	<b>Hotel Alhambra</b>	<b>Hotel Baluartes</b>	<b>Hotel Maria Isabel</b>	<b>Hotel Costa y Sol</b>	<b>Hotel Ocean View</b>
Demanda térmica	38.57	51.35	46.00	67.61	34.95
Demanda eléctrica	143.00	246	278	238	156
Relación Q/E	0.27	0.21	0.17	0.28	0.22

Es importante destacar la cercanía de los valores en las relaciones Q/E, lo que habla de una tendencia que se mantiene en valores similares, sin fluctuaciones considerables. Otro punto importante es que las relaciones Q/E obtenidas nos hablan de la necesidad de sistemas superiores de cogeneración, lo que significa también que la demanda térmica será secundaria y tendremos un nivel de cogeneración enfocado en satisfacer el requerimiento de la energía eléctrica.

También podemos notar que los valores entre las demandas están muy cercanos, es decir, tanto para la energía eléctrica como para la térmica, se encuentran en un rango de valores que no difiere mucho, por lo que se puede tomar en consideración el dimensionamiento de un equipo para satisfacer las demandas del grupo de hoteles al que pertenecen sus rangos, y no el dimensionamiento de cinco equipos distintos, lo cual simplifica el trabajo de la presente tesis.

La memoria de cálculo de la demanda térmica y las estimaciones y consideraciones tomadas para este fin se encuentran disponibles en el Anexo 7.

#### **4.4.2 MAPAS ENERGETICOS DE LOS HOTELES EN ESTUDIO**

Una vez obtenida la relación Q/E de los hoteles, se procede, de acuerdo a la metodología, a obtener los mapas energéticos de los hoteles en estudio. El mapa energético, como se menciono en el capítulo anterior, nos da un amplio panorama del comportamiento del centro consumidor de acuerdo a su demanda energética, su ubicación gráfica nos proporciona información importante para el análisis y se pueden tomar ciertas decisiones en base a su comportamiento.

A continuación se presentan los mapas energéticos de cada uno de los hoteles en estudio:

---

<sup>26</sup> Valores a partir de cálculos en base a la información obtenida de los diagnósticos energéticos realizados en el Laboratorio de Proyectos de Ahorro de Energía.

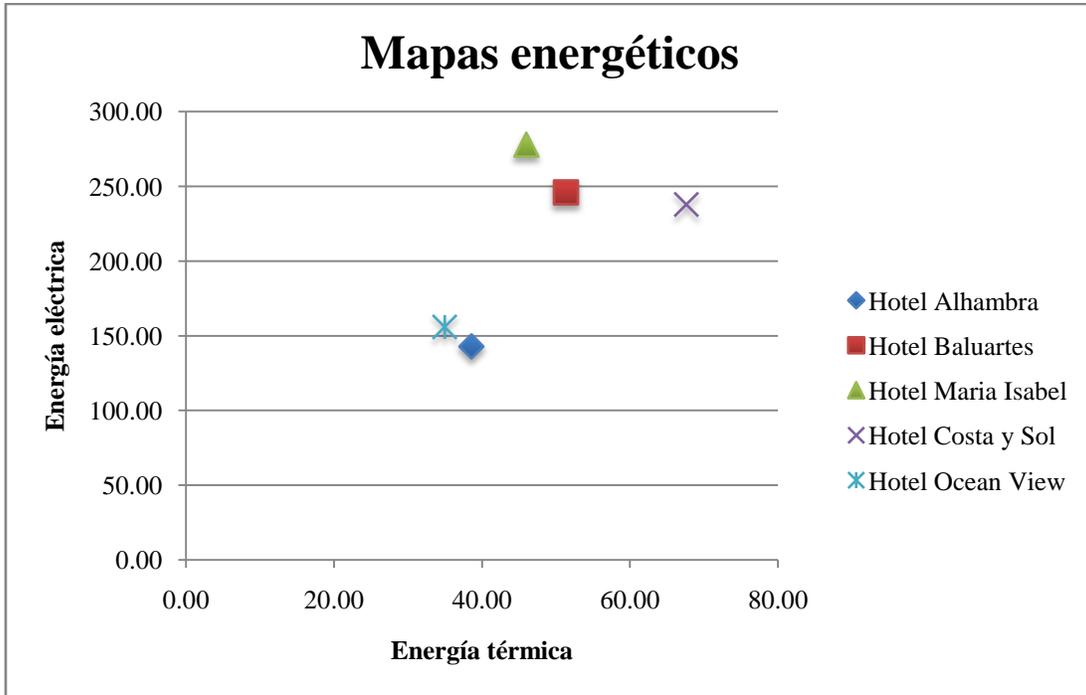


FIGURA 4.3 MAPA ENERGETICO DE LOS HOTELES EN ESTUDIO

Como se puede observar en la figura anterior, se tienen valores que se encuentran en un rango entre 0.17 y 0.28, es decir, un promedio de 0.23 para los hoteles en estudio, se observa también que las ubicaciones en la gráfica se encuentran muy próximas entre sí. Lo relevante de estos valores es la estabilidad de ellos, es decir, las demandas tienen un comportamiento similar en el sentido del incremento de la demanda térmica conforme la demanda eléctrica aumenta y, dado que los valores de la demanda eléctrica se encuentran muy cercanos, también la demanda térmica se encuentra en rangos no muy amplios y con una relativa similitud entre ellos.

Con lo anterior, la consideración de obtener un solo equipo de satisfaga las necesidades de los tres hoteles vecinos en el mapa energético, así como de los otros dos que también se encuentran en un valor muy cercano, es una consideración totalmente viable.

#### 4.4.3 VALIDACIÓN DE LOS VALORES OBTENIDOS EN BASE A LA LITERATURA DISPONIBLE

Con el objetivo de tener una referencia que valide los datos obtenidos, se consultó la bibliografía disponible que tenga algún análisis similar al realizado en este trabajo. El Centro de Estudios de Tecnologías Energéticas Renovables, en Cuba, realizó un trabajo en el cual se presenta un análisis similar al realizado en esta tesis, de lo que podemos destacar la siguiente gráfica:

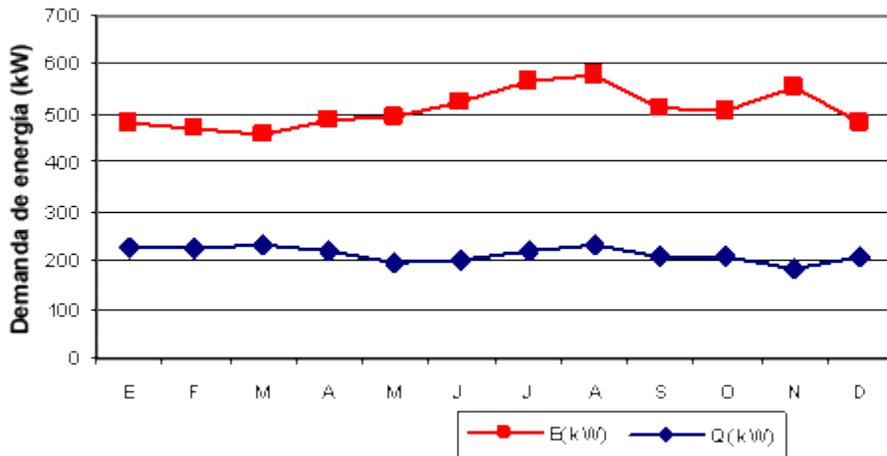


FIGURA 4.4 COMPORTAMIENTO TÍPICO DE LOS PERFILES DE DEMANDAS TÉRMICAS Y ELÉCTRICAS EN EL SECTOR HOTELERO CUBANO<sup>27</sup>

Se escogió este trabajo como referencia debido a que el perfil de condiciones climáticas de los hoteles presentados en esta tesis tiene un comportamiento muy similar al de Cuba, la cercanía geográfica, además, proporciona un valor estimado muy aproximado a los que se tienen en las playas mexicanas.

Como primera consideración de la metodología propuesta, se toma en cuenta que el hotel opera al máximo de su capacidad, es decir, que su demanda es aproximadamente la misma durante todo el año, así mismo para la demanda térmica, con lo que se puede realizar la comparación entre los perfiles obtenidos y los perfiles presentados en el trabajo de este centro cubano.

<sup>27</sup> Consideraciones preliminares acerca de los sistemas de cogeneración para instalaciones hoteleras en condiciones cubanas de operación, Centro de Estudios de Tecnologías Energéticas Renovables (CETER, CUJAE), Cuba.

Las relaciones Q/E de los hoteles cubanos se encuentran entre 0.25 y 0.5, y un promedio de 0.3<sup>28</sup>, es decir, muy cercanos a los valores obtenidos con la metodología propuesta, con lo que los resultados obtenidos presentan una tendencia favorable, y se puede observar que se tienen valores muy cercanos a los obtenidos de acuerdo a la metodología que se aplicó en este trabajo.

#### **4.5 TIPO DE TECNOLOGÍA A PARTIR DE LA RELACIÓN Q/E**

Se mencionaba la gran ventaja que ofrece la relación Q/E para la selección y el dimensionamiento del equipo a utilizar, por lo que, en base a estos resultados, se realizó la selección de la tecnología a aplicar con estos valores obtenidos.

Una de las principales características obtenidas es el tipo de sistema, es decir, un sistema superior, en el cual se requiere satisfacer la demanda eléctrica con un uso secundario de la energía térmica disponible del equipo.

En el capítulo anterior, se decía que para una relación Q/E baja, se recomendaban las tecnologías de motor recíprocante y turbinas de gas, ya que presentaban un buen desempeño a cargas parciales, el combustible utilizado es ampliamente disponible, tienen un buen rendimiento energético y se encuentran disponibles en el mercado en pequeña y mediana escala, como módulos de microgeneración, tema que se tocará más adelante.

##### **4.5.1 VENTAJAS DE LAS TECNOLOGIAS SELECCIONADAS**

Ambas tecnologías presentan una opción viable de aplicación en los hoteles en estudio, sin embargo, se deben tomar en cuenta las ventajas y desventajas que presentan ambas tecnologías.

Una de las grandes diferencias que existen entre estas dos tecnologías seleccionadas, es la diferencia entre las temperaturas de salida. Mientras que en las turbinas de gas son elevadas

---

<sup>28</sup> Con base a la información gráfica presentada en el artículo “*Consideraciones preliminares acerca de los sistemas de cogeneración para instalaciones hoteleras en condiciones cubanas de operación*”, Centro de Estudios de Tecnologías Energéticas Renovables (CETER, CUJAE), Cuba

y se pueden utilizar para la producción de vapor a proceso, el motor reciprocante genera temperaturas menores que pueden ser aprovechadas para el calentamiento de agua. Sin embargo, el trabajo realizado ha arrojado la conclusión de que la energía térmica en el proceso de generación de energía en los hoteles es muy inferior en comparación con la eléctrica, razón por la cual se dio un enfoque de cobertura a la demanda eléctrica por encima de la térmica.

Entre las ventajas que presentan las tecnologías se pueden mencionar las siguientes:

### **Turbina de gas**

- Elevadas temperaturas de gases de escape
- Emisiones limpias
- Disponibles en pequeña escala
- Poco espacio requerido para su instalación
- Funcionamiento en base a gas natural
- Alta disponibilidad en el mercado
- Menor necesidad de mantenimiento

### **Motor reciprocante**

- Temperaturas de gases de escape bajas
- Estabilidad en el desempeño a cargas parciales
- Disponibles en pequeña escala
- Poco espacio requerido para su instalación
- Funcionamiento en base a gas natural
- Disponibilidad media en el mercado
- Reducida necesidad de mantenimiento

Se puede concluir que ambas tecnologías presentan cierta similitud en varios criterios, y que cualquiera que sea implementada promete cumplir la tarea de generación sin mayores problemas.

Toda vez que está dimensionado el sistema, se deben tomar en consideración:

- Disponibilidad en el mercado
- Precio de los equipos
- Costos de mantenimiento
- Costos de instalación

#### **4.6 MICROCOGENERACIÓN, MICROGENERACIÓN O MICROCHP**

La metodología se describió para cualquier sistema sin mencionar o hacer énfasis en el tamaño de los equipos, de ahí que algunos de los criterios descritos con anterioridad no tenga coincidencia con los obtenidos, sin embargo, actualmente se cuenta con la tecnología de la microcogeneración, también conocida como microgeneración o cogeneración en pequeña escala.

La microcogeneración (en el mercado de habla inglesa *microgeneration* o *microCHP*, *combined heat and power*), es la aplicación de la cogeneración en escalas pequeñas para satisfacer las necesidades de complejos industriales con demandas bajas. De acuerdo a la ley del Reino Unido, legalmente, la microcogeneración se puede definir a partir de potencias inferiores a 45kW (térmico) y a 50kW (eléctrico)<sup>29</sup>. En México, se suele hablar de microcogeneración en distintas escalas, que no necesariamente concuerdan con las establecidas en las leyes del reino unido. Como se citó anteriormente, el marco legal mexicano permite instalar capacidades (en contratos de interconexión), entre 10 y 50 kW, sin embargo, las empresas mexicanas que ofrecen esta tecnología presentan ciertas variaciones con equipos que van hasta los 500 kW.

Como se menciona anteriormente, los sistemas de cogeneración en pequeña escala están basados principalmente en sistemas con turbina de gas y motor de combustión interna o reciprocante, funcionan en su mayoría con gas natural y biocombustibles, lo cual los vuelve menos contaminantes, así mismo, la disponibilidad de los combustibles es alta en el caso del gas natural, y mediana en el caso de los biocombustibles, por lo que la gran mayoría se mantiene utilizando gas natural.

El uso de sistemas de cogeneración prefabricados, ya disponibles en el mercado, constituye una alternativa eficiente, con un costo relativamente bajo, segura y de gran potencial en el sector industrial. Actualmente existen empresas mexicanas que ya ofrecen esta tecnología en el mercado nacional, además de los proveedores europeos y de Estados Unidos.

Los módulos de microcogeneración son flexibles, eficientes, utilizan poco espacio y cubren las demandas del usuario, debido a la facilidad para adaptarlos a la demanda térmica y

---

<sup>29</sup> Energy Act, UK Legislation, 2004.

eléctrica del consumidor, sin alterar en gran medida la eficiencia global del ciclo, ya que no tienen una disminución drástica de su eficiencia cuando son exigidas en cargas parciales.

#### 4.7 APLICACIÓN DE SISTEMAS DE MICROCOGENERACIÓN EN HOTELES

Se mencionó anteriormente la obtención de la relación Q/E para cada uno de los hoteles en estudio, así como la demanda térmica ideal para cada uno de los hoteles de acuerdo a su ocupación, su cantidad de restaurantes y lavanderías, con lo cual se tiene una demanda térmica a cubrir estándar, en base a una ocupación del cien por ciento y suponiendo que el equipo trabaja a plena carga.

Para evitar pérdidas de energía, debido a que el exceso de producción de calor en el equipo se rechaza a la atmósfera ante la imposibilidad de su almacenamiento, se piensa en cubrir la demanda térmica, dejando la demanda eléctrica como secundaria.

En base a la cotización y fichas técnicas de diversos sistemas de cogeneración, se encontró la relación Q/E promedio de los equipos, con los siguientes resultados:

**Tabla 4.3 Relación Q/E de equipos en el mercado<sup>30</sup>**

Q	E	Q/E
94	64	1.46875
151	105	1.43809524
288	199	1.44723618
384	283	1.35689046
556	401	1.38653367
120	64	1.875
<b>Promedio</b>		
<b>1.50</b>		

A partir de esta relación, y con base en la demanda térmica, se obtiene la demanda eléctrica a partir de una cobertura total de la demanda térmica:

$$E = \frac{Q}{1.5}$$

Los resultados fueron los siguientes:

<sup>30</sup> En base a las fichas técnicas proporcionadas por las marcas Caterpillar, MAN y Capstone solicitadas directamente a los distribuidores.

**Tabla 4.4 Factor  $E_m$  (demanda eléctrica modificada) para los hoteles en estudio.**

Hotel	Relación Q/E Equipo	kWe del equipo
Alhambra	1.5	25.71
Baluartes	1.5	34.23
Maria Isabel	1.5	30.67
Costa y Sol	1.5	45.07
Ocean View	1.5	23.30

A partir de la demanda térmica ideal, se obtiene la demanda eléctrica de cobertura para cada uno de los hoteles, tomando en cuenta que se satisface al cien por ciento la demanda térmica estimada, con lo que se obtiene un factor E modificado ( $E_m$ ), que representa la demanda eléctrica obtenida a partir de la cobertura total de la demanda térmica.

El factor  $E_m$ , propone una demanda eléctrica del equipo para reducir al mínimo posible el desperdicio de energía, con la finalidad de que en un análisis económico posterior, las pérdidas por desecho de energía térmica útil se reduzcan, lo que conllevaría a un incremento en la renta del proyecto.

Un punto importante que se debe aclarar es que, incluso cuando la demanda eléctrica no se encuentre comercialmente, el análisis de pre factibilidad se enfoca en un análisis donde se den ciertos indicadores que nos muestren la factibilidad de un proyecto de cogeneración, sin considerar un análisis más detallado.

## CAPITULO 5. ANALISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LOS SISTEMAS DE COGENERACIÓN EN HOTELES

---

En el capítulo anterior se realizó el dimensionamiento del sistema en base a la relación Q/E obtenida en los hoteles en estudio y se realizaron las modificaciones pertinentes para obtener un equipo con el mínimo de desperdicio de energía posible.

Dado que los módulos de generación son equipos relativamente caros, es necesario realizar un análisis económico, para lograr observar el comportamiento del proyecto a lo largo del tiempo sin poner en riesgo la inversión inicial.

Tomando en cuenta que el factor  $E_m$  es una estimación, se realizó el análisis económico tomando en cuenta el precio por kW instalado, sin tomar en cuenta que los equipos se encuentren comercialmente, dado que es un análisis de pre-factibilidad.

Con el objetivo de tener aproximaciones al comportamiento real de los equipos que se implementen y obtener factores de ajuste que puedan ayudarnos a minimizar el desperdicio de energía, se construyó un modelo para la estimación del consumo de energía en los hoteles, basado en los periodos de facturación que se tienen reportados y obteniendo valores típicos de consumo de energía.

Con lo anterior, se lograron resultados favorables para la estimación del consumo eléctrico y térmico, a fin de verificar la viabilidad del proyecto.

### 5.1 ESTIMACIONES DE CONSUMO Y DEMANDA DE LOS EQUIPOS A IMPLEMENTAR

Como se observó en el capítulo anterior, al obtener los perfiles de consumo y demanda, se tiene un comportamiento muy inestable, principalmente por que el consumo energético de un hotel depende de condiciones como la temporada del año, la ocupación y la situación geográfica.

Ante tales condiciones, y sabiendo que la demanda facturable es una medición que se tiene en un periodo de 15 minutos y es la medición máxima de ese mes, se realizaron aproximaciones a las demandas promedio por medio de cálculos con valores en la facturación disponible anual, con el objetivo de tener una relación de valores que nos permitan cuantificar que tan cercano es el valor de la demanda que puede otorgar el equipo con respecto a la demanda que se tiene en el hotel en estudio.

Para lo anterior, se obtuvieron un promedio de demandas mensuales, con el fin de observar los valores, pero esto se hizo a partir del consumo, dado que el valor de la demanda facturable solo nos da un promedio del máximo medido, y los factores que se tienen en hoteles tienen un comportamiento en donde el consumo es muy bajo en cierto horario, y muy alto en otros.

Un ejemplo del caso de análisis anterior es el siguiente:

**TABLA 5.1 EJEMPLO DE CASO DE ANALISIS DE LOS PERIODOS DE CONSUMO**

<b>2009</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>
<b>kWh base</b>	7343	6773	9320	11048	9249
<b>kWh intermedio</b>	15860	14672	19919	28146	21765
<b>kWh punta</b>	5055	4984	6626	4325	2347
<b>kW base</b>	10.06	9.28	12.77	15.13	12.67
<b>kW intermedio</b>	21.73	20.10	27.29	38.56	29.82
<b>kW punta</b>	6.92	6.83	9.08	5.92	3.22

Para obtener los kW en cada uno de los periodos de la facturación, se tomó en cuenta un año de 8760 horas, de esta forma se divide entre las horas por mes para obtener los kW de dicho mes en cada uno de los periodos:

$$kW = \frac{kWh}{730}$$

Con esto se logra obtener valores de demanda promedio muy bajos, en comparación con la demanda facturable. El caso anterior corresponde al hotel Ocean View, en su mes de consumo más bajo (Enero de 2009), como una muestra para el cálculo del periodo mínimo.

Como resultado las demandas tienen valores de entre 3.22 kW hasta un máximo de 50.49 kW (durante todo el periodo), que contrasta con el máximo de demanda medida (facturable) de 156 kW en dicho año. Esto se debe principalmente a que los periodos de consumo del hotel se concentran en ciertos horarios, mientras que en otros se mantienen muy bajos, razón por la cual los picos de demanda son muy grandes.

Lo relevante de estas observaciones es que, a pesar de que las demandas facturables pueden ser altas, el consumo del hotel realmente es periódico y no es constante, lo cual representa una ventaja para el equipo de cogeneración propuesto, ya que entonces se puede tener un equipo que trabaje a las cargas requeridas, con un mínimo de desperdicio de energía térmica y un aprovechamiento máximo de la energía eléctrica.

Las fichas de consumo mensuales se pueden consultar en el Anexo 8.

## **5.2 IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTIMACIÓN DE CONSUMO TÍPICO PARA DETERMINAR COMPRA Y VENTA DE ENERGÍA A LA RED ELECTRICA**

Se observó con el análisis anterior que la cantidad de energía consumida y las demandas registradas tienen diferencias considerables, por lo que para realizar una estimación del comportamiento del equipo se realizó una aproximación a un día típico, que correspondiera a los valores proporcionados por el historial de consumo eléctrico que se tiene a partir de la facturación del hotel.

Esto se hizo con estimaciones para construir un día típico, con el cual se lograra construir un patrón de consumo, con el objetivo de obtener una estimación de la cantidad de compra y venta de energía eléctrica, y saber desde un primer plano si es viable o no.

Para lo anterior, se construyó una tabla, en la cual se ingresaron los valores de la demanda y los consumos del mes de acuerdo a datos históricos, para finalmente obtener la

construcción del día típico de consumo. Para esto, se tomaron dos muestras, el mes de mayor y menor demanda y consumo de los cinco hoteles.

La finalidad de lo anterior consiste en establecer rangos de consumo (suponiendo que se tiene que comprar energía a la red), así como establecer una estimación de la cantidad de kWh que se pueden producir para su venta a la red. Lo anterior arrojó resultados que no se tenían estimados. Uno de los principales resultados es que, incluso cuando la demanda facturable se eleva por encima de los 270 kW en algunos hoteles, el equipo propuesto cubre poco más del 50% del consumo eléctrico. El segundo resultado relevante que se obtuvo, es que en una estimación (suponiendo que los kWh de venta a la red se puedan vender al mismo precio del que son comprados), la viabilidad en este ámbito es prácticamente nula, esto principalmente por la cantidad de kWh producidos y el costo unitario de la energía.

**TABLA 5.2 ESTIMACION DE UN PERIODO TIPICO DE UN DIA DE CONSUMO.**

<b>Hora</b>	<b>Demanda</b>	<b>Demanda equipo</b>	<b>Tarifas</b>	
			0.9203	
12:00:00 a.m.	10.05	12.5	1.1173	
01:00:00 a.m.	66	23.3	1.9883	
02:00:00 a.m.	66	23.3		
03:00:00 a.m.	29.642	23.3	<b>Facturación</b>	
04:00:00 a.m.	10.06	12.5	7346	
05:00:00 a.m.	10.05	12.5	<b>Día</b>	<b>Mes</b>
06:00:00 a.m.	10.05	12.5	236.902	7343.96
07:00:00 a.m.	21.71	21.71		
08:00:00 a.m.	21.71	21.71		
09:00:00 a.m.	21.71	21.71		
10:00:00 a.m.	21.71	21.71		
11:00:00 a.m.	21.71	21.71		
12:00:00 p.m.	52.2	23.3	<b>Facturación</b>	
01:00:00 p.m.	88	23.3	15859	
02:00:00 p.m.	88	23.3		
03:00:00 p.m.	88	23.3	<b>Día</b>	<b>Mes</b>
04:00:00 p.m.	21.71	21.71	511.59	15859.29
05:00:00 p.m.	21.71	21.71		
06:00:00 p.m.	21.71	21.71		
07:00:00 p.m.	21.71	21.71	<b>Facturación</b>	
08:00:00 p.m.	6.92	12.5	5056	
09:00:00 p.m.	112	23.3	<b>Día</b>	<b>Mes</b>
10:00:00 p.m.	44.2	23.3	163.12	5056.72
11:00:00 p.m.	10.05	12.5		
12:00:00 a.m.	25	23.3		

En la tabla anterior, primero se igualó el consumo para el día típico con el facturado, a través de estimaciones. La primera estimación es suponer una demanda promedio a partir de la que se encontró de los registros históricos para cada periodo, a partir de ahí, las deficiencias para cubrir el total histórico se cubrieron suponiendo la demanda facturable y, en los casos donde se encontraba una deficiencia de consumo, se aplicaron factores de ajuste, con el fin de cubrir los consumos establecidos. El cálculo del día típico mínimo y máximo puede consultarse en el Anexo 9.

