



Universidad de San Carlos  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica-Eléctrica

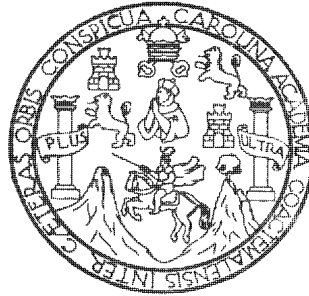
**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALDERAS PARA  
GENERAR ENERGÍA-VAPOR Y REDUCIR COSTOS EN LA  
FACTURACIÓN POR CONSUMO DE ENERGÍA DEL HOTEL  
RADISSON**

**David Estuardo Castillo Beber**

Asesorado por el Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez

Guatemala, junio de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALDERAS PARA  
GENERAR ENERGÍA-VAPOR Y REDUCIR COSTOS EN LA  
FACTURACIÓN POR CONSUMO DE ENERGÍA DEL HOTEL  
RADISSON**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

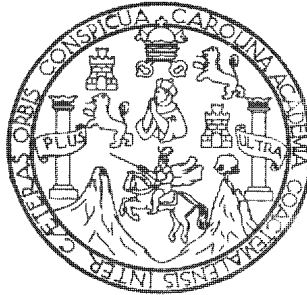
**DAVID ESTUARDO CASTILLO BEBER**

ASESORADO POR EL ING. GUSTAVO BENIGNO OROZCO GODÍNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, JUNIO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez
EXAMINADOR	Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALDERAS PARA  
GENERAR ENERGÍA-VAPOR Y REDUCIR COSTOS EN LA  
FACTURACIÓN POR CONSUMO DE ENERGÍA DEL HOTEL  
RADISSON,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 17 de octubre de 2007.



David Estuardo Castillo Beber



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALDERAS PARA GENERAR ENERGÍA-VAPOR Y REDUCIR COSTOS EN LA FACTURACIÓN POR CONSUMO DE ENERGÍA DEL HOTEL RADISSON**, presentado por el estudiante universitario **David Estuardo Castillo Beber**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy ~~Gonzalo~~ Paiz Recinos  
DECANO

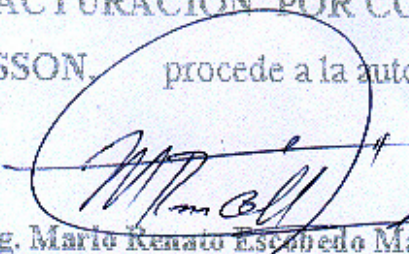


Guatemala, mayo de 2008





El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; David Estuardo Castillo Beber titulado: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALDERAS PARA GENERAR ENERGÍA-VAPOR Y REDUCIR COSTOS EN LA FACTURACIÓN POR CONSUMO DE ENERGÍA DEL HOTEL RADISSON, procede a la autorización del mismo.

  
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez  
DIRECTOR



GUATEMALA, 06 DE MAYO 2008.





Guatemala, 02 de MAYO 2008.

FACULTAD DE INGENIERIA

Señor Director  
Ing. Mario Renato Escobedo Martinez  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALDERAS PARA  
GENERAR ENERGÍA-VAPOR Y REDUCIR COSTOS EN LA  
FACTURACIÓN POR CONSUMO DE ENERGÍA DEL HOTEL  
RADISSON, del estudiante: David Estuardo Castillo Beber, por  
considerar que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

ID V ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Guillermo Bedoya Barrios  
Coordinador Área de Potencia



JGBB/sro

Guatemala, 8 de abril de 2008

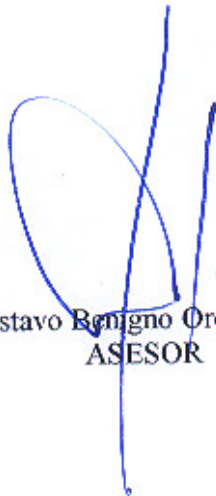
Ingeniero  
Jose Guillermo Bedoya  
Coordinador del Area de Potencia  
Escuela Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingenieria  
USAC

Estimado Ingeniero Bedoya:

De acuerdo con la designación hecha por la Dirección de Escuela, me permito informarle que he tenido a bien asesorar el Trabajo de Graduación titulado: IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CALDERAS PARA GENERAR ENERGIA-VAPOR Y REDUCIR COSTOS EN LA FACTURACION POR CONSUMO DE ENERGIA DEL HOTEL RADISSON, desarrollado por el estudiante DAVID ESTUARDO CASTILLO BEBER, carné 1997-20320 y, encontrándolo satisfactorio en su contenido y resultados, me permito dar aprobación al mismo remitiéndole a esa Coordinación para el trámite pertinente, en el entendido que el Autor y este Asesor somos responsables del contenido y conclusiones del Trabajo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,



Ing. Gustavo Benigno Orozco Godinez.  
ASESOR



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **DIOS**

Por darme la vida, la fuerza y la perseverancia para poder alcanzar este triunfo.  
Y por aquella vieja promesa hecha en Esquipulas.

### **MIS PADRES**

Ángel Gilberto Castillo Palma y María del Carmen Beber Aceituno de Castillo, por todos los sacrificios económicos que hicieron para brindarme la oportunidad de ser un Ingeniero. Siempre estaré en deuda, pues gracias a ellos veo mi sueño hecho realidad. Este es mi humilde regalo por el amor y el apoyo que siempre me brindaron.

### **MIS HERMANOS**

Alejandro y Mario, quienes siempre esperaron de mí este triunfo.

### **MI ABUELO**

Javier Castillo Argueta (*in memoriam*), por heredarme los conocimientos espaciales, mecánicos y eléctricos.

### **MI TÍA ABUELA**

Aída Eloína Palma Sandoval (*in memoriam*), porque me hubiera encantado poder compartir este triunfo al igual que el de bachillerato.

### **MI FAMILIA**

Especialmente a mis tíos, quienes siempre han estado pendientes de este logro.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**La Universidad  
de San Carlos de  
Guatemala**

Por acogerme durante todos estos años en sus aulas y darme la oportunidad de aprender.

**La Facultad de  
Ingeniería**

Por brindarme los conocimientos académicos e intelectuales para lograr ser un Ingeniero Mecánico Electricista y poseer una carrera tan completa.

**Mis compañeros  
de la facultad**

Hugo, Carlos Patzán, Donald Velásquez, Víctor Girón, Calixto Palacios, Byron Nova, Juan Carlos Sintú, Víctor Hernández, Jenser Hernández, Héctor Sagastume, Luis Juárez, Edgar Herrera David Alcántara , Eddie Camargo, Gerson Chamo, Henry Saravia, Luis Mejía, Roland Márquez, Manuel Escamilla, Iván Mendoza, Félix Guerra, Herold Fuentes, José Estrada, Francisco Juárez, William Alvarado, Elvis Morales, Francisco Muñoz y Mynor Godoy.

**Beatriz Baños de  
Beber**

Por todo el apoyo incondicional que me brindó dentro y fuera de la Universidad.



- Arely Calderón** Por contribuir a la realización de mi trabajo de graduación, estar a mi lado, soportar mis sacrificios y como ejemplo de constancia en la vida estudiantil.
- Vanessa Calderón** Por darme la oportunidad de realizar el trabajo de graduación en el Hotel Radisson.
- Todas las personas** Que de alguna u otra manera contribuyeron a la realización de este trabajo, especialmente a Marco Antonio Ortiz (Grupo Tocosa), Juan Carlos Pallais (Sidasa), José Hernández Martínez (Clayton México), Julio Bianchini (TGM Turbinas), Ing. Andry Salnars, Velvet Flores y el personal de mantenimiento del Hotel Crowne Plaza Guatemala.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	V
<b>GLOSARIO</b>	VII
<b>RESUMEN</b>	XIX
<b>OBJETIVOS</b>	XXI
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XXIII
<b>ANTECEDENTES DEL HOTEL RADISSON</b>	XXV

## **1. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

1.1	Generadores eléctricos	2
1.2	Turbina-Generador	4
1.3	Cogeneración	7
1.4	Ventajas de la generación propia en el Hotel Radisson	8
1.4.1	Beneficios económicos	9
1.4.2	Beneficios ecológicos	9
1.4.3	Beneficios operativos	10
1.5	Potencia eléctrica requerida en el Hotel Radisson	10

## **2. GENERACIÓN DE VAPOR PARA UN HOTEL**

2.1	Inicios de la caldera de vapor	17
2.1.1	Diferencias entre calderas pirotubulares y acuotubulares	20
2.1.1.1	Calderas pirotubulares (tubos de humo)	20
2.1.1.1.1	Tipos de calderas pirotubulares	20
2.1.1.2	Calderas acuotubulares (tubos de agua)	21
2.1.2	Producción estimada de vapor de calderas	21



2.1.3	Cálculo de la producción de vapor y energía	.....	23
2.2	Partes de la caldera	.....	25
2.2.1	Circuitos principales para la producción de vapor	.....	25
2.2.2	Dispositivos y circuitos auxiliares para vapor	.....	28
2.3	Ventajas de la generación de vapor en el Hotel Radisson	..	36
2.4	Potencia de vapor para calentamiento de agua	.....	39
<b>3.</b>	<b>PROYECTO</b>		
3.1	Descripción del proyecto	.....	41
3.1.1	Situación actual de hotel	.....	43
3.1.2	Propuesta técnica	.....	44
3.2	Diagramas propuestos	.....	48
3.2.1	Sistema de Vapor	.....	49
3.2.2	Sistema Turbina-Generador	.....	50
<b>4.</b>	<b>DISEÑO DE INSTALACIONES NUEVAS E INFRAESTRUCTURA</b>		
4.1	Ubicación de equipo y maquinaria	.....	52
4.2	Almacenamiento de agua y combustible	.....	53
4.2.1	Diseño del cisterna para agua	.....	55
4.2.2	Diseño del tanque para combustible	.....	56
4.3	Subestación eléctrica	.....	64
4.3.1	Diseño de la subestación eléctrica	.....	67
<b>5.</b>	<b>ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO</b>		
5.1	Gastos de operación del sistema actual	.....	69
5.1.1	Costos por consumo de energía eléctrica	.....	69
5.1.2	Costos por consumo de combustible	.....	69
5.1.3	Costos del personal	.....	69
5.1.4	Costos de mantenimiento	.....	70

5.1.5	Costos totales	.....	70
5.2	Valor de la inversión del proyecto propuesto	.....	71
5.2.1	Costos por equipo para producir vapor	.....	71
5.2.2	Costos por equipo para generación eléctrica	.....	72
5.2.3	Gastos totales por inversión del proyecto	.....	73
5.3	Costos de operación estimados del proyecto propuesto	..	74
5.4	Análisis comparativo	.....	74
5.4.1	Valor actual neto (VAN)	.....	75
<b>CONCLUSIONES</b>			..... 77
<b>RECOMENDACIONES</b>			..... 79
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>			..... 83





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Caldera acuatubular 500 BHP Industrias Clayton	.....	45
2	Turbina de baja presión y baja temperatura marca TGM	.....	47
3	Generador eléctrico (350-400kw) marca New Age Stamford	.....	48
4	Sistema de vapor propuesto	.....	49
5	Sistema Turbina-Generador	.....	50
6	Dimensiones de la cisterna subterránea para agua	.....	56
7	Sección frontal del tanque para almacenamiento de combustible	....	63
8	Sección lateral del tanque para almacenamiento de combustible	.....	64
9	Diseño de la subestación eléctrica	.....	67

## TABLAS

I	Potencia eléctrica requerida en el Hotel Radisson	.....	11
II	Costos totales de operación del sistema actual en el hotel	.....	70
III	Costos totales de operación del proyecto propuesto	.....	74
IV	VAN de los costos de la situación actual	.....	76
V	VAN de los costos del proyecto propuesto	.....	77

## GLOSARIO

<b>Álabe</b>	Paleta combada y perfilada de una rueda hidráulica, turbina o compresor.
<b>Alternador</b>	Máquina generadora de corriente alterna transformando la energía mecánica en energía eléctrica, mediante fenómenos de inducción.
<b>Amperio</b>	Unidad de intensidad de corriente eléctrica del sistema internacional de unidades.
<b>Bar</b>	Unidad de presión equivalente a un millón de barias, aproximadamente igual a una atmósfera (1 Atm). La palabra bar tiene su origen en <i>báros</i> , que en griego significa peso.
<b>BHP</b>	Siglas en inglés para <i>Brake Horse Power</i> BHP son los caballos de fuerza medidos sin la pérdida que dan los componentes auxiliares.



<b>Biocombustible</b>	Combustible que deriva de la biomasa (organismos recientemente vivos o sus desechos metabólicos). Los biocombustibles más usados y desarrollados son el bioetanol y el biodiésel.
<b>Bobina</b>	Llamada también inductor es un elemento que reacciona contra los cambios en la corriente a través de él, generando una tensión que se opone a la tensión aplicada y es proporcional al cambio de la corriente.
<b>Caldera</b>	Dispositivo cilíndrico herméticamente cerrado en el cual se calienta agua con el objeto de producir vapor, necesario para alimentar una máquina térmica o cualquier aplicación que lo requiera.
<b>Cambiador de calor</b>	Dispositivo mecánico que añade o extrae calor de alguna región del espacio para cambiar el estado termodinámico de un fluido.
<b>Cogeneración</b>	Procedimiento mediante el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil como vapor o agua caliente sanitaria.

<b>Combustión</b>	La combustión es una reacción química en la que un elemento combustible se combina con otro comburente (generalmente oxígeno en forma de O <sub>2</sub> gaseoso), desprendiendo calor y produciendo un óxido; la combustión es una reacción exotérmica debido a que su descomposición en los elementos libera luz y calor.
<b>Condensado</b>	Producto que resulta de un proceso físico que consiste en el paso de una sustancia en forma gaseosa a forma líquida. Es el proceso inverso a la ebullición.
<b>Conmutador</b>	Dispositivo que permite modificar el camino que deben seguir los electrones.
<b>Convección</b>	Intercambio de calor en el cual el fluido calorífero se calienta por contacto con un foco de calor y al dilatarse y disminuir su densidad, adquiere un movimiento ascendente y luego horizontal, antes de descender al enfriarse para reemplazar las masas fluidas nuevamente calentadas.
<b>Corriente Alterna</b>	Se abrevia CA en español y AC ( <i>altern current</i> ) en inglés; es la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente.

**Corriente****Continúa**

Es la corriente en la que las cargas eléctricas circulan siempre en la misma dirección desde el punto de mayor potencial al de menor, se abrevia CC en español, y en inglés DC, de *Direct Current*.

**Corriente****Eléctrica**

Flujo de portadores de carga eléctrica, normalmente a través de un cable metálico o cualquier otro conductor eléctrico, debido a la diferencia de potencial creada por un generador de corriente.

**Deaerador**

Es un que equipo que remueve O<sub>2</sub> (oxígeno) y aire del agua de alimentación de una caldera ya que el oxígeno es altamente corrosivo en los circuitos de vapor. También se le llama desgasificador.

**Degradación**

Disminución en la producción o estado de algo proporcional a la superficie.

**Dióxido de****Carbono**

El dióxido de carbono, también denominado óxido de carbono (IV) y anhídrido carbónico, es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula química es CO<sub>2</sub>.

**Economizador** Dispositivo mecánico de transferencia de calor que calienta el agua hasta su punto de ebullición pero no más allá de éste.

## **Efecto**

**Invernadero** Fenómeno por el cual determinados gases, componentes de la atmósfera planetaria retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar.

**Energía eléctrica** Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos (cuando se los pone en contacto por medio de un conductor eléctrico) y obtener trabajo.

**Energía Mecánica** Energía que posee un cuerpo debido a su velocidad (energía cinética) o debido a su posición (energía potencial elástica). La energía mecánica total de un cuerpo es la suma de su energía cinética y de su energía potencial.



**Energía Térmica** Energía liberada en forma de calor, obtenida de la naturaleza (geotérmica), mediante la combustión de algún combustible fósil (petróleo, gas natural o carbón), mediante energía eléctrica (efecto Joule o por rozamiento), por un proceso de fisión nuclear o como resultado de otros procesos mecánicos o químicos.

**Estator** Parte fija de un motor o generador eléctrico, por oposición al rotor que es la parte giratoria.

***Fuel-oil*** El *fuel-oil* también llamado *fuelóleo* y *combustóleo* es una fracción del petróleo que se obtiene como residuo en la destilación fraccionada. Se usa como combustible para plantas eléctricas, calderas y hornos.