Para el caso del equipo, se estima que en los periodos donde su carga es rebasada se tiene una cantidad de kWh a comprar, mientras que en los casos donde la demanda es menor, se estima un trabajo del equipo a media carga, es decir, el 50% de su capacidad. Esto con la finalidad de establecer un parámetro de medición con el mínimo de energía desperdiciada, ya que un trabajo a una carga parcial inferior, supone un desperdicio de energía, ya que la eficiencia decrece considerablemente.

Con las gráficas anteriores sobrepuestas, se puede observar la cantidad de energía a comprar, así como el excedente de la energía, en la figura siguiente, sobreponiendo ambos gráficos, se pueden observar los picos de energía que se tienen que comprar.

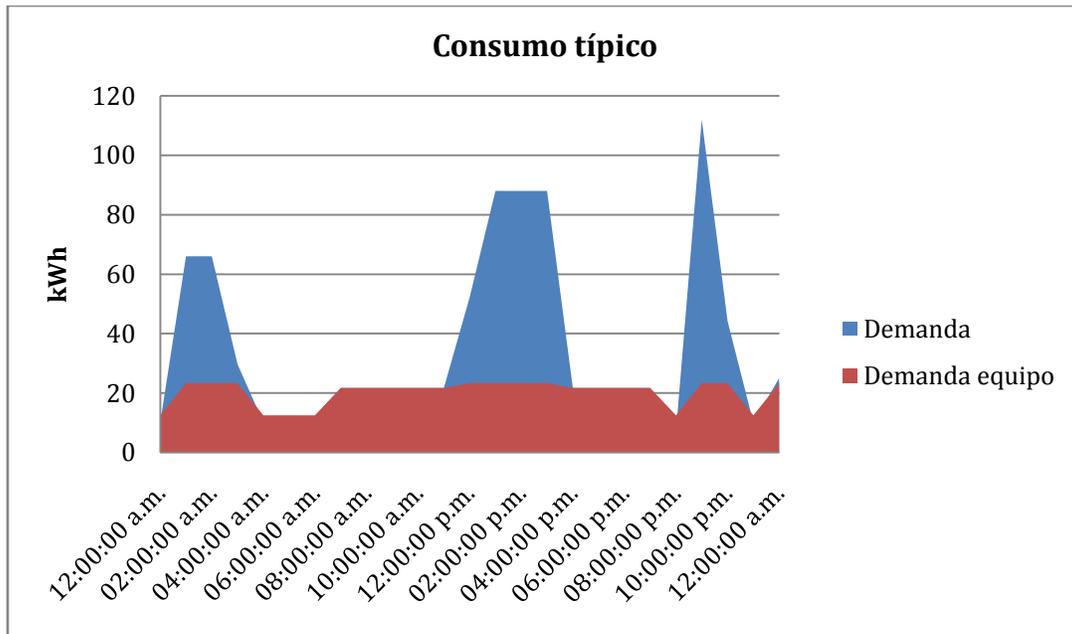


FIGURA 5.1 ENERGÍA A COMPRAR

Por otro lado, superponiendo los gráficos de manera inversa, se puede observar la cantidad de energía en exceso.

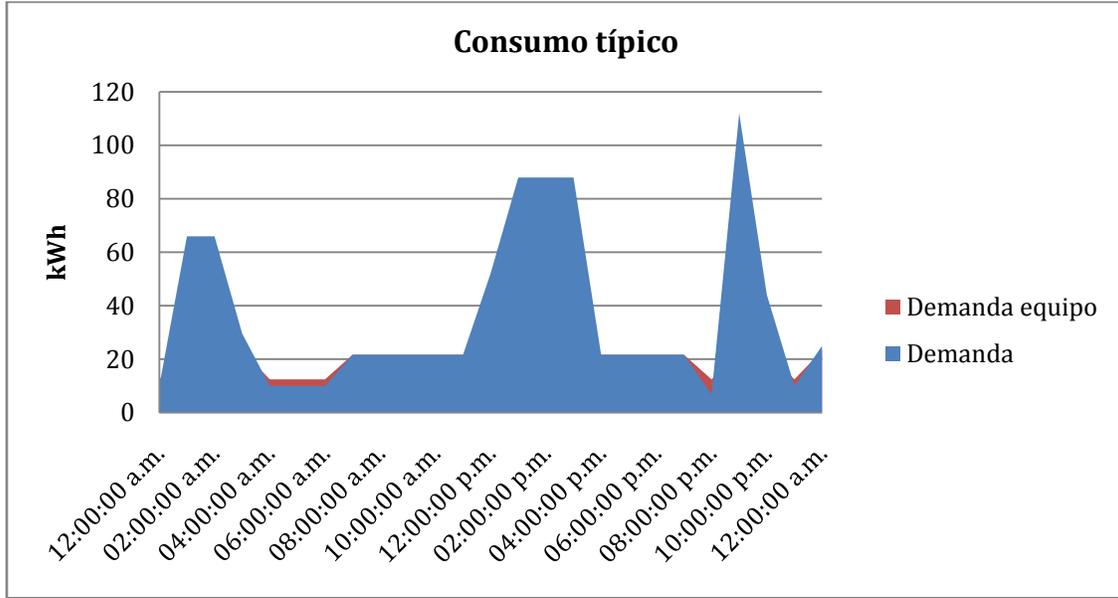


FIGURA 5.2 ENERGÍA A VENDER

Estas gráficas dieron un parámetro de estimación, en el cual se puede concluir, principalmente, que la cantidad de energía a vender es mínima, así como también la cantidad de energía a comprar es también un porcentaje pequeño con respecto al consumo. Lo anterior, se reduce en la tabla a continuación.

TABLA 5.3 RESULTADOS DE ESTIMACIONES EN BASE A DIA TÍPICO

	Mínimo	Máximo
<b>Consumo histórico</b>	28,261.00	83,468.00
<b>Consumo que cubre el equipo</b>	12,483.45	51,657.68
<b>Demanda máxima</b>	88.00	230.00
<b>Demanda del equipo</b>	21.71	45.07
<b>Energía a comprar</b>	15,777.55	31,810.32
<b>Porcentaje de cobertura</b>	44.17%	61.89%
<b>Compra de energía</b>	55.83%	38.11%

Cabe destacar que para los casos en el que la diferencia entre la energía producida y la energía consumida era negativa (para el caso en el que se tiene que realizar la venta a la red), esta se tomo como cero, ya que como se observa, el porcentaje de venta es mínimo, y

por lo tanto se puede despreciar, ya que no sería rentable establecer la acometida eléctrica adecuada para su venta.

### **5.3 COMPARACION DE LA FACTURACION SUPONIENDO LA IMPLEMENTACION DEL EQUIPO**

La viabilidad del proyecto se puede observar a partir de los resultados obtenidos en base a la estimación de un periodo típico de consumo y demanda, con lo anterior, se pudo observar que los resultados son favorables en base a la cobertura eléctrica y el porcentaje de compra de energía.

Con el objetivo de establecer un nuevo parámetro de apoyo a la viabilidad del proyecto, y establecer con ello una estimación de ahorro, se consideró la facturación de los periodos registrados ahora con la implementación del equipo.

Para lograr lo anterior, se ajustó la demanda máxima, como la diferencia entre la demanda del equipo y la demanda máxima:

$$\textit{Demanda ajustada} = \textit{Demanda máxima} - \textit{Demanda del equipo}$$

Así mismo, los kWh producidos por el equipo son el resultado de la diferencia entre los kWh de consumo mensual menos los kWh producidos por el equipo de cogeneración:

$$\textit{kWh ajustados} = \textit{kWh de consumo} - \textit{kWh producidos}$$

Para un análisis más preciso, se actualizaron los costos a una sola tarifa, debido a que no se pueden comparar precios de otros años a años actuales, se tomaron los precios del mes de Abril de 2012, debido a que en este mes se realizaron las cotizaciones de los equipos de cogeneración.

Cabe mencionar que para efectos de este análisis, se tomaron las siguientes consideraciones:

- No se realizaron cambios en el factor de potencia
- No se realizaron cambios en el factor de carga
- Todas las diferencias negativas (en aquellas en donde se tiene un exceso de energía), se tomaron como cero.

**TABLA 5.4 COMPARACION DE CONSUMO DE ENERGIA CON SISTEMA DE COGENERACION**

<b>Hotel</b>	<b>Gasto Normal</b>	<b>Sist. Cogeneración</b>	<b>Región CFE</b>
Alhambra	521,197.38	440,212.74	Peninsular
Baluartes	1,788,128.15	794,188.45	Peninsular
Costa y Sol	1,391,696.13	887,156.48	Sur
Maria Isabel	1,557,668.89	633,597.33	Sur
Ocean View	942,716.15	348,397.72	Peninsular
*Cifras de consumo en pesos			

Como un segundo punto de comparación preliminar al análisis, se considera ahora la cantidad de kWh durante el periodo de facturación (un año), contra la cantidad de energía generada por el equipo. Lo siguiente es para estimar el ahorro al implementar el equipo, ya que si el ahorro es muy pequeño, evidentemente el proyecto se vuelve inviable.

**TABLA 5.5 COMPARACION CON GENERACION AL 100% DE CARGA EN UN AÑO (8760 HORAS)**

<b>Hotel</b>	<b>kWh consumidos</b>	<b>kWh generados</b>	<b>Porcentaje de generación</b>
Alhambra	190,834.00	225,248.80	118%
Baluartes	955,632.00	299,884.00	31%
Costa y Sol	937,142.24	394,842.40	42%
Maria Isabel	758,153.45	268,640.00	35%
Ocean View	449,808.00	204,108.00	45%

De la tabla anterior se observa que incluso se tiene un caso en el que el equipo de cogeneración produce incluso más energía que la requerida, mientras que para los demás se tienen porcentajes de entre 31 y 45% de cobertura eléctrica.

Todas estas estimaciones tienen como objetivo observar una tendencia favorable en los números obtenidos, con el fin de continuar o no con el análisis de factibilidad, ya que aparentemente (con los datos de la demanda máxima de facturación) los equipos serían pequeños en comparación con dichos valores, pero con este tipo de análisis se puede observar que los equipos tendrían un buen desempeño y gran cobertura, tanto para la energía térmica como para la eléctrica.

#### 5.4 ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA IMPLEMENTAR UN ANÁLISIS ECONÓMICO

Toda vez que los análisis por hora, mes y año de los sistemas de cogeneración presentaron resultados favorables, el siguiente paso es una estimación del consumo de combustible en los mismos periodos, con el fin de obtener un costo de la energía primaria para compararlo en un análisis económico y, con ello, obtener los tiempos de recuperación de la inversión y la relación beneficio costo.

Para obtener un estimado del costo de combustible se parte de la ecuación de eficiencia:

$$\eta = \frac{W_n}{Q_s}$$

Dado que la eficiencia es un número adimensional, se puede suponer que se tiene:

$$\eta = \frac{kWt}{kWe}$$

Despejando de la ecuación:

$$kWt = \frac{kWe}{\eta}$$

A partir de la ecuación anterior, se sabe que:

$$kWt = m_c PCI$$

Donde:

- $m_c$  es la masa de combustible
- PCI es el poder calorífico inferior del combustible

Sustituyendo:

$$m_c = \frac{kWe}{\eta * PCI} \left[ \frac{kg}{s} \right]$$

Con la ecuación anterior, y partiendo de la eficiencia de los equipos de acuerdo a las fichas técnicas a plena carga y al 50% de la misma, se puede estimar una cantidad de consumo de combustible anual, y con ello, determinar una estimación del gasto promedio anual de combustible de acuerdo a los resultados dados por el día típico.

Para el gas natural, se considera un poder calorífico inferior de 45,000 kJ/kg<sup>31</sup> y una densidad de 0.61 kg/m<sup>3</sup>. Para el caso de los kW<sub>e</sub>, y por cuestión de análisis, no se considera la potencia de un equipo comercial, sino solo la potencia requerida a partir de la cobertura total de la energía térmica.

Para estimar una eficiencia típica, a partir de las fichas técnicas de los equipos, se estima un promedio:

**TABLA 5.6 EFICIENCIA PROMEDIO A PARTIR DE UNA MUESTRA DE EQUIPOS DISPONIBLES EN EL MERCADO**

<b>Equipo</b>	<b>Potencia</b>	<b>Eficiencia</b>
MG 065	64	35.39%
MG 105	105	35.11%
MG 300	300	36.42%
MG 400	401	36.97%
Capstone 65	65	29.00%
Cat G3406	240	35.10%
Cat G3406	190	33.40%
Cat G3412	340	35.00%
<b>Promedio</b>		<b>34.55%</b>

Para hacer una estimación del consumo típico, se toman en cuenta el día típico de máximo consumo en todos los hoteles, tomando en cuenta aquellas horas en las que se tenga una carga menor al 100% como carga al 50%, esto con la finalidad de obtener un rango amplio de consumo de combustible al máximo y mínimo y, con esto, obtener valores más cercanos a la realidad.

Con las condiciones anteriores, para la estimación del consumo de combustible, se obtienen los siguientes resultados:

---

<sup>31</sup> FUENTE: PEMEX

**TABLA 5.7 HORAS DE OPERACIÓN DEL EQUIPO AL 100% Y AL 50% DE CARGA, DE ACUERDO A VALORES DE DÍAS TÍPICOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS**

<b>Hotel</b>	<b>Consumo (kg/s)</b>	<b>Horas día típico máximo (100% de carga)</b>	<b>Horas día típico máximo (50% de carga)</b>	<b>Horas día típico máximo (100% de carga)</b>	<b>Horas día típico máximo (50% de carga)</b>
Alhambra	0.00165	15	9	9	15
Baluartes	0.00220	15	9	9	15
Costa y Sol	0.00035	15	9	9	15
Maria Isabel	0.00197	15	9	9	15
Ocean View	0.00150	15	9	9	15

De acuerdo a las estimaciones se tienen 15 horas de uso al 100% de carga y 9 horas de uso al 50% de carga para un día típico máximo, mientras que para el día típico mínimo se tiene lo contrario, es decir, 9 horas de uso al 100% y 15 al 50% de carga. Se hace énfasis en que estos resultados son estimaciones propuestas de acuerdo al comportamiento típico estimado a partir de datos de facturación, los cuales se pueden ver afectados por diversos motivos, pero se establecen estos parámetros como estimaciones que se aproximan a la realidad.

Con la estimación anterior, se obtiene el rango de consumo de combustible mínimo y máximo, lo que nos permitirá realizar una proyección económica:

**TABLA 5.8 ESTIMACIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE ANUAL AL 100% DE CARGA**

<b>ESTIMACIÓN AL 100% DE CARGA</b>			
<b>Hotel</b>	<b>Consumo (kg/s)</b>	<b>Consumo anual día típico máximo</b>	<b>Consumo anual día típico mínimo</b>
Alhambra	0.00165	32,597.51	19,558.51
Baluartes	0.00220	43,398.55	26,039.13
Costa y Sol	0.00035	6,820.90	4,092.54
Maria Isabel	0.00197	38,876.99	23,326.19
Ocean View	0.00150	29,538.06	17,722.84

Para la estimación de carga al 50% se consultaron las fichas técnicas de los equipos cotizados, sin embargo, la información fue deficiente, principalmente porque muchas de las fichas técnicas presentan el equipo en funcionamiento total. A pesar de lo anterior, a partir de las fichas de Caterpillar, se observó una reducción de aproximadamente el 5%, motivo

por el cual se estima que se reduce en todos los equipos un porcentaje similar, con el objetivo de tener una estimación más exacta del consumo de combustible.

Esto concuerda con lo dicho en el capítulo 4, en el cual se mencionó que los equipos de microgeneración tienen un buen desempeño a cargas parciales, las fichas técnicas de los equipos que se utilizaron para realizar la estimación se pueden consultar en el Anexo 10.

**TABLA 5.9 ESTIMACION DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE ANUAL AL 50% DE CARGA**

<b>ESTIMACIÓN AL 50% DE CARGA</b>			
<b>Hotel</b>	<b>Consumo (kg/s)</b>	<b>Consumo anual día típico máximo</b>	<b>Consumo anual día típico mínimo</b>
Alhambra	0.00193	22,867.90	38,113.16
Baluartes	0.00257	30,445.08	50,741.79
Costa y Sol	0.00231	27,273.10	45,455.16
Maria Isabel	0.00339	40,085.52	66,809.20
Ocean View	0.00175	20,721.62	34,536.04

Se puede calcular el consumo máximo para los días típicos como la suma del combustible empleado al 100% y el empleado al 50%, con lo que se llega, finalmente, a la tabla de consumo anual:

**TABLA 5.10 CONSUMO NETO ANUAL PARA CADA HOTEL DE ACUERDO A LA ESTIMACIÓN DE DÍA TÍPICO MÍNIMO Y MÁXIMO**

<b>Hotel</b>	<b>Consumo anual neto día típico máximo</b>	<b>Consumo anual neto día típico mínimo</b>
Alhambra	44,031.46	38,615.09
Baluartes	58,621.09	51,410.03
Costa y Sol	77,183.49	67,689.04
Maria Isabel	52,513.54	46,053.77
Ocean View	39,898.87	34,990.86

Con los resultados anteriores se obtuvo un rango de valores de consumo de combustible que intentan ser cercanos a la realidad. Aún cuando no es posible estimar la carga que tenga el equipo durante su desempeño en sitio, estas estimaciones nos permiten tener un acercamiento a los datos reales, tomando como rangos máximos un consumo constante a plena carga (mayor consumo) y a media carga (consumo estimado mínimo). Una

justificación a esta estimación es que, si bien no se puede saber si el equipo se encontrará operando a una carga menor al 50% (que puede ser probable en todos los casos), se lleva el proyecto a un costo más alto con la finalidad de mantener un rango de confiabilidad del proyecto, dado que utilizando las cifras más altas probables convertimos el proyecto en una estimación robusta, es decir, que se tiene un parámetro de confiabilidad en los números, dado que se proyecto a una capacidad mayor.

#### **5.4.1 CASO DE ESTIMACIÓN DEL COSTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA POR SISTEMA CONVENCIONAL**

Una de las situaciones más comunes que suceden cuando se realiza un diagnóstico energético, es la falta de información, ya que los administradores de los hoteles no cuentan con información de los últimos años, por muy diversas situaciones, y aún cuando es posible estimar el consumo térmico por diversos métodos, se optó en este trabajo por realizar una aproximación calculando la masa de combustible requerida en un sistema convencional, utilizando gas licuado de petróleo (gas lp), dado que todos los hoteles en estudio utilizan este combustible.

Cabe mencionar que no se toma en cuenta el consumo de Diesel, en primera instancia porque sólo dos hoteles utilizan el combustible, y en segunda instancia porque la información no está completa.

Para lo anterior, se parte de una ecuación similar a la utilizada en el sistema de cogeneración:

$$m_c = \frac{kWt}{PCI * \eta}$$

Donde

- $m_c$  es la masa de combustible
- kWt es la cantidad de energía térmica estimada de consumo del hotel
- PCI es el poder calorífico inferior del gas LP
- $\eta$  es la eficiencia del sistema

Para el caso de la eficiencia esta se estimó de un 70% (como estimación), el poder calorífico inferior del gas LP se tomó como 49,858 kJ/kg<sup>32</sup> y la energía térmica es la misma que se usó en el cálculo del sistema de cogeneración. El precio del gas LP se tomó de 10.58 \$/kg<sup>32</sup>, correspondiente al mes de Abril de 2012.

**TABLA 5.11 COSTO DE LA ENERGÍA TÉRMICA EN EL SISTEMA CONVENCIONAL**

<b>Hotel</b>	<b>kWt</b>	<b>mc (kg/s)</b>	<b>mc (kg/año)</b>	<b>Precio del combustible</b>
Alhambra	38.57	0.00111	34,851.65	\$ 368,730.46
Baluartes	51.35	0.00147	46,399.59	\$ 490,907.68
Costa y Sol	67.61	0.00194	61,092.04	\$ 646,353.82
Maria Isabel	46	0.00132	41,565.36	\$ 439,761.51
Ocean View	34.95	0.00100	31,580.64	\$ 334,123.15

### 5.5 ESTIMACION DEL COSTO ACTUAL Y COSTO FUTURO

Para poder realizar un análisis económico simple, se requiere conocer los costos actuales y futuros. Para lo anterior, se determinó el costo de la energía con precios de Abril de 2012, dado que en ese mes se obtuvieron las cotizaciones de los equipos, así se logró comparar todos los costos tomando como valor puntual la tarifa del mismo mes.

Los costos utilizados fueron los siguientes:

**TABLA 5.12 TARIFAS VIGENTES (ABRIL 2012)**

<b>TARIFAS ABRIL 2012</b>		
Tasa peso/USD	\$	13.95
Precio gas LP (\$/kg)	\$	10.58
Precio gas natural (\$/GJ)	\$	26.81

Así mismo, la información histórica de facturación de la energía eléctrica se cotizó en los precios aplicables de CFE en el mismo mes.

El costo de la energía actual y la energía a futuro es el siguiente:

<sup>32</sup> Fuente: PEMEX

**TABLA 5.13 COSTO ACTUAL Y COSTO FUTURO**

<b>Costo actual</b>				
<b>Hotel</b>	<b>Energía eléctrica</b>	<b>Energía térmica</b>	<b>Total:</b>	
Alhambra	\$ 521,197.38	\$ 368,730.46	\$ 889,927.84	
Baluartes	\$ 1,788,128.15	\$ 490,907.68	\$ 2,279,035.83	
Costa y Sol	\$ 1,391,696.13	\$ 646,353.82	\$ 2,038,049.95	
Maria Isabel	\$ 1,557,668.89	\$ 439,761.51	\$ 1,997,430.40	
Ocean View	\$ 942,716.15	\$ 334,123.15	\$ 1,276,839.29	
<b>Costo futuro</b>				
<b>Hotel</b>	<b>Energía a comprar</b>	<b>Energía primaria (máximo)</b>	<b>Total:</b>	
Alhambra	\$ 354,724.03	\$ 53,121.76	\$ 407,845.78	
Baluartes	\$ 794,188.45	\$ 70,723.42	\$ 864,911.86	
Costa y Sol	\$ 887,156.48	\$ 93,118.02	\$ 980,274.49	
Maria Isabel	\$ 633,597.33	\$ 63,354.96	\$ 696,952.29	
Ocean View	\$ 348,397.72	\$ 48,136.00	\$ 396,533.71	

## 5.6 COSTO DE LOS EQUIPOS DE COGENERACIÓN

A finales del mes de marzo de 2012 se realizaron solicitudes a diversas empresas para obtener los costos de los equipos de cogeneración. Desafortunadamente la respuesta fue muy pobre, en primera instancia por las restricciones puestas por los distribuidores para brindar la información, además de que las potencias solicitadas no estaban disponibles con los distribuidores y solo se lograron cotizar los siguientes equipos:

**TABLA 5.14 PRECIOS DE LOS EQUIPOS PARA COGENERACIÓN**

<b>Modelo</b>	<b>Potencia (kW)</b>	<b>Precio (con IVA) USD</b>
G3406	190	\$ 111,012.00
G3407	240	\$ 135,024.00
G3408	350	\$ 165,068.00
Man 300	300	\$ 325,794.41
Man 200	200	\$ 266,782.60

Aún cuando las potencias requeridas no son las necesarias para la demanda de los hoteles, se utilizó esta información para estimar el precio por cada kilowatt a instalar. Cabe mencionar que en los equipos de la marca MAN, se incluyen todos los costos (proyecto llave en mano), aunque el distribuidor mencionó que era una estimación dado que puede variar por diversas circunstancias (flete, mano de obra, respuesta del fabricante, etc.).

Como se mencionó, algunas de las cotizaciones incluían los costos de instalación, es decir, los costos no cubrían la misma cantidad de conceptos. Para abatir esta dificultad, se estimó un costo del motor del 60% y un 40% de costos de instalación, como un acercamiento para obtener los costos de los motores primarios sin instalación y el precio de la mano de obra.

**TABLA 5.15 COSTO TOTAL DE INVERSION (USD/kW)**

<b>Modelo</b>	<b>Potencia (kW)</b>	<b>Precio (con IVA) USD</b>	<b>Costo de motor</b>	<b>Ingeniería e instalación</b>	<b>Costo total (USD)</b>	<b>Costo USD/kW</b>
G3406	190	\$ 111,012.00	\$ 111,012.00	\$ 74,008.00	<b>\$ 185,020.00</b>	<b>\$ 973.79</b>
G3407	240	\$ 135,024.00	\$ 135,024.00	\$ 90,016.00	<b>\$ 225,040.00</b>	<b>\$ 937.67</b>
G3408	350	\$ 165,068.00	\$ 165,068.00	\$ 110,045.33	<b>\$ 275,113.33</b>	<b>\$ 786.04</b>
Man 300	300	\$ 325,794.41	\$ 195,476.65	\$ 130,317.76	<b>\$ 325,794.41</b>	<b>\$ 1,085.98</b>
Man 200	200	\$ 266,782.60	\$ 160,069.56	\$ 106,713.04	<b>\$ 266,782.60</b>	<b>\$ 1,333.91</b>
Promedio						<b>\$ 1,023.48</b>

De la tabla anterior se obtuvo el promedio del costo por kW (en dólares americanos), con el objetivo de establecer una aproximación al costo de la inversión total que se puede tener del proyecto.

### **5.6.1 COSTOS ADICIONALES**

Debido al enfoque de este trabajo, de ser un análisis de pre factibilidad, se tienen omitidos ciertos costos, lo cual podría impactar en el proyecto de manera negativa. Por este motivo se incrementaron los gastos en un 25% del total de la inversión, tomando en cuenta los costos de la instalación de gasoductos, mano de obra, gastos de operación, instalaciones adicionales y acondicionamiento del sitio.