**Gases de**

**Combustión** Los gases de combustión son gases producidos como resultado de la combustión de gasolina-petróleo, diésel o carbón. Aunque gran parte es el relativamente inofensivo dióxido de carbono, otra parte la componen sustancias nocivas o tóxicas como el monóxido de carbono (CO), hidrocarburos, óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), y aerosoles.

**Generador**

Máquina destinada a transformar la energía mecánica en energía eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada estator). Si mecánicamente se produce un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generara una fuerza electromotriz (F.E.M.)

**Golpe de****Ariete**

Fenómeno que ocurre al cortar el paso de un fluido y las partículas de agua que se han detenido son empujadas por las que vienen inmediatamente detrás y que siguen aún en movimiento. Esto origina una sobrepresión que se desplaza por la tubería a una velocidad algo menor que la velocidad del sonido en el agua. Este fenómeno es muy peligroso, ya que la sobrepresión generada puede llegar a entre 60 y 100 veces la presión normal de la tubería, ocasionando roturas en los accesorios instalados en los extremos (grifos, válvulas, etcétera).

**Hertzio**

Unidad de frecuencia equivalente a un período por segundo su abreviatura es Hz.

<b>Oxígeno</b>	Elemento químico de número atómico 8 y símbolo O. En su forma molecular más frecuente, O <sub>2</sub> , es un gas a temperatura ambiente.
<b>Kw</b>	Kilovatio o kilowatt, igual a mil vatios (watts), es típicamente usado para manifestar la potencia de motores y el consumo de potencia de herramientas y máquinas. Un kilovatio es equivalente a 1.34 caballos de vapor.
<b>Ph</b>	Medida de la alcalinidad o acidez del agua. Factor más importante para determinar corrosión o depósitos en el agua de calderas.
<b>Precaentador</b>	Dispositivo responsable de subir la temperatura del combustible, para asegurar una correcta pulverización del mismo.
<b>Presión</b>	Fuerza ejercida perpendicularmente a una superficie por un fluido, por el peso o el empuje de algo.
<b>Primotor</b>	Máquina que entrega trabajo o movimiento a un generador.

<b>PSI</b>	Del inglés <i>Pounds per Square Inch</i> , es la unidad de presión cuyo valor equivale a 1 libra por pulgada cuadrada.
<b>Quemador</b>	Dispositivo de una caldera para quemar combustible líquido, gaseoso o ambos (excepcionalmente también sólido) y producir calor generalmente mediante una llama.
<b>Recalentador</b>	Dispositivo instalado en una caldera que recibe vapor súper calentado, el cual ha sido parcialmente expandido a través de una turbina. La función del recalentador en la caldera es la de volver a súper calentar este vapor a una temperatura deseada.
<b>Rotor</b>	Parte giratoria de los motores y generadores eléctricos por oposición al estator que es la parte fija.
<b>RPM</b>	Rpm o r/min es una unidad de frecuencia, usada frecuentemente para medir la velocidad angular de una rueda, un eje, disco o máquina eléctrica.



<b>Temperatura</b>	Estado térmico de los cuerpos, o sea su mayor o menor grado de frío o calor.
<b>Tiro</b>	Corriente de aire necesario en la caldera para la combustión.
<b>Tiro Natural</b>	Se da por la diferencia de densidades provocado por la temperatura, ya que la presión exterior de la chimenea en una caldera es mayor que la presión interior y eso provoca el tiro de una forma natural.
<b>Tiro Forzado</b>	Es el sistema en el que se hace entrar aire a la caldera por medio de ventiladores.
<b>Trampa de Vapor</b>	Válvula automática que elimina condensado, aire y otros gases no condensables de las tuberías de vapor y los equipos que trabajan con éste.
<b>Tobera</b>	Conducto apropiadamente perfilado para que el fluido que por él circule aumente su velocidad (con pérdida de presión) o su presión (con pérdida de velocidad).

**Torre de****Refrigeración**

Dispositivo utilizado para enfriar el agua de un sistema de caldera cediendo el calor extraído a la atmósfera.

**Turbina**

Máquina en la cual pasa un fluido en forma continua y este le entrega su energía a través de un rodete con paletas o álabes.

**Válvula de Alivio**

Dispositivos diseñados para liberar fluido (vapor) cuando la presión o la temperatura interna superan límites establecidos. Su misión es evitar una explosión, el fallo de un equipo o tubería por un exceso de presión. También se le llama válvula de reducción de presión.

**VAN**

Valor actual neto o valor presente neto. Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, descontando una tasa de interés fijada durante el período de vida de un estudio.

**Vapor**

El vapor es un estado de la materia en el que las moléculas apenas interaccionan entre sí, adoptando la forma del recipiente que lo contiene y tendiendo a expandirse todo lo posible, incluso venciendo fuerzas gravitatorias. También se le conoce como fluido ya que se desplaza por el medio ambiente fácilmente.

**Watt**

El Watt (W) o vatio es la unidad de potencia del sistema internacional de unidades. Es el equivalente a 1 julio por segundo (1 J/s). Es la potencia producida por una diferencia de potencial de 1 voltio y una corriente eléctrica de 1 amperio (1 VA).

## RESUMEN

El presente informe recopila todas las fases que se enfrentaron para poder realizar un trabajo que brindará información y alternativas sobre generación de energía eléctrica, sobre la producción de vapor, sus aplicaciones y los obstáculos con los que se enfrenta un proyecto de esta magnitud en un hotel de Guatemala.

La idea nació cuando se tuvo la información que indicaba la ausencia de calderas en el Hotel Radisson, la primera incógnita era averiguar ¿de qué manera se estaba calentando el agua del hotel? Y de ahí surgió la propuesta de implementar un sistema de vapor para las aplicaciones propias de un hotel y aprovecharlo para generar energía eléctrica, buscando de esta manera reducir el gasto por consumo de energía eléctrica generando la propia en el hotel.

Desde el inicio el personal de mantenimiento del hotel mostró cierta desaprobación debido a que consideraban el proyecto muy difícil, sin embargo eso no fue obstáculo para poder realizar un trabajo que brinda una idea de la cantidad de dinero que se debe invertir, la cantidad de infraestructura que se debe modificar, la ingeniería que se aplica, la viabilidad y la rentabilidad del proyecto.

Durante el desarrollo del trabajo se tuvo la oportunidad de conocer sectores industriales que trabajan con equipos de vapor, con equipos de generación de energía eléctrica y con turbogeneradores, tanto en Guatemala como en otros países.



# **OBJETIVOS**

## **GENERAL**

Comprobar que en un hotel, el sistema de calderas lo podemos utilizar con varios fines, producir vapor para tener agua caliente donde se necesite, y generar energía para el consumo propio.

## **ESPECÍFICOS**

1. Realizar un estudio detallado del valor de la inversión que se necesita hacer para poder establecer si es o no viable comparándolo con la cantidad por concepto de energía y combustible que se paga actualmente.
2. Elaborar una lista de todos los problemas que se encuentren en el desarrollo de este trabajo, ya que el hotel está funcionando como tal, con el fin de incrementar la importancia que tiene el modificar un proyecto concebido para un fin, el cual no se está llevando a cabo.



## INTRODUCCIÓN

Los hoteles en Guatemala utilizan una notable cantidad de energía eléctrica para poder ofrecer servicios y comodidad al sector turístico y nacional dentro de esa pieza clave en la Industria del país. A pesar que el gasto en consumo de energía eléctrica es el segundo en importancia (por detrás del gasto de personal) se convierte en un compromiso el buscar alternativas para el ahorro de energía donde exista la posibilidad de hacerlo. Aunque el consumo de energía es uno de los costos más importantes, es muy común encontrar hoteles que presentan niveles de eficiencia energética relativamente bajos. Generalmente, los hoteles consumen energía para iluminación, ascensores, bombas de agua, aire acondicionado, maquinaria eléctrica, cocina, lavandería, restaurantes, sauna, piscina, gimnasio, servicios de comunicación, etcétera.

Por otro lado, también se tiene que consumir combustible para la maquinaria que lo necesite y para servicios como calefacción, agua caliente sanitaria, etcétera. La necesidad del agua caliente en los sanitarios es un aspecto muy importante en el consumo energético de un hotel, dependiendo de la calidad y capacidad del hotel, su consumo energético puede abarcar del 15 al 25 por ciento del consumo total por consumo de energía eléctrica en el hotel.

En el capítulo uno se hace un estudio de carga de las instalaciones del hotel para saber la capacidad que debe tener un generador que necesite abastecer al hotel de energía eléctrica. También muestra las ventajas que se tendrían al tener un sistema de generación de energía eléctrica propia.



En el capítulo dos se hace un estudio de la cantidad de vapor que requiere un hotel como el Radisson para ser utilizado en cocina, lavandería, restaurantes, sauna, piscina, gimnasio, y donde sea necesario, este dato es muy importante porque representa el primer parámetro a tomar en cuenta cuando se quiere adquirir una caldera de vapor; También se indican los tipos de calderas con sus ventajas y desventajas, los accesorios de las mismas, los dispositivos auxiliares y las ventajas que se tienen al generar vapor en un hotel.

En el capítulo tres se hace la descripción del proyecto, incluyendo la situación actual del hotel y una propuesta técnica que detalla las características de los equipos que se tendrían que adquirir. También se muestran diagramas propuestos del sistema de vapor y del sistema turbina-generador.

El capítulo cuatro es una recopilación de los diseños que se pretenden para el almacenamiento de agua y combustibles. También se incluye el diseño de la subestación eléctrica.

En el capítulo cinco se hace un resumen de todos los gastos por consumo de energía y combustibles actuales del Hotel, también se desglosan todos los gastos estimados por la adquisición de equipo nuevo para el proyecto (inversión del proyecto) y los costos por operación y combustibles que se esperan tener con el equipo instalado y funcionando; y por último se comparan los costos de operación actual con el costo de operación estimado, de este modo se verifica la factibilidad y viabilidad del proyecto.

## **ANTECEDENTES DEL HOTEL RADISSON**

Inicialmente el Hotel Radisson era un edificio de varias oficinas llamado Edificio Villa Magna, por ende sus instalaciones estaban concebidas para atender necesidades básicas de iluminación, fuerza (tomacorrientes) y ascensores, se debería de tomar en cuenta también, una planta de emergencia para atender los casos de sistemas informáticos que no pueden quedar sin energía eléctrica mucho tiempo; especialmente en la mayoría de los casos en que se manejan datos de agencias de viajes, bancos, financieras, tarjetas de crédito, etcétera. A lo anterior podríamos agregar instalaciones de aire acondicionado, aunque la mayoría de edificios de oficinas tienen unidades portátiles para cubrir estas necesidades, especialmente porque en Guatemala durante el verano, se tiene que lidiar durante varios meses con una temperatura bastante alta, pero durante el invierno no es necesario que estos aparatos estén funcionando.

Sin embargo, a partir del año 1992, las instalaciones del Edificio Villa Magna tuvo un cambio bastante significativo, ya que a partir de esta fecha se abrió al público como Hotel Villa Magna ubicado en la 1era Avenida 12-46, de la zona 10, ciudad de Guatemala.

En marzo de 1993, Radisson Internacional viajó a Guatemala a conocer las instalaciones y brindar la oportunidad de adherirse a la cadena Radisson al conocer las suites y la comodidad que ellas brindaban al viajero ejecutivo.

El 9 de diciembre de 1993 abrió sus puertas como Radisson Suites Villa Magna presentando todos los servicios que el viajero ejecutivo necesita en Guatemala. Fue el primer hotel de suites completamente equipadas, dando a Guatemala un nuevo concepto, diferente al tradicional. Suites “completamente equipadas” con servicios de hotel.

En el mes de febrero de 1999 se decide hacer un cambio radical, tanto físicamente como a nivel administrativo, invirtiéndose para esto varios miles de dólares, y así mantenerse a la vanguardia de la hotelería nacional por lo que en ese mes y año se inicia la remodelación total de las suites, ésta incluyó el 100% de remodelación en las habitaciones y en los pasillos, restaurante, recepción, etcétera. Además de la remodelación se impulsa al Hotel con una nueva imagen por lo que en Octubre del mismo año se decide el cambio oficial del nombre y pasa a ser llamado a nivel internacional y nacional como: “Radisson Hotel & Suites Guatemala City”.

En el mes de noviembre de 2001 se decide ampliar la capacidad de las suites disponibles pasando de 98 a 107 y de igual manera se decide abrir a los huéspedes la opción de dos niveles como pisos Ejecutivos, siendo estos los niveles 17 y 18 respectivamente.

Definitivamente lo más importante para este trabajo, dado lo anterior, es reconocer la importancia que tenían las instalaciones del Edificio desde un inicio, ya que se verían afectadas por un sinnúmero de cambios para poder adecuarlas y poder así cubrir todas las necesidades propias de un hotel. Esto significaba una modificación o en muchos casos, la ampliación de varios si no todos los sistemas que se tenían. Para formarnos una idea, inicialmente en una oficina, se tienen lámparas y tomacorrientes, con un sanitario, la mayoría de las veces sin ducha, pues no eran necesarias.

Pero entonces todo sería muy diferente, las oficinas ahora eran “suites completamente equipadas”, esto contemplaba un cambio radical, se necesitan instalaciones de cable, teléfono, fax, computadoras, aire acondicionado, los sanitarios tenían que tener tinas o duchas y lavamanos modernos con mezcladoras, para satisfacer a los turistas y se están mencionando solamente los cambios internos en las “suites”.

¿Qué cambios se deben hacer en las instalaciones del Edificio para poder atender la demanda de agua caliente que se va a necesitar en las duchas, en la piscina, en la cocina, restaurantes, lavandería, etcétera? Y en las instalaciones eléctricas, es necesario aumentar la capacidad de varias de ellas, pues la demanda será mayor. Los tableros de distribución se multiplicarían igual que la cantidad consumida por sus contadores de energía, pues la cantidad demandada lo requiere. Y si aún así se cubren estas necesidades, toda la maquinaria necesaria para ello va a utilizar una gran cantidad de energía, y eso implica un aumento “obligado” del consumo de energía eléctrica para poder funcionar como Hotel. Se debe tener en cuenta el problema del Aire Acondicionado, se tiene que lidiar con las opciones de modificar las instalaciones de infraestructura para la posible formación de un sistema centralizado o contemplar unidades portátiles en las habitaciones (con su respectivo aumento de consumo energético).

No voy a profundizar más en tratar de describir detalladamente todos los cambios que se tuvieron que hacer, que se dejaron de hacer o que aún se presentan; basta con imaginarse la cantidad de cambios que se debieron hacer debido a lo que se venía encima.

Lo más importante es el área donde entra en juego la ingeniería, en primer lugar para poder llevar a cabo una modificación de ese tipo es necesario invertir una gran cantidad de dinero, quizás la cantidad sea mayor por no haber pensado previamente que el edificio sería modificado posteriormente para servir como hotel; pero si el aspecto económico no fuera el problema, se deben encontrar por todos los medios posibles las soluciones más prácticas y rentables que se puedan hallar en el mercado, sin dejar por un lado las garantías de los equipos, su vida útil y la calidad de los mismos, teniendo en cuenta que lo más importante es hacerlo de la manera más económica o encontrando las vías más fáciles para obtener ahorros energéticos, durante y después del proyecto que se lleva a cabo.

# 1. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El consumo de energía ha estado asociado siempre con los seres humanos. El hombre primitivo, al igual que los animales, ha dependido de su propia energía (energía corporal) para poder subsistir. El uso del fuego empezó a diferenciar al hombre de los animales. El uso de energía para el hombre, ha llegado a ser tan importante que hoy en día constituye un índice de parámetros para medir el nivel de desarrollo de una nación en su consumo *per capita*.

Desde hace miles de años, el hombre ha usado alguna forma artificial de energía en todas sus actividades. El arado con animales, el caballo para el acarreo y el transporte aprovechaban la energía animal, los troncos que se utilizaban para transporte, aprovechaban la energía hidráulica de los ríos. Con el tiempo el hombre fue aprendiendo gradualmente a aprovechar otras fuentes de energía que le brindaba la naturaleza.

La primera forma útil de la energía para el hombre fue la energía calórica y casi inmediatamente la energía mecánica. Posteriormente, al descubrirse la energía eléctrica y sus bondades para transporte y utilización, ésta pasó a ser una de las presentaciones más importantes de la energía para el hombre. El hombre primitivo, sin comprenderlo exactamente, estaba usando una propiedad que tiene la energía de transformarse de una forma a otra. Lo que el hombre primitivo hacía inconscientemente, y el hombre moderno ha venido haciendo conscientemente, es transformar un tipo de energía que le brinda la naturaleza, en un tipo de Energía útil o energía que le permite hacer algún trabajo. Modernamente se reconoce como Energía útil, cualquier tipo de ella que sea posible convertir completamente en trabajo.