Si bien no existe un motivo real del porque utilizar un porcentaje del 25%, ya que simplemente es una estimación, se justifica al tomar en cuenta un costo adicional, el cual podría ser incluso menor, pero para mantener el proyecto muy versátil y robusto, se tomó en consideración este valor. No se pretende establecer un estándar o un valor base, sino simplemente tomar en consideración este valor para mantener el proyecto con todos los parámetros cubiertos implícitamente.

## **5.7 ANALISIS ECONOMICO DE PRIMER NIVEL**

A este punto del trabajo, se conoce ya la inversión y los ahorros, lo que resta es realizar un análisis económico de primer nivel que establezca si el proyecto es rentable o no, y en qué medida. Para lo anterior se busca conocer los siguientes puntos:

- El valor presente neto (VPN)
- La tasa interna de retorno (TIR)
- El resultado neto de la operación (RNO)
- El tiempo de retorno de la inversión
- La relación beneficio/costo (RBC)

### **5.7.1 VARIABLES ECONÓMICAS DEL PROYECTO**

Una vez que se conocen los valores del capital de ingreso y egreso, y como una manera preventiva al realizar el proyecto, se realizan cálculos para obtener las variables económicas que ayudaran a la toma de decisiones del proyecto presentado.

Todas estas variables proporcionan información importante sobre el proyecto, y si alguna no es favorable, debe tomarse en consideración para evitar invertir en un proyecto que pudiera conllevar a pérdidas económicas.

Dado que es un análisis de primer nivel que no toma en cuenta cálculos que involucren una mayor confiabilidad (dado que las operaciones utilizadas son básicas y sencillas, de ahí que sea un análisis económico de primer nivel), se debe considerar realizar un análisis económico de mayor detalle, a fin de encontrar un rango mayor de confiabilidad en el proyecto.

#### ***VALOR PRESENTE NETO Y TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)***

El método del valor presente es la técnica más sencilla para conocer el valor actual del capital invertido en un periodo de tiempo. Mediante este método, se obtiene una estimación del costo actual del dinero invertido en un plazo de tiempo a valor presente, es decir,

conocer el valor que tiene el dinero en el periodo de tiempo establecido independientemente del tiempo en el que se tenga el capital durante la vida del proyecto.

La TIR (Tasa Interna de Retorno) es aquella tasa que hace que el valor presente neto sea igual a cero.

Algebraicamente:

$$VPN = 0 = \sum_{i=1}^{n} \frac{BN_i}{(1 + TIR)^i}$$

Donde:

VPN: Valor Actual Neto o VPN, Valor Presente Neto

BN<sub>i</sub>: Beneficio Neto del Año i

TIR: Tasa interna de retorno

La regla para realizar una inversión o no utilizando la TIR es la siguiente<sup>33</sup>:

Cuando la TIR es mayor que la tasa de interés, el rendimiento que obtendría el inversionista realizando la inversión es mayor que el que obtendría en la mejor inversión alternativa, por lo tanto, conviene realizar la inversión.

Si la TIR es menor que la tasa de interés, el proyecto debe rechazarse.

Cuando la TIR es igual a la tasa de interés, el inversionista es indiferente entre realizar la inversión o no.

TIR > i => realizar el proyecto

TIR < i => no realizar el proyecto

TIR = i => el inversionista es indiferente entre realizar el proyecto o no.

---

<sup>33</sup> Anzil, Federico 2004. "[Criterios de Decisión](#)" *Econlink.com.ar Textos de Análisis Económico* 2004.

Consultado en Mayo de 2012

### **RESULTADO NETO DE LA OPERACIÓN (RNO)**

El resultado neto de la operación nos proporciona un estimado de balance total del proyecto tomando en cuenta los valores presentes netos de los ahorros y de los costos, con el cual se puede obtener un valor aproximado de la rentabilidad del proyecto. Si este valor es negativo, el proyecto no es rentable. Se puede calcular el RNO (Resultado neto de la operación) según la fórmula:

$$RNO = VPN_{ahorros} - VPN_{costos}$$

### **RELACIÓN BENEFICIO/COSTO:**

La relación costo beneficio toma los ingresos y egresos presentes netos del estado de resultado, para determinar cuáles son los beneficios por cada peso que se sacrifica en el proyecto. Cuando se menciona los ingresos netos, se hace referencia a los ingresos que efectivamente se recibirán en los años proyectados. Al mencionar los egresos presente netos se toman aquellas partidas que efectivamente generarán salidas de efectivo durante los diferentes periodos del proyecto. Se relaciona con el RNO de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$RBC = \frac{RNO}{Inversion}$$

### **TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN**

El tiempo de retorno de inversión es un cálculo que estima el tiempo aproximado de retorno del capital invertido en un proyecto, basándose en los valores presentes netos de la inversión, los ahorros y los costos. Se calculo de acuerdo a la fórmula:

$$TR = a + \frac{(1 - VPN_{a.a.})}{(VPN_{a.ac.} - VPN_{a.a.})}$$

Donde:

a: año de operación del proyecto

VPN<sub>a.a.</sub>: Valor presente neto acumulado del año anterior

VPN<sub>a.ac.</sub>: Valor presente neto acumulado del año actual

El valor presente neto anual es el resultado de restar al VPN de los ahorros el VPN de los costos y de la inversión:

$$VPN_{anual} = VPN_{ahorros} - VPN_{costos} - VPN_{inversión}$$

La relación entre el valor presente neto acumulado y el valor presente neto anual en el año cero es igual valor presente neto anual de ese mismo año, mientras que a partir del año uno se relacionan se acuerdo a la fórmula:

$$VPN_{acumulado} = VPN_{actual} + VPN_{año anterior}$$

### 5.8 RESULTADOS DEL ANALISIS ECONOMICO DE PRIMER NIVEL

Las variables anteriores se programaron en Excel. Para el caso de la TIR se realizó el cálculo mediante la fórmula automática que Excel maneja, con lo anterior, se obtuvieron los siguientes resultados:

**TABLA 5.16 RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS ECONÓMICO DE PRIMER NIVEL**

<b>Hotel</b>	<b>Inversión total (USD)</b>	<b>RNO (USD)</b>	<b>Relación B/C</b>	<b>VPN (USD)</b>	<b>TIR</b>	<b>TIEMPO DE RETORNO</b>
Alhambra	45,889.37	100,098	2.18	54,209	29%	4.44
Baluartes	62,706.02	670,654	10.70	607,948	143%	0.78
Costa y Sol	79,634.21	455,204	5.72	375,570	77%	1.52
Maria	54,735.05	620,102	11.33	565,367	152%	0.74
Isabel						
Ocean View	39,130.27	415,654	10.62	376,524	142%	0.79

Se puede observar que los números son muy favorables, en gran parte debido al cambio de combustible (que es 10 veces más barato), aún con los incrementos en la inversión estimados que se colocaron partiendo del hecho de que se tenían gastos no estimados.

Es importante señalar que en los costos de combustibles *no se consideran los gastos adicionales que pudieran generar cuotas extras al precio de combustible, sino simplemente su costo por GJ.*

Anteriormente, tan solo considerando la operación en un primer plano del sistema de cogeneración se observaron muchos ahorros, con el análisis económico queda despejada la duda acerca de la viabilidad del proyecto. Las relaciones beneficio costo son extremadamente altas, en un caso supera el rango de 10 a 1, mientras que los tiempos de recuperación son muy bajos, recuperándolos, en el caso más desfavorable, en 4 años, mientras que los mejores casos presentan periodos inferiores a un año. Por otro lado, la TIR presenta valores superiores al 100% en 3 de los 5 casos, y las inversiones se encuentran en rangos de 40,000 a 80,000 USD, bastante favorables para un financiamiento.

Como análisis de pre factibilidad, los resultados obtenidos son bastante atractivos, con un retorno de inversión muy bajo, además de los diversos beneficios que se obtienen al cambiar a sistemas de autogeneración.

Ya está demostrado en múltiples estudios y una gran cantidad de proyectos que los sistemas de cogeneración representan una inversión muy favorable y con excelentes resultados, siendo una de las alternativas de generación de energía con combustibles convencionales y de máxima eficiencia, quedó demostrado en este trabajo que las PyMES del sector Turismo mexicano son grandes candidatos a realizar este tipo de inversiones con garantías de ahorro confiables y con una excelente rentabilidad, aprovechando la energía que se puede recuperar en este tipo de sistemas. Debido al consumo primario de agua caliente, se abate casi en su totalidad el consumo de combustible para este fin, pudiendo modificar el sistema para obtener un beneficio más alto (como por ejemplo los sistemas de trigeneración).

Las fichas completas de los análisis económicos realizados se pueden consultar en el Anexo 12.

# CONCLUSIONES

---

Los hoteles son un objetivo potencial de los programas de ahorro de energía, incluso, en otros países del mundo, ya existen hoteles que funcionan normalmente con sistemas de cogeneración en sus instalaciones, y los beneficios que estos proporcionan ya no son temas nuevos, sino firmes y actuales que se pueden verificar en la gran cantidad de proyectos de ahorro de energía enfocados en cogeneración alrededor del mundo. La implementación de un sistema de cogeneración proporciona beneficios económicos, ambientales y sociales, lo que lo convierte en una opción viable y benéfica.

Los hoteles pertenecientes a la pequeña y mediana industria se benefician enormemente de estos sistemas, dándoles ingresos extras por ahorro económico en energía, brindando una serie de oportunidades derivado de estos beneficios, además de una mejora en su imagen como empresa social y ambientalmente responsable.

Las formas actuales de producción de energía tienen severos problemas actuales, a corto y largo plazo, que deben ser solucionados para beneficio de todos los sectores productivos y del medio ambiente en general.

La alza en costos de productos fósiles para la generación de energía es consecuencia de su reciente escasez, la cual se incrementara en mayor grado con el paso del tiempo, situación que puede ser soportable en un principio pero, en algún momento, será imperativo cambiar las formas primarias de producción de energía.

La cogeneración ofrece muchos beneficios en los rubros citados anteriormente, compensando el consumo de un combustible primario con la mitigación de los efectos ambientales al aprovechar las fuentes de energía producidas, ya sea de manera directa o indirecta. Existen muchos arreglos y sistemas que pueden ser implementados, ajustables a las necesidades de cualquier industria, que pueden ser implementados con el objetivo de satisfacer todas las demandas requeridas, sin sacrificar productividad. En los hoteles, debido a la flexibilidad que presentan los sistemas, su aplicación es sumamente factible,

permitiendo escoger entre aquellas que representen menores dificultades y proporcionen mejores alternativas a las necesidades de la industria.

Todos los sistemas de cogeneración representan oportunidades de ahorro, siempre y cuando estos se diseñen de manera adecuada y sin perder el objetivo de satisfacer las demandas requeridas por el centro consumidor, con esto, se logra reducir el impacto ambiental y económico que supone el uso de sistemas convencionales de energía, además del consecuente beneficio social con el cuidado indirecto del medio ambiente.

Para poder determinar si un centro consumidor es candidato a realizar un proyecto de cogeneración, se debe mantener una línea de estudio con el objetivo de conocer las necesidades y prioridades del mismo, cuidando siempre cumplir con la demanda de energía de forma global.

La etapa anterior a un análisis particular es un diagnóstico energético, elaborado de acuerdo a información estadística o aplicación de medidas en campo, para obtener todos los datos requeridos para el proyecto, siguiendo la metodología planteada en este trabajo.

El tipo de demanda se puede conocer a partir de la relación Q/E, la cual proporciona una gran información y un panorama del centro consumidor, de esta manera, se puede conocer el objetivo que se persigue al implementar el sistema y priorizar el tipo de sistema que se requiere (superior o inferior).

Posteriormente a un diagnóstico energético, se continúa aplicando la metodología para conocer los perfiles del centro consumidor, lo cual supone estudios previos y cálculos para continuar la aplicación de la metodología de una manera más eficaz. A partir de los resultados de estos estudios, se logró establecer parámetros para la implementación del sistema.

Con las estimaciones que se implementaron, como lo son las relaciones Q/E de los equipos de sistemas de cogeneración y el cálculo de la demanda térmica ideal de calentamiento de agua, se logró dimensionar el equipo de manera aproximada, aunque estos parámetros se pueden ver afectados por distintos factores, tales como un cambio en la demanda Q/E del equipo a implementar, un incremento de la demanda térmica, disminución de la energía eléctrica, ocupación y otra serie de factores.

La metodología descrita por la CONUEE, que fue la base de este trabajo, se modificó a manera que se adaptara a un sistema dinámico como lo es el sector hotelero, dado que dicha

metodología se encontraba enfocada en el sector industrial, que tiene un comportamiento típico y prácticamente constante, que no es el caso del sector hotelero.

El dinamismo y fluctuación constante del comportamiento de los hoteles complica mucho el análisis, por lo que las estimaciones que se realizaron en base a la información estadística tienen el objetivo de lograr un acercamiento a la realidad, aunque estos lleguen a variar. En el caso económico se sobredimensionaron los costos, prefiriendo tener gastos altos y observar el comportamiento del análisis económico antes de realizar estimaciones con costos aproximados a los encontrados, todo lo anterior con resultados favorables. Cabe mencionar que la información obtenida de los hoteles en estudio son de tiempos anteriores a la realización del diagnóstico energético, es decir, no se consideran la disminución del gasto de energía por prácticas de baja o nula inversión, motivo por el cual también se pueden tener ahorros muy elevados. Para el caso técnico, en el cual se usaron costos unitarios por kW, se obtuvieron buenas estimaciones cercanas a los precios disponibles en el mercado, además, al considerar costos no estimados (instalación, mantenimiento, operación, refacciones, etc.) se abate la incertidumbre de inversión, acercándola más a la realidad, incluso considerando un 25% de inversión adicional en la construcción e instalación de los ductos y tomas de gas natural se obtienen buenos resultados, lo cual habla de un proyecto robusto con una gran fiabilidad.

Al reducir la demanda y consumo de los hoteles mediante el sistema de cogeneración, se obtienen enormes beneficios, el análisis económico arrojó resultados en los cuales la inversión se recupera en tiempos muy bajos, con una excelente tasa interna de retorno, lo que se traduce en un proyecto sumamente viable y con un enorme beneficio anual, rentabilizando el proyecto, elevando las ganancias y los ahorros, además de proporcionar energía más amable con el medio ambiente y con una excelente eficiencia. En el capítulo 2, en la página 12, se citaba el ejemplo del hotel en España en el que los tiempos de recuperación de la inversión estaban entre 3.38 y 6.64 años, utilizando un sistema de trigeneración, es decir, un sistema más complejo y caro, por lo que se puede establecer que los valores obtenidos en el análisis económico se mantiene dentro de lo esperado, con excelentes rentabilidades.

El trabajo de tesis que se realizó muestra que es totalmente viable un sistema de cogeneración en los hoteles del sector turístico pertenecientes a la pequeña y mediana empresa, objetivo primordial del proyecto Eficiencia PyMES SECTUR del CONACyT.

# BIBLIOGRAFIA

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS (EN ORDEN ALFABÉTICO)

---

- A.K. Raja, A. Prakash Srivastava, M. Dwivedi (2006). *Power plant engineering*. Ed. New age international
- Bernard F. Kolanowski (2003). *Small scale cogeneration handbook* (2th Ed). The Fairmont press
- Borroto Nordelo, A. Borroto Bermúdez (1999). *Sistemas de cogeneración*. Universidad de Cienfuegos.
- Centro de Estudios de Tecnologías Energéticas Renovables. Consideraciones preliminares acerca de los sistemas de cogeneración para instalaciones hoteleras en condiciones cubanas de operación, (CETER, CUJAE)
- Centro de estudios superiores en turismo (2000). *Estudio de gran visión del turismo en México, perspectiva 2020*. Secretaria de Turismo
- Claudio Mataix (200). *Turbomáquinas térmicas* (3era Ed.). Dossat
- Comisión Nacional para el uso Eficiente de la Energía (2009). *Estudio sobre cogeneración en el sector industrial en México*. Secretaria de Energía
- Comisión Nacional para el uso Eficiente de la Energía (2009). *Oportunidades de cogeneración eficiente*. Secretaria de Energía
- David Flin, *Cogeneration, a user's guide* (2010). Renewable Energy Series
- Dirección General de Planeación Energética. 2005. *Prospectiva del mercado de gas licuado*. Secretaria de Energía
- J.H. Horlock (2003). *Advanced gas turbine cycles*. Elsevier Science
- Leland T. Blank, Anthony J. Tarquin (2000). *Ingeniería Económica* (4a Ed). Mc Graw Hill
- Luis Massagués, Joaquín Rodríguez, Joan Carles Bruno, Alberto Coronas (2004). *“Estudio comparativo de una instalación de trigeneración con microturbinas de gas y un sistema convencional con bomba de calor en un complejo hotelero”*, Departament d’Enginyeria Electrònica, Elèctrica i Automàtica, E.T.S.E. Universitat Rovira i Virgili.
- M. Pehnt, M. Cames, C. Fischer, B. Praetorius, L. Schneider, K. Schumacher, J VoB (2006). *Micro Cogeneration: Toward decentralized energy systems*. Springer

- Mark Hinnells (2008). *Combined heat and power in industry and buildings*. Energy Policy
- Paul J. Miller, Chris Van Atten (2004). Emisiones atmosféricas de las centrales eléctricas de America del Norte. Comision para la cooperación ambiental de América del Norte.
- SEMARNAT (2004). Evaluación de las externalidades ambientales de la generación termoeléctrica en México. CEPAL
- Shi-Ming Deng, John Burnett (2002). *Water use in hotels in Hong Kong*. Pergamon
- Unified facilities criteria (2004). *Steam power plants*. Department of defense (U.S.A.)
- Victor G. Carreón- Rodriguez, Armando Jiménez San Vicente, Juan Rosellón (2003). *The Electricity Sector: Economic, Legal and Political Issues*. Stanford University
- Yunus A. Cengel, Michael Boles (2009). *Termodinámica* (6ª Ed). Mc Graw Hill

## **REFERENCIAS ELECTRONICAS**

---

Anzil, Federico 2004. "Criterios de Decisión" *Textos de Análisis Económico*  
<http://econlink.com.ar>

Consultado en Mayo de 2012

World Tourism Organization Network 2012.

<http://statistics.unwto.org/en>

Consultado el 24 de Febrero de 2012

Comisión Federal de Electricidad. Indicadores de generación, 2012.

<http://www.cfe.gob.mx/QUIENESSOMOS/ESTADISTICAS/Paginas/Indicadoresdegeneraci%C3%B3n.aspx>

Consultado el 17 de Febrero de 2012

Comisión Reguladora de Energía

<http://www.cre.gob.mx/articulo.aspx?id=11>

Consultado el 21 de Febrero de 2011.

Cámara de Diputados.

<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/99.pdf>

Consultado el 21 de Febrero de 2011

# ANEXOS

---

# ANEXO 1. ESTRATEGIA NACIONAL DE ENERGÍA

---

La estrategia nacional de energía, redactada por la Secretaria de Energía (SENER), tiene como objetivo sentar las bases de la eficiencia energética en el país con una visión a quince años, en resumen, esta estrategia nacional tiene como objetivo:

- Opera con políticas públicas y un marco legal que permita contar con una oferta de energéticos diversificada, suficiente, continua, de alta calidad y a precios competitivos.
- Maximiza el valor económico de los recursos nacionales y la renta energética en beneficio de la sociedad mexicana, asegurando, al mismo tiempo, un desarrollo sostenible en términos económicos, sociales y ambientales.
- Desarrolla y asimila las tecnologías más adecuadas y que promueve el desarrollo de los recursos tecnológicos y humanos necesarios.
- Promueve el desarrollo de mercados nacionales eficientes y participa exitosamente en los mercados internacionales, donde las empresas del Estado son competitivas, eficientes financiera y operativamente, con capacidad de autogestión, y sujetas a transparencia y rendición de cuentas.
- Brinda a la población en México acceso pleno a los insumos energéticos que requiere, a través de empresas que operan dentro de un marco legal y regulatorio que promueve la competitividad del sector y en donde el cuidado del medio ambiente desempeña un papel vital<sup>34</sup>.
- En el marco ambiental, este documento prioriza en gran medida la sustentabilidad, intentando reducir los impactos ambientales de forma progresiva, manteniendo un uso racional de los recursos hídricos y de los suelos en el sector energético, disminuyendo también la polución y los efectos negativos al ambiente.

---

<sup>34</sup> Para más información del tema, consulte la “*Estrategia Nacional de Energía*”, de la Secretaria de Energía (SENER), 2010.

## ANEXO 2. AUTORIZACION DE UN PROYECTO DE GENERACION E IMPORTACION DE ENERGIA ELECTRICA

---

Para la autorización de un proyecto de generación e importación de energía eléctrica, previo trámite correspondiente con CFE (que será citado y discutido más adelante), se tienen que seguir una serie de etapas<sup>35</sup>, las cuales son:

- Desarrollo del proyecto
- Solicitud de permiso con la CRE
- Estudio de factibilidad de interconexión
- Contrato de interconexión con la CFE
- 

Un permiso otorgado por la CRE con respecto a cogeneración prevé que la energía eléctrica generada se destine a la satisfacción de instalaciones consideradas como establecimientos asociados a la cogeneración, y el proyecto se encuentre dentro de uno de los siguientes procesos técnicos<sup>36</sup>:

- Generación de energía eléctrica conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica
- Producción directa o indirecta de energía eléctrica a partir de la energía térmica no aprovechada en los procesos de que se trate; o
- Producción directa o indirecta de energía eléctrica, utilizando combustibles producidos en los procesos de que se trate.
- 

Y siempre que, en cualquiera de los casos:

---

<sup>35</sup> Comisión Reguladora de Energía, “Guía para trámites con la Comisión Reguladora para permisos de generación e importación de energía eléctrica con energías renovables, cogeneración y fuente firme”, Primera Versión, Septiembre de 2010

<sup>36</sup> Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, Artículo 103, Fracción I

- Se mejore la eficiencia energética y económica de todo el proceso, sin que haya un cierto porcentaje de mejora de eficiencia a cumplir, y la eficiencia energética sea mayor que la obtenida en las plantas de generación con fuente firme.<sup>37</sup>
- Para celebrar un Contrato de Interconexión en un proyecto calificado como cogeneración eficiente (>500 kW), éste se tiene que cumplir primero con el criterio de eficiencia establecido por la CRE.<sup>38</sup>

En los procesos técnicos de la cogeneración se tendrán los siguientes participantes<sup>39</sup>:

- Operador del proceso: Es la persona física o moral que utiliza o produce el vapor, la energía térmica o los combustibles que dan lugar a los procesos base de la cogeneración.
- Sociedad de cogeneración: Es la sociedad creada para llevar a cabo un proyecto de cogeneración cuyos socios tienen instalaciones consideradas como establecimientos asociados a la cogeneración. El operador del proceso que da lugar a la cogeneración puede ser uno de los socios de la sociedad. En caso de no ser incluido en la sociedad como socio, deberá firmarse un convenio de cogeneración entre éste y la sociedad.
- Copropietarios de la planta cogeneradora: La energía será aprovechada por el operador del proceso y/o sus copropietarios.

---

<sup>37</sup> Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, Artículo 36, Fracción II

<sup>38</sup> Comisión Reguladora de Energía, “*Guía para trámites con la Comisión Reguladora para permisos de generación e importación de energía eléctrica con energías renovables, cogeneración y fuente firme*”, Primera Versión, Septiembre de 2010

<sup>39</sup> Para más información, consulte los lineamientos de la Comisión Reguladora de Energía.  
<http://www.cre.gob.mx>.

# ANEXO 3. CUESTIONARIO DE COGENERACION

---

**CONAE**

**COMISIÓN NACIONAL  
PARA EL AHORRO  
DE ENERGÍA**

**DIRECCIÓN DE INDUSTRIA, COGENERACIÓN Y FNCE**

**CUESTIONARIO**

**DATOS BASE  
PARA ESTUDIOS DE COGENERACIÓN**

**JULIO**

**1998**

## SECCIÓN A. IDENTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN INDUSTRIAL

1.- IDENTIFICACIÓN GENERAL. Se colocan los detalles de la empresa, así como el nombre del responsable de la misma

EMPRESA: _____ _____
GIRO Y/O ACTIVIDAD: _____ _____
RESPONSABLE: _____

2.- LOCALIZACIÓN DE LA INDUSTRIA. Para efectos de situaciones geográficas, así como una posible venta a otras industrias

DIRECCION: _____ _____
CIUDAD: _____
ESTADO: _____
TELÉFONOS: _____
FAX: _____
TELEX: _____
INDUSTRIAS CERCANAS: _____ _____

3.- CONTACTO. Importante para tener comunicación con la empresa

RESPONSABLE: _____
CARGO: _____
RESPONSABLE: _____
CARGO: _____

**4.- PROGRAMA DE TRABAJO. Actividades  
horarios para establecer periodos de trabajo,  
así como el mantenimiento actual**

**HORARIO DE TRABAJO**

HORAS / DÍA / SEMANA: _____		
LUNES: _____	MARTES: _____	MIERCOLES: _____
JUEVES: _____	VIERNES: _____	SABADO: _____
DOMINGO: _____		
SEMANAS AL AÑO EN OPERACIÓN: _____		
PERIODO DE VACACIONES: _____		
PERIODO DE MANTENIMIENTO: _____		

**SECCIÓN B. FICHA DE DATOS PARA VALIDACIÓN**

**1.- CONDICIONES AMBIENTALES DEL SITIO. Se colocan los  
datos solicitados para las variables ambientales**

PERIODO DE LOS DATOS REPORTADOS: _____
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR: _____
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL: _____
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL: _____
PRESIÓN ATMOSFÉRICA: _____

**2.- DATOS DE PRODUCCIÓN TOTAL ANUAL. Importante para  
realizar una estimación del vapor a producir**

MES	PRODUCTO	UNIDAD	CANTIDAD	VOLUMEN
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

**Los siguientes datos se pueden obtener de la facturación actual de CFE**

**3.- CONSUMO Y DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

TARIFA TIPO: \_\_\_\_\_

**DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA ACTUAL:**

MES	kWmax punta	kWmax base	kWmax intermedio	kWmax semipunta	kWh punta	kWh base	kWh intermedio	kWh semipunta
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

- \* Nota: 1.- Si la tarifa contratada es OM solo llenar la primer columna con los valores de demanda eléctrica máximos mensuales y la segunda columna con los valores del consumo eléctrico mensual.  
2.- Si la tarifa eléctrica contratada no esta en la región de Baja California no llenar las columnas de la demanda y consumo en el horario semipunta.