Los depósitos de energía en la naturaleza son llamados Fuentes de Energía, las Plantas de transformación la convierten en energía útil para que pueda ser utilizada por los consumidores.

La generación de energía eléctrica, en términos generales, consiste en transformar alguna clase de energía no eléctrica, sea esta química, mecánica, térmica, luminosa, etcétera, en energía eléctrica. Para la generación de energía eléctrica a nivel industrial se recurre a instalaciones denominadas centrales eléctricas, las que ejecutan alguna de las transformaciones citadas y constituyen el primer escalón del sistema de suministro eléctrico.

### **1.1 Generadores eléctricos (alternadores)**

Los Motores y generadores eléctricos son máquinas que se utilizan para transformar la energía mecánica en eléctrica, o a la inversa, con medios electromagnéticos. A una máquina que convierte la energía mecánica en eléctrica se le denomina generador, alternador o dínamo, y a una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica se le denomina motor.

Dos principios físicos relacionados entre sí sirven de base al funcionamiento de los generadores y de los motores. El primero es el principio de la inducción descubierto por el físico y químico británico Michael Faraday (1791 - 1867) en 1831. Si un conductor se mueve a través de un campo magnético, o si está situado en las proximidades de un circuito de conducción fijo cuya intensidad puede variar, se induce una corriente en el conductor. El principio opuesto a éste fue observado en 1820 por el físico francés André Marie Ampère,(1775-1836).

Si una corriente pasaba a través de un conductor dentro de un campo magnético, éste ejercía una fuerza mecánica sobre el conductor.

Como se menciona antes, un generador simple sin conmutador producirá una corriente eléctrica que cambia de dirección a medida que gira su armadura. Este tipo de corriente alterna es ventajosa para la transmisión de potencia eléctrica, por lo que la mayoría de los generadores eléctricos son de este tipo. En su forma más simple, un generador de corriente alterna se diferencia de uno de corriente continua en sólo dos aspectos: los extremos de la bobina de su armadura están sacados a los anillos colectores sólidos sin segmentos del árbol del generador en lugar de los conmutadores, y las bobinas de campo se excitan mediante una fuente externa de corriente continua más que con el generador en sí.

Los generadores de corriente alterna de baja velocidad se fabrican hasta 100 polos, para mejorar su eficiencia y para lograr con mayor facilidad la frecuencia deseada. Los alternadores accionados por turbinas de alta velocidad, sin embargo, son a menudo máquinas de dos polos.

La frecuencia de la corriente que suministra un generador de corriente alterna es igual a la mitad del producto del número de polos y el número de revoluciones por segundo de la armadura.

En algunos casos, es preferible generar un voltaje tan alto como sea posible. Las armaduras rotatorias no son prácticas en este tipo de aplicaciones, debido a que pueden producirse chispas entre las escobillas y los anillos colectores, y a que pueden producirse fallos mecánicos que podrían causar cortocircuitos.



Por tanto, los alternadores se construyen con una armadura fija en la que gira un rotor compuesto de un número de imanes de campo. El principio de funcionamiento es el mismo que el del generador de corriente alterna descrito con anterioridad, excepto en que el campo magnético (en lugar de los conductores de la armadura) está en movimiento.

La corriente que se genera mediante los alternadores descritos más arriba, aumenta hasta un pico, cae hasta cero, desciende hasta un pico negativo y sube otra vez a cero varias veces por segundo, dependiendo de la frecuencia para la que esté diseñada la máquina. Este tipo de corriente se conoce como corriente alterna monofásica. Sin embargo, si la armadura la componen dos bobinas, montadas a  $90^\circ$  una de otra, y con conexiones externas separadas, se producirán dos ondas de corriente, una de las cuales estará en su máximo cuando la otra sea cero. Este tipo de corriente se denomina corriente alterna bifásica. Si se agrupan tres bobinas de armadura en ángulos de  $120^\circ$ , se producirá corriente en forma de onda triple, conocida como corriente alterna trifásica. Se puede obtener un número mayor de fases incrementando el número de bobinas en la armadura, pero en la práctica de la ingeniería eléctrica moderna se usa sobre todo la corriente alterna trifásica, con el alternador trifásico, que es la máquina dinamoeléctrica que se emplea normalmente para generar potencia eléctrica.

## **1.2 Turbina-Generador**

Las turbinas son los elementos primotores que le entregan el movimiento a los generadores, sin ellas no sería posible generar energía eléctrica, ya que están acoplados (turbina-generador o turbogeneradores) por medio de un eje común para ambos.

Una turbina de vapor es una máquina que transforma la energía de un flujo de vapor en energía mecánica. Este vapor se genera en una caldera, de la que sale en unas condiciones de elevada temperatura y presión. En la turbina se transforma la energía interna del vapor en energía mecánica que, típicamente, es aprovechada por un generador para producir energía eléctrica. Al pasar por las toberas de la turbina, se reduce la presión del vapor (se expande) aumentando así su velocidad. Este vapor a alta velocidad es el que hace que los álabes móviles de la turbina giren alrededor de su eje al incidir sobre los mismos. Por lo general, una turbina de vapor posee más de un conjunto tobera-álabe (o etapa), para aumentar la velocidad del vapor de manera gradual. Esto se hace, ya que por lo general, el vapor de alta presión y temperatura posee demasiada energía térmica y, si ésta se convierte en energía cinética en un número muy reducido de etapas, la velocidad periférica o tangencial de los discos puede llegar a producir fuerzas centrífugas muy grandes causando fallas en la turbina.

En una turbina se pueden distinguir dos partes, el rotor y el estator. El rotor está formado por ruedas de álabes unidas al eje y que constituyen la parte móvil de la turbina. El estator también está formado por álabes, no unidos al eje sino a la carcasa de la turbina.

Atendiendo a donde se realiza la expansión del vapor se distinguen dos tipos de turbinas: de acción o de reacción. En las turbinas de acción la expansión del vapor se realiza en el estator perdiendo presión y aumentando su velocidad hasta pasar al rotor donde la presión se mantendrá constante y se reducirá su velocidad al incidir sobre los álabes. Por el contrario, en las turbinas de reacción el vapor se expande en el rotor, manteniéndose la presión y velocidad constantes al pasar por el estator, que en este caso sólo sirve para dirigir y orientar el flujo de vapor.

Existen turbinas de vapor en una gran variedad de tamaños, desde unidades de 1 hp (0.746 kW) usadas para accionar bombas, compresores y otros equipos accionados por flechas, hasta turbinas de 2,000,000 hp (1,491,399.74 kW) utilizadas para generar electricidad en las centrales industriales.

Las turbinas de “No condensación” o de “Contrapresión” son más ampliamente usadas para aplicaciones de vapor en procesos. La presión de salida es controlada por una válvula reguladora para satisfacer las necesidades de presión en el vapor del proceso. Se encuentran comúnmente en refinerías, plantas de papel-pulpa y en instalaciones de desalinización, donde se dispone de grandes cantidades de vapor de proceso a baja presión.

Las turbinas Condensadoras se encuentran comúnmente en plantas de potencia eléctrica. Estas turbinas expelen vapor en estado parcialmente saturado, generalmente con calidad mayor al 90%, a una presión bastante inferior a la atmosférica hacia un condensador.

En una turbina de recalentamiento, el flujo de vapor sale de una sección a alta presión de la turbina y es regresado a la caldera donde se le vuelve a sobrecalentar. El vapor entonces regresa a una sección de presión intermedia de la turbina y continúa su expansión. Las turbinas de recalentamiento también son usadas casi exclusivamente en plantas de potencia eléctrica.

Las turbinas de extracción se encuentran en todo tipo de aplicaciones. En una turbina de extracción, el vapor es liberado en diversas etapas y aprovechado en distintos procesos industriales, también puede ser enviado a calentadores de agua para mejorar la eficiencia del ciclo. Los fluidos extraídos pueden ser controlados mediante una válvula o pueden no controlarse.

Las turbinas de inducción introducen vapor a baja presión en una etapa intermedia para producir potencia adicional.

### **1.3 Cogeneración**

El término cogeneración se utiliza para definir aquellos procesos en los que se produce simultáneamente energía eléctrica (o mecánica) y energía calorífica útil a partir de un sólo combustible.

Los sistemas de cogeneración son una alternativa eficiente frente a los sistemas tradicionales de utilización de la red eléctrica. La cogeneración es una tecnología ampliamente desarrollada e introducida en el sector industrial. Desde hace varios años, la cogeneración ha ido ganando popularidad en el sector de servicios, debido a sus incuestionables ventajas. La generación simultánea de electricidad y calor en las plantas de cogeneración permite un incomparable grado de aprovechamiento de la energía del combustible. El potencial ahorro de energía primaria que ofrecen las plantas de cogeneración resulta evidente al compararlo con la generación separada de electricidad y calor.

Tomando como referencia las más modernas plantas térmicas y calderas, la cogeneración puede ahorrar aproximadamente un tercio de la energía primaria.

#### **1.4 Ventajas de la generación propia en el Hotel Radisson**

Las ventajas económicas de convertir su instalación en una alimentada por energía autogenerada pueden ser significativas; permite lograr beneficios que no son posibles de obtener cuando se depende completamente de la compañía de electricidad. Al utilizar vapor para accionar lavadoras, compresores, generadores y casi todo aquello que tenga un eje; se podría eliminar o reducir de forma significativa la dependencia en el suministro eléctrico.

Se tendría la oportunidad de conectarse o desconectarse de la red de suministro eléctrico, aprovechando así la autogeneración de energía a un costo más bajo durante las horas pico, que es cuando las tarifas son más altas. Y a través de la cogeneración, es decir, el uso de energía mecánica y térmica generada por una sola fuente, se podría acrecentar al máximo la recuperación de su inversión en el equipo.

Las ventajas financieras, ambientales y comerciales de cambiar a la cogeneración podrían ser extraordinarias. Pero la gran pregunta es ¿Cuánto le hará ahorrar un sistema de cogeneración y qué tan rápido recuperar la inversión?

Eso dependerá del costo de la electricidad en el área. Pero en casi todos los lugares, el gas natural y los combustibles cuestan sólo una fracción de lo que cuesta la electricidad, a pesar de que los precios del petróleo se están elevando de manera alarmante evitando así, que generar energía propia en un hotel logre ahorrar cientos de miles de quetzales al año.

### **1.4.1 Beneficios económicos**

El cliente puede obtener ahorros económicos por la autogeneración, ya sea por el menor costo por unidad específica de energía y por evitar los cargos fijos de potencia. La autogeneración posibilita la utilización en función de la real necesidad, es decir, se puede utilizar como potencia de base o para recortes de picos (cuando los cargos fijos por potencia y energía son más altos).

### **1.4.2 Beneficios ecológicos**

Al utilizar una fuente de energía de primer orden se minimizan las emisiones monóxido de carbono, dióxido de carbono y las pérdidas en la transformación y en el transporte.

La generación de energía eléctrica en nuestro país se realiza en base a centrales hidroeléctricas como Chixoy.

Esto da como resultado que la energía de red que se utiliza puede resultar ser la más cara y contaminante.

Independientemente del origen de la energía eléctrica, hay factores macroambientales que no se tienen en cuenta como son las pérdidas que se producen en los transformadores para elevar la tensión para transportarla, en los cables, y en los transformadores para bajar la tensión para inyectarla en la red pública.

Al tener la generación en el domicilio se evitan las pérdidas provocadas por la transmisión entre la empresa generadora y el punto de utilización.

### **1.4.3 Beneficios operativos**

Se evitan las interrupciones y la falta de calidad del suministro de energía eléctrica. Las Distribuidoras de energía eléctrica, tienen la mayoría de las fallas en el sistema de distribución, es decir en la red pública, provocadas por vandalismo, agentes atmosféricos, falta de inversión, falta de mantenimiento, malas maniobras, etcétera; lo que se manifiesta con interrupciones en el suministro, por consiguiente, mala calidad del mismo (tensión fuera de rango, armónicas, ruido eléctrico, etcétera.).

El hecho de tener el equipo de generación en forma local minimiza las posibilidades de falla, porque si por alguna causa accidental se detiene, se puede recurrir a la red pública. Este caso podría significar una disminución en los beneficios económicos de la autogeneración pero aumenta la confiabilidad del sistema.

### **1.5 Potencia eléctrica requerida en el Hotel Radisson**

En el Hotel Radisson, al año se consumen alrededor de 1,927,380 kwh de energía eléctrica, la cual es suministrada por la Generadora Eléctrica del Norte (GENOR). La EEGSA (Empresa Eléctrica de Guatemala S.A.) no lo hace porque el precio del kwh es más barato para los mayoristas y en este caso, la cantidad de kwh que consume el Hotel Radisson lo convierte en un consumidor mayorista de energía.

Según los datos de GENOR la Venta de energía del 1 al 31 de octubre de 2007 para el Hotel Radisson fue la siguiente:

**Tabla I. Potencia eléctrica requerida en el Hotel Radisson**

	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR EN \$</b>	<b>VALOR EN Q</b>
ENERGÍA	160,615.14 kw-h	21,665.93	166,714.99
DEMANDA	315.96 kw	2,742.54	21,103.29
PEAJES Y NCC8		7,938.69	61,086.63
CARGOS EEGSA		<u>328.18</u>	<u>2,525.27</u>
TOTAL		32,675.34	251,430.21

La tasa de cambio del dólar a quetzales es de 7.694800 (banco de Guatemala fecha 31-oct-2007).





## 2. GENERACIÓN DE VAPOR PARA UN HOTEL

Las necesidades humanas se pueden satisfacer solamente a través del crecimiento industrial y esto se apoya grandemente en las empresas generadoras de electricidad y otras empresas de procesos.

El agua es el compuesto más abundante y más ampliamente extendido en el planeta. En estado sólido, en forma de hielo o nieve, cubre las regiones más frías de la tierra, en estado líquido, lagos, ríos, y océanos, cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre. Está presente en el aire en forma de vapor de agua. Hay agua en toda materia viva, constituyendo el 65% del cuerpo humano. Todos los alimentos contienen agua. Debido a su gran abundancia y a temperaturas convenientes, puede ser convertida en vapor, lo que resulta un medio ideal para la generación de la fuerza.

El vapor se utiliza en las industrias, los generadores de vapor y las calderas recuperadoras de calor son vitales para las plantas de potencia y de procesos; es por ello que las calderas forman una parte esencial de cualquier planta de potencia o sistema de cogeneración.

En la actualidad, la principal fuente de combustible líquido de las Centrales Termoeléctricas (CTE) es el *fueloil* pesado (búnker) o liviano (diésel), cada día más degradados. Los principales problemas que se generan en las plantas al quemar este tipo de combustible son: reducción de la eficiencia técnica; deterioro de los materiales metálicos de los generadores de vapor y emisión de contaminantes.

En los generadores de vapor tienen lugar enormes pérdidas de energía utilizables y esto, junto con el enorme potencial de ahorro de energía que puede derivarse de su diseño y funcionamiento correcto, nos señala la necesidad de profundizar y actualizar los conocimientos para optimizar rendimientos energéticos en las calderas.

Un manejo adecuado de la energía, la mayoría de las veces, puede hacer que los hoteles ahorren energía y, por lo tanto, dinero. Además de las oportunidades de ahorro de energía en aire acondicionado, iluminación y motores; los sistemas de generación y distribución de vapor son, quizás, mas importantes porque su mantenimiento es casi siempre descuidado.

Con mayor atención al mantenimiento y por la instalación de equipo moderno en un sistema que regularmente ha sido desatendido, normalmente se puede alcanzar un incremento de eficiencia de 30 a 40 por ciento, por lo que la aplicación de estas dos soluciones se pagan, por si solas, en pocos años.

Desafortunadamente, ni el equipo de mantenimiento ni los propietarios de los hoteles se preocupan por encontrar las oportunidades de eficiencia energética, ni tampoco cuentan con el entrenamiento suficiente para implementar soluciones, por lo que no pueden reconocer la importancia que tiene el vapor como un proceso de negocio y comúnmente olvidan la eficiencia energética en los sistemas de generación y distribución de vapor. El resultado es, energía y dinero tirados a la basura. El operar un sistema de vapor más eficiente, no únicamente ahorra dinero a los hoteleros, a través de reducir el consumo de combustible, sino que también hace que se alcance un mejor servicio en la lavandería, una cocina de mejor calidad y un lugar de trabajo mas seguro.