**4.- FACTURACIÓN ELÉCTRICA MENSUAL ACTUAL:**

MES	Cargo por Demanda \$/kW	Cargo por E. punta \$/kWh	Cargo por E. base \$/kWh	Cargo por E. intermedia \$/kWh	Cargo por E. semipunta \$/kWh	OTROS
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

- Nota: 1.- Si la tarifa eléctrica contratada no esta en la región de Baja California no llenar la columna del cargo por consumo de energía en el horario semipunta.

**5.- ENERGÍA ELÉCTRICA AUTOGENERADA: En caso de que ya exista autogeneración, colocar los datos que se solicitan**

**5.1.- TIPO DEL EQUIPO DE GENERACIÓN (MARQUE EL TIPO DE EQUIPO EXISTENTE)**

**A) TURBINA DE VAPOR**

- A1) CONTRAPRESIÓN (     )  
A2) CONDENSANTE (     )

**B) TURBINA DE VAPOR CON EXTRACCIÓN:**

- B1) EXTRACCIÓN – CONDENSACIÓN (     )  
B2) EXTRACCIÓN – CONTRAPRESIÓN (     )

C) TURBINA DE GAS ( ) (GASOLINA, DIESEL, ETC.)

D) MOTOR ALTERNATIVO ( )

E) OTROS ESPECIFIQUE: \_\_\_\_\_

**5.2.- CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE AUTOGENERACIÓN.**

**DATOS DEL GENERADOR**

**NOMINALES**

MARCA: \_\_\_\_\_

CAPACIDAD: \_\_\_\_\_

FACTOR DE POTENCIA: \_\_\_\_\_

TENSION: \_\_\_\_\_

**DE OPERACIÓN**

CAPACIDAD: \_\_\_\_\_

HORAS POR AÑO: \_\_\_\_\_

ENERGÍA GENERADA AL AÑO: \_\_\_\_\_

**EL SISTEMA DE AUTOGENERACION ES :**

INDEPENDIENTE ( )

ACOPLADO A CFE ( )

CAPACIDAD DE LA SUBESTACION INTERNA: \_\_\_\_\_

DISTANCIA ENTRE EL GENERADOR Y LA LINEAY/O SUBESTACION DE CFE: \_\_\_\_\_

**5.3.- CARGO MENSUALES POR LA AUTOGENERACION.**

CARGOS POR COMBUSTIBLE: \_\_\_\_\_

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO: \_\_\_\_\_

CARGOS POR LA INVERSION: \_\_\_\_\_

**5.4.- POTENCIA Y AUTOCONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA GENERADA ACTUAL:**

MES	kWmax punta	kWmax base	kWmax intermedio	kWmax semipunta	kWh punta	kWh base	kWh intermedio	kWh semipunta
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

Nota: 1.- Si la tarifa eléctrica contratada no esta en la región de Baja California no llenar las columnas de demanda y consumo en el horario semipunta.

**6.- CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA GENERAR LOS REQUERIMIENTOS TÉRMICOS A PROCESO.**  
 Datos muy importantes para realizar estimaciones de costo actual y costo futuro

MES	Combustible: _____ Poder calorífico inf.: _____		Combustible: _____ Poder calorífico inf.: _____	
	CANTIDAD	COSTO	CANTIDAD	COSTO
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

Nota: indicar los combustibles más utilizados, junto con su poder calorifico y las unidades en las que se consumen mensualmente.

**7.- DEMANDA TÉRMICA DE VAPOR/AGUA A PROCESO.**

**7.1.- CAPACIDAD NOMINAL INSTALADA EN CALDERAS.** Requeridas para uso industria

No. de calderas para producción de energía térmica a proceso: \_\_\_\_\_

No. de Calderas	Presión kg/cm <sup>2</sup>	Temperatura °C	Gasto ton/hr	Capacidad *
1				
2				
3				
4				
5				

\* Indicar la capacidad de las calderas en CC.

**7.2.- PRODUCCIÓN MENSUAL DE VAPOR/AGUA**

MES	CALDERA 1 ton/mes	CALDERA 2 ton/mes	CALDERA 3 ton/mes	CALDERA 4 ton/mes	CALDERA 5 ton/mes	HORAS DE OPERACIÓN
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

**7.3.- PRODUCCIÓN TÍPICA DE VAPOR.**

No. Calderas	Presión vapor a proc. kg/cm <sup>2</sup>	Temp. vapor a proc. °C	Flujo de Combustible m <sup>3</sup> /hr	Producción de vapor ton/hr	Temperatura agua de alim. °C	Flujo de agua alimentación ton/hr
1						
2						
3						
4						
5						

**7.4.- ANEXOS ADICIONALES REQUERIDOS.**

**A) DIAGRAMA DE FLUJO DE LA RED DE VAPOR A PROCESO INDICANDO, PRESIONES, TEMPERATURA Y EL CONSUMO DE VAPOR, ADEMÁS DE LOS CABEZALES DE BAJA, MEDIA Y ALTA PRESIÓN**

**B) BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA DEL SISTEMA DE VAPOR.**

**C) DIAGRAMA SIMPLIFICADO DEL PROCESO INDICANDO LAS ENTRADAS DE ENERGÍA TÉRMICA Y ELÉCTRICA**

**D) DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA ELÉCTRICO INDICANDO SUBSTACIONES INTERNAS.**

**8.0.- CARACTERÍSTICAS DE OTROS EQUIPOS:**

8.1.- TURBINA DE GAS ( )  
 POTENCIA NOMINAL: \_\_\_\_\_  
 POTENCIA EN SITIO: \_\_\_\_\_  
 HORAS DE OPERACIÓN DIARIA: \_\_\_\_\_  
 CONSUMO DE COMBUSTIBLE: \_\_\_\_\_  
 CONSUMO DE AIRE: \_\_\_\_\_  
 TIEMPO DE OPERACIÓN ANUAL: \_\_\_\_\_

8.2.- DEMANDA DE VAPOR POR EQUIPO MOTRIZ:  
 TURBOCOMPRESOR ( )  
 TURBOBOMBA ( )

	Presión de entrada kg/cm <sup>2</sup>	Presión de salida kg/cm <sup>2</sup>	Gasto de vapor ton/hr	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Tiempo de operación año hr/año
NO.1						
NO.2						
NO.3						
NO.4						
NO.5						

**8.3.- AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACIÓN:**

TIPO DE UNIDAD: COMPRESIÓN ( ) ABSORCIÓN ( )

CAPACIDAD POR UNIDAD: \_\_\_\_\_  
 CAPACIDAD TOTAL REQUERIDA: \_\_\_\_\_  
 CONSUMO: \_\_\_\_\_  
 TEMPERATURA DE ENTRADA DEL AIRE: \_\_\_\_\_  
 TEMPERATURA DE SALIDA DEL AIRE: \_\_\_\_\_  
 TIEMPO DE OPERACIÓN AL AÑO: \_\_\_\_\_

**8.4.- USO DE FLUIDO TÉRMICO EN CAMBIADORES DE CALOR.**

TIPO DE FLUIDO: \_\_\_\_\_  
 TEMPERATURA DEL FLUIDO: \_\_\_\_\_  
 PRESIÓN DEL FLUIDO: \_\_\_\_\_  
 GASTO DEL FLUIDO: \_\_\_\_\_  
 FLUJO DE VAPOR PRODUCTO: \_\_\_\_\_  
 PRESIÓN DEL VAPOR: \_\_\_\_\_  
 TEMPERATURA: \_\_\_\_\_  
 TIEMPO DE OPERACIÓN AL AÑO: \_\_\_\_\_

## Datos adicionales que puedan ser relevantes

### SECCIÓN C. DATOS ADICIONALES DE LA INSTALACIÓN

#### 1.- Confiabilidad y costos de servicio eléctrico.

1.1 Estime cuantos cortes de suministro eléctrico ( de la red y de autogeneración) ocurrieron en el último año.

No. de cortes de la red: \_\_\_\_\_  
Duración promedio: \_\_\_\_\_  
Duración máxima: \_\_\_\_\_  
No. de cortes de autogeneración: \_\_\_\_\_  
Duración promedio: \_\_\_\_\_  
Duración máxima: \_\_\_\_\_

1.2.- Costos a la planta industrial por los cortes del suministro eléctrico.

por corte: \_\_\_\_\_  
por año: \_\_\_\_\_

1.3.- Costos anuales aproximados de mantenimiento y operación de la planta de energía:

\_\_\_\_\_

1.4.- Costos anuales totales de combustible para autogeneración:

\_\_\_\_\_

#### 2.- Espacio disponible para la instalación de un sistema de cogeneración:

2.1.- Fuera de la instalación: \_\_\_\_\_  
2.2.- Dentro de la instalación: \_\_\_\_\_  
2.3.- Altura del piso al techo: \_\_\_\_\_

### SECCIÓN D. PLANES Y PERSPECTIVAS DE LA INSTALACIÓN

1.- Tiene planes de incrementar su proceso productivo en los próximos 10 años:

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

En caso afirmativo especifique el porcentaje de incremento:

\_\_\_\_\_

2.- Tiene planes de instalar y/o incrementar su instalación de autogeneración:

Si: \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

En caso afirmativo especifique la capacidad planeada:

\_\_\_\_\_

3.- Actualmente la legislación mexicana permite la venta de energía eléctrica a la red pública.

En caso de que en su planta tuviera excedentes eléctricos de energía eléctrica, ¿estaría usted interesado en contemplar su venta a la red?

\_\_\_\_\_

4.- CONAE es un organismo regulador que, entre sus actividades, promueve financiamientos para la realización de proyectos que tienden a optimizar el uso de la energía en el país. Si existen las condiciones adecuadas de rentabilidad, ¿estarían dispuestos a invertir o utilizar tales financiamientos, con la finalidad de reducir su dependencia de abastecimiento de la red o inclusive generar excedentes que puedan presentar ingresos?

\_\_\_\_\_

5.- ¿Tiene posibilidades de utilizar gas natural?

\_\_\_\_\_

6.- ¿Existen condiciones para su abastecimiento en el futuro?

\_\_\_\_\_

# ANEXO 4. CONDICIONES CLIMATICAS DE LOS HOTELES EN ESTUDIO



NORMALES CLIMATOLÓGICAS

CAMPECHE, CAMP.



LATITUD N 19° 50'  
LONGITUD W 90° 30'  
ALTITUD 5 msnm

PERIODO 1981-2000

OBSERVATORIO SINOPTICO  
DEPENDENCIA: SMN-CNA

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>TEMPERATURA</b>													
MAXIMA EXTREMA	36.8	37.5	40.5	42.6	43.2	41.1	38.0	37.0	36.2	35.4	36.0	34.0	43.2
PROMEDIO DE MAXIMA	29.2	30.8	32.7	35.2	36.0	34.8	34.0	33.6	33.1	31.8	30.8	29.4	32.6
MEDIA	23.3	24.4	25.9	28.3	29.4	29.0	28.2	28.0	27.9	26.7	25.2	23.7	26.7
PROMEDIO DE MINIMA	17.4	17.9	19.1	21.4	22.9	23.4	22.4	22.4	22.7	21.5	19.7	18.0	20.7
MINIMA EXTREMA	6.8	7.0	8.1	8.8	16.4	19.0	17.0	18.0	17.0	7.0	9.8	9.0	6.8
OSCILACION	11.8	12.9	13.6	13.8	13.1	11.2	11.6	11.2	10.4	10.3	11.1	11.4	11.9
TOTAL HORAS INSOLACION	182	186	176	188	177	180	194	180	168	180	192	178	2160
<b>HUMEDAD</b>													
TEMPERATURA BULBO HUMEDO	20.5	20.9	21.6	23.4	24.5	24.9	24.7	25.1	25.2	24.1	22.6	20.7	23.2
HUMEDAD RELATIVA MEDIA	74	71	68	66	64	68	74	76	78	77	77	75	72
EVAPORACION	140	276	212	242	228	199	186	177	164	145	126	119	2215.5
<b>PRECIPITACION</b>													
TOTAL	27.5	21.1	12.3	17.8	71.4	192.4	204.8	217.8	205.1	138.2	45.4	32.5	1186.2
MAXIMA	71.1	80.9	33.7	47.0	329.5	368.6	427.4	346.0	446.2	475.7	100.4	84.3	475.7
MAXIMA EN 24 HRS.	31.9	72.6	25.2	31.5	71.2	163.2	97.6	106.8	175.8	176.2	89.0	46.0	176.2
MAXIMA EN 1 HORA	24.0	37.3	13.8	25.5	35.5	89.5	92.6	60.5	46.2	99.7	42.5	45.0	99.7
<b>PRESION</b>													
MEDIA EN LA ESTACION	1015.4	1014.6	1012.5	1010.5	1010.1	1010.8	1013.3	1012.6	1010.7	1011.9	1013.7	1015.5	1012.6
<b>VIENTO MAXIMO DIARIO</b>													
MAGNITUD MEDIA	7.5	8.7	9.3	9.7	9.8	9.5	9.4	8.1	7.6	6.9	6.4	6.5	8.3
<b>FENOMENOS ESPECIALES</b>													
LLUVIA APRECIABLE	4.5	2.6	2.0	2.3	6.1	12.4	15.5	16.2	15.3	11.5	4.9	4.4	97.7
DESPEJADOS	13.5	15.4	18.1	16.8	15.1	7.0	5.6	6.6	6.2	10.3	12.5	12.3	139.5
MEDIO NUBLADOS	12.3	9.4	8.9	9.9	11.2	13.7	17.8	18.0	17.8	14.6	11.8	13.0	158.5
NUBLADO/CERRADO	5.2	3.2	3.9	3.3	4.7	9.3	7.6	6.4	6.0	6.1	5.7	5.7	67.1
GRANIZO	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
HELADA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TORRENTA ELECTRICA	0.3	0.3	0.3	0.4	1.5	5.2	5.0	7.4	7.1	4.1	1.0	0.5	33.0
NIEBLA	5.1	3.7	1.4	0.5	0.1	0.2	1.2	2.0	2.9	4.4	5.7	4.9	32.0

UNIDADES: TEMPERATURA (°C), HUMEDAD RELATIVA (%), PRECIPITACION Y EVAPORACION (mm), PRESION (mb), VIENTO (m/s) Y FENOMENOS ESPECIALES (dias).



NORMALES CLIMATOLÓGICAS



LATITUD N 19° 14' 32"  
LONGITUD W 103° 43' 13"  
ALTITUD 444 msnm

COLIMA, COL.

PERIODO 1981-2000

OBSERVATORIO SINOPTICO  
DEPENDENCIA: SMN-CNA

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>TEMPERATURA</b>													
MAXIMA EXTREMA	39.5	37.8	39.5	41.0	41.0	40.0	40.0	38.6	37.8	38.0	40.4	41.9	41.9
PROMEDIO DE MAXIMA	33.1	33.8	33.5	35.4	35.9	35.2	33.9	33.4	32.5	33.0	33.3	32.8	33.8
MEDIA	23.3	23.8	24.0	25.7	26.9	27.8	27.0	26.6	26.2	25.9	25.1	23.8	25.5
PROMEDIO DE MINIMA	13.5	13.9	14.5	15.9	18.0	20.4	20.1	19.8	19.8	18.7	17.0	14.8	17.2
MINIMA EXTREMA	11.1	11.0	14.9	13.0	2.5	12.4	17.5	15.2	12.5	10.8	10.5	9.0	2.5
OSCILACION	19.6	19.9	19.0	19.5	17.9	14.7	13.8	13.7	12.7	14.4	16.4	18.0	16.6
TOTAL HORAS INSOLACION	194	156	155	152	161	156	156	181	152	173	199	197	2032
<b>HUMEDAD</b>													
TEMPERATURA BULBO HUMEDO	19.1	19.5	20.2	21.7	23.5	23.6	23.6	23.6	23.1	21.4	19.9	17.6	21.4
HUMEDAD RELATIVA MEDIA	56	53	51	50	51	59	66	64	69	65	57	52	58
EVAPORACION	238	242	252	255	204	150	175	167	130	203	208	209	2431.4
<b>PRECIPITACION</b>													
TOTAL	12.5	18.9	2.1	4.8	7.5	166.0	243.0	215.7	216.9	106.0	15.7	5.4	1014.4
MAXIMA	88.0	161.7	26.0	81.9	82.8	282.4	597.8	315.5	455.4	392.4	85.3	41.0	597.8
MAXIMA EN 24 HRS.	80.9	80.9	17.0	81.9	42.8	75.3	149.8	116.0	165.4	105.5	42.5	23.2	165.4
MAXIMA EN 1 HORA	3.0	3.6	9.8	0.1	12.8	39.0	67.5	80.0	38.7	34.3	30.6	10.0	80.0
<b>PRESION</b>													
MEDIA EN LA ESTACION	923.4	959.3	919.1	968.7	915.7	959.8	925.1	923.7	959.3	914.8	960.5	876.0	933.0
<b>VIENTO MAXIMO DIARIO</b>													
MAGNITUD MEDIA	6.6	7.2	8.3	6.8	6.1	6.2	5.5	6.0	6.3	8.8	6.1	8.0	6.8
<b>FENOMENOS ESPECIALES</b>													
LLUVIA APRECIABLE	0.4	0.5	0.5	0.1	0.9	11.0	16.3	18.8	15.6	7.1	1.3	0.7	73.1
DESPEJADOS	12.5	10.3	10.1	10.3	5.9	1.6	1.8	2.1	0.8	5.3	7.8	9.0	77.5
MEDIO NUBLADOS	15.3	14.8	17.3	17.2	11.7	8.2	10.1	10.2	7.8	12.2	15.1	15.4	155.2
NUBLADO/CERRADO	3.2	2.9	3.6	2.5	13.5	20.1	19.2	18.7	21.5	13.5	7.1	6.7	132.4
GRANIZO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
HELADA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TORMENTA ELECTRICA	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.8	1.5	1.3	1.5	1.0	0.0	0.0	6.6
NIEBLA	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.4	0.2	0.6	0.2	0.3	0.1	0.2	2.4

UNIDADES: TEMPERATURA (°C), HUMEDAD RELATIVA (%), PRECIPITACION Y EVAPORACION (mm), PRESION (mb), VIENTO (m/s) Y FENOMENOS ESPECIALES (dias).



NORMALES CLIMATOLÓGICAS



LATITUD N 19° 09' 40"  
LONGITUD W 96° 08' 13"  
ALTITUD 19.4 msnm

VERACRUZ, VER.

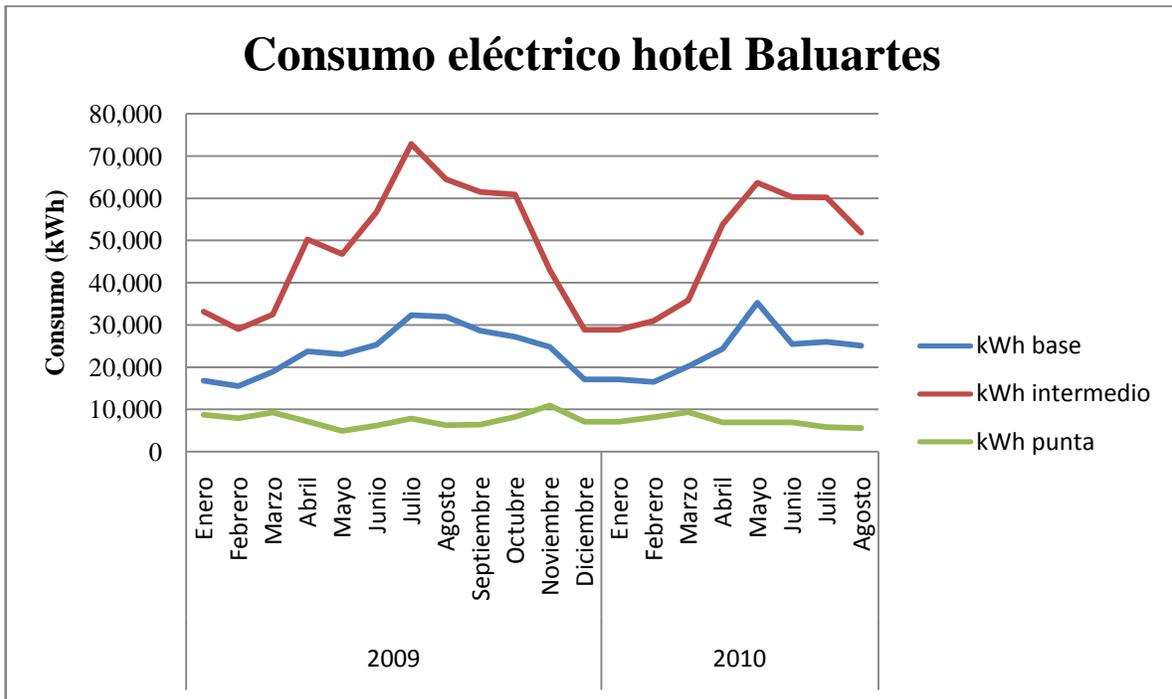
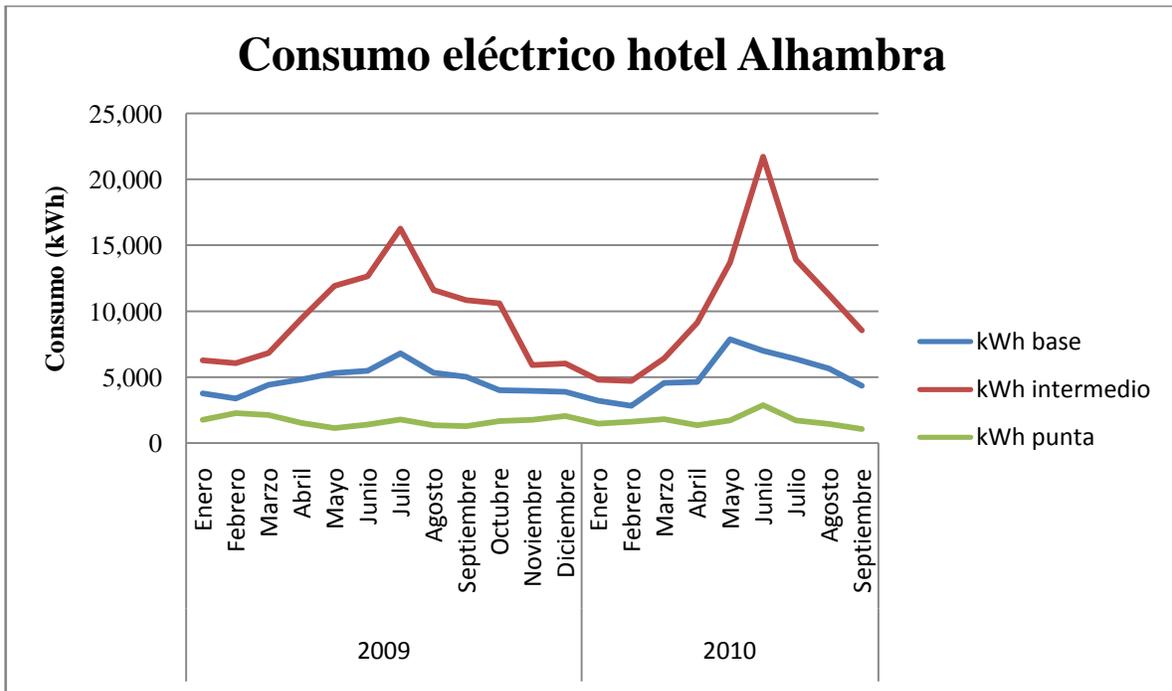
PERIODO 1981-2000

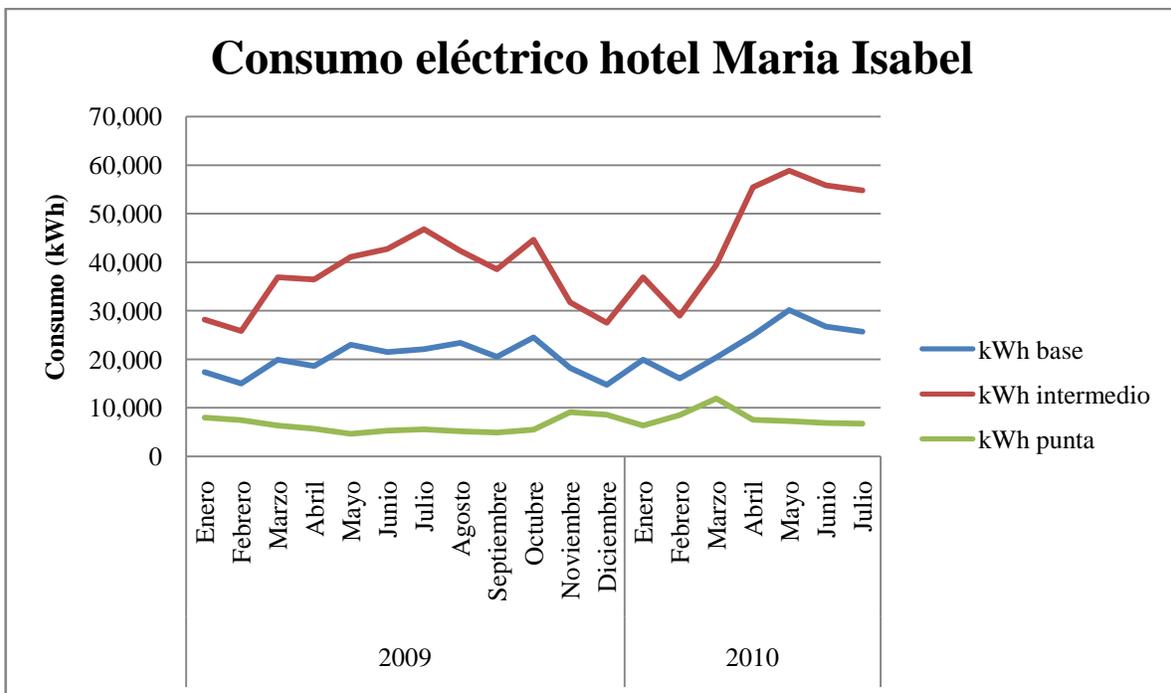
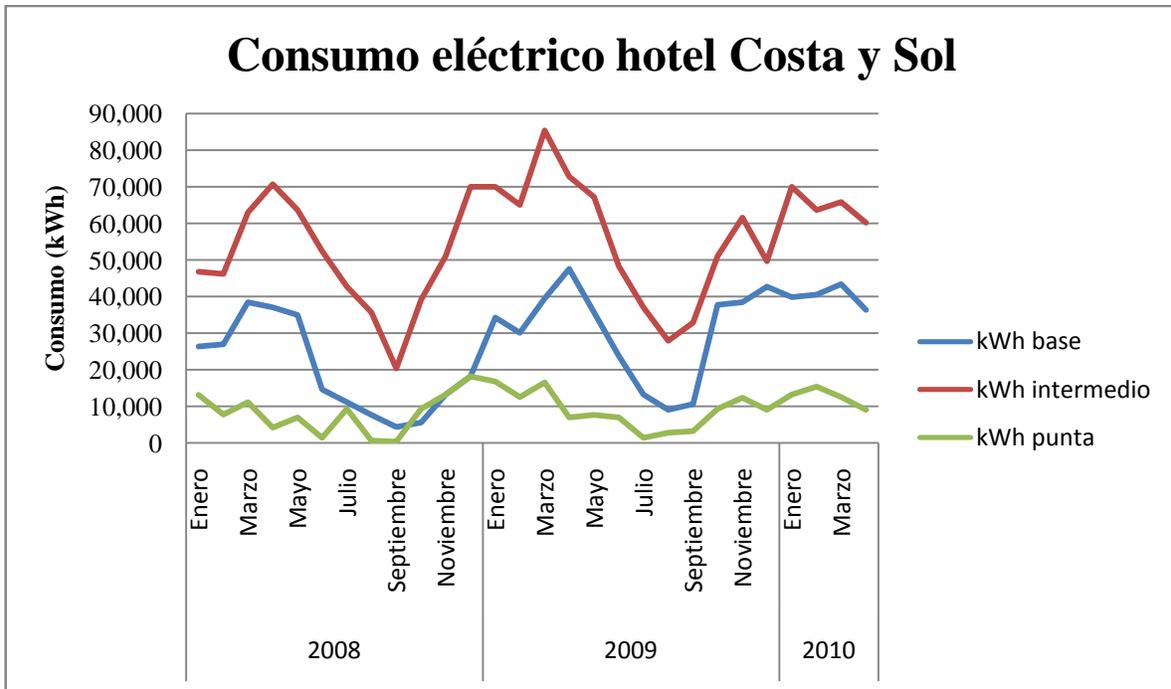
OBSERVATORIO SINOPTICO  
DEPENDENCIA: SMN-CNA

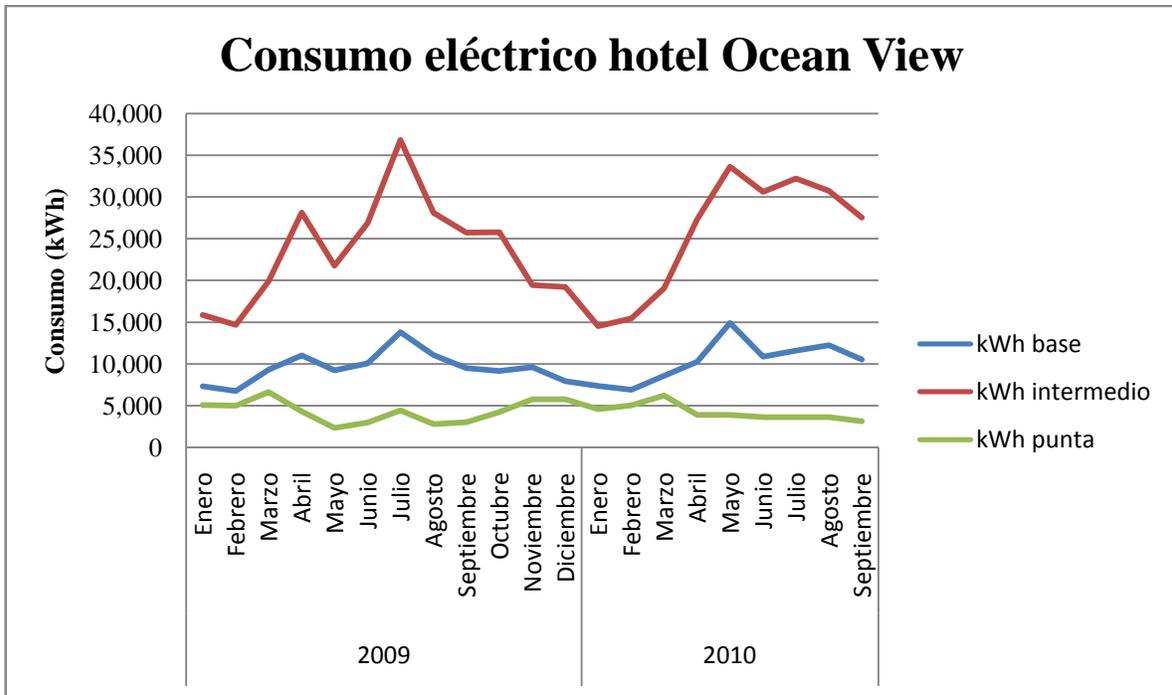
PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>TEMPERATURA</b>													
MAXIMA EXTREMA	34.7	33.2	39.2	39.3	39.5	38.7	37.0	36.0	35.4	35.0	34.0	27.5	39.5
PROMEDIO DE MAXIMA	24.7	25.0	27.4	29.2	31.1	31.4	31.2	31.2	30.8	29.7	27.7	25.9	28.8
MEDIA	21.5	21.9	24.0	25.8	27.8	28.1	27.5	27.6	27.2	26.2	24.2	22.6	25.4
PROMEDIO DE MINIMA	18.4	18.8	20.7	22.5	24.6	24.9	23.8	23.9	23.6	22.7	20.7	19.3	22.0
MINIMA EXTREMA	5.8	7.2	2.0	9.0	4.5	17.9	19.8	13.2	17.0	2.0	2.0	0.2	0.2
OSCILACION	6.3	6.2	6.6	6.6	6.4	6.7	7.4	7.3	7.2	6.9	7.1	6.6	6.8
TOTAL HORAS INSOLACION	162	165	192	205	203	207	187	177	162	170	179	161	2171
<b>HUMEDAD</b>													
TEMPERATURA BULBO HUMEDO	19.4	20.0	21.4	23.1	25.1	24.2	25.1	25.2	24.8	23.5	21.8	20.5	22.8
HUMEDAD RELATIVA MEDIA	81	79	74	77	72	73	79	80	79	77	79	81	78
EVAPORACION	138	136	167	190	197	192	187	194	181	180	178	144	2083.8
<b>PRECIPITACION</b>													
TOTAL	37.9	17.8	13.1	24.4	74.2	196.3	385.1	320.5	292.6	130.7	32.0	39.6	1564.0
MAXIMA	212.8	90.6	61.2	101.4	238.7	438.2	823.2	552.6	626.8	292.7	101.8	147.5	823.2
MAXIMA EN 24 HRS.	70.8	58.3	59.6	75.5	141.2	105.0	181.0	117.4	122.1	122.2	37.5	62.5	181.0
MAXIMA EN 1 HORA	25.3	50.0	24.6	35.0	55.2	62.8	64.7	89.2	59.2	44.7	23.0	41.8	89.2
<b>PRESION</b>													
MEDIA EN LA ESTACION	1014.7	1011.2	1015.8	1009.1	1008.4	1008.0	1011.6	1011.4	1008.9	1011.8	1012.5	1015.5	1011.4
<b>VIENTO MAXIMO DIARIO</b>													
MAGNITUD MEDIA	11.0	10.4	10.1	10.2	9.1	8.9	8.8	8.4	9.7	10.0	10.3	10.7	9.8
<b>FENOMENOS ESPECIALES</b>													
LLUVIA APRECIABLE	5.3	3.1	3.8	3.8	5.0	12.8	18.5	16.4	15.4	10.6	6.2	5.7	106.7
DESPEJADOS	2.7	4.0	6.1	4.8	3.8	1.4	0.6	0.6	0.5	1.2	2.6	2.9	31.1
MEDIO NUBLADOS	13.3	13.3	13.5	14.3	17.5	13.3	12.6	12.5	10.4	14.3	14.6	11.6	161.2
NUBLADO/CERRADO	15.0	10.7	11.4	10.9	9.7	15.3	17.9	17.8	19.1	15.5	12.8	16.5	172.7
GRANIZO	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0	0.6
HELADA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2
TORMENTA ELECTRICA	0.0	0.1	0.7	0.7	2.1	6.5	9.2	11.9	8.2	2.2	0.9	0.4	43.0
NIEBLA	11.9	16.1	15.2	15.8	11.0	6.6	5.4	6.4	4.1	11.4	12.6	17.2	133.9

UNIDADES: TEMPERATURA (°C), HUMEDAD RELATIVA (%), PRECIPITACION Y EVAPORACION (mm), PRESION (mb), VIENTO (m/s) Y FENOMENOS ESPECIALES (dias).

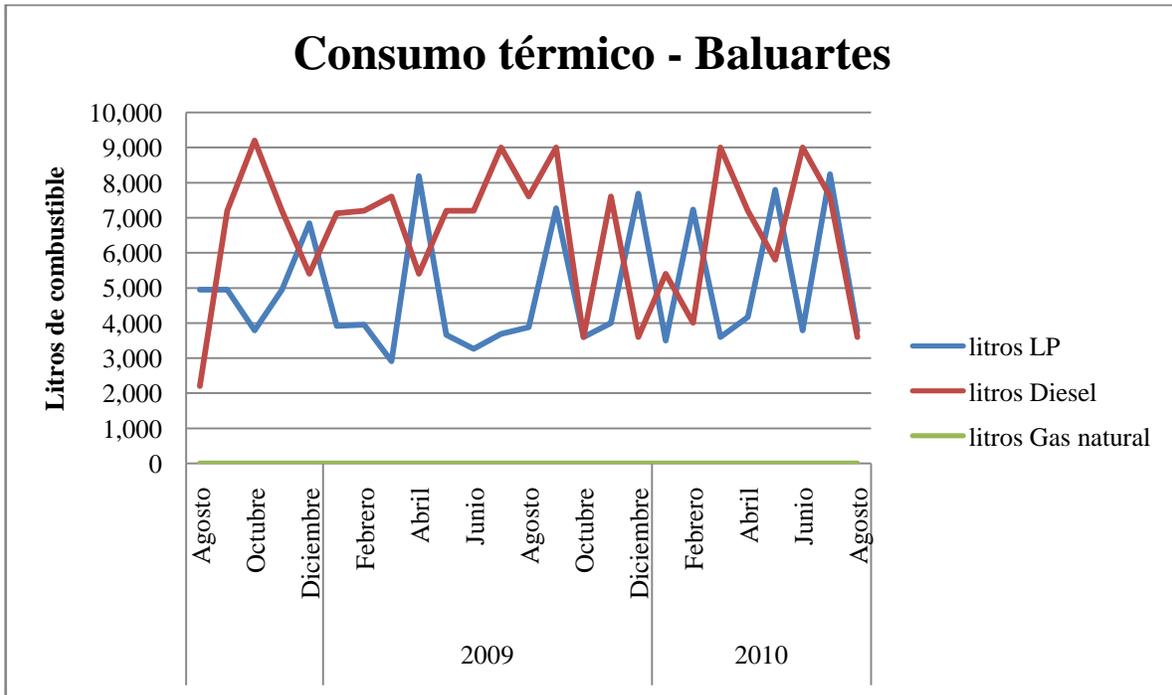
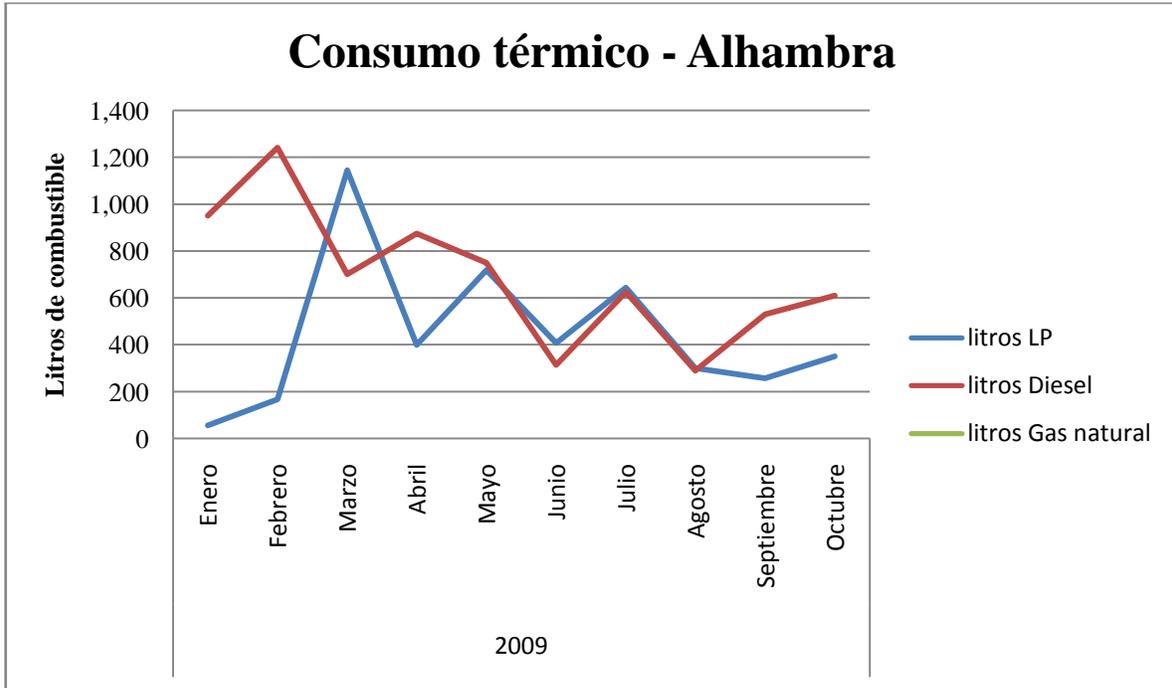
## ANEXO 5. CURVAS DE CONSUMO ELECTRICO

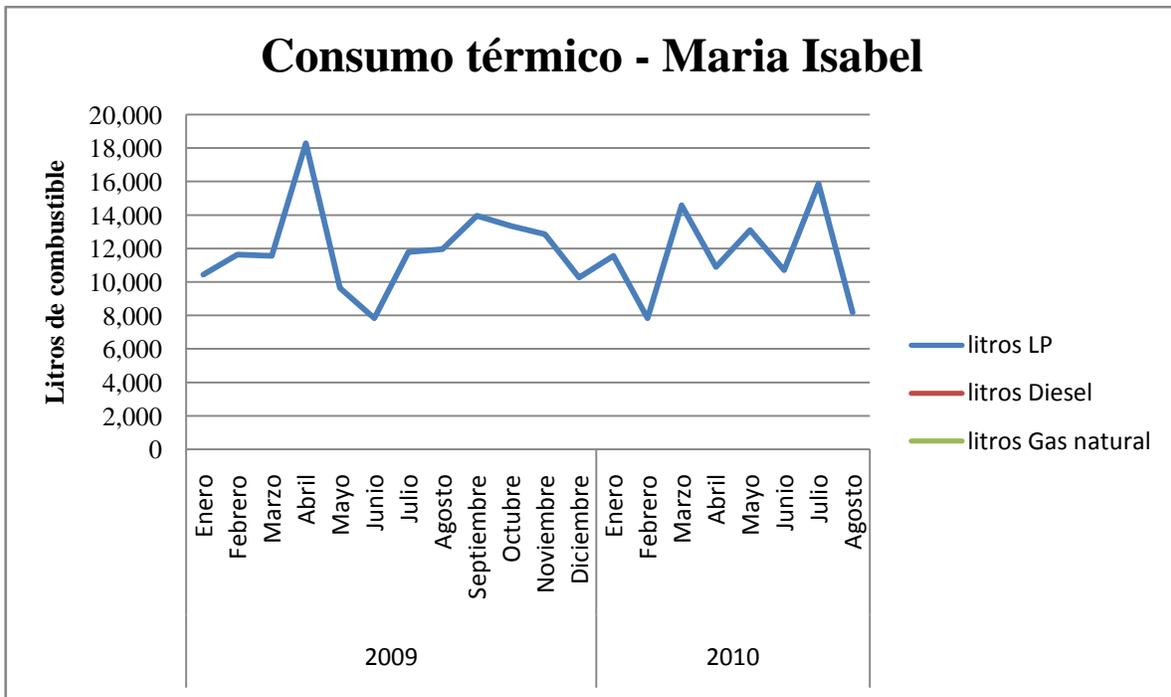
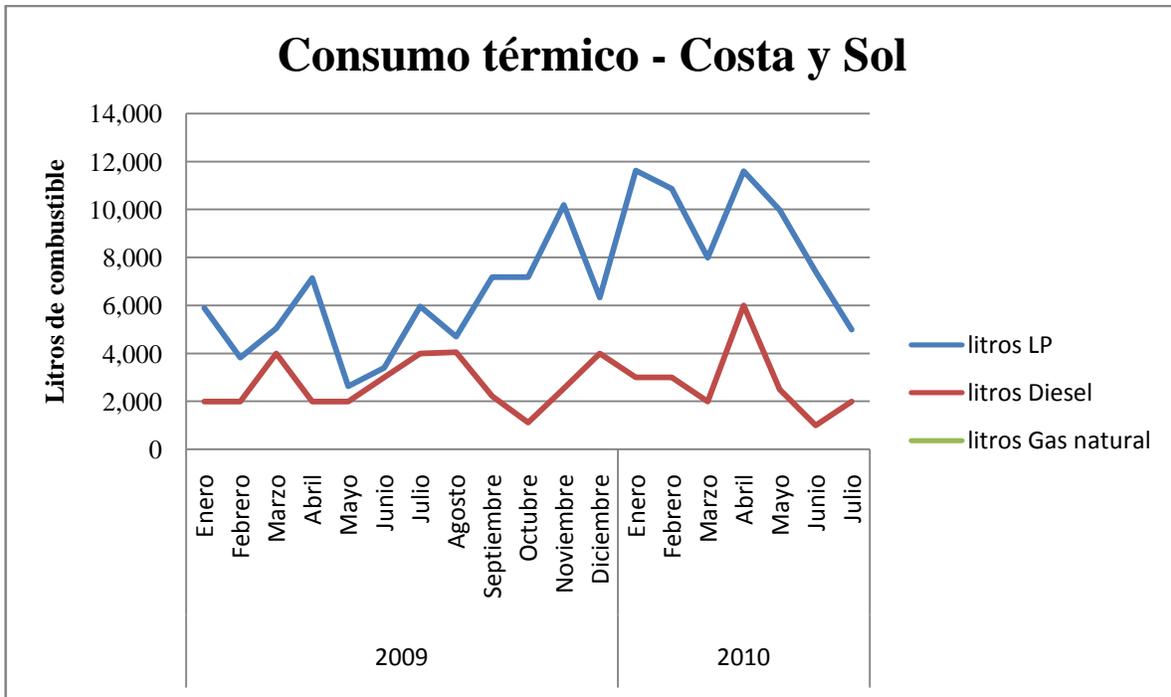


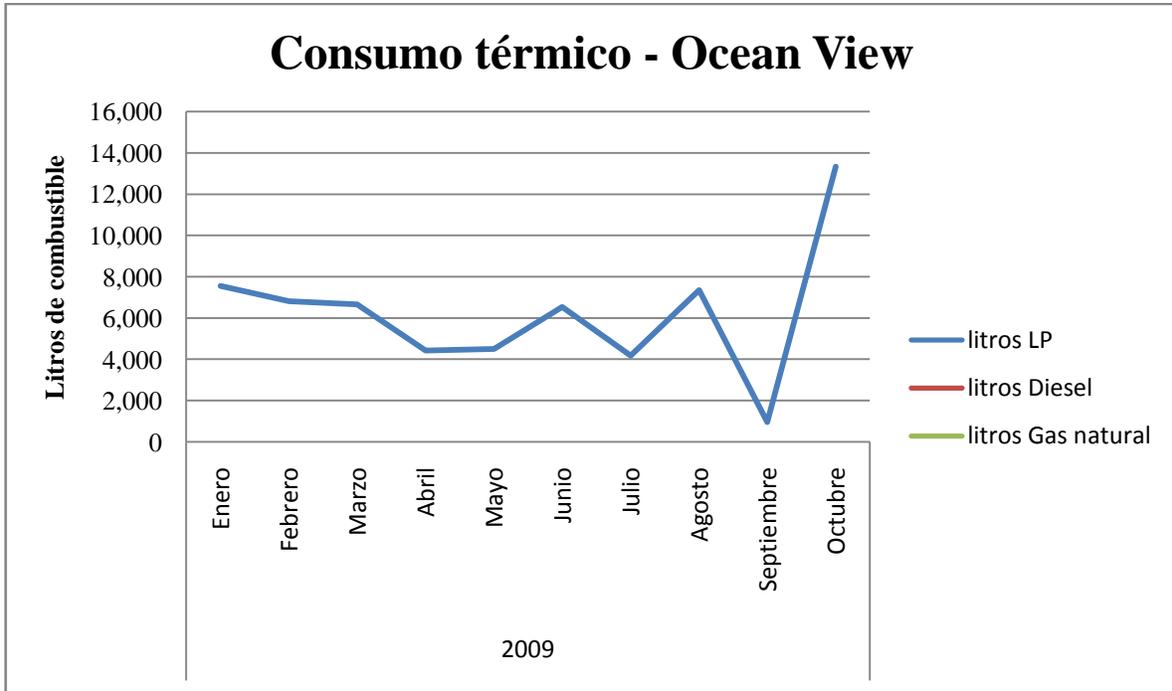




# ANEXO 6. CURVAS DE CONSUMO TERMICO







# ANEXO 7. CALCULO DE LA DEMANDA TERMICA IDEAL

## HOTEL ALHAMBRA

Consumo promedio de agua caliente por persona	102.8	l/dia
Capacidad máxima de alojamiento del hotel	380	personas

### CALCULO EN HABITACIONES

Temperatura máxima del medio	<b>35.20</b>	°C	
Temperatura mínima del medio	<b>6.80</b>	°C	
masa de agua a calentar (m)	<b>102.80</b>	kg/dia	
Cp del agua	4.19	kJ/kg°C	
Temperatura deseada del agua	40.00	°C	factor de uso
Entalpia del agua	167.44	kJ/kg	0.25
Entalpia del medio	87.91	kJ/kg	
$\Delta h$	79.53	kJ/kg	
Caudal	0.00	kg/s	
Requerimiento térmico	0.09	kW	

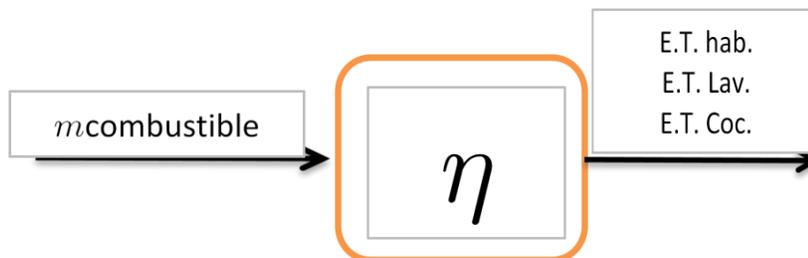
### CALCULO EN LAVANDERIA

Temperatura deseada del agua	<b>70.00</b>	°C	
Entalpia del agua	293.02	kJ/kg	factor de uso
$\Delta h$	205.11	kJ/kg	0.5
masa de agua a calentar (m)	<b>2338.28</b>	kg/dia	
Caudal	0.03	kg/s	
Requerimiento térmico	5.55	kW	