El vapor es la mejor forma de transferir calor a temperatura constante, comúnmente el uso del vapor en hoteles, hospitales y universidades, incluye lo siguiente:

#### Lavandería

Los rangos de consumo de vapor en la lavandería pueden estar arriba de las 300 libras por hora cuando las planchas están trabajando, las lavadoras de ropa y secadoras o cuartos de secado están en uso. Típicamente la lavandería opera con vapor a una presión de 100 psig.

#### Cocina

Los equipos para cocinar, tales como las vaporeras, pueden necesitar arriba de las 25 psig de vapor. Esterilizadores de losa, así como la preparación de la comida y el lavado utilizan vapor de bajo nivel.

#### Agua caliente

Los baños y las piscinas no pueden utilizar vapor directamente, sin embargo, se emplean intercambiadores de calor que utilizan vapor para generar agua tibia.

#### Calentadores de espacios

Como en muchos edificios, la calefacción de los cuartos se hace a través de radiadores. Además, para ofrecer a los ocupantes un control individual de la temperatura por cuarto, se utilizan calentadores de vapor que cargan un circuito de agua caliente.

Comúnmente las calderas de los hoteles trabajan desde 50 psig hasta por arriba de las 100 psig (con la lavandería trabajando). Aún cuando se depende de una gran variedad de factores, las calderas bien reparadas y con un mantenimiento apropiado operan en promedio con eficiencias de entre 70 y 85 por ciento. Estos niveles de eficiencia pueden ser mejorados entre 2 a 5 por ciento con calderas bien afinadas y con la aplicación de equipo auxiliar, siempre y cuando económicamente esto se justifique. Cuando el sistema de calderas es demasiado viejo para ser reacondicionado, se debe reemplazar con un sistema de calderas más eficiente, tal que ofrezca un incremento en las áreas de intercambio de calor y que tenga controles de combustible, de excesos de aire, así como los controles de las condiciones de carga.

Substancialmente las pérdidas de energía en una caldera son causadas por una combustión incompleta, cuyo calor de desperdicio generado literalmente se va "por la chimenea", y por el calor perdido en la superficie exterior de ésta. Estas dos condiciones juntas, pueden alcanzar hasta un 30% de pérdida del combustible de suministro y por ende la eficiencia se ve disminuida. Las tres estrategias para minimizar las pérdidas de calor en los gases de combustión son: (1) Minimizar el exceso de aire en la combustión, (2) Mantener limpias las superficies de intercambio de calor, y (3) Cuando se justifique, agregar un equipo de recuperación de calor de los gases de combustión.

Típicamente, la eficiencia de una caldera se incrementa en un 1.0 por ciento por cada 15 por ciento que se reduce el exceso de aire o por la reducción de 1.3 por ciento de oxígeno, también por una reducción de 40°F en la temperatura de los gases de combustión.

Prestar atención al mantenimiento y operación es la llave del éxito. Procedimientos impropios pueden desgastar los equipos que manejan el combustible, a través del desajuste de los quemadores y de los controladores, resultando en un inadecuado tratamiento del agua de la caldera y de los gases de combustión, y permitiendo que el condensado, todavía caliente, sea desperdiciado. Una caldera a la que no se le ha dado mantenimiento por dos años, es posible que inmediatamente se le pueda obtener un incremento de eficiencia de 20 a 30 por ciento.

## **2.1 Inicios de la caldera de vapor**

Las calderas o generadores de vapor son instalaciones industriales que, aplicando el calor de un combustible sólido, líquido o gaseoso, vaporizan el agua para aplicaciones en la industria.

Hasta principios del siglo XIX se usaron calderas para teñir ropas, producir vapor para limpieza, etcétera, hasta que Denis Papin (1647-1714) inventor y físico francés, creó una pequeña caldera llamada "*marmita*". Se usó vapor para intentar mover la primera máquina homónima, la cual no funcionaba durante mucho tiempo, ya que utilizaba vapor húmedo (de baja temperatura) y al calentarse ésta dejaba de producir trabajo útil.

Luego de otras experiencias, James Watt (1736 – 1819) inventor e ingeniero mecánico escocés, completó una máquina de vapor de funcionamiento continuo, que usó en su propia fábrica, ya que era un industrial inglés muy conocido.

La máquina elemental de vapor fue inventada por Papin en 1769 y desarrollada posteriormente por James Watt en 1776. Inicialmente fueron empleadas como máquinas para accionar bombas de agua, de cilindros verticales. Ella fue la impulsora de la revolución industrial, la cual comenzó en ese siglo y continuó en los siguientes.

Máquinas de vapor alternativas de variada construcción han sido usadas durante muchos años como agente motor, pero han ido perdiendo gradualmente terreno frente a las turbinas.

Entre sus desventajas encontramos la baja velocidad y (como consecuencia directa) el mayor peso por kilowatt de potencia, necesidad de un mayor espacio para su instalación e inadaptabilidad para usar vapor a alta temperatura.

Dentro de los diferentes tipos de calderas se han construido calderas para tracción, utilizadas en locomotoras para trenes tanto de carga como de pasajeros. El humo, es decir los gases de combustión calientes, pasan por el interior de los tubos cediendo su calor al agua que rodea a esos tubos, aunque también existen calderas en las cuales los gases pasan por el exterior de los tubos cediendo el calor al agua que circula internamente los tubos.

Para medir la potencia de la caldera, Watt recurrió a medir la potencia promedio de muchos caballos, y obtuvo unos 33.000 libras-pie/minuto o sea 550 libras-pie/seg., valor que denominó HORSE POWER (hp), (caballo de fuerza).

Posteriormente, al transferirlo al sistema métrico de unidades, daba algo más de 76 kgm/seg.

Pero, la Oficina Internacional de Pesos y Medidas de París, resolvió redondear ese valor a 75 kgm/seg, por ser más fácil de simplificar, llamándolo "Caballo Vapor" en homenaje a Watt; su símbolo es CV, como unidad de potencia y se define como la potencia necesaria para elevar verticalmente un peso de 75 kg-fuerza a una velocidad de 1 m/s.  $1CV = 735.5 \text{ Watts}$ .

La caldera de vapor piro-tubular, concebida especialmente para aprovechamiento de gases de recuperación presenta las siguientes características: El cuerpo de caldera, está formado por un cuerpo cilíndrico de disposición horizontal, incorpora interiormente un paquete multitubular de transmisión de calor y una cámara superior de formación y acumulación de vapor. La circulación de gases se realiza desde una cámara frontal dotada de brida de adaptación, hasta la zona posterior donde termina su recorrido en otra cámara de salida de humos.

El acceso al lado de humos o gases, se realiza mediante puertas atornilladas y abisagradas en la cámara frontal y posterior de entrada y salida de gases, equipadas con bridas de conexión. En cuanto al acceso al lado de agua, éste se hace a través de la "boca de hombre", situada en la bisectriz superior del cuerpo y con tubuladuras de gran diámetro en la bisectriz inferior y placa posterior, para facilitar la limpieza de posible acumulación de lodos. El conjunto completo junto con sus accesorios, se asienta sobre un soporte deslizante y bancada de sólida y firme construcción suministrándose como unidad compacta y dispuesta a entrar en funcionamiento tras realizar las conexiones en la instalación. La caldera, una vez realizadas las pruebas y comprobaciones reglamentarias, se entrega adjuntando un "Expediente de Control de Calidad" que contiene todos los certificados y resultados obtenidos.



## **2.1.1 Diferencias entre calderas pirotubulares y acuatubulares**

### **2.1.1.1 Calderas pirotubulares (tubos de humo)**

En este tipo de calderas el calor es transferido por la planta y los productos de combustión que pasan a través de tubos. El agua calentada rodea el hogar interno y los haces de tubos.

#### **2.1.1.1.1 Tipos de calderas pirotubulares**

Estas se diferencian entre sí por el diseño del hogar.

El primer tipo se caracteriza por estar compuesta por un hogar de forma cilíndrica, el calor es generado por combustibles derivados del petróleo, permiten el quemado del combustible sólido por que están dotadas de un espacio horizontal para los procesos de combustión quemando una corriente vertical de la plancha o de los productos de combustión.

En cambio en la caldera tubular con retorno horizontal, los productos de combustión viajan a través del casco y retroceden a través de los tubos dentro del recipiente a presión.

### **2.1.1.2 Calderas acuatubulares (tubos de agua)**

Agua circulando por los tubos como su nombre lo indica, los productos de combustión rodean usualmente a los tubos y el agua está en el interior de ellos, los tubos se inclinan hacia un recipiente o domo en el punto más alto de la caldera. Algunos fabricantes operan este tipo de unidad con tubos rectos o tubos doblados.

En una caldera de tubos de agua con cabezal de cajón, los tubos de agua están conectados a cabezales rectangulares dispuestos de modo que la mezcla de agua y vapor en circulación suban hacia un domo colector. Los cabezales de cajón están usualmente en cualquier extremo de los haces de tubos, y los productos de combustión pasan entre cabezales y alrededor de los haces de tubos.

Algunas son de tipo de domo largo, esto es, cuando se mira al frente de la caldera, el domo tiene la longitud de la caldera. Su consecuencia lógica es la caldera de domo atravesado. Cuando se contempla desde el frente de la unidad, los domos están instalados perpendicularmente a la larga línea central o a través de la caldera.

### **2.1.2 Producción estimada de vapor de calderas**

Las unidades de tubos de humo (pirotubulares) se suministran en aplicaciones desde 518 lbs (234.96 kgs) hasta 62,100 lbs (28,168 kgs) de vapor de agua por hora. Se suministran para operar a baja presión 15 psig (103.42 kpa) o menos, y como caldera de potencia desde 150 psig (1,034.21 kpa) hasta 350 psig (2,413.16 kpa) de presión de vapor, a un rango de 212°F (100°C) o más.

Las calderas de tubos de agua (acuatubulares) pueden utilizarse en aplicaciones industriales y proporcionan capacidades desde 10,000 lbs (4,535.92 kgs) hasta más de 150,000 lbs (68,038.86 kgs) de vapor de agua por hora.

Las presiones de diseño varían y alcanzan hasta 3,000 psig (20.68 MPa) con temperaturas que durante la saturación producen vapor “supercalentado” sobrepasando fácilmente los 750 °F (399 °C).

Se han ensamblado calderas de alta capacidad para operar hasta aproximadamente 450.000 Kg/h de vapor a más de 1000 °F (537.8 °C).

Aunque las calderas se diseñan para trabajar con combustibles gaseosos o líquidos, se tienen diseños para quemar carbón pulverizado.

El incremento significativo en el costo de los combustibles y la creciente confianza en el carbón, han sido el motor que impulsa hacia el empleo de calderas de alta capacidad erigidas en los campos que trabajan a altas presiones y proporcionan sobrecalentamiento y posible recalentamiento.

En cualquier sistema de generación de vapor es de vital importancia el “Agua” a utilizar y el tratamiento que se le debe dar, para así lograr la vida normal de la caldera y de los equipos que utilizan la energía creada por esta.

### 2.1.3 Cálculo de la producción de vapor y energía

La capacidad calorífica del vapor está definida como la razón de la cantidad de energía calorífica transferida a un cuerpo en un proceso cualquiera por su cambio de temperatura correspondiente. En una forma menos formal es la energía necesaria para aumentar 1 °Kelvin (-272.15 °C) su temperatura. Indica la mayor o menor dificultad que presenta dicho cuerpo para experimentar cambios de temperatura bajo el suministro de calor, es decir como si fuese una “inercia térmica”.

Para hacer el cálculo de la generación de energía a partir de un combustible partimos de la información (capacidad calorífica en btu/hr) que nos proporciona el fabricante del equipo (caldera de vapor).

Para el caso de una caldera de vapor de 500 BHP modelo E-504 de Industrias Clayton, la capacidad calorífica es de 16<sub>1</sub>737,500 btu/hr, a partir de este dato transformamos la capacidad calorífica del vapor a Kjoules:

$$16_1737,500 \frac{btu}{hr} * \frac{1,055.056 \text{ Joules}}{1 \text{ btu}} * \frac{1 \text{ Kjoule}}{1,000 \text{ Joules}} = 17_1658,997.33 \frac{Kjoules}{hr}$$

La energía necesaria para evaporar una libra de agua es de 1,025 Kjoules entonces, la Caldera puede evaporar:

$$17_1658,997.33 \frac{Kjoules}{hr} * \frac{1 \text{ lb } H_2O \text{ evaporada}}{1,025 \text{ Kjoules}} = 17,228.29 \frac{\text{lbs } H_2O \text{ evaporada}}{hr}$$

La producción del agua evaporada en kilogramos es:

$$17,228.29 \frac{\text{lbs H}_2\text{O vapor}}{\text{hr}} * \frac{1 \text{ kg H}_2\text{O vapor}}{2.2 \text{ lbs H}_2\text{O vapor}} = 7,831 \frac{\text{kgs H}_2\text{O vapor}}{\text{hr}}$$

La eficiencia de la caldera es del 90 % entonces:

$$7,831 \frac{\text{Kgs H}_2\text{O vapor}}{\text{hr}} * \eta \text{ de Caldera (90\%)} = 7,047.94 \frac{\text{Kgs H}_2\text{O vapor}}{\text{hr}}$$

Por lo tanto, la producción de vapor es de 7,047.94 kilogramos de vapor por hora.

Al igual que con la Caldera de vapor el fabricante de la turbina brinda el dato de la cantidad de vapor que ésta consume para poder generar la energía que necesitamos (300 kw como mínimo) y la eficiencia con la que la turbina opera nominalmente (78%). (Turbina TGM de baja presión y temperatura).

Con esos datos se aplican las siguientes fórmulas:

La turbina consume 16 kilogramos de vapor por cada kilowatt de energía que entrega, y su eficiencia es de 0.78 entonces:

$$\frac{7,047.94 \frac{\text{Kgs de agua}}{\text{hr}}}{16 \frac{\text{kgs}}{\text{kw}}} * \text{Eficiencia de turbina (78\%)} = 343.59 \frac{\text{Kilowatts}}{\text{hr}}$$

## **2.2 Partes de la caldera**

### **2.2.1 Circuitos principales para la producción de vapor**

Para que los intercambios de energía sean exitosos en la generación de vapor y posteriormente en la generación de energía eléctrica son imprescindibles 3 circuitos principales y un circuito de equipo auxiliar, estos son:

1. Circuito de combustible
2. Circuito agua-vapor
3. Circuito de energía eléctrica
4. Circuitos auxiliares

#### Circuito de combustible

El combustible se quema en el hogar de la caldera, constituido por un recinto cerrado por paredes de mampostería, en las que generalmente se encuentran los canales de circulación del aire necesario para la combustión. Después de calentar la caldera donde, como veremos luego, tiene lugar la vaporización del agua, los gases residuales de la combustión o “humos” pasan a un conducto para ser eliminados expulsándolos al exterior por una chimenea. Como estos gases aún están calientes, puede aprovecharse la energía térmica en ellos contenida para el circuito primario de uno o varios recalentadores de vapor y para el circuito primario de uno o más economizadores del agua de alimentación de la caldera. Desde aquí los gases pasan a la chimenea que puede ser de tiro natural o de tiro forzado, por donde son expulsados.

## Circuito de agua-vapor

La vaporización del agua se realiza en la caldera que es, en esencia, un depósito de agua que se calienta hasta que el agua se convierte en vapor. Como el vapor, a la salida de la caldera, contiene todavía partículas líquidas, se le convierte en vapor recalentado haciéndole pasar por el circuito secundario de uno o más recalentadores primarios, situados en la trayectoria de los gases de combustión. Desde la caldera (o desde los recalentadores si los hubiere) el vapor a presión y a alta temperatura, se conduce hasta la turbina, donde se expansiona produciendo energía mecánica. En las turbinas modernas, como ya sabemos, se realizan extracciones de vapor, conduciéndolo de nuevo hacia los recalentadores secundarios de la caldera donde el vapor sufre nuevos recalentamientos para ser posteriormente introducido en los siguientes cuerpos de las turbinas o en otras turbinas independientes. En las turbinas también se realizan extracciones de vapor que se conducen a los circuitos primarios de los precalentadores del agua de alimentación, para calentar ésta.

El proceso de la generación de vapor tendrá mejor rendimiento cuanto más frío esté el vapor de escape, entonces en la salida de la turbina, el vapor se hace pasar por un condensador que no es más que un dispositivo de refrigeración donde el vapor se condensa y se transforma nuevamente en agua; la condensación se realiza introduciendo agua fría a presión en el condensador, a la que se obliga a circular por unos serpentines de refrigeración.

Cuando el agua de alimentación de la caldera se encuentra situada en las cercanías de ríos, embalses, o donde se disponga del agua natural en abundancia, la cantidad de ésta, necesaria para la condensación, puede recogerse del depósito natural (río o embalse) al que vuelve, ya caliente, después de haber recorrido el serpentín de refrigeración del condensador.

Pero cuando el agua de condensación no puede tomarse de un río, lago, o la cantidad disponible resulta insuficiente, después de la salida del condensador, se lleva a torres de refrigeración donde se enfría para recircularla nuevamente hacia el condensador.

El agua resultante de la condensación y procedente de la turbina se impulsa hacia la caldera por medio de bombas de alimentación.

Para aumentar el rendimiento térmico del conjunto, es conveniente que el agua de alimentación entre a la caldera ya caliente, para lo que se hace pasar previamente por precalentadores, calentados por las extracciones de vapor de las turbinas y por uno o más economizadores, calentados por los gases de escape antes de su salida a la atmósfera por la chimenea.

Algunas veces vamos a comprobar la ausencia de condensadores pero en estos casos, generalmente el vapor de escape de la turbina sale a una presión superior a la atmosférica y se aprovecha para otros fines tales como la calefacción. El agua de alimentación de la caldera puede proceder, en estos casos, de la condensación del vapor de calefacción de una fuente independiente o de ambos a la vez. Estas centrales se construyen sobre todo por empresas industriales que necesitan grandes cantidades de vapor (fábricas de papel, textiles, ingenios azucareros, etcétera) y a las que por ésta circunstancia les resulta económico producir energía eléctrica para el propio consumo.

### Circuito eléctrico

La energía eléctrica es producida en los generadores eléctricos accionados por las turbinas de vapor.



En casi todos los casos se produce corriente alterna trifásica y a ella nos referiremos esencialmente, siempre que no se diga lo contrario.

Desde los generadores, la corriente eléctrica se lleva a transformadores apropiados, donde se eleva la tensión de la energía producida o directamente a una transferencia si no fuese necesario elevar el voltaje.

Los transformadores deben de ser ubicados donde se puedan inspeccionar fácilmente y desmontarse cuando sea necesario; también hay que tomar en cuenta el espacio suficiente para poder instalar las respectivas canalizaciones del cableado eléctrico y los equipos.

### **2.2.2 Dispositivos y circuitos auxiliares para vapor**

Todo el equipo auxiliar comprende el conjunto de dispositivos o aparatos que están íntimamente ligados ya sea con la caldera misma, o con su operación, control y mantenimiento. Son indispensables para la seguridad, para la economía y para la comodidad. La única excepción que hay que hacer es con las llamadas “armaduras” o “conexiones”, que comprenden aquellas partes directamente conectadas a la caldera o dentro de la misma. Pero éstas se nombrarán más adelante.

#### Circuito de tratamiento del combustible

El diesel es un tipo de combustible que se debe almacenar previamente, y filtrarlo después antes de enviarlo a la combustión en el hogar.

### Circuito del aire de combustión

El aire necesario para la combustión en el hogar, debe de ser inyectado en éste a presión, por medio de soplantes adecuados, haciéndolo pasar por calentadores bajo la acción de los gases de combustión.

### Circuito de eliminación de cenizas y escorias

Cuando se lleva a cabo la combustión, ésta deja residuos (cenizas y escorias) que deben eliminarse a medida que se van produciendo, por medio de instalaciones apropiadas.

### Circuito de tratamiento del agua de alimentación

Por lo general, el agua que ha de alimentar a la caldera, debe tratarse previamente para eliminar las sales y otras sustancias, para desmineralizarla y “desoxidarla” antes de ser inyectada a la caldera, ya que estas sustancias disueltas provocarían la corrosión e incrustaciones en las tuberías y otras partes internas de la caldera sometidas al calor. Las turbinas de alta presión quedan expuestas a las consecuencias del arrastre de sílice por el vapor.

Una caldera libre de corrosión e incrustaciones proporciona un rendimiento eficiente, lo cual redundará en ahorros económicos y de tiempo en la operación y mantenimiento de la caldera y por si fuera poco también brinda seguridad. Los responsables de la incrustación son las sales de calcio y el magnesio presentes en mayor o menor grado en todas las fuentes de agua. La corrosión es debida a bajos valores de PH y a la presencia de acidez mineral libre.

### Circuito de agua de refrigeración

Además del condensador, el agua fría se necesita para enfriar otros dispositivos dentro del proceso de generación de vapor, por lo tanto, el circuito de refrigeración ha de tener en cuenta, además de las necesidades de agua fría para la condensación, las demás aplicaciones que se presenten.

### Circuito de lubricación

Este comprende la lubricación de cojinetes en las máquinas motrices, generadores, bombas, motores, etcétera.

Conviene centralizar el servicio de lubricación correspondiente, con depósitos y tuberías adecuados, recuperando además el lubricante a la salida de las máquinas, por medio de instalaciones depuradoras y filtradoras.

### Circuitos de mando

El funcionamiento de todo el sistema en la generación de vapor y energía eléctrica es complejo, son necesarios varios circuitos para poder operar toda la maquinaria y los dispositivos. Se pueden tener circuitos oleohidráulicos, eléctricos y neumáticos a la vez.

### Circuito de Hidrógeno

Cuando se cuenta con turbogeneradores refrigerados por hidrógeno, ha de preverse un circuito especial para el hidrógeno.

## Válvulas de seguridad y de alivio

Es absolutamente necesario dotar a la caldera de un dispositivo de protección que prevenga el aumento de presión más allá de la presión de diseño. Por ejemplo: Válvulas de seguridad de disparador o válvulas de alivio. Estos dispositivos funcionan cuando la presión alcanza un punto predeterminado, entonces la válvula se dispara, abriéndose ligeramente hasta que la presión se establece de nuevo.

## Interruptores de bajo nivel

Todas las calderas deben de estar equipadas con un interruptor de bajo nivel de agua, el cual impide el funcionamiento del quemador, mientras no haya suficiente agua en la caldera.

## Indicadores de nivel de agua

Todas las calderas de vapor están equipadas con un indicador del nivel de agua que permite la observación visual de la cantidad de agua que contiene la caldera.

## Grifos de prueba

Estos permiten al operador de caldera cerciorarse de que el nivel del agua en la caldera coincide con la indicación del tubo de vidrio.

## Alimentadores de agua

Este sistema detecta cuando el nivel de agua desciende hasta una altura determinada y entonces entra en acción.

## Purga

En las calderas en las que se requieren cantidades apreciables de agua de repuesto, se producirá un aumento gradual de las sedimentaciones de sales solubles en el agua de la caldera, salvo que el agua de alimentación sea sometida a un tratamiento previo, para remover todas las impurezas que la hacen dura. Estos sedimentos son eliminados por medio de la llamada “purga” que tiene que efectuarse periódica o continuamente.

## Instrumentos

Las calderas de vapor deben de tener forzosamente un manómetro para la medición de la presión; las calderas para agua caliente necesitan manómetros y termómetros. También pueden incluir medidores de gasto para el agua de alimentación, medidor de flujo de vapor, termómetro para los gases de escape y otros instrumentos de control y medición.

En las instalaciones más grandes a nivel industrial se cuenta con controles automáticos para el economizador, para el tratamiento del agua de alimentación, para el calentador de agua de alimentación, para los precalentadores y para el calentador de aire, así como los controles de presión y temperatura del vapor.

Cuando se requiere de una alta eficiencia también se lleva un control absoluto en el proceso de combustión.

#### Sopladores de hollín

Donde halla fuego existe hollín y ceniza volátil. Para disgregar estos materiales producidos por la combustión, se emplean boquillas para lanzar chorros de aire o vapor permanentemente instalados.

#### Tuberías para la caldera

Las tuberías de vapor deben tener la posibilidad de expandirse sin someter a los componentes de la caldera a esfuerzos o deformaciones. Cada una de las conexiones se salida de vapor (tomas de vapor) de una caldera debe equiparse con una válvula de oclusión, localizada en un lugar accesible de la línea de suministro de vapor y tan cerca de la tobera de la caldera como sea conveniente y practicable.

#### Inyección del agua de alimentación

Todas las calderas necesitan el suministro de agua. Unas dependen de la circulación por gravedad, sin embargo hay la tendencia hacia la condensación o el empleo de bombas de vacío en los retornos de vapor y la instalación de circuladores en las calderas de agua caliente.

El agua es el fluido de trabajo de los sistemas de vapor y una de las sustancias naturales más abundantes; sin embargo, nunca se encuentra en estado puro, adecuado para la alimentación directa de una caldera.

Por lo común en estado natural, el agua se encuentra turbia, con materias sólidas en suspensión fina. Incluso cuando está clara, el agua natural contiene soluciones de sales y ácidos que dañan con rapidez el acero y los metales a base de cobre de los sistemas de vapor.

El reciclaje del condensado de vapor procedente del calentamiento de procesos es conveniente para aprovechar el condensado relativamente puro. Debido a la disipación atmosférica y a la contaminación por los equipos de procesamiento, se requiere casi siempre una cantidad adicional de materia prima.

Los diversos constituyentes de las aguas se pueden clasificar según las dificultades que causa su presencia.

- Sustancias corrosivas.
- Sustancias incrustantes.
- Sustancias productoras de espuma.

Abajo se listan algunos ejemplos de procedimientos que se deben de realizar para poder obtener el máximo de eficiencia en la generación de vapor:

#### Tratamiento de agua

Si el agua de alimentación de la caldera no es tratada adecuadamente, las incrustaciones pueden reducir su eficiencia tanto como 10 a 12 por ciento y puede ser peligroso para la instalación.

## Retorno de Condensados

Adicionalmente, se requiere entre 15 a 18 por ciento de la energía de la caldera desde el sistema de generación y distribución de vapor para recalentar cada libra de agua fría de repuesto.

## Controladores de carga

Un sistema de control distribuido digital basado en computadoras provee una confiabilidad tal que puede alargar la vida útil de la caldera. Controles de quemadores múltiples se pueden acoplar con el control de ajuste de aire lo que puede dar como resultado ahorros de combustible del 3 a 5 por ciento. Cuidar el sistema de distribución de vapor nos brinda mejores oportunidades de ahorrar. El costo del mantenimiento a las trampas de vapor y el revisar que no existan fugas en las uniones de las tuberías y en las válvulas, requiere de una inversión de capital muy pequeña o casi nula. Dar entrenamiento cuidadosamente completo y a la vez apropiado al equipo de mantenimiento siempre será una buena inversión.

## Fugas de Vapor

En un sistema de distribución descuidado siempre encontraremos fugas en las tuberías, en válvulas, en los equipos de proceso, en las trampas de vapor, en las bridas o conexiones especiales. Arreglar o quitar fugas es una oportunidad de ahorrar energía y dinero, además, esto es muy simple y el costo es muy bajo y muchas veces el hacerlo no cuesta nada.



## Trampas de Vapor

Cuando no se tiene un programa de mantenimiento para las trampas de vapor, es común encontrar en la instalación de 15 a 20 por ciento de las trampas funcionando inadecuadamente todo el tiempo.

## Aislamientos

Instalaciones Industriales auditadas bajo el programa del Centro de Asistencia Industrial del Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE), han demostrado un rango de ahorros potenciales desde 3 por ciento hasta valores tan altos como 13 por ciento del total de gas natural utilizado en promedio. Al instalar aislamientos, una planta pudo dejar de consumir aproximadamente 6,000 lb/hr y pudo bajar la cantidad de combustible utilizado, redujo las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 6 por ciento y logro recuperar la inversión en 6 meses.

### **2.3 Ventajas de la generación de vapor en el Hotel Radisson**

En la industria los sistemas más populares utilizan vapor, por ejemplo: Industrias de energía, petroquímica, farmacéutica, textil, papel, hotelería, alimentos, servicios, etcétera.

La Cogeneración es un sistema para mejorar el balance energético y económico de una empresa debido a su alto rendimiento energético, y a la posibilidad de aprovechar los excedentes de energía eléctrica generados.

Las plantas de Cogeneración son instalaciones de generación eléctrica mediante motores alternativos, turbina de gas o turbinas de vapor, con recuperación térmica para su aplicación a distintos procesos industriales (secado directo, producción de vapor o agua caliente, etcétera).

La cogeneración no es una tecnología sino un concepto de producción eficiente de energía. La eficiencia de la cogeneración se basa en el aprovechamiento del calor residual de un proceso de producción de electricidad. Este calor residual se aprovecha para producir energía térmica útil (vapor, agua caliente, aceite térmico, agua fría para refrigeración, etcétera). La cogeneración logra una alta eficiencia, al producir conjuntamente calor y electricidad, puede aportar los siguientes beneficios:

1. Eficiencia total de una planta de 85 a 90 por ciento.
2. Reporta beneficios económicos por reducción de factura energética.
3. Aporta ingresos adicionales por venta de excedentes eléctricos.
4. Incrementa la competitividad.
5. Menor coste específico por unidad.
6. Independencia total o parcial del suministro eléctrico exterior.
7. Garantía de suministro y fiabilidad.
8. Posibilidad de combustibles residuales o energías alternativas.
9. Beneficios financieros y fiscales.
10. Aporta beneficios económicos a nivel micro y macroeconómico.
11. Ahorra energía primaria.
12. Diversifica inversiones para el sector eléctrico.
13. Mayor seguridad en el abastecimiento.
14. Disminuye las pérdidas en transporte y distribución eléctrica.
15. Permite la industrialización de zonas alejadas de la red eléctrica.
16. Incrementa la diversificación del consumo energético nacional.

17. Reduce el impacto ambiental de forma substancial.
18. Actúa como impulsor de riqueza vía ejecución de inversiones.
19. Es fuente de creación de empleo.

La cogeneración también presenta inconvenientes, aunque son manejables y a comparación de los beneficios que se pueden alcanzar vale la pena la aplicación del mismo.

Dentro de los inconvenientes que puede presentar la cogeneración tenemos los siguientes:

1. Utiliza combustibles contaminantes como el fuel-oil , o el gas, y esto lo hace una energía no limpia, y agotable, ya que estos combustibles se pueden agotar, aunque en algunos países e industrias se utiliza caña de azúcar (ingenios) o biomasa.
2. Contaminación acústica.
3. Dificultad en aprovechar el calor que se produce en el sistema de motor alterno.

La cogeneración es perjudicial para el medio ambiente, no en si por los desechos que provoca, sino porque los combustibles con los que se alimentan los motores son muy contaminantes y emiten una gran cantidad de gases perjudiciales a la atmósfera (aunque se puede reducir la contaminación a través de filtros).

Sin embargo, tiene como ventaja para el medio ambiente, que todos los excedentes de energía que se desaprovechan en las fábricas puedan ser utilizados disminuyendo por tanto el consumo de dicha energía y con ello todos los inconvenientes que acarrea al medio ambiente el extraerla.

## **2.4 Potencia de vapor para calentamiento de agua**

Ya se expusieron anteriormente las aplicaciones que puede tener el vapor en un Hotel, en el Radisson únicamente se necesita vapor para calentar el agua de las habitaciones (duchas y mezcladoras de lavamanos). Por tal razón, la cantidad de vapor que se requiere es mínima comparada con la mayoría de hoteles que requieren cantidades elevadas de producción de vapor debido a las necesidades con las que cuentan.

Actualmente, el procedimiento para calentar el agua está centralizado en dos calentadores tipo cilindro que funcionan con diesel, los cuales utilizan alrededor de 360 galones de agua cuando están operando a su máxima potencia.

Con el sistema de caldera de vapor se almacena el agua en tanques cilíndricos de 4000 galones de capacidad, los cuales internamente poseen un sistema de serpentines similar al del radiador de un vehículo enfriado por agua, con la diferencia que entre éstos va a circular el vapor proveniente de la caldera para que por medio de convección se logre elevar la temperatura del agua hasta alcanzar la temperatura deseada. Cabe mencionar que la temperatura del agua debe ser mucho mayor a la que se requiere en las duchas o mezcladores debido a que en el trayecto dependiendo del revestimiento y aislamiento de las tuberías se producen pérdidas de calor.

La cantidad de vapor que se necesita para calentar el agua contenida en el tanque de agua y poder atender la demanda de las 116 habitaciones del hotel Radisson es de 40 lbs. Esta cantidad se tiene que suministrar durante un período aproximado de 3 horas para poder entregar agua caliente a todas las habitaciones.

Desde el momento en el cual el agua del tanque llegue a la temperatura deseada, no es necesario entregar la misma cantidad de vapor, ya que la temperatura del agua se mantiene durante mucho tiempo, hasta que la demanda haga necesario realizar de nuevo el calentamiento por medio de más libras de vapor.