### CALCULO EN COCINA (MISMA TEMPERATURA QUE EN LAVANDERIA)

masa de agua a calentar	<b>2000.00</b>	kg/dia	factor de uso
Caudal	0.02	kg/s	0.25
Requerimiento térmico	4.75	kW	

Eficiencia del sistema según la norma 79%



Calculo de kW termicos

0.38  
 11.10  
 18.99 Demanda termica  
 30.47 **38.57** kW t

Demanda eléctrica  
**143.00** kW e

**Relación Q/E**  
**0.27**

**HOTEL BALUARTES**

Consumo promedio de agua caliente por persona 

102.8
-------

 l/dia  
 Capacidad máxima de alojamiento del hotel 

1000
------

 personas

**CALCULO EN HABITACIONES**

Temperatura máxima del medio	<b>35.20</b>	°C
Temperatura mínima del medio	<b>6.80</b>	°C
masa de agua a calentar (m)	<b>102.80</b>	kg/dia
Cp del agua	4.19	kJ/kg°C
Temperatura deseada del agua	40.00	°C
Entalpia del agua	167.44	kJ/kg
Entalpia del medio	87.91	kJ/kg
Δh	79.53	kJ/kg
Caudal	0.00	kg/s
Requerimiento térmico	0.09	kW

**CALCULO EN LAVANDERIA**

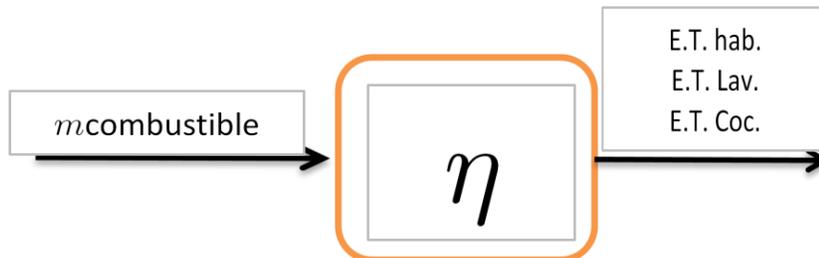
Temperatura deseada del agua	<b>70.00</b>	°C
Entalpia del agua	293.02	kJ/kg
Δh	205.11	kJ/kg
masa de agua a calentar (m)	<b>4464.00</b>	kg/dia
Caudal	0.05	kg/s
Requerimiento térmico	10.60	kW

**CALCULO EN COCINA (MISMA TEMPERATURA QUE EN LAVANDERIA)**

masa de agua a calentar	<b>2000.00</b>	kg/dia
Caudal	0.02	kg/s
Requerimiento térmico	4.75	kW

Eficiencia del sistema según la norma 

79%
-----



Calculo de kW termicos

0.38  
 21.20  
 18.99 Demanda térmica  
 40.57 **51.35** kW t

Demanda eléctrica  
**246** kW e

**Relación Q/E**  
**0.21**

**HOTEL OCEAN VIEW**

Consumo promedio de agua caliente por persona 

102.8
-------

 l/dia  
 Capacidad máxima de alojamiento del hotel 

318
-----

 personas

CALCULO EN HABITACIONES

Temperatura máxima del medio	<b>35.20</b>	°C
Temperatura mínima del medio	<b>6.80</b>	°C
masa de agua a calentar (m)	<b>102.80</b>	kg/dia
Cp del agua	4.19	kJ/kg°C
Temperatura deseada del agua	40.00	°C
Entalpia del agua	167.44	kJ/kg
Entalpia del medio	87.91	kJ/kg
$\Delta h$	79.53	kJ/kg
Caudal	0.00	kg/s
Requerimiento térmico	0.09	kW

CALCULO EN LAVANDERIA

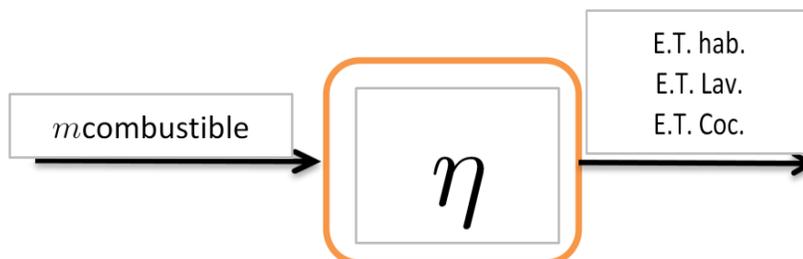
Temperatura deseada del agua	<b>70.00</b>	°C
Entalpia del agua	293.02	kJ/kg
$\Delta h$	205.11	kJ/kg
masa de agua a calentar (m)	<b>1736.00</b>	kg/dia
Caudal	0.02	kg/s
Requerimiento térmico	4.12	kW

CALCULO EN COCINA (MISMA TEMPERATURA QUE EN LAVANDERIA)

masa de agua a calentar	<b>2000.00</b>	kg/dia
Caudal	0.02	kg/s
Requerimiento térmico	4.75	kW

Eficiencia del sistema según la norma 

79%
-----



Calculo de kW termicos

0.38		
8.24		
18.99	Demanda térmica	
27.61	<b>34.95</b>	kW t
	Demanda eléctrica	
	<b>156</b>	kW e
		<b>Relación Q/E</b>
		<b>0.22</b>

**HOTEL MARIA ISABEL**

Consumo promedio de agua caliente por persona	102.8	l/dia
Capacidad máxima de alojamiento del hotel	634	personas

**CALCULO EN HABITACIONES**

Temperatura máxima del medio	<b>35.90</b>	°C
Temperatura mínima del medio	<b>13.50</b>	°C
masa de agua a calentar (m)	<b>102.80</b>	kg/dia
Cp del agua	4.19	kJ/kg°C
Temperatura deseada del agua	40.00	°C
Entalpia del agua	167.44	kJ/kg
Entalpia del medio	103.39	kJ/kg
Δh	64.05	kJ/kg
Caudal	0.00	kg/s
Requerimiento térmico	0.08	kW

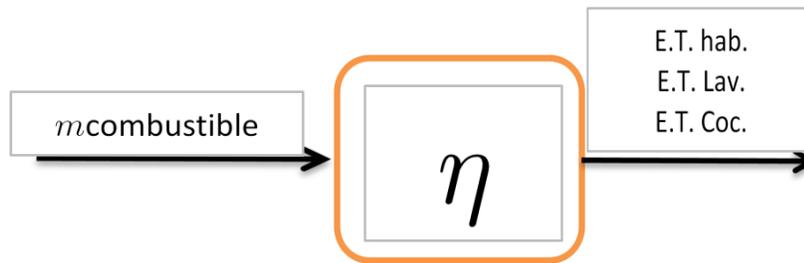
**CALCULO EN LAVANDERIA**

Temperatura deseada del agua	<b>70.00</b>	°C
Entalpía del agua	293.02	kJ/kg
Δh	189.63	kJ/kg
masa de agua a calentar (m)	<b>4208.90</b>	kg/dia
Caudal	0.05	kg/s
Requerimiento térmico	9.24	kW

**CALCULO EN COCINA (MISMA TEMPERATURA QUE EN LAVANDERIA)**

masa de agua a calentar	<b>2000.00</b>	kg/dia
Caudal	0.02	kg/s
Requerimiento térmico	4.39	kW

Eficiencia del sistema según la norma	79%
---------------------------------------	-----



Calculo de kW termicos

0.30  
 18.47  
 17.56 Demanda térmica  
 36.34 **46.00** kW t

Demanda eléctrica  
**278** kW e

Relación  
 Q/E  
**0.17**

**HOTEL COSTA Y SOL**

Consumo promedio de agua caliente por persona 

102.8
-------

 l/dia  
 Capacidad máxima de alojamiento del hotel 

626
-----

 personas

**CALCULO EN HABITACIONES**

Temperatura máxima del medio	<b>31.40</b>	°C	
Temperatura mínima del medio	<b>18.40</b>	°C	
masa de agua a calentar (m)	<b>102.80</b>	kg/dia	
Cp del agua	4.19	kJ/kg°C	
Temperatura deseada del agua	45.00	°C	0.25
Entalpia del agua	188.37	kJ/kg	
Entalpia del medio	104.23	kJ/kg	
$\Delta h$	84.14	kJ/kg	
Caudal	0.00	kg/s	
Requerimiento térmico	0.10	kW	

**CALCULO EN LAVANDERIA**

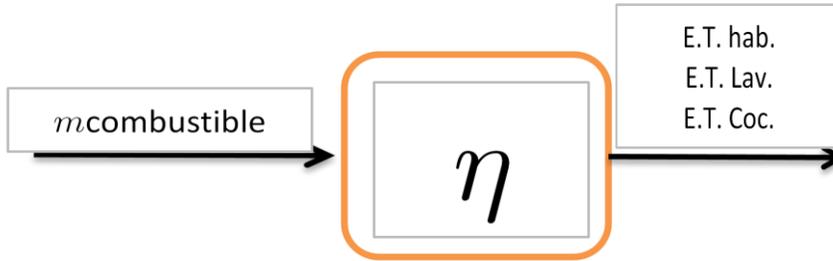
Temperatura deseada del agua	<b>70.00</b>	°C	
Entalpia del agua	293.02	kJ/kg	
$\Delta h$	188.79	kJ/kg	0.5
masa de agua a calentar (m)	<b>4129.70</b>	kg/dia	
Caudal	0.05	kg/s	
Requerimiento térmico	9.02	kW	

**CALCULO EN COCINA (MISMA TEMPERATURA QUE EN LAVANDERIA)**

masa de agua a calentar	<b>4000.00</b>	kg/dia	
Caudal	0.05	kg/s	0.25

Requerimiento térmico  kW

Eficiencia del sistema según la norma



Calculo de kW termicos

0.40  
18.05  
34.96 Demanda  
53.41  kW t

Demanda eléctrica  
 kW e

Relación  
Q/E

## ANEXO 8. FICHAS DE CONSUMO MENSUAL

### Hotel Alhambra

2009												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
kWh bas	3,766	3,388	4,424	4,830	5,320	5,474	6,818	5,334	5,026	4,004	3,962	3,892
kWh int	6,272	6,048	6,832	9,464	11,928	12,656	16,282	11,606	10,836	10,584	5,922	6,034
kWh pun	1,764	2,268	2,114	1,512	1,148	1,400	1,792	1,358	1,288	1,666	1,764	2,058
kW base	5.15548	4.63802	6.05626	6.61205	7.28284	7.49366	9.33353	7.302	6.88037	5.48129	5.4238	5.32797
kW inte	8.58608	8.27944	9.3527	12.9558	16.3289	17.3255	22.2893	15.8881	14.834	14.489	8.10695	8.26027
kW punt	2.41484	3.10479	2.89397	2.06986	1.57156	1.91654	2.45317	1.85904	1.76321	2.28068	2.41484	2.81731
2010												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
kWh bas	3,220	2,828	4,564	4,634	7,868	7,000	6,384	5,642	4,354	N/D	N/D	N/D
kWh int	4,802	4,704	6,426	9,128	13,692	21,728	13,902	11,256	8,554	N/D	N/D	N/D
kWh pun	1,484	1,610	1,806	1,344	1,708	2,870	1,722	1,442	1,064	N/D	N/D	N/D
kW base	4.40803	3.8714	6.24791	6.34374	10.7709	9.58268	8.73941	7.72364	5.96043			
kW inte	6.57372	6.43956	8.7969	12.4958	18.7437	29.7446	19.0312	15.409	11.71			
kW punt	2.03153	2.20402	2.47233	1.83988	2.33817	3.9289	2.35734	1.97403	1.45657			

### Hotel Baluartes

2009												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem	Octubre	Noviemb	Diciemb
kWh bas	16,800	15,504	18,912	23,712	23,088	25,296	32,304	31,968	28,608	27,168	24,768	17,088
kWh int	33,120	28,992	32,496	50,256	46,800	56,736	72,864	64,512	61,488	60,912	43,008	28,848
kWh pun	8,688	7,872	9,216	7,104	4,848	6,144	7,776	6,240	6,384	8,208	10,896	7,008
kW base	22.9984	21.2243	25.8897	32.4607	31.6064	34.6291	44.2227	43.7627	39.1631	37.1918	33.9063	23.3927
kW inte	45.3398	39.6887	44.4855	68.7982	64.0671	77.669	99.7475	88.314	84.1743	83.3858	58.876	39.4916
kW punt	11.8935	10.7764	12.6163	9.72505	6.63669	8.41086	10.645	8.54228	8.73941	11.2364	14.9161	9.59363
2010												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem	Octubre	Noviemb	Diciemb
kWh bas	17,088	16,512	20,208	24,336	35,280	25,440	26,016	25,104	21,312	N/D	N/D	N/D
kWh int	28,848	30,960	35,856	53,760	63,648	60,240	60,192	51,840	47,376	N/D	N/D	N/D
kWh pun	7,008	8,112	9,312	6,864	6,864	6,864	5,760	5,520	4,896	N/D	N/D	N/D
kW base	23.3927	22.6042	27.6638	33.3149	48.2967	34.8262	35.6147	34.3662	29.1752			
kW inte	39.4916	42.3828	49.0852	73.595	87.1312	82.4658	82.4001	70.9666	64.8556			
kW punt	9.59363	11.105	12.7477	9.3965	9.3965	9.3965	7.88518	7.55663	6.7024			

### Hotel Costa y Sol

	2008											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem	Octubre	Noviemb	Diciemb
kWh bas	26,400	27,000	38,500	37,100	35,000	14,700	11,200	7,700	4,400	5,600	13,300	18,213
kWh int	46,800	46,200	63,000	70,700	63,700	52,500	42,700	35,700	20,400	39,200	51,100	69,975
kWh pun	13,200	7,800	11,200	4,200	7,000	1,400	9,778	700	400	9,321	13,300	18,213
kW base	36.1404	36.9618	52.7048	50.7882	47.9134	20.1236	15.3323	10.541	6.0234	7.66615	18.2071	24.9322
kW inte	64.0671	63.2457	86.2441	96.7851	87.2024	71.8701	58.4544	48.8717	27.9267	53.663	69.9536	95.7923
kW punt	18.0702	10.6778	15.3323	5.74961	9.58268	1.91654	13.3855	0.95827	0.54758	12.76	18.2071	24.9322
	2009											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem	Octubre	Noviemb	Diciemb
kWh bas	34,300	30,100	39,482	47,600	35,700	23,800	13,300	9,100	10,696	37,800	38,500	42,700
kWh int	70,000	65,100	85,391	72,800	67,200	48,300	37,100	28,000	32,912	51,100	61,600	49,700
kWh pun	16,800	12,600	16,527	7,000	7,700	7,000	1,400	2,800	3,291	9,310	12,390	9,100
kW base	46.9551	41.2055	54.0488	65.1622	48.8717	32.5811	18.2071	12.4575	14.643	51.7465	52.7048	58.4544
kW inte	95.8268	89.1189	116.896	99.6599	91.9938	66.1205	50.7882	38.3307	45.0554	69.9536	84.3276	68.037
kW punt	22.9984	17.2488	22.6251	9.58268	10.541	9.58268	1.91654	3.83307	4.50554	12.745	16.9613	12.4575

### Hotel María Isabel

	2009											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	eptiembr	Octubre	oviembr	Diciembre
kWh bas	17,374	14,980	19,905	18,634	22,974	21,518	22,106	23,394	20,538	24,514	18,200	14,728
kWh int	28,210	25,858	36,915	36,428	41,104	42,770	46,830	42,350	38,570	44,660	31,752	27,538
kWh pun	7,994	7,476	6,359	5,684	4,648	5,306	5,586	5,166	4,886	5,502	9,086	8,610
kW base	23.784	20.507	27.25	25.509	31.45	29.457	30.262	32.025	28.116	33.559	24.915	20.162
kW inte	38.618	35.398	50.536	49.868	56.27	58.55	64.108	57.975	52.801	61.138	43.467	37.698
kW punt	10.943	10.234	8.7046	7.7811	6.3629	7.2637	7.647	7.072	6.6887	7.532	12.438	11.787
	2010											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	eptiembr	Octubre	oviembr	Diciembre
kWh bas	19,905	16,044	20,400	24,990	30,156	26,754	25,690	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
kWh int	36,915	29,008	39,452	55,454	58,842	55,846	54,782	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
kWh pun	6,359	8,526	11,942	7,560	7,252	6,874	6,734	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
kW base	27.25	21.964	27.927	34.21	41.282	36.625	35.168					
kW inte	50.536	39.711	54.008	75.914	80.552	76.451	74.994					
kW punt	8.7046	11.672	16.348	10.349	9.9277	9.4102	9.2185					

### Hotel Ocean View

2009												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
kWh base	7,343	6,773	9,320	11,048	9,249	10,073	13,835	11,083	9,533	9,185	9,639	7,953
kWh int	15,860	14,672	19,919	28,146	21,765	26,894	36,859	28,125	25,739	25,785	19,454	19,231
kWh punt	5,055	4,984	6,626	4,325	2,347	2,985	4,423	2,797	3,035	4,243	5,746	5,759
kW base	10.0522	9.27193	12.7587	15.1242	12.6615	13.7895	18.9395	15.1721	13.0502	12.5738	13.1954	10.8873
kW inte	21.7116	20.0853	27.2682	38.5306	29.7953	36.8167	50.4583	38.5018	35.2355	35.2985	26.6316	26.3264
kW punt	6.92007	6.82287	9.07069	5.92073	3.21294	4.08633	6.05489	3.82897	4.15478	5.80847	7.86601	7.88381
2010												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
kWh base	7,367	6,928	8,609	10,288	14,924	10,893	11,606	12,243	10,553	0	0	0
kWh int	14,521	15,454	19,047	27,338	33,656	30,647	32,249	30,761	27,549	0	0	0
kWh punt	4,569	5,052	6,208	3,890	3,888	3,619	3,631	3,637	3,134	0	0	0
kW base	10.0851	9.48412	11.7853	14.0838	20.4303	14.912	15.8881	16.7601	14.4466	0	0	0
kW inte	19.8786	21.1558	26.0745	37.4245	46.0735	41.9544	44.1474	42.1104	37.7133	0	0	0
kW punt	6.25475	6.91596	8.49847	5.32523	5.3225	4.95425	4.97067	4.97889	4.2903	0	0	0

## ANEXO 9. CALCULO DE DIA TIPICO MAXIMO Y MINIMO DE CONSUMO

### Día típico máximo

			Costos		<i>(abril 2012)</i>		
Hora	Demanda	manda equipo					
				0.9203	Base		
12:00:00 a.m.	41.28	41.28		1.1173	Intermedio	0	0
01:00:00 a.m.	41.28	41.28		1.9883	Punta	0	0
02:00:00 a.m.	41.28	41.28				0	0
03:00:00 a.m.	41.28	41.28			Facturación	0	0
04:00:00 a.m.	230.2117	45.07		17374	kWh	185.14	5739.4
05:00:00 a.m.	41.28	41.28	Día	Mes		0	0
06:00:00 a.m.	41.28	41.28	560.4517	17374.00	\$15,989.29	0	0
07:00:00 a.m.	80.55	45.07				35.48	1099.9
08:00:00 a.m.	80.55	45.07				35.48	1099.9
09:00:00 a.m.	80.55	45.07				35.48	1099.9
10:00:00 a.m.	80.55	45.07				35.48	1099.9
11:00:00 a.m.	80.55	45.07				35.48	1099.9
12:00:00 p.m.	230	45.07			Facturación	184.93	5732.8
01:00:00 p.m.	230	45.07		58842	kWh	184.93	5732.8
02:00:00 p.m.	230	45.07				184.93	5732.8
03:00:00 p.m.	230	45.07	Día	Mes		184.93	5732.8
04:00:00 p.m.	230	45.07	1898.13	58842.03	\$65,744.20	184.93	5732.8
05:00:00 p.m.	184.28	45.07				139.21	4315.5
06:00:00 p.m.	80.55	45.07				35.48	1099.9
07:00:00 p.m.	80.55	45.07			Facturación	35.48	1099.9
08:00:00 p.m.	9.927	22.535		7252	kWh	-12.61	-390.8
09:00:00 p.m.	214.085	45.07	Día	Mes		169.02	5239.5
10:00:00 p.m.	9.927	22.535	233.939	7252.109	\$14,419.37	-12.61	-390.8
11:00:00 p.m.	41.28	41.28				0	0
12:00:00 a.m.	41.28	41.28				0	0
<b>Facturado Equipo</b>			<b>*Los numeros negativos se toman como cero (0)</b>				
<b>83,468.1</b>			<b>32,592.2</b>		<b>83,468.14</b>	<b>51,657.7</b>	<b>61.89%</b>

### Día típico mínimo

			Costos		(abril 2012)			
Hora	Demandan	nanda equipo	0.9203	Base				
12:00:00 a.m.	10.05	12.5	1.1173	Interme	-2.45	-75.95		kWh a co
01:00:00 a.m.	66	23.3	1.9883	Punta	42.7	1323.7		2820.75
02:00:00 a.m.	66	23.3			42.7	1323.7		6913
03:00:00 a.m.	29.642	23.3		Facturación	6.342	196.6		2749.7
04:00:00 a.m.	10.06	12.5		7346 kWh	-2.44	-75.64		
05:00:00 a.m.	10.05	12.5	Día	Mes	-2.45	-75.95	Compra:	
06:00:00 a.m.	10.05	12.5	236.902	7343.96	\$ 6,759	-2.45	-75.95	38.41% Venta:
07:00:00 a.m.	21.71	21.71				0	0	349.199
08:00:00 a.m.	21.71	21.71				0	0	0
09:00:00 a.m.	21.71	21.71				0	0	343.936
10:00:00 a.m.	21.71	21.71				0	0	<b>\$693.1</b>
11:00:00 a.m.	21.71	21.71				0	0	
12:00:00 p.m.	52.2	23.3		Facturación	28.9	895.9		
01:00:00 p.m.	88	23.3		15859 kWh	64.7	2005.7		
02:00:00 p.m.	88	23.3			64.7	2005.7		
03:00:00 p.m.	88	23.3	Día	Mes		64.7	2005.7	Compra:
04:00:00 p.m.	21.71	21.71	511.59	15859.3	#####	0	0	43.59%
05:00:00 p.m.	21.71	21.71				0	0	
06:00:00 p.m.	21.71	21.71				0	0	
07:00:00 p.m.	21.71	21.71		Facturación		0	0	
08:00:00 p.m.	6.92	12.5		5056 kWh	-5.58	-173		
09:00:00 p.m.	112	23.3	Día	Mes		88.7	2749.7	Compra:
10:00:00 p.m.	44.2	23.3	163.12	5056.72	#####	20.9	647.9	9.73%
11:00:00 p.m.	10.05	12.5				-2.45	-75.95	
12:00:00 a.m.	25	23.3				1.7	52.7	
<b>Facturado Equipo</b>								
	<b>28,260</b>	<b>15,605</b>		28,260			12,483	<b>44.17%</b> Cobertura

# ANEXO 10. FICHAS TÉCNICAS DE MOTORES DE COGENERACION

<b>G3406</b>		<b>GAS ENGINE TECHNICAL DATA</b>		<b>CATERPILLAR®</b>		
ENGINE SPEED:	1800	FUEL:	NAT GAS			
COMPRESSION RATIO:	10.3:1	FUEL SYSTEM:	LPG IMPCO			
AFTERCOOLER - MAX. INLET (°F):	130	FUEL PRESS. RANGE (PSIG):	1.5 - 5.0			
JACKET WATER - MAX. OUTLET (°F):	210	MIN. METHANE NUMBER:	80			
ASPIRATION:	TA	RATED ALTITUDE (FT):	5000			
COOLING SYSTEM:	JW+OC, AC	AT AIR TO TURBO. TEMP. (°F):	77			
IGNITION SYSTEM:	CDIS	EXHAUST O2 EMISSION LEVEL:	4.0 %O2			
EXHAUST MANIFOLD:	WC	FUEL LHV (BTU/SCF):	905			
COMBUSTION:	STANDARD	APPLICATION:	STANDBY 60 Hz GENSET			

<b>RATING AND EFFICIENCY</b>		<b>NOTES</b>	<b>LOAD</b>	<b>100%</b>	<b>75%</b>	<b>50%</b>
ENGINE POWER	(WITHOUT FAN)	(1)	BHP	367	276	184
GENERATOR POWER	(WITHOUT FAN)	(2)	EKW	260	195	130
<b>ENGINE EFFICIENCY</b>	<b>(ISO 3046/1)</b>	<b>(3)</b>	%	<b>35.1</b>	<b>33.2</b>	<b>30.3</b>
ENGINE EFFICIENCY	(NOMINAL)	(3)	%	35.1	33.2	30.3
THERMAL EFFICIENCY	(NOMINAL)	(4)	%	48.4	50.9	55.7
TOTAL EFFICIENCY	(NOMINAL)	(5)	%	83.5	84.1	86.0

<b>ENGINE DATA</b>						
<b>FUEL CONSUMPTION</b>	<b>(ISO 3046/1)</b>	<b>(6)</b>	<b>BTU/bhp-hr</b>	<b>7252</b>	<b>7662</b>	<b>8411</b>
FUEL CONSUMPTION	(NOMINAL)	(6)	BTU/bhp-hr	7252	7662	8411
AIR FLOW (77 °F, 14.7 psi)		(7)	SCFM	593	459	320
AIR FLOW		(7)	lb/hr	2628	2037	1418.00
COMPRESSOR OUT PRESSURE			in. HG (abs)	54.7	52.6	43.5
COMPRESSOR OUT TEMPERATURE			°F	253	228	181
AFTERCOOLER AIR OUT TEMPERATURE			°F	136	133	130
INLET MAN. PRESSURE		(8)	in. HG (abs)	51.2	39.9	28.4
INLET MAN. TEMPERATURE	(MEASURED IN PLENUM)	(9)	°F	137	135	133
TIMING		(10)	°BTDC	18	18	18
EXHAUST STACK TEMPERATURE		(11)	°F	997	977	970
EXHAUST GAS FLOW (@ stack temp.)		(12)	CFM	1773	1358	944
EXHAUST MASS FLOW		(12)	lb/hr	2762	2143	1495

<b>EMISSIONS DATA</b>						
NOx (as NO2)		(13)	g/bhp-hr	21.44	21.06	19.89
CO		(14)	g/bhp-hr	1.14	1.13	2.1
THC (molecular weight of 15.84)		(14)	g/bhp-hr	3.9	4.6	4.2
NMHC (molecular weight of 15.84)		(14)	g/bhp-hr	0.59	0.69	0.63
EXHAUST O2		(15)	% DRY	4.0	3.7	2.8
LAMBDA				1.23	1.20	1.14

<b>HEAT BALANCE DATA</b>						
LHV INPUT		(16)	BTU/min	44412	35192	25755
HEAT REJECTION TO JACKET (JW)		(17) (22)	BTU/min	11479	10118	8700
HEAT REJECTION TO ATMOSPHERE		(18)	BTU/min	1776	1408	1030
HEAT REJECTION TO LUBE OIL (OC)		(19) (22)	BTU/min	1815	1600	1376
HEAT REJECTION TO EXHAUST (LHV to 77°F)		(20)	BTU/min	12373	9506	6538
HEAT REJECTION TO EXHAUST (LHV to 350°F)		(20)	BTU/min	8210	6179	4276
HEAT REJECTION TO A/C (AC)		(21) (23)	BTU/min	1385	875	320

**CONDITIONS AND DEFINITIONS**

ENGINE RATING OBTAINED AND PRESENTED IN ACCORDANCE WITH ISO 3046/1STD. REF. CONDITIONS OF 77°F, 29.6 IN HG BAROMETRIC PRESSURE, 500 FT ALTITUDE). NO OVERLOAD PERMITTED AT RATING SHOWN. CONSULT ALTITUDE CHARTS FOR APPLICATIONS ABOVE MAXIMUM RATED ALTITUDE AND/OR TEMPERATURE.