## **3. PROYECTO**

### **3.1 Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en la instalación de un sistema de caldera acuatubular de 500 BHP para la producción de vapor y un sistema turbogenerador que entregue 350 kw para la producción de energía eléctrica. Mientras la unidad opere, producirá vapor tanto para producir electricidad como para las aplicaciones que requiere el hotel. Para el agua caliente de las habitaciones se utilizará la misma tubería que actualmente opera para este fin y solo será necesario acoplarla al tanque de almacenamiento de agua caliente.

El sistema de caldera comprende varios elementos necesarios para su funcionamiento, aunque es necesario indicar que el proveedor de la caldera incluye estos accesorios.

Al instalar la caldera, en el sistema de alimentación de agua de la misma se debe de colocar un deaerador para desoxigenar el agua que ingresa. Del deaerador sale una tubería hacia los recuperadores de calor o calentadores (por lo regular son dos), quienes se encargan de mantener la temperatura alta para que no exista pérdida de calor y con esto el sistema no pierda eficiencia.

En la entrada de la caldera se tiene el tanque del sistema químico de tratamiento del agua de alimentación para tratar las impurezas del agua que ingresa a la caldera y así evitar corrosión e incrustaciones en las tuberías internas.

Este tanque está comunicado hacia el economizador, el cual se interconecta con un precalentador de combustión de aire, ambos ubicados al inicio de la chimenea de la caldera.

Se deben de tener en cuenta las bombas del sistema de vapor, que para este caso son tres. Una para la alimentación del combustible. Otra que recircula el condensado de vuelta hacia la caldera. Y por último la bomba de alimentación de agua.

Las válvulas juegan un papel muy importante en el sistema pues son las encargadas de regular la presión del vapor, se encuentran ubicadas en las tuberías del sistema y están incluidas en el paquete de la caldera al igual que todas las tuberías que interconectan los diferentes equipos.

En el trayecto del vapor se instalan “trampas” que tienen la función de drenar el vapor cuando la presión alcanza niveles muy altos o cuando se necesite. Se encuentran entre el deareador y los calentadores.

El vapor tomará dos caminos o rutas, la primera hacia el tanque de 4,000 galones donde se almacena el agua caliente del hotel y la otra para el turbogenerador. Luego de haber circulado por esos trayectos ambos circuitos retornaran a la caldera para poder aprovechar de nuevo la temperatura y no desperdiciar el agua o vapor que no se utilice.

Cuando el vapor ingrese en la turbina, ésta debe estar acoplada a un generador eléctrico por medio de un eje o flecha común entre ambos para producir energía eléctrica, y luego de realizar trabajo mecánico en la turbina el vapor retorna hacia la caldera.

El generador eléctrico viene acoplado con un tablero de control en el cual se pueden regular varios de sus parámetros, también incluye una caja de conexiones, desde la cual se conectará a la transferencia principal de 1,600 amp que existe en el hotel y de esta manera energizarla.

Se utilizarán tanques cilíndricos de metal para almacenar combustible y el agua caliente de 5,000 galones y 4,000 galones respectivamente. La cisterna será subterránea para almacenar agua con una capacidad de 6,000 galones. En la salida del tanque así como en la salida de la cisterna se necesita la colocación de bombas para poder succionar el combustible y llevarlo hacia la caldera, y de igual modo succionar con otra bomba el agua y alimentar la caldera, pasando primero por el circuito de tratamiento de agua.

### **3.1.1 Situación actual del hotel**

El Hotel Radisson le compra energía a la compañía de generación del Norte (Genor), la subestación está ubicada en el sótano del Hotel, al igual que los almacenamientos de combustible.

La energía es distribuida en 480/277 voltios, pasando por una transferencia de 1600Amp, que interconecta con una planta de emergencia (diesel) de 320 kw que automáticamente se enciende cuando detecta la ausencia del suministro eléctrico.

La mayoría de las instalaciones del hotel utiliza un voltaje de 208/120 voltios, para lo cual se utiliza un transformador seco, el que se encarga de disminuir el voltaje de 480/277 a 208/120 voltios.



Las únicas instalaciones que utilizan 480 voltios son las del aire acondicionado, y las de los ascensores, las cuales están alimentadas por sus propios tableros.

El aspecto más importante de la situación actual es que cuando el suministro eléctrico falla o es interrumpido, la planta de emergencia alimenta a todas las instalaciones del hotel pero no tiene capacidad para energizar los ascensores de carga y mantenimiento por lo que se suspende el uso de los mismos dando prioridad a los ascensores de los huéspedes del hotel.

Asimismo, en el hotel se cuenta con el almacenamiento de combustible diesel, utilizado para los calentadores que se encargan del calentamiento de agua necesaria para todas las instalaciones del hotel. Cada calentador utiliza aproximadamente 180 galones de agua diarios cuando se tiene una demanda máxima en las habitaciones, pero esto casi nunca sucede, además se cuenta con dos calentadores para que uno trabaje mientras al otro se le hace mantenimiento.

### **3.1.2 Propuesta técnica**

Para el proyecto de generación de energía eléctrica por medio de vapor se requieren características térmicas adecuadas para que la transferencia de energía que se va a dar no dañe ninguno de los equipos o máquinas involucrados en el sistema y para que el uso adecuado de los equipos alargue su vida útil y beneficie el mantenimiento.

Por lo regular, los fabricantes de los diferentes equipos nos brindan las características necesarias para que éstos funcionen correctamente.

En el caso del Hotel Radisson se requiere la instalación de una caldera acuatubular de 500(BHP) debido a la presión y temperatura con las que se requiere el vapor de salida. El fabricante de la Turbina advierte como presión mínima de vapor en la entrada 350 psi (22 bar).

Asimismo, se necesita que el vapor que ingrese sea *recalentado* a una temperatura mínima de 608°F(320°C) para evitar la condensación instantánea. Éstas son las características con las que se debe solicitar la Caldera para el hotel.

**Figura 1. Caldera acuatubular Clayton**



Fuente: José Hernández Martínez. Industrias CLAYTON

México.[www.claytonmexico@clayton.com.mx](mailto:www.claytonmexico@clayton.com.mx)

Por el contrario las calderas pirotubulares se fabrican para un vapor de salida de un máximo de 350 psi (24.13 bar) a una temperatura de 212°F (100°C) y a esta temperatura el vapor que sale de la Caldera para ingresar a la Turbina se condensaría casi de inmediato debido a que 100°C es la temperatura de ebullición del agua, es decir, el vapor que se obtiene para este caso, al ingresar a la turbina provocaría “golpes de ariete” que pueden destruir la turbina y las tuberías, por lo tanto estamos enviando vapor inestable, que puede inundar la turbina.

Por esta razón, el fabricante de Turbinas requiere que en la entrada de la misma se cuente con vapor recalentado con valores mínimos de temperatura (320°C=608°F) y presión (22 bar=319psi), de lo contrario la eficiencia del conjunto caería hasta el punto de volverlo obsoleto e inaplicable.

Para poder generar los 320 kw que requiere el hotel como mínimo la caldera necesita una turbina con una eficiencia de 30kgvapor / kW.

Lo más conveniente es generar más de los 320kw debido a las pérdidas que se puedan tener y teniendo en cuenta que el hotel en un futuro cuente con más servicios y necesite por ende más energía.

Para 350 kW la turbina que se necesita requiere un flujo de 12,320 lbs de vapor a 22 Bar (319psi) y a 320°C (608°F) Marca TGM.

**Figura 2. Turbina propuesta de baja presión y temperatura Marca TGM  
Modelo TG-320  
Obsérvese la tubería de entrada de vapor y el generador acoplado**



Fuente: TGM Turbinas Brazil [www.tgmturbinas.com.br](http://www.tgmturbinas.com.br)

La turbina trabaja en el rango de las 1,800 y las 10,000 rpm, pero el generador trabaja a 1,800 rpm por tal razón se trabaja con esta velocidad de rotación.

El generador propuesto es de 350 kw continuos, de un solo rodamiento, marca New Age Stamford, de doce 12 cables de conexión y puede ser reconectado para producir 120/240 voltios trifásico o 220/440 voltios trifásico, también puede ser reconectado a monofásico.

Genera en 50 Hz o 60 Hz , pero los equipos deben ser de 60 Hz a 1,800rpm. La conexión que se debe de pedir es cilíndrica, no de platos, como requerimiento del fabricante.

**Figura 3. Generador propuesto marca New Age Stamford.**



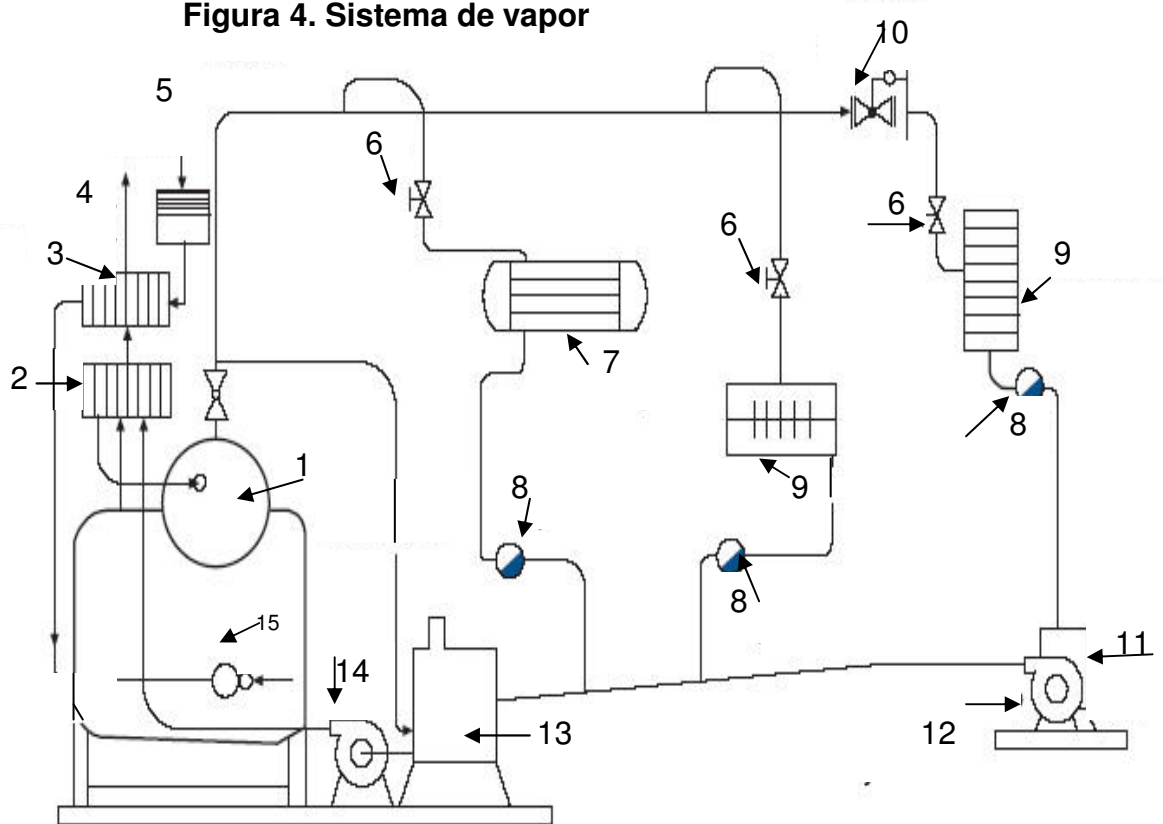
Fuente: Marco Antonio Ortiz. Grupo Tocosa Guatemala  
[www.grupotocosa.com](http://www.grupotocosa.com)

### **3.2 Diagramas propuestos**

El sistema de vapor no incluye únicamente a la caldera en si, está compuesto por un conjunto de equipos que hacen posible que el vapor sea entregado con las características térmicas y de presión adecuadas para sus aplicaciones. A diferencia del generador eléctrico y la turbina, el sistema de vapor es un poco más complejo, pues requiere dispositivos para que durante el transcurso del mismo no pierda sus propiedades caloríficas.

### 3.2.1 Sistema de vapor

Figura 4. Sistema de vapor

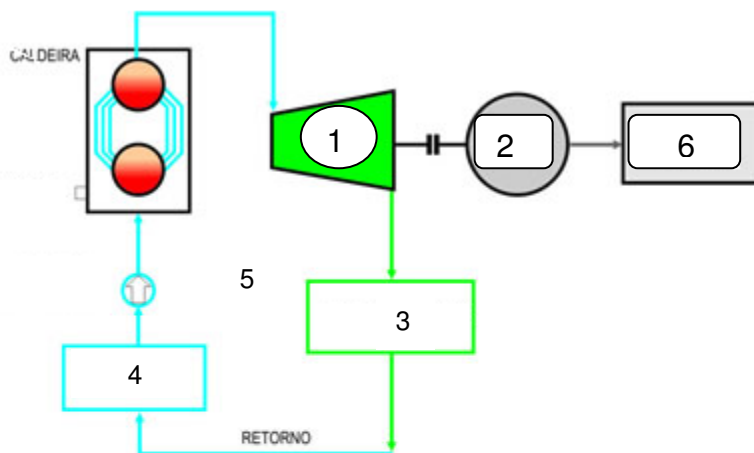


- |                                     |                                   |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Caldera de vapor                 | 12. Bomba del condensado          |
| 2. Economizador                     | 13. Deaerador                     |
| 3. Precalentador                    | 14. Bomba de alimentación de agua |
| 4. Combustión del aire              | 15. Alimentación de combustible   |
| 5. Combustión de gases              |                                   |
| 6. Válvula de alivio                |                                   |
| 7. Cambiador de calor               |                                   |
| 8. Trampa de vapor                  |                                   |
| 9. Recalentador                     |                                   |
| 10. Válvula de reducción de presión |                                   |
| 11. Tanque receptor del condensado  |                                   |

El sistema de turbina y generador debe ir entre el tanque de condensado y el recalentador secundario, es decir entre los numerales 9 y 11 del diagrama del sistema de vapor.

### 3.2.2 Sistema Turbina-Generador

Figura 5. Sistema turbina-generador



1. Turbina de baja presión
2. Generador de corriente alterna trifásico
3. Tanque receptor de condensado
4. Deaerador
5. Bomba de alimentación de agua
6. Energía eléctrica hacia transferencia y tablero principal

## **4. DISEÑO DE INSTALACIONES NUEVAS E INFRAESTRUCTURA**

El proyecto está contemplado para utilizar la mayoría de las instalaciones existentes en el hotel.

El banco de transformadores existente ya no es indispensable debido a que se va a generar energía directamente hacia la transferencia principal y posteriormente a los tableros de distribución.

En el sistema de vapor es donde se encuentra la mayoría de instalaciones y equipo nuevo, ya que nada de esto existe actualmente, lo único que se puede usar es la tubería que ya se está utilizando para llevar agua caliente a las habitaciones del hotel.

A continuación se numeran las instalaciones nuevas que se tienen que realizar en el hotel.

1. Sistema de vapor (incluye toda la tubería, equipos y dispositivos de control).
2. Turbina de vapor (instalación y montaje).
3. Generador eléctrico (instalación y montaje, entubado y cableado hacia la transferencia principal).

En estos sistemas, equipos como la caldera de vapor, la turbina y el generador, requieren cimientos especiales para soportar las vibraciones de los mismos las cuales pueden ocasionar serios daños si no poseen soportes adecuados.



Otro aspecto a tener en cuenta es la chimenea de la Caldera, ya que se requiere expulsar una gran cantidad y se debe de realizar una perforación en los pisos que se necesita para poder alcanzar una altura considerable, con estética y sin dañar las instalaciones cercanas por los humos que salen de la chimenea.

#### **4.1 Ubicación de equipo y maquinaria**

La mayoría de instalaciones del Hotel Radisson están ubicadas en los sótanos del mismo, y es necesario mencionar que el espacio que existe actualmente es uno de los impedimentos más grandes que enfrentó el proyecto; el área es sumamente reducida para albergar más equipos y lógicamente se tiene que hacer una remodelación que incluye eliminar cualquier máquina o equipo que no forme parte del proyecto.

Para almacenar combustible se utilizan cilindros horizontales, pero la cantidad que almacenan es muy pequeña en comparación con los tanques que se proponen en el proyecto, debido a que actualmente no necesitan una cantidad muy elevada de combustible.

Cuando se mencionó el proyecto al personal de mantenimiento del hotel, éste mostró una impresión debido a que consideran que el proyecto no es viable debido al poco espacio con el que se cuenta actualmente.

No hay otro lugar que se pueda modificar para tratar de ubicar equipo y maquinaria en el hotel, únicamente el área de los sótanos y si fuera posible ampliar el área de maquinaria actual, se tendrían que sacrificar los pocos parqueos con los que cuenta el hotel en ambos sótanos, algo que difícilmente se hará.

## 4.2 Almacenamiento de agua y combustible

El almacenamiento de agua bruta se hace necesario cuando la fuente de agua no tiene un caudal suficiente durante todo el año para suplir la cantidad de agua necesaria o cuando por alguna razón se interrumpe el servicio y en nuestro caso se hace imprescindible una cisterna o tanque de almacenamiento de agua ya que la caldera jamás puede quedarse sin agua.

La cisterna de agua es un sistema para almacenar agua, para cuando se carezca del servicio, tener una fuente constante de agua. El agua proviene de la tubería principal de la edificación y entra en la cisterna. Una vez se interrumpe el servicio o disminuye la presión de agua, un interruptor de presión activa una bomba la cual se encarga de alimentar un tanque neumático o de presión. De esta manera se almacena agua y se tiene siempre lista para ser utilizada.

De igual modo es necesario el almacenamiento de un combustible fuel oil para que los equipos que lo necesiten (en este caso la combustión de la caldera) tengan siempre una fuente constante de alimentación, de esta manera se evitan paros inesperados y pérdidas en la generación del vapor y posteriormente de la energía eléctrica.

El *fuel oil* puede almacenarse en grandes tanques cilíndricos que, por lo regular, almacena el combustible para el consumo normal de 3 a 6 meses. Estos tanques están equipados con respiraderos, rebosadero, drenajes y serpentines de calefacción. También se acostumbra construir un terraplén alrededor del depósito de forma que en caso de derrame por rotura de tubería u otras causas, el contenido del tanque quede depositado y no rebase la altura del dique así formado. Desde el depósito, se conduce el *fuel oil* a la sala de calderas, por medio de bombas de alimentación.

Antes de que el combustible sea introducido en el quemador de una caldera, se hace pasar el combustible por un calentador cerrado, en el que alcanza la temperatura de 120 grados centígrados. La cantidad de combustible suministrado a cada caldera, se mide con un contador, para comprobar el rendimiento por unidad.

En estos tanques cilíndricos se debe evitar la evaporación aunque en los combustibles diesel la evaporación no es un problema tan considerable como con gasolina. No se pierde un volumen importante y el remanente mantiene sus propiedades. También se debe mantener el combustible libre de suciedad. Los sistemas de inyección constan de partes con tolerancia de milésimas de milímetro, partículas de polvo muy finas pueden dañar estas partes y ocasionar una falla. Algo muy importante es prevenir la entrada de humedad. Esto se busca por dos razones, la primera es que una pequeña cantidad de humedad provoca oxidación en los componentes internos de la bomba y los inyectores, y la segunda es que la mayoría de los sistemas de inyección se lubrican con diesel; al mezclarse con agua pierde esta propiedad.

En la manera de lo posible se debe evitar la degradación, ya que en el diesel se presentan formación de ceras y parafinas por bajas temperaturas y por oxidación si está almacenado demasiado tiempo.

#### 4.2.1 Diseño del cisterna para agua

La cisterna de agua es un sistema para almacenar agua, para cuando se carezca del servicio, tener una fuente constante de agua. El agua proviene de la tubería principal de la edificación (hotel) y entra en la cisterna. Una vez se interrumpe el servicio o disminuye la presión de agua, un interruptor de presión activa la bomba de succión, almacenando agua presurizada en un tanque neumático o de presión, lista para ser utilizada.

Regularmente se hacen de forma rectangular y de concreto; para aprovechar los espacios se construyen en lugares subterráneos. Aunque en la actualidad muchas empresas fabrican recipientes de otros materiales resistentes como plásticos reforzados, y de muchas otras formas para almacenar agua, en estos casos los tanques pueden ir en la superficie anclados en forma vertical, bajo tierra o encerrados en paredes de concreto ya sea en forma horizontal o vertical.

El volumen de la cisterna es de 35,000 galones.

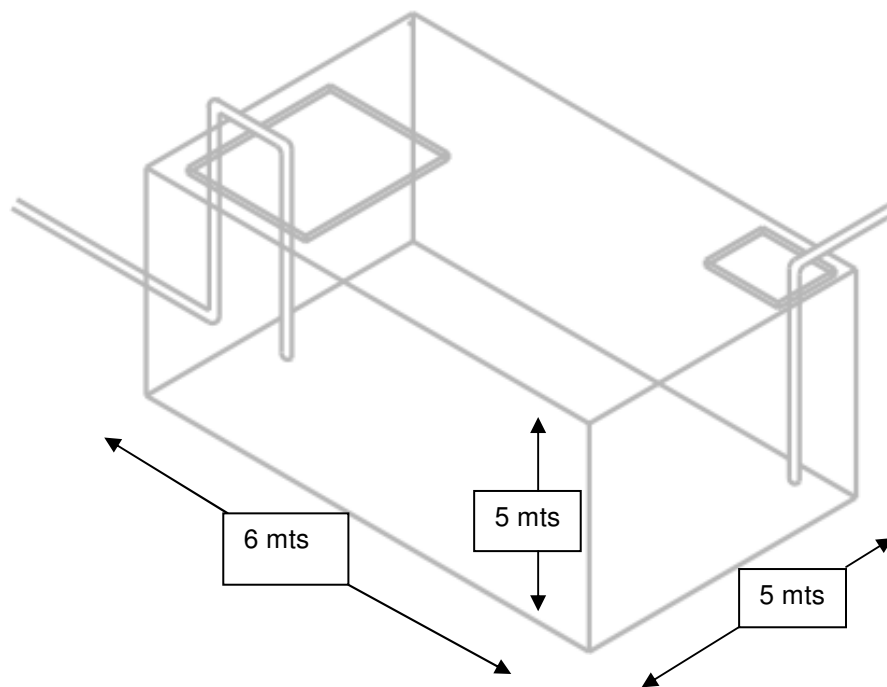
$$35,000 \text{ gal} * \frac{1 \text{ m}^3}{264.17 \text{ gal}} = 132.49 \text{ m}^3$$

Las dimensiones de la cisterna rectangular se obtienen así:

$$V = \text{largo} * \text{ancho} * \text{alto}$$

$$V = 6\text{m} * 5\text{m} * 5\text{m} = 150 \text{ m}^3$$

**Figura 6. Dimensiones de la cisterna subterránea para agua**



#### **4.2.2 Diseño del tanque para combustible**

La primera condición para el almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles es la construcción de recipientes debidamente proyectados y herméticos que permitan la descarga de los vapores cuidadosamente.

La instalación de los tanques puede ser aérea o subterránea. En las instalaciones aéreas se utilizan tanques metálicos o de material plástico montados sobre pilares de material elevados un metro del nivel del piso respetando la pendiente recomendada hacia uno de sus extremos donde estarán ubicadas la boca de carga y el drenaje.

Las instalaciones semienterradas suelen tener un costo menor que las aéreas y son adecuadas para zonas con impedimentos serios en el subsuelo como ser tosca, o piedra.

A diferencia de las subterráneas éstas pueden ser construidas de metal o plástico. Por su ubicación están poco influenciadas por las variaciones térmicas, característica que se optimiza si se deja un metro de tierra entre la superficie del terreno y el tanque.

El drenaje en estos casos se realiza por succión o directamente por la parte inferior como en los demás tanques pero en este caso se debe construir una cámara especial.

La parte superior de estos tanques debe también ser pintada de blanco o aluminio y se pueden cubrir fácilmente como por ejemplo con durmientes. A su vez este techo sirve para instalar la bomba y los elementos de carga de combustible.

Para minimizar el efecto de la temperatura es aconsejable pintar los tanques de blanco o plateado y ubicarlos preferentemente a la sombra. Para el llenado de los mismos deberá disponerse de una bomba para impulsar el combustible.

Las aberturas y conexiones con los tanques para ventilación, medición, llenado y extracción pueden originar riesgos, si no están debidamente protegidas.

Si los tanques están debidamente contruidos, bien instalados y cuidados, el almacenaje de líquidos inflamables y combustibles encierra menos peligros que su transporte.

Especial cuidado se debe tener con las impurezas que se almacenan en los tanques de almacenamiento de combustible: las compañías petroleras adoptan rigurosas normas para lograr en sus destilerías productos libres de impurezas, este cuidado se mantiene en la red de distribución y comercialización minimizando las posibles contaminaciones.

Las impurezas, por lo tanto, aparecen a raíz de una mala recepción, un incorrecto almacenamiento o un manejo inadecuado en el campo.

Dentro de estas impurezas las partículas de tierra fina (arcillas) y el agua son las más peligrosas. Las primeras debido a que pueden no ser retenidas por los filtros de combustible.

El agua se incorpora de dos formas que denominaremos externa e interna. La externa penetra directamente en el recipiente o tanque por filtraciones o acumulación del agua de lluvia sobre las bocas de carga.

Durante los períodos de calor particularmente si los recipientes están sometidos durante varias horas al sol, el aire interno se dilata y sale del recipiente, al bajar la temperatura se contrae incorporando el aire externo junto con el agua que se acumuló arriba. Esta forma de contaminación puede ser sencillamente evitada inclinando levemente el recipiente y ubicando las tapas fuera de la zona de acumulación del agua.

La contaminación interna se produce al condensarse la humedad del aire que se encuentra dentro de los tanques de almacenamiento al enfriarse durante la noche. Este fenómeno ocurre en todos los recipientes. En estos tanques podemos evitar o minimizar esta condensación llenándolos antes de la noche y protegiéndolos, evitando que estén sometidos a fuertes cambios de temperatura. Esto último también es válido para los grandes depósitos.

La tierra y partículas muy finas "tipo arcillas" provienen del polvo que flota en el ambiente y queda pegado a las superficies de embudos, mangueras, y recipientes. Dado que el gas-oil por ser aceitoso seca lentamente, durante largos períodos estos objetos permanecen con una película adherente que retiene estas partículas.

Otras fuentes de contaminación lo constituyen los tanques destapados. Esta contaminación puede atenuarse eliminando el uso de recipientes intermediarios como los embudos y colocando en el extremo de las mangueras de carga tapones que impidan la adherencia del polvo a las paredes internas.

## Construcción

El grosor de la chapa metálica utilizada para construir los tanques no sólo depende de las necesidades de resistencia al peso del líquido, sino también de la tolerancia adicional por la corrosión. Para almacenar líquidos corrosivos, el grosor especificado de la chapa metálica de la envoltura aumenta según la vida útil prevista del tanque.

Las inspecciones periódicas permiten averiguar el grosor de la chapa metálica del tanque y establecer los límites de seguridad de utilización que eviten la aparición de esfuerzos excesivos en la envoltura. La inspección de los tanques para observar corrosión puede efectuarse visualmente, por perforación o calibración, por dispositivos de ultrasonido o con agujeros de goteo, en función de la experiencia adquirida almacenando productos similares.

Para construir tanques se utiliza generalmente acero u hormigón. Salvo en los casos que el líquido a almacenar exija otros materiales. Estos materiales resisten el calor producido por un incendio.



El empleo de materiales poco resistentes al calor como los de bajo punto de fusión, puede dar como resultado la rotura del tanque y la propagación del incendio.

## Instalación

Existen diversas normativas, de acuerdo a los lugares de emplazamiento de los tanques, que indican las distancias desde los tanques hasta los límites de los terrenos linderos, otras edificaciones, la vía pública, etcétera. Otros factores que se contemplan es la protección contra incendio, los sistemas de extinción y control a utilizar.

## Ventilación

Los tanques necesitan para funcionar generalmente ventilación adecuada, que tenga en cuenta las operaciones de llenado y vaciado y la máxima dilatación o contracción posible del contenido en función de la temperatura. Los conductos de ventilación obstruidos o mal dimensionados pueden originar la rotura de los tanques debido a la presión interna, o bien su hundimiento debido al vacío interno.

Al llenar los tanques, los conductos de ventilación despiden vapores inflamables. Si la mezcla es bastante rica o si el emplazamiento del conducto de ventilación es tal que los vapores expulsados pueden constituir un riesgo, hay que conducir dichos vapores mediante tuberías hasta un lugar en que su disipación no sea peligrosa.

No deben descargarse los vapores cerca de las puertas o ventanas, ni cerca de fuentes potenciales de ignición. Además de los conductos de ventilación para el funcionamiento normal, la mayoría de los tanques aéreos necesitan conductos de emergencia para descargar la presión interna al producirse incendios debajo o alrededor. Si los tanques carecen de las descargas necesarias, pueden generar presiones elevadas por exposición al calor exterior suficientes para originar *bleve* (explosión de líquidos hirvientes que expanden vapores). Estas explosiones no son frecuentes, pero sus resultados son desastrosos en vidas humanas y en daños materiales. Para evitarlas, es preciso emplear las descargas adecuadas de la presión que permiten evacuar los vapores y quemarlos en los conductos de ventilación, evitando así la rotura de los tanques.

El peligro de rotura de los tanques debido a la presión interna cuando están expuestos a un incendio depende, en gran parte, de las características del líquido, las dimensiones y tipo de tanque y de la intensidad y duración del fuego. Cuanto más pequeño sea el tanque o menor el volumen de líquido en él contenido, menor será el tiempo que tardará en producirse la explosión *bleve* al exponer el tanque al fuego.

### Cimientos

Las cimentaciones para los tanques deben ser sólidas y los apoyos adecuados. Normalmente, los tanques verticales suelen instalarse en plataformas ligeramente elevadas que proporcionan un apoyo adecuado y generalmente por encima del nivel del suelo circundante para proteger el fondo del tanque del agua existente en la zona.

Los pilotes o apoyos de acero situados debajo de los tanques que contienen líquidos inflamables tienen que estar protegidos con materiales resistentes al fuego con una resistencia mínima de dos horas.

### Contención

Para evitar que los líquidos contenidos en los tanques lleguen hasta cursos hídricos o terrenos contiguos, en caso de rotura, se deben instalar medios adecuados que controlen cualquier derrame.

El procedimiento más frecuente consiste en situar el tanque en un terreno pendiente. En este caso el terreno debe contar con diques o zanjas que puedan dirigir los vertidos hacia zonas alejadas de los tanques y ser recolectados en una pileta o tanque auxiliar para almacenarlos sin peligro.

Otro sistema son las cubas de contención construidas alrededor de los tanques para impedir la dispersión del líquido. Estas paredes pueden ser de hormigón o acero y deben resistir la presión lateral a la altura máxima del líquido. Al rodear varios tanques grandes con una sola cuba se suele instalar paredes intermedias entre los tanques. Estas impedirán que los pequeños derrames lleguen a poner en peligro a los demás tanques dentro del recinto. Los pequeños derrames generalmente se dan por fugas de las válvulas o las conexiones o a rebosamientos de los tanques demasiados llenos. Para proyectar las cubas, se tiene en cuenta la máxima cantidad de líquido que puede salir del tanque más grande dentro del recinto, suponiendo que esté lleno.

Debemos considerar finalmente el especial cuidado que se debe tener en el manejo y almacenamiento de combustible en cuanto a pérdidas y derrames que puedan afectar el agua y el suelo así como todas las normas y maniobras para asegurar en todo momento la seguridad del personal; y no se debe olvidar una instalación de extinción adecuada al riesgo en caso de incendio.