EMISSION LEVELS ARE BASED ON THE ENGINE OPERATING AT STEADY STATE CONDITIONS. EMISSION TOLERANCES SPECIFIED ARE DEPENDANT UPON FUEL QUALITY. METHANE NUMBER CANNOT VARY MORE THAN ± 3. PUBLISHED PART LOAD DATA MAY REQUIRE ENGINE ADJUSTMENT.

ENGINE RATING IS WITH 2 ENGINE DRIVEN WATER PUMPS.

FOR NOTES INFORMATION CONSULT PAGE THREE.

**G3406**

**GAS ENGINE TECHNICAL DATA**



FUEL USAGE GUIDE												
CAT METHANE NUMBER	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85-100
IGNITION TIMING	-	-	-	-	-	-	-	-	15	16	18	18
DERATION FACTOR	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	1.00	1.00	1.00

ALTITUDE DERATION FACTORS															
AIR TO TURBO (°F)	130	1.00	1.00	1.00	0.98	0.95	0.91	0.88	0.84	0.81	0.78	0.75	0.72	0.69	
	120	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.93	0.89	0.86	0.82	0.79	0.76	0.73	0.70	
	110	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.94	0.91	0.87	0.84	0.80	0.77	0.74	0.71	
	100	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.92	0.89	0.85	0.82	0.79	0.75	0.72	
	90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.94	0.90	0.87	0.83	0.80	0.77	0.74	
	80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.96	0.92	0.88	0.85	0.81	0.78	0.75	
	70	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.94	0.90	0.86	0.83	0.80	0.76	
	60	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.95	0.92	0.88	0.85	0.81	0.78	
	50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.94	0.90	0.86	0.83	0.79	
			0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000
			ALTITUDE (FEET ABOVE SEA LEVEL)												

AFTERCOOLER HEAT REJECTION FACTORS (ACHRF)															
AIR TO TURBO (°F)	130	1.54	1.64	1.75	1.86	1.97	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08		
	120	1.43	1.53	1.63	1.74	1.85	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96		
	110	1.32	1.42	1.52	1.62	1.73	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84		
	100	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72		
	90	1.10	1.19	1.29	1.39	1.49	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60		
	80	1.00	1.08	1.18	1.28	1.38	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48		
	70	1.00	1.00	1.06	1.16	1.26	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36		
	60	1.00	1.00	1.00	1.04	1.14	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24		
	50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.02	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12		
			0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000
			ALTITUDE (FEET ABOVE SEA LEVEL)												

FREE FIELD MECHANICAL & EXHAUST NOISE												
100% Load Data			dB(A)				dB					
Free Field Mechanical	DISTANCE FROM THE ENGINE (FEET)	3.2	94.0	73.8	79.3	82.8	88.8	89.8	87.3	84.3	81.3	
		22.9	84.0	68.5	72.5	76.5	77.5	80.5	77.5	73.5	68.9	
		49.2	78.0	66.4	77.4	71.4	66.9	74.4	71.9	67.9	62.4	
Free Field Exhaust	DISTANCE FROM THE ENGINE (FEET)	4.9	109.4	106.5	108.5	105.8	107.8	102.5	102.8	97.8	87.5	
		22.9	96.0	91.7	94.1	89.4	96.1	88.1	88.4	82.7	75.4	
		49.2	89.4	85.1	87.5	82.8	89.5	81.5	81.8	76.1	68.8	
Overall SPL			63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz		
Octave Band Center Frequency (OBCF)												

**FUEL USAGE GUIDE:**  
This table shows the derate factor required for a given fuel. Note that deration occurs as the methane number decreases. Methane number is a scale to measure detonation characteristics of various fuels. The methane number of a fuel is determined by using the Caterpillar Methane Number Calculation program.

**ALTITUDE DERATION FACTORS:**  
This table shows the deration required for various air inlet temperatures and altitudes. Use this information along with the fuel usage guide chart to help determine actual engine power for your site.

**ACTUAL ENGINE RATING:**  
It is important to note that the Altitude/Temperature deration and the Fuel Usage Guide deration are not cumulative. They are not to be added together. The same is true for the Low Energy Fuel deration (reference the Caterpillar Methane Number Program) and the Fuel Usage Guide deration. However, the Altitude/Temperature deration and Low Energy Fuel deration are cumulative; and they must be added together in the method shown below. To determine the actual power available, take the lowest rating between 1) and 2).

- 1) (Altitude/Temperature Deration) + (Low Energy Fuel Deration)
- 2) Fuel Usage Guide Deration

Note: For NA's always add the Low Energy Fuel deration to the Altitude/Temperature deration. For TA engines only add the Low Energy Fuel deration to the Altitude/Temperature deration whenever the Altitude/Temperature deration is less than 1.0 (100%). This will give the actual rating for the engine at the conditions specified.

**AFTERCOOLER HEAT REJECTION FACTORS (ACHRF):**  
Aftercooler heat rejection is given for standard conditions of 77°F and 500 ft altitude. To maintain a constant air inlet manifold temperature, as the air to turbo temperature goes up, so must the heat rejection. As altitude increases, the turbocharger must work harder to overcome the lower atmospheric pressure. This increases the amount of heat that must be removed from the inlet air by the aftercooler. Use the aftercooler heat rejection factor (ACHRF) to adjust for ambient and altitude conditions. Multiply this factor by the standard aftercooler heat rejection. Failure to properly account for these factors could result in detonation and cause the engine to shutdown or fail.

**SOUND DATA:**  
Data determined by methods similar to ISO Standard DIS-8528-10. Accuracy Grade 3. SPL = Sound Pressure Level.

**G3406**

**GAS ENGINE TECHNICAL DATA**



**NOTES**

- 1 ENGINE RATING IS WITH 2 ENGINE DRIVEN WATER PUMPS. TOLERANCE IS  $\pm 3\%$  OF FULL LOAD.
- 2 GENERATOR POWER DETERMINED WITH AN ASSUMED GENERATOR EFFICIENCY OF 94.9% AND POWER FACTOR OF 0.8 [GENERATOR POWER = ENGINE POWER x GENERATOR EFFICIENCY].
- 3 ISO 3046/1 ENGINE EFFICIENCY TOLERANCE IS (+)0, (-)5% OF FULL LOAD % EFFICIENCY VALUE. NOMINAL ENGINE EFFICIENCY TOLERANCE IS  $\pm 5\%$  OF FULL LOAD % EFFICIENCY VALUE.
- 4 THERMAL EFFICIENCY: JACKET HEAT + LUBE OIL HEAT + EXH. HEAT TO 350°F.
- 5 TOTAL EFFICIENCY = ENGINE EFF. + THERMAL EFF. TOLERANCE IS  $\pm 10\%$  OF FULL LOAD DATA.
- 6 ISO 3046/1 FUEL CONSUMPTION TOLERANCE IS (+)5, (-)0% OF FULL LOAD DATA. NOMINAL FUEL CONSUMPTION TOLERANCE IS  $\pm 5\%$  OF FULL LOAD DATA.
- 7 UNDRYED AIR. FLOW TOLERANCE IS  $\pm 5\%$
- 8 INLET MANIFOLD PRESSURE TOLERANCE IS  $\pm 5\%$
- 9 INLET MANIFOLD TEMPERATURE TOLERANCE IS  $\pm 9^\circ\text{F}$ .
- 10 TIMING INDICATED IS FOR USE WITH THE MINIMUM FUEL METHANE NUMBER SPECIFIED. CONSULT THE APPROPRIATE FUEL USAGE GUIDE FOR TIMING AT OTHER METHANE NUMBERS.
- 11 EXHAUST STACK TEMPERATURE TOLERANCE IS (+)63°F, (-)54°F.
- 12 WET EXHAUST. FLOW TOLERANCE IS  $\pm 6\%$
- 13 NOX VALUES ARE "NOT TO EXCEED".
- 14 CO, CO2, THC, and NMHC VALUES ARE "NOT TO EXCEED".
- 15 O2% TOLERANCE IS  $\pm 0.5$ .
- 16 LHV INPUT TOLERANCE IS  $\pm 5\%$ .
- 17 HEAT REJECTION TO JACKET TOLERANCE IS  $\pm 10\%$  OF FULL LOAD DATA, BASED ON TREATED WATER.
- 18 HEAT REJECTION TO ATMOSPHERE TOLERANCE IS  $\pm 50\%$  OF FULL LOAD DATA, BASED ON TREATED WATER.
- 19 HEAT REJECTION OF LUBE OIL TOLERANCE IS  $\pm 20\%$  OF FULL LOAD DATA, BASED ON TREATED WATER.
- 20 HEAT REJECTION TO EXHAUST TOLERANCE IS  $\pm 10\%$  OF FULL LOAD DATA, BASED ON TREATED WATER.

**SITE SPECIFIC COOLING SYSTEM SIZING EQUATIONS (WITH TOLERANCES)**

22 TOTAL JACKET CIRCUIT (JW+OC) = (JW x 1.1) + (OC x 1.2).

## MG200 Technical data 60 Hz - Natural gas applications Preliminary Information

NOx < 500 mg/Nm<sup>3</sup> Emissions at 100 % load (Correlation 5 % O<sub>2</sub>)

The technical data are based on Natural gas with a calorific value of 10 kWh/Nm<sup>3</sup> and a methane no. > 80.

### Engine type MG 200

Engine power <sup>1</sup>		kW	210
Speed		min <sup>-1</sup>	1800
Mean effective pressure		bar	10.92
Exhaust temperature	approx.	°C	525
Exhaust mass flow wet	approx.	kg/h	1160
Combustion air mass flow <sup>2</sup>	approx.	kg/h	1119

### Engine parameters

Bore / stroke		mm	128 / 166
Displacement		l	12.82
Compression ratio			11:1
Mean piston speed		m/s	9.96
Lube oil content consumption up to <sup>3</sup>		kg/h	0.15
Lube oil filling quantity min. / max.		l	30 / 41

### Generator

Efficiency <sup>4</sup>		%	94.8%
-------------------------	--	---	-------

### Energy balance

Electrical power		kW <sub>d</sub>	199
Coolant heat	± 7 %	kW	106
Mixture heat HT	± 7 %	kW	25
Mixture heat LT	± 7 %	kW	23
Exhaust heat cooled to 120 °C	± 7 %	kW	157
Engine radiation heat max.	± 7 %	kW	16
Fuel consumption	+ 5 %	kW	567
Electrical efficiency		%	35.1%
Thermal efficiency <sup>5</sup>		%	50.8%
Total efficiency		%	85.9%

### System parameters

Coolant filling quantity		l	16
Max. coolant operating pressure		bar	2
Min. engine coolant circulation quantity <sup>6</sup>		l/min	286
Coolant temperature min./max. <sup>6</sup>		°C	80 / 88
Difference (inlet - outlet max.)		K	6
Max. mixture cooling water inlet temperature LT		°C	40
Min. mixture cooling water circulation quantity LT		l/min	166
Max. mixture cooling water inlet temperature HT		°C	85
Min. mixture cooling water circulation quantity HT		l/min	180
Max. suction pressure		mbar	15
Max. exhaust back pressure		mbar	40

### Noise frequency band Canopy    Container

Surface noise at 3 m	dB (A)	70	70
----------------------	--------	----	----

### Dimensions Genset Open    Canopy    Container Voltages    Breaker Size (A)

	mm	3300	4900	6008	480/240	320/700
Length	mm	3300	4900	6008	480/240	320/700
Width	mm	1300	1550	2440	440/220	400/800
Height	mm	1700	2150	2590	416/208	400/800
Weight, dry	kg	2940	4240	5190		

1 Rating adaptation at ambient conditions acc to DIN ISO 3046-1

2 Engine power ratings and combustion air volume flows acc to DIN ISO 3046-1

3 Lube oil to MAN works standar M 3271-2 and coolant to MAN works standard M 324 Type NF

4 At 60 Hz, U = 0.48 kV, Power Factor = 1

5 Efficiency considers: coolant heat, mixture heat HT and exhaust heat

6 The coolant data are based on a 40 % portion of antifreeze.

## MG300 Technical data 60 Hz - Natural gas applications Preliminary Information

NOx < 500 mg/Nm<sup>3</sup> Emissions at 100 % load (Correlation 5 % O<sub>2</sub>)  
 The technical data are based on Natural gas with a calorific value of 10 kW/h/Nm<sup>3</sup> and a methane no. > 80.

### Engine type MG 300

Engine power <sup>1</sup>		kW	295
Speed		min <sup>-1</sup>	1800
Mean effective pressure		bar	13.45
Exhaust temperature	approx.	°C	465
Exhaust mass flow wet	approx.	kg/h	1588
Combustion air mass flow <sup>2</sup>	approx.	kg/h	1532

### Engine parameters

Bore / stroke		mm	128 / 142
Displacement		l	14.62
Compression ratio			12:1
Mean piston speed		m/s	8.52
Lube oil content consumption up to <sup>3</sup>		kg/h	0.175
Lube oil filling quantity min. / max.		l	30 / 70

### Generator

Efficiency <sup>4</sup>		%	95.8%
-------------------------	--	---	-------

### Energy balance

Electrical power		kW <sub>el</sub>	283
Coolant heat	± 7 %	kW	171
Mixture heat HT	± 7 %	kW	34
Mixture heat LT	± 7 %	kW	14
Exhaust heat cooled to 120 °C	± 7 %	kW	179
Engine radiation heat max.	± 7 %	kW	21
Fuel consumption	+ 5 %	kW	776
Electrical efficiency		%	36.4%
Thermal efficiency <sup>5</sup>		%	49.5%
Total efficiency		%	85.9%

### System parameters

Coolant filling quantity		l	16
Max. coolant operating pressure		bar	3
Min. engine coolant circulation quantity <sup>6</sup>		l/min	454
Coolant temperature min./max. <sup>6</sup>		°C	80 / 88
Difference (inlet - outlet max.)		K	6
Max. mixture cooling water inlet temperature LT		°C	75
Min. mixture cooling water circulation quantity LT		l/min	69
Max. mixture cooling water inlet temperature HT		°C	85
Min. mixture cooling water circulation quantity HT		l/min	182
Max. suction pressure		mbar	15
Max. exhaust back pressure		mbar	40

### Noise frequency band Canopy    Container

Surface noise at 3 m	dB (A)	70	70
----------------------	--------	----	----

### Dimensions Genset Voltages    Breaker Size (A)

		Open	Canopy	Container		
Length	mm	3150	4800	6008	480/240	500/1000
Width	mm	1520	1750	2440	440/220	500/1000
Height	mm	2100	2250	2590	416/208	500/1000
Weight, dry	kg	3636	4936	5886		

1 Rating adaptation at ambient conditions acc to DIN ISO 3046-1  
 2 Engine power ratings and combustion air volume flows acc to DIN ISO 3046-1  
 3 Lube oil to MAN works standar M 3271-2 and coolant to MAN works standard M 324 Type NF  
 4 At 60 Hz, U = 0.48 kV, Power Factor = 1  
 5 Efficiency considers: coolant heat, mixture heat HT and exhaust heat  
 6 The coolant data are based on a 40 % portion of antifreeze.

## C65 & C65-ICHP MicroTurbine Natural Gas



Achieve ultra-low emissions and reliable electrical/thermal generation from natural gas.

- Ultra-low emissions
- One moving part: Minimal maintenance and downtime
- Patented air bearing: No lubricating oil or coolant
- 5 and 9 year Factory Protection Plans available
- Remote monitoring and diagnostic capabilities
- Integrated utility synchronization and protection<sup>(1)</sup>
- Small, modular design allows for easy, low-cost installation
- Reliable: Tens of millions of run hours and counting



C65 MicroTurbine

### Electrical Performance<sup>(2)</sup>

Electrical Power Output	65kW
Voltage	400–480 VAC
Electrical Service	3-Phase, 4 wire
Frequency	50/60 Hz, grid connect operation 10–60 Hz, stand alone operation
Maximum Output Current	100A, grid connect operation 127A, stand alone operation <sup>(4)</sup>
Electrical Efficiency LHV	29%



C65-ICHP MicroTurbine

### Fuel/Engine Characteristics<sup>(2)</sup>

Natural Gas HHV	30.7–47.5 MJ/m <sup>3</sup> (825–1,275 BTU/scf)
Inlet Pressure <sup>(4)</sup>	517–552 kPa gauge (75–80 psig)
Fuel Flow HHV	888 MJ/hr (842,000 BTU/hr)
Net Heat Rate LHV	12.4 MJ/kWh (11,800 BTU/kWh)

### Exhaust Characteristics<sup>(2)</sup>

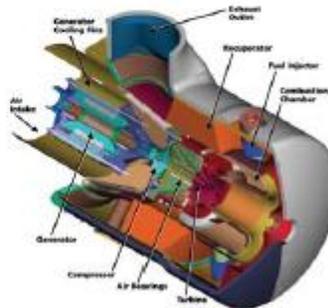
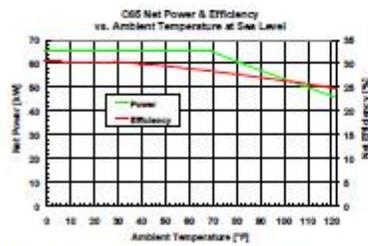
	C65
NO <sub>x</sub> Emissions at 15% O <sub>2</sub> <sup>(4)</sup>	< 9 ppmvd (18 mg/m <sup>3</sup> )
NO <sub>x</sub> / Electrical Output <sup>(4)</sup>	0.16 g/bhp-hr (0.46 lb/MWhe)
Exhaust Gas Flow	0.49 kg/s (1.08 lbm/s)
Exhaust Gas Temperature	309°C (588°F)

Reliable power when and where you need it. Clean and simple.



C65-ICHP Heat Recovery <sup>(2)</sup>		
Integrated Heat Recovery Module Type	Copper Core	Stainless Steel Core
Hot Water Heat Recovery	120 kW (408,000 BTU/hr)	74 kW (251,000 BTU/hr)
Total System Efficiency LHV	82%	62%
Dimensions & Weight <sup>(7)</sup>		
Width x Depth <sup>(8)</sup> x Height <sup>(8)</sup>	C65 0.76 x 1.9 x 1.9 m (30 x 77 x 76 in)	C65-ICHP 0.76 x 2.2 x 2.4 m (30 x 87 x 93 in)
Weight - Grid Connect Model	758 kg (1,671 lb)	1000 kg (2,200 lb)
Weight - Dual Mode Model	1121 kg (2,471 lb)	1364 kg (3,000 lb)
Minimum Clearance Requirements <sup>(10)</sup>		
Vertical Clearance	C65 0.61 m (24 in)	C65-ICHP 0.61 m (24 in)
Horizontal Clearance		
Left & Right	0.76 m (30 in)	0.76 m (30 in)
Front <sup>(11)</sup>	1.7 m (65 in)	1.7 m (65 in)
Rear	0.91 m (36 in)	0.76 m (30 in)
Sound Levels		
Acoustic Emissions at Full Load Power <sup>(12)</sup>	C65 70 dBA	C65-ICHP 65 dBA
Nominal at 10 m (33 ft)		

- Certifications**
- Certified to UL 2200 and UL 1741 for natural gas operation (UL files AU2687, E209370)
  - Complies with IEEE 1547 and meets statewide utility interconnection requirements for California Rule 21 and the New York State Public Service Commission
  - Materials Equipment Acceptance (MEA) approval for New York City
  - Models available with optional equipment for CE Marking



(1) Some utilities may require additional equipment for grid interconnectivity.  
 (2) Nominal full power performance at ISO conditions: 50°F, 14.696 psia, 62% RH  
 (3) With linear load  
 (4) Inlet pressure for standard natural gas at 30.4 MPa<sub>abs</sub> (1,000 BTU/hcf) (60W)  
 (5) Exhaust emissions for standard natural gas at 30.4 MPa<sub>abs</sub> (1,000 BTU/hcf) (60W)  
 (6) Heat recovery for water inlet temperature of 30°C (100°F) and flow rate of 2.5 in (60 GPM)  
 (7) Approximate dimensions and weights  
 (8) Depth includes 10 inch extension for the heat recovery module rain hood on ICHP versions  
 (9) Height dimensions are to the roof line. Exhaust outlet extends at least 7 inches above the roof line  
 (10) Clearance requirements may increase due to local code considerations  
 (11) Dual Mode Micro Turbine configuration for battery removal clearance  
 (12) The optional acoustic inlet hood kit can reduce acoustic emissions at the front of the Micro Turbine by up to 5 dBA. Specifications are not warranted and are subject to change without notice.



21211 Nordhoff Street • Chatsworth • CA • 91311 • 866.422.7786 • 818.734.5300 • www.capstoneturbine.com  
 ©2010 Capstone Turbine Corporation. P6410 C65 & C65-ICHP Data Sheet CAP139 | Capstone PN 331035D

# ANEXO 11. CALCULO DE SISTEMA CONVENCIONAL

$\eta =$	70.00%		Precio gas LP	10.58 \$/kg	*Fuente: Pemex
PCI =	49,858.00 kJ/kg		abr-12		
					$m_c = \frac{kW_t}{PCI * \eta}$
Hotel	kWt	mc (kg/s)	mc (kg/año)	Precio del combustible	
Alhambra	38.57	0.00111	34,851.65	\$ 368,730.46	\$ 9,560.03
Baluartes	51.35	0.00147	46,399.59	\$ 490,907.68	
Costa y Sol	67.61	0.00194	61,092.04	\$ 646,353.82	
Maria Isabel	46	0.00132	41,565.36	\$ 439,761.51	
Ocean View	34.95	0.00100	31,580.64	\$ 334,123.15	
*El factor de uso son las horas al día de operación del calentador					



# ANEXO 12. MEMORIA DE CALCULO DE ANALISIS ECONOMICO

<b>HOTEL ALHAMBRA</b>			
DATOS	CAPACIDAD NETA MEDIA DE SITIO ENERGIA ELECTRICA	25.71 225.22	KW MWh/año
COSTO ACTUAL	ENERGIA ELECTRICA	37,361.82	USD/AÑO
	COMBUSTIBLE	26,432.29	USD/AÑO
		63794.11051	
COSTOS FUTUROS	COMBUSTIBLE	4,509.30	USD/AÑO
	RESPALDO	37,350.57	USD/AÑO
	REFACCIONES	917.79	USD/AÑO
	OTROS COSTOS	7,615.40	USD/AÑO
	COSTOS ADICIONALES NO ESTIMADOS	12,598.26	
		62,991.32	
AHORRO ANUAL		802.79	
FINANCIAMIENTO	INVERSION	45,889.37	milUSD/año
	VIDA UTIL	20.00	años

**SIN FINANCIAMIENTO**

**TABLA DE VALORES CORRIENTES**  
MILES DE USD

año	ingresos ahorros	costos combustible	otros	INVERSION	COSTO FINANCIERO	CAMBIO NETO
0	0	0	0	45889.3742	0	-45889.3742
1	63794.11051	4509.296638	45883.76321	0	0	13401.05066
2	63794.11051	4509.296638	45883.76321	0	0	13401.05066
3	63794.11051	4509.296638	45883.76321	0	0	13401.05066
4	63794.11051	4509.296638	45883.76321	0	0	13401.05066
5	63794.11051	4509.296638	45883.76321	0	0	13401.05066
6	63794.11051	4509.296638	45883.76321	0	0	13401.05066
7	63794.11051	4509.296638	45883.76321	0	0	13401.05066
8	63794.11051	4509.296638	45883.76321	0	0	13401.05066
9	63794.11051	4509.296638	45883.76321	0	0	13401.05066
10	63794.11051	4509.296638	45883.76321	0	0	13401.05066
11	63794.11051	4509.296638	45883.76321	0	0	13401.05066
12	63794.11051	4509.296638	45883.76321	0	0	13401.05066
13	63794.11051	4509.296638	45883.76321	0	0	13401.05066
14	63794.11051	4509.296638	45883.76321	0	0	13401.05066
15	63794.11051	4509.296638	45883.76321	0	0	13401.05066
16	63794.11051	4509.296638	45883.76321	0	0	13401.05066
17	63794.11051	4509.296638	45883.76321	0	0	13401.05066
18	63794.11051	4509.296638	45883.76321	0	0	13401.05066
19	63794.11051	4509.296638	45883.76321	0	0	13401.05066
20	63794.11051	4509.296638	45883.76321	0	0	13401.05066
21	0	0	0	0	0	0

**TASA DE OPORTUNIDAD (DESCUENTO)** 12.00 %anual

**TABLA DE VALORES PRESENTES**  
MILES DE USD

año	deflactor	VPN de los AHORROS	VPN de los COSTOS	VPN de la INVERSION	VPN NETO Anual	VPN acumulado	TIR%	T retorno años
INCLUYE COSTO FINANCIERO								
0	1.000	0	0	45,889	-45,889	-45,889		0.00
1	0.893	56,959	44,994	0	11,965	-33,924		3.84
2	0.797	50,856	40,173	0	10,683	-23,241	-29.42%	4.18
3	0.712	45,407	35,869	0	9,539	-13,702	-6.33%	4.44
4	0.636	40,542	32,026	0	8,517	-5,186	6.52%	4.61
5	0.567	36,198	28,594	0	7,604	2,418	14.11%	4.68
6	0.507	32,320	25,531	0	6,789	9,208	18.83%	4.64
7	0.452	28,857	22,795	0	6,062	15,270	21.90%	4.48
8	0.404	25,765	20,353	0	5,412	20,682	23.97%	4.18
9	0.361	23,005	18,172	0	4,833	25,515	25.39%	3.72
10	0.322	20,540	16,225	0	4,315	29,830	26.40%	3.09
11	0.287	18,339	14,487	0	3,852	33,682	27.12%	2.26
12	0.257	16,374	12,935	0	3,440	37,122	27.64%	1.21
13	0.229	14,620	11,549	0	3,071	40,193	28.03%	-0.09
14	0.205	13,054	10,311	0	2,742	42,935	28.31%	-1.66
15	0.183	11,655	9,207	0	2,448	45,383	28.53%	-3.54
16	0.163	10,406	8,220	0	2,186	47,569	28.69%	-5.76
17	0.146	9,291	7,339	0	1,952	49,521	28.81%	-8.37
18	0.130	8,296	6,553	0	1,743	51,264	28.90%	-11.42
19	0.116	7,407	5,851	0	1,556	52,820	28.97%	-14.95
20	0.104	6,613	5,224	0	1,389	54,209	29.02%	-19.02
21	0.093	0	0	0	0	54,209	29.02%	
VPN		476,507	376,408	45,889	54,209			

<b>RESULTADOS</b>			
RESULTADO NETO DE OPERACIÓN(RNO)	<b>100,098</b>	<b>USD</b>	
RELACION B/C	<b>2.18</b>	<b>VECES</b>	
VALOR PRESENTE NETO	<b>54,209</b>	<b>USD</b>	2710.451
TASA INTERNA DE RETORNO(TIR)	<b>29%</b>		
TIEMPO DE RETORNO(VPN)	<b>4.44</b>	<b>AÑOS</b>	

### HOTEL BALUARTES

DATOS	CAPACIDAD NETA MEDIA DE SITIO	<b>34.23</b>	KW
	ENERGIA ELECTRICA	<b>299.85</b>	MWh/año
COSTO ACTUAL	ENERGIA ELECTRICA	<b>128,142.65</b>	USD/AÑO
	COMBUSTIBLE	<b>35,179.92</b>	USD/AÑO
COSTOS FUTUROS		163322.5716	
	COMBUSTIBLE	\$ 5,068.25	USD/AÑO
	RESPALDO	<b>56,913.94</b>	USD/AÑO
	REFACCIONES	<b>1,254.12</b>	USD/AÑO
	OTROS COSTOS	10,299.87	USD/AÑO
AHORRO ANUAL	COSTOS ADICIONALES NO ESTIMADOS	18,384.05	
		\$ 91,920.23	
		<b>71,402.35</b>	
	INVERSION	<b>62,706.02</b>	milUSD/año
	VIDA UTIL	<b>20.00</b>	años

FINANCIAMIENTO

SIN FINANCIAMIENTO

**TABLA DE VALORES CORRIENTES**  
MILES DE USD

año	ingresos ahorros	costos combustible	otros	INVERSION	COSTO FINANCIERO	CAMBIO NETO
0	0	0	0	62706.01729	0	-62706.01729
1	163322.5716	5068.252935	68467.9283	0	0	89786.39035
2	163322.5716	5068.252935	68467.9283	0	0	89786.39035
3	163322.5716	5068.252935	68467.9283	0	0	89786.39035
4	163322.5716	5068.252935	68467.9283	0	0	89786.39035
5	163322.5716	5068.252935	68467.9283	0	0	89786.39035
6	163322.5716	5068.252935	68467.9283	0	0	89786.39035
7	163322.5716	5068.252935	68467.9283	0	0	89786.39035
8	163322.5716	5068.252935	68467.9283	0	0	89786.39035
9	163322.5716	5068.252935	68467.9283	0	0	89786.39035
10	163322.5716	5068.252935	68467.9283	0	0	89786.39035
11	163322.5716	5068.252935	68467.9283	0	0	89786.39035
12	163322.5716	5068.252935	68467.9283	0	0	89786.39035
13	163322.5716	5068.252935	68467.9283	0	0	89786.39035
14	163322.5716	5068.252935	68467.9283	0	0	89786.39035
15	163322.5716	5068.252935	68467.9283	0	0	89786.39035
16	163322.5716	5068.252935	68467.9283	0	0	89786.39035
17	163322.5716	5068.252935	68467.9283	0	0	89786.39035
18	163322.5716	5068.252935	68467.9283	0	0	89786.39035
19	163322.5716	5068.252935	68467.9283	0	0	89786.39035
20	163322.5716	5068.252935	68467.9283	0	0	89786.39035
26	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL INVERSION FISICA</b>				<b>\$ 62,706.02</b>		

**TASA DE OPORTUNIDAD (DESCUENTO)** 12.00 %anual

**TABLA DE VALORES PRESENTES**  
MILES DE USD

año	deflactor	VPN de los AHORROS	VPN de los COSTOS	VPN de la INVERSION	VPN NETO Anual	VPN acumulado	TIR%	T retorno años
INCLUYE COSTO FINANCIERO								
0	1.000	0	0	62,706	-62,706	-62,706		0.00
1	0.893	145,824	65,657	0	80,166	17,460	43.19%	0.78
2	0.797	130,200	58,623	0	71,577	89,038	111.04%	0.76
3	0.712	116,250	52,342	0	63,908	152,946	131.67%	0.61
4	0.636	103,794	46,734	0	57,061	210,007	138.78%	0.32
5	0.567	92,674	41,726	0	50,947	260,954	141.44%	-0.12
6	0.507	82,744	37,256	0	45,489	306,442	142.48%	-0.74
7	0.452	73,879	33,264	0	40,615	347,057	142.90%	-1.55
8	0.404	65,963	29,700	0	36,263	383,320	143.07%	-2.57
9	0.361	58,896	26,518	0	32,378	415,698	143.14%	-3.84
10	0.322	52,585	23,677	0	28,909	444,607	143.17%	-5.38
11	0.287	46,951	21,140	0	25,811	470,419	143.18%	-7.23
12	0.257	41,921	18,875	0	23,046	493,464	143.18%	-9.41
13	0.229	37,429	16,853	0	20,577	514,041	143.18%	-11.98
14	0.205	33,419	15,047	0	18,372	532,413	143.19%	-14.98
15	0.183	29,838	13,435	0	16,404	548,817	143.19%	-18.46
16	0.163	26,641	11,995	0	14,646	563,463	143.19%	-22.47
17	0.146	23,787	10,710	0	13,077	576,540	143.19%	-27.09
18	0.130	21,238	9,563	0	11,676	588,216	143.19%	-32.38
19	0.116	18,963	8,538	0	10,425	598,640	143.19%	-38.42
20	0.104	16,931	7,623	0	9,308	607,948	143.19%	-45.32
26	0.053	0	0	0	0	607,948	143.19%	
VPN		1,219,929	549,274	62,706	607,948			

<b>RESULTADOS</b>	
RESULTADO NETO DE OPERACIÓN(RNO)	<b>670,654</b> USD
RELACION B/C	<b>10.70</b> VECES
VALOR PRESENTE NETO	<b>607,948</b> USD
TASA INTERNA DE RETORNO(TIR)	<b>143%</b>
TIEMPO DE RETORNO(VPN)	<b>0.78</b> AÑOS

### HOTEL COSTA Y SOL

DATOS	CAPACIDAD NETA MEDIA DE SITIO	<b>45.07</b>	KW
	ENERGIA ELECTRICA	<b>394.81</b>	MWh/año
COSTO ACTUAL	ENERGIA ELECTRICA	<b>99,733.14</b>	USD/AÑO
	COMBUSTIBLE	<b>46,319.66</b>	USD/AÑO
		146052.7977	
COSTOS FUTUROS	COMBUSTIBLE	<b>6,673.12</b>	USD/AÑO
	RESPALDO	<b>63,576.31</b>	USD/AÑO
	REFACCIONES	<b>1,592.68</b>	USD/AÑO
	OTROS COSTOS	13,268.56	USD/AÑO
	<u>COSTOS ADICIONALES NO ESTIMADOS</u>	21,277.67	
		106,388.34	
AHORRO ANUAL		<b>39,664.46</b>	
	INVERSION	<b>79,634.21</b>	milUSD/año
	VIDA UTIL	<b>20.00</b>	años

FINANCIAMIENTO

SIN FINANCIAMIENTO

#### TABLA DE VALORES CORRIENTES

MILES DE USD

ingresos	costos		INVERSION	COSTO	CAMBIO	
año	ahorros	combustible	otros		FINANCIERO	NETO
0	0	0	0	79634.21088	0	-79634.21088
1	146052.7977	6673.117448	78437.55077	0	0	60942.1295
2	146052.7977	6673.117448	78437.55077	0	0	60942.1295
3	146052.7977	6673.117448	78437.55077	0	0	60942.1295
4	146052.7977	6673.117448	78437.55077	0	0	60942.1295
5	146052.7977	6673.117448	78437.55077	0	0	60942.1295
6	146052.7977	6673.117448	78437.55077	0	0	60942.1295
7	146052.7977	6673.117448	78437.55077	0	0	60942.1295
8	146052.7977	6673.117448	78437.55077	0	0	60942.1295
9	146052.7977	6673.117448	78437.55077	0	0	60942.1295
10	146052.7977	6673.117448	78437.55077	0	0	60942.1295
11	146052.7977	6673.117448	78437.55077	0	0	60942.1295
12	146052.7977	6673.117448	78437.55077	0	0	60942.1295
13	146052.7977	6673.117448	78437.55077	0	0	60942.1295
14	146052.7977	6673.117448	78437.55077	0	0	60942.1295
15	146052.7977	6673.117448	78437.55077	0	0	60942.1295
16	146052.7977	6673.117448	78437.55077	0	0	60942.1295
17	146052.7977	6673.117448	78437.55077	0	0	60942.1295
18	146052.7977	6673.117448	78437.55077	0	0	60942.1295
19	146052.7977	6673.117448	78437.55077	0	0	60942.1295
20	146052.7977	6673.117448	78437.55077	0	0	60942.1295
26	0	0	0	0	0	0
	<b>TOTAL INVERSION FISICA</b>			<b>\$ 79,634.21</b>		

año	deflactor	VPN de los AHORROS	VPN de los COSTOS	VPN de la INVERSION	VPN NETO Anual	VPN acumulado	TIR%	T retorno años
INCLUYE COSTO FINANCIERO								
0	1.000	0	0	79,634	-79,634	-79,634		0.00
1	0.893	130,404	75,992	0	54,413	-25,222	-23.47%	1.46
2	0.797	116,432	67,850	0	48,583	23,361	33.75%	1.52
3	0.712	103,957	60,580	0	43,377	66,739	56.60%	1.46
4	0.636	92,819	54,089	0	38,730	105,468	66.59%	1.28
5	0.567	82,874	48,294	0	34,580	140,049	71.35%	0.95
6	0.507	73,995	43,120	0	30,875	170,924	73.75%	0.46
7	0.452	66,067	38,500	0	27,567	198,491	75.01%	-0.20
8	0.404	58,988	34,375	0	24,614	223,104	75.68%	-1.06
9	0.361	52,668	30,692	0	21,976	245,081	76.06%	-2.15
10	0.322	47,025	27,403	0	19,622	264,702	76.26%	-3.49
11	0.287	41,987	24,467	0	17,519	282,222	76.38%	-5.11
12	0.257	37,488	21,846	0	15,642	297,864	76.44%	-7.04
13	0.229	33,472	19,505	0	13,966	311,831	76.48%	-9.33
14	0.205	29,885	17,415	0	12,470	324,300	76.50%	-12.01
15	0.183	26,683	15,549	0	11,134	335,434	76.51%	-15.13
16	0.163	23,824	13,883	0	9,941	345,375	76.52%	-18.74
17	0.146	21,272	12,396	0	8,876	354,251	76.52%	-22.91
18	0.130	18,993	11,068	0	7,925	362,176	76.52%	-27.70
19	0.116	16,958	9,882	0	7,076	369,252	76.53%	-33.19
20	0.104	15,141	8,823	0	6,318	375,570	76.53%	-39.45
26	0.053	0	0	0	0	375,570	76.53%	
VPN		1,090,933	635,729	79,634	375,570			

<b>RESULTADOS</b>	
RESULTADO NETO DE OPERACIÓN(RNO)	<b>455,204 USD</b>
RELACION B/C	<b>5.72 VECES</b>
VALOR PRESENTE NETO	<b>375,570 USD</b>
TASA INTERNA DE RETORNO(TIR)	<b>77%</b>
TIEMPO DE RETORNO(VPN)	<b>1.52 AÑOS</b>

### Hotel Maria Isabel

DATOS	CAPACIDAD NETA MEDIA DE SITIO	<b>30.67</b>	KW
	ENERGIA ELECTRICA	<b>268.67</b>	MWh/año
COSTO ACTUAL	ENERGIA ELECTRICA	<b>111,627.24</b>	USD/AÑO
	COMBUSTIBLE	<b>31,514.63</b>	USD/AÑO
		143141.8783	
COSTOS FUTUROS	COMBUSTIBLE	<b>4,540.21</b>	USD/AÑO
	RESPALDO	<b>45,405.49</b>	USD/AÑO
	REFACCIONES	<b>1,094.70</b>	USD/AÑO
	OTROS COSTOS	9,082.98	USD/AÑO
	COSTOS ADICIONALES NO ESTIMADOS	15,030.84	
		60123.37864	
AHORRO ANUAL		<b>83,018.50</b>	
		<b>54,735.05</b>	milUSD/año
		<b>20.00</b>	años

FINANCIAMIENTO

SIN FINANCIAMIENTO

**TABLA DE VALORES CORRIENTES**  
MILES DE USD

año	ingresos ahorros	costos combustible	otros	INVERSION	COSTO FINANCIERO	CAMBIO NETO
0	0	0	0	54735.04546	0	-54735.04546
1	143141.8783	4540.207108	55583.17153	0	0	83018.49965
2	143141.8783	4540.207108	55583.17153	0	0	83018.49965
3	143141.8783	4540.207108	55583.17153	0	0	83018.49965
4	143141.8783	4540.207108	55583.17153	0	0	83018.49965
5	143141.8783	4540.207108	55583.17153	0	0	83018.49965
6	143141.8783	4540.207108	55583.17153	0	0	83018.49965
7	143141.8783	4540.207108	55583.17153	0	0	83018.49965
8	143141.8783	4540.207108	55583.17153	0	0	83018.49965
9	143141.8783	4540.207108	55583.17153	0	0	83018.49965
10	143141.8783	4540.207108	55583.17153	0	0	83018.49965
11	143141.8783	4540.207108	55583.17153	0	0	83018.49965
12	143141.8783	4540.207108	55583.17153	0	0	83018.49965
13	143141.8783	4540.207108	55583.17153	0	0	83018.49965
14	143141.8783	4540.207108	55583.17153	0	0	83018.49965
15	143141.8783	4540.207108	55583.17153	0	0	83018.49965
16	143141.8783	4540.207108	55583.17153	0	0	83018.49965
17	143141.8783	4540.207108	55583.17153	0	0	83018.49965
18	143141.8783	4540.207108	55583.17153	0	0	83018.49965
19	143141.8783	4540.207108	55583.17153	0	0	83018.49965
20	143141.8783	4540.207108	55583.17153	0	0	83018.49965
26	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL INVERSION FISICA</b>				<b>\$ 54,735.05</b>		

TASA DE OPORTUNIDAD (DESCUENTO) 12.00 %anual

**TABLA DE VALORES PRESENTES**

MILES DE USD

año	deflactor	VPN de los AHORROS	VPN de los COSTOS	VPN de la INVERSION	VPN NETO Anual	VPN acumulado	TIR%	T retorno años
INCLUYE COSTO FINANCIERO								
0	1.000	0	0	54,735	-54,735	-54,735		0.00
1	0.893	127,805	53,682	0	74,124	19,389	51.67%	0.74
2	0.797	114,112	47,930	0	66,182	85,570	120.47%	0.71
3	0.712	101,886	42,795	0	59,091	144,661	140.81%	0.55
4	0.636	90,969	38,209	0	52,760	197,421	147.64%	0.26
5	0.567	81,223	34,116	0	47,107	244,528	150.12%	-0.19
6	0.507	72,520	30,460	0	42,060	286,588	151.07%	-0.81
7	0.452	64,750	27,197	0	37,553	324,141	151.43%	-1.63
8	0.404	57,813	24,283	0	33,530	357,671	151.58%	-2.67
9	0.361	51,618	21,681	0	29,937	387,608	151.64%	-3.95
10	0.322	46,088	19,358	0	26,730	414,338	151.66%	-5.50
11	0.287	41,150	17,284	0	23,866	438,204	151.67%	-7.36
12	0.257	36,741	15,432	0	21,309	459,513	151.67%	-9.56
13	0.229	32,804	13,779	0	19,026	478,538	151.67%	-12.15
14	0.205	29,290	12,302	0	16,987	495,526	151.67%	-15.17
15	0.183	26,151	10,984	0	15,167	510,693	151.67%	-18.67
16	0.163	23,350	9,807	0	13,542	524,235	151.67%	-22.71
17	0.146	20,848	8,757	0	12,091	536,326	151.67%	-27.36
18	0.130	18,614	7,818	0	10,796	547,122	151.67%	-32.68
19	0.116	16,620	6,981	0	9,639	556,761	151.67%	-38.76
20	0.104	14,839	6,233	0	8,606	565,367	151.67%	-45.69
26	0.053	0	0	0	0	565,367	151.67%	
VPN		1,069,190	449,088	54,735	565,367			

<b>RESULTADOS</b>	
RESULTADO NETO DE OPERACIÓN(RNO)	<b>620,102</b> USD
RELACION B/C	<b>11.33</b> VECES
VALOR PRESENTE NETO	<b>565,367</b> USD
TASA INTERNA DE RETORNO(TIR)	<b>152%</b>
TIEMPO DE RETORNO(VPN)	<b>0.74</b> AÑOS

**Hotel Ocean View**

DATOS	CAPACIDAD NETA MEDIA DE SITIO	<b>23.30</b>	KW
	ENERGIA ELECTRICA	<b>204.11</b>	MWh/año
COSTO ACTUAL	ENERGIA ELECTRICA	<b>67,557.88</b>	USD/AÑO
	COMBUSTIBLE	<b>23,944.27</b>	USD/AÑO
91502.14951			
COSTOS FUTUROS	COMBUSTIBLE	<b>3,449.57</b>	USD/AÑO
	RESPALDO	<b>24,967.23</b>	USD/AÑO
	REFACCIONES	<b>782.61</b>	USD/AÑO
	OTROS COSTOS	6,655.44	USD/AÑO
	<u>COSTOS ADICIONALES NO ESTIMADOS</u>	8,963.71	
35854.84748			
AHORRO ANUAL		<b>55,647.30</b>	
		<b>39,130.27</b>	milUSD/año
		<b>20.00</b>	años

FINANCIAMIENTO

SIN FINANCIAMIENTO

**TABLA DE VALORES CORRIENTES**  
MILES DE USD

	ingresos	costos		INVERSION	COSTO	CAMBIO
año	ahorros	combustible	otros		FINANCIERO	NETO
0	0	0	0	39130.27313	0	-39130.2731
1	91502.14951	3449.570401	32405.27708	0	0	55647.30203
2	91502.14951	3449.570401	32405.27708	0	0	55647.30203
3	91502.14951	3449.570401	32405.27708	0	0	55647.30203
4	91502.14951	3449.570401	32405.27708	0	0	55647.30203
5	91502.14951	3449.570401	32405.27708	0	0	55647.30203
6	91502.14951	3449.570401	32405.27708	0	0	55647.30203
7	91502.14951	3449.570401	32405.27708	0	0	55647.30203
8	91502.14951	3449.570401	32405.27708	0	0	55647.30203
9	91502.14951	3449.570401	32405.27708	0	0	55647.30203
10	91502.14951	3449.570401	32405.27708	0	0	55647.30203
11	91502.14951	3449.570401	32405.27708	0	0	55647.30203
12	91502.14951	3449.570401	32405.27708	0	0	55647.30203
13	91502.14951	3449.570401	32405.27708	0	0	55647.30203
14	91502.14951	3449.570401	32405.27708	0	0	55647.30203
15	91502.14951	3449.570401	32405.27708	0	0	55647.30203
16	91502.14951	3449.570401	32405.27708	0	0	55647.30203
17	91502.14951	3449.570401	32405.27708	0	0	55647.30203
18	91502.14951	3449.570401	32405.27708	0	0	55647.30203
19	91502.14951	3449.570401	32405.27708	0	0	55647.30203
20	91502.14951	3449.570401	32405.27708	0	0	55647.30203
26	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL INVERSION FISICA</b>				<b>\$ 39,130.27</b>		

TASA DE OPORTUNIDAD (TASA DE DESCUENTO) 12.00 % anual

**TABLA DE VALORES PRESENTES**

MILES DE USD

año	deflactor	VPN de los AHORROS	VPN de los COSTOS	VPN de la INVERSION	VPN NETO Anual	VPN acumulado	TIR%
INCLUYE COSTO FINANCIERO							
0	1.000	0	0	39,130	-39,130	-39,130	
1	0.893	81,698	32,013	0	49,685	10,555	42.21%
2	0.797	72,945	28,583	0	44,362	54,917	109.95%
3	0.712	65,129	25,521	0	39,609	94,525	130.62%
4	0.636	58,151	22,786	0	35,365	129,890	137.76%
5	0.567	51,921	20,345	0	31,576	161,466	140.44%
6	0.507	46,358	18,165	0	28,193	189,658	141.49%
7	0.452	41,391	16,219	0	25,172	214,830	141.92%
8	0.404	36,956	14,481	0	22,475	237,305	142.09%
9	0.361	32,997	12,930	0	20,067	257,372	142.16%
10	0.322	29,461	11,544	0	17,917	275,289	142.19%
11	0.287	26,305	10,307	0	15,997	291,287	142.20%
12	0.257	23,486	9,203	0	14,283	305,570	142.21%
13	0.229	20,970	8,217	0	12,753	318,323	142.21%
14	0.205	18,723	7,337	0	11,387	329,709	142.21%
15	0.183	16,717	6,551	0	10,167	339,876	142.21%
16	0.163	14,926	5,849	0	9,077	348,953	142.21%
17	0.146	13,327	5,222	0	8,105	357,058	142.21%
18	0.130	11,899	4,663	0	7,236	364,294	142.21%
19	0.116	10,624	4,163	0	6,461	370,755	142.21%
20	0.104	9,486	3,717	0	5,769	376,524	142.21%
26	0.053	0	0	0	0	376,524	142.21%
<b>VPN</b>		683,470	267,816	39,130	376,524		

<b>RESULTADOS</b>	
RESULTADO NETO DE OPERACIÓN(RNO)	<b>415,654</b> USD
RELACION B/C	<b>10.62</b> VECES
VALOR PRESENTE NETO	<b>376,524</b> USD
TASA INTERNA DE RETORNO(TIR)	<b>142%</b>
TIEMPO DE RETORNO(VPN)	<b>0.79</b> AÑOS