El volumen del tanque es de 5000 galones.

$$5,000 \text{ gal} * \frac{1 \text{ m}^3}{264.17 \text{ gal}} = 18.93 \text{ m}^3$$

Las dimensiones del tanque se obtienen así:

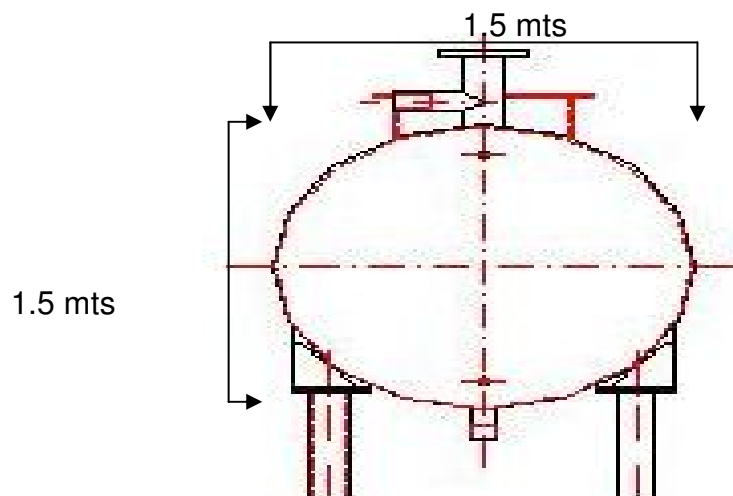
$$V = \pi * r^2 * h$$

Donde  $\pi = 3.14159$ ;  $r = \text{radio}$ ;

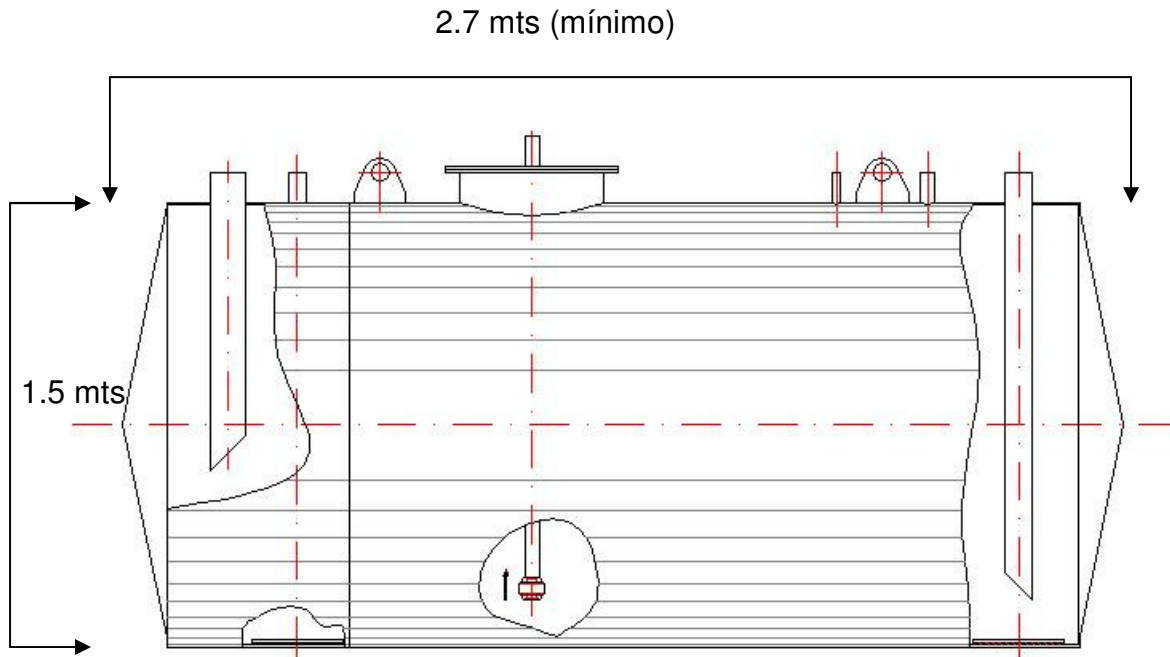
$h = \text{altura}(\text{vertical}), \text{largo}(\text{horizontal})$   $V = 3.14159 * (1.5\text{m})^2 * 2.7\text{m} = 19. \text{m}^3$

Dimensiones del tanque para almacenamiento de combustible

**Figura 7. Sección frontal del tanque para almacenamiento de combustible**



**Figura 8. Sección lateral del tanque para almacenamiento de combustible**



### **4.3 Subestación eléctrica**

La energía eléctrica es la forma de energía más utilizada. Gracias a la flexibilidad en la generación y transporte se ha convertido para la industria en la forma más extendida de consumo de energía. El transporte por líneas de alta tensión es muy ventajoso y el motor eléctrico tiene un rendimiento superior a las máquinas térmicas. Los inconvenientes de esta forma de energía son la imposibilidad de almacenamiento en grandes cantidades y que las líneas de transmisión son muy costosas.

Las instalaciones para generación y el transporte de la energía eléctrica utilizan generalmente corriente alterna, debido a que es más fácil reducir o elevar el voltaje por medio de transformadores.

Para el transporte de una cantidad de energía dada, si se eleva la tensión, disminuye la intensidad de corriente necesaria, esto disminuye las pérdidas que son proporcionales al cuadrado de la intensidad.

Posteriormente, para la distribución se reduce el voltaje en las subestaciones que gradúan la tensión según se utilicen en la industria o en instalaciones domiciliarias (entre 220 y 110 Voltios).

Una central eléctrica utiliza una fuerza motora para hacer girar un generador eléctrico con diversas fuentes de energía. Se pueden clasificar las centrales eléctricas según la energía aprovechada. Para nuestro caso una central termoeléctrica: utiliza la energía obtenida de los combustibles fósiles como el carbón, fueloil (búnker o diesel), gas, biomasa, etcétera.

La producción mundial en los últimos 40 años aumentó más del 1,300%: de 1 billón de kWh (kilowatt-hora) a 13 billones. El índice de producción refleja principalmente la importancia de las necesidades de las grandes potencias industriales. Estados Unidos ocupa el primer puesto, con más del 26%, le siguen China con 8.5%, Japón con 7.40% y Rusia con 5.80%.

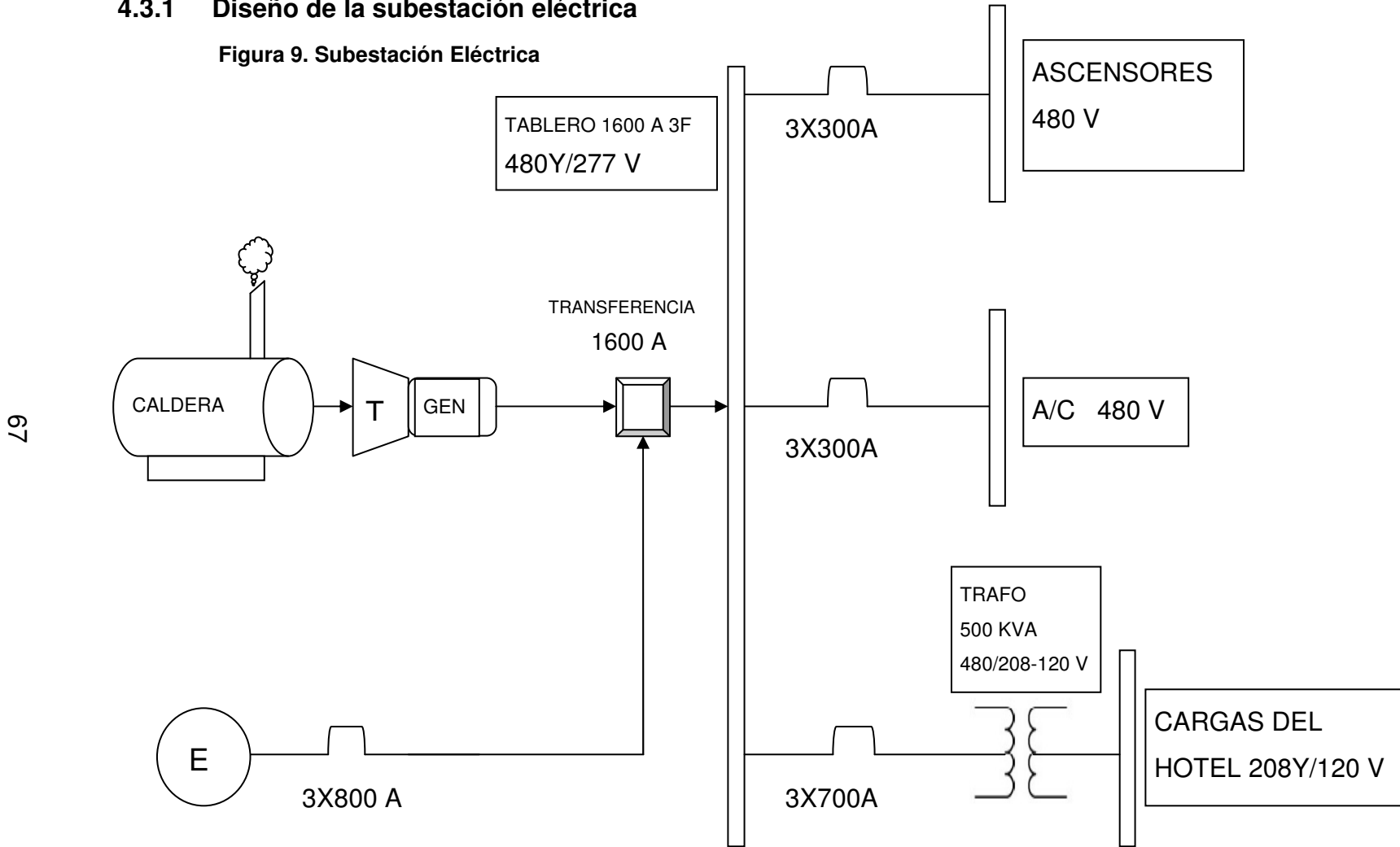
La electricidad de estos grandes productores es esencialmente de origen térmico: Estados Unidos con 70%, China con el 80%, El Japón con el 59% y Rusia con el 66%. La electricidad de origen térmico (vapor) representa un 63% de la producción mundial, le sigue la hidráulica con el 19%, la nuclear con el 17% y se produce solamente con un 1% con fuentes de energía eólica, solar y geotérmica.

En el empleo de la energía eléctrica, ya sea para fines industriales, comerciales o de uso residencial, interviene una gran cantidad de máquinas y equipo eléctrico.

Una subestación eléctrica no es más que una de las partes que intervienen en el proceso de generación-consumo de energía eléctrica, por lo cual podemos dar la siguiente definición: La subestación eléctrica es un conjunto de elementos o dispositivos que nos permite cambiar las características de energía eléctrica (voltaje, corriente, frecuencia, etcétera.), tipo C.A. (Corriente Alterna) a C.C. (Corriente Continua), o bien conservarla dentro de ciertas características.

### 4.3.1 Diseño de la subestación eléctrica

Figura 9. Subestación Eléctrica







## **5. ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO**

### **5.1 Gastos de operación del sistema actual**

#### **5.1.1 Costos por consumo de energía eléctrica**

Cada mes la factura por consumo de energía eléctrica que llega al Hotel Radisson tiene un valor promedio de Q 240,000.

#### **5.1.2 Costos por consumo de combustible**

El valor de la factura mensual por consumo de combustible (*fueloil* diesel) para calentamiento del agua del hotel mantiene un valor promedio mensual de Q 25,000.

#### **5.1.3 Costos del personal**

El costo del personal se realiza tomando en cuenta a los operarios de mantenimiento que laboran en el hotel, los subjefes o encargados y el jefe de mantenimiento y en total al mes reciben aproximadamente Q 18,400.

#### 5.1.4 Costos de mantenimiento

El valor promedio por mantenimiento al mes asciende a Q 6,250 pero se debe tener en cuenta que esta cantidad varía dependiendo del mes, por lo que habrá meses en los que la cantidad será mayor o menor.

#### 5.1.5 Costos totales

Lo anterior nos da un total de Q 265,000 mensuales por consumo de energía y combustible para alimentar los calentadores y poder así mantener agua caliente en las habitaciones del hotel. No es necesario ser un gran matemático para calcular que al año se están pagando aproximadamente:  $(Q\ 265,000 \times 12\ \text{meses}) = Q\ 3,180,000$  por concepto de consumo de energía eléctrica y combustibles. A este dato se le debe agregar los costos por personal (Q 220,800) y mantenimiento (Q 75,000) para obtener los costos totales por mes.

**Tabla II. Costos totales de operación del sistema actual en el hotel**

***Costos por consumo de combustible	Q	25,000.00
*Costos por consumo de energía eléctrica	Q	240,000.00
Costos de personal	Q	18,400.00
Costos de mantenimiento	Q	6,250.00
<b>**Total (mes)</b>	<b>Q</b>	<b>289,650.00</b>
<b>Total (año)</b>	<b>Q</b>	<b>3,475,800.00</b>

\*Todos los valores según factura de Genor No.2420 (31-oct-2007)

\*\*Todos los Consumos y Costos están calculados para un mes comercial.

\*\*\*El precio del galón del Diesel: Q 22.77/gal con fecha Octubre 2007. Portal del Ministerio de Energía y Minas.

## **5.2 Valor de la inversión del proyecto propuesto**

### **5.2.1 Costos por equipo para producir vapor**

Caldera de vapor, marca CLAYTON SE-504 acuatubular, con quemador para aceite No.2 (diesel), capacidad de 500 BHP, presión de trabajo máxima de 500 psi, conectada para 480 VAC / 3 Fases / 60 Hertz. El lugar de entrega es Planta Clayton Industries en City of Industry, Ca. USA.

#### **EQUIPO Y ACCESORIOS INCLUIDOS**

<b>PRECIO EX-FÁBRICA</b>	<b>US\$ 225,000.00</b>
--------------------------	------------------------

Juego de válvulas para la caldera

<b>PRECIO EX-FÁBRICA</b>	<b>US\$ 9,700.00</b>
--------------------------	----------------------

Sistema de alimentación de agua para la caldera, incluyendo un tanque de condensados horizontal y una bomba de agua marca AURORA, acoplada a un motor trifásico, para conectarse a 480 VAC / 3 F / 60 Hz y montada sobre su propia base estructural.

El conjunto ensamblado en fábrica incluye los siguientes accesorios:

- Válvula de flote para la alimentación del agua de suministro McD&M
- Válvulas y mirilla de nivel para el tanque.
- Válvula de tres vías, filtro, manómetro de presión y termómetro.
- Arrancador magnético para la bomba de agua.

<b>PRECIO EX-FÁBRICA</b>	<b>US\$ 12,650.00</b>
<b>PRECIO TOTAL EX-FÁBRICA</b>	<b>US\$ 247,350.00</b>
<b>EMPAQUES DE FÁBRICA</b>	<b>US\$ 860.00</b>
<b>FLETES Y SEGUROS</b>	<b><u>US\$ 19,940.00</u></b>
<b>CIF PTO. STO. TOMAS DE CASTILLA, IZABAL</b>	<b>US\$ 268,150.00</b>

Tiempo de entrega

Diez a dieciséis semanas ex-fábrica (a confirmar por el fabricante en el momento de poner la orden), más tres a cuatro semanas de flete terrestre y marítimo, y trámites aduanales.

### **5.2.2 Costos por equipo para generación eléctrica**

Generador

El generador es de 350 kw continuos debido a la demanda que se tiene en el Hotel, de un solo rodamiento, marca New Age Stamford, es de doce 12 cables de conexión y puede ser reconectado para producir 120/240 voltios trifásico o 220/440 voltios trifásico, también puede ser reconectado a monofásico. Genera en 50 Hz o 60 Hz.

Se recomienda que los equipos sean de 60 Hz a 1,800rpm. La conexión que debe de pedir es cilíndrica no de platos. La empresa que lo ofrece es el Grupo Toscana de Guatemala.

<b>PRECIO EX-FÁBRICA</b>	<b>US\$ 8,500.00</b>
--------------------------	----------------------

## Turbina

La turbina es de baja presión y baja temperatura marca TGM Modelo TG-320, funciona a una presión de 22 bar y 320°C a 1,800 rpm y entrega una potencia de 300-350 kw.

La trabaja el grupo Tecún de Guatemala.

**PRECIO EX-FÁBRICA** **US\$ 12,500.00**

### 5.2.3 Gastos totales por inversión del proyecto

GASTOS TOTALES PARA PRODUCCIÓN DE VAPOR	US\$ 268,150.00
GASTOS TOTALES PARA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD	US\$ 21,000.00
GASTOS TOTALES POR MONTAJE, ANCLAJE Y UBICACIÓN	US\$ 2,500.00
GASTOS TOTALES POR INSTALACION DE EQUIPOS	US\$ 80,600.00
GASTOS TOTALES POR EQUIPO DE INSTRUMENTACIÓN	US\$ 9,000.00
GASTOS TOTALES POR MANO DE OBRA	US\$ <u>30,000.00</u>
SUMATORIA TOTAL (INVERSIÓN DEL PROYECTO)	US\$ 411,250.00

### 5.3 Costos de operación estimados del proyecto propuesto

**Tabla III. Costos totales de operación del proyecto propuesto**

***Costos por consumo de combustible	Q 491,902.00
*Costos por operación de equipos	Q 164,357.58
Costos por personal a cargo	Q 25,000.00
Costos por mantenimiento	Q 15,050.00
<b>**Total mensual</b>	<b>Q 696,309.58</b>
<b>Total anual</b>	<b>Q 8,355,714.96</b>

\*Todos los valores según factura de Genor No.2420 (31-oct-2007)

\*\*Todos los Consumos y Costos están calculados para un mes comercial.

\*\*\*El precio del galón del Diesel: Q 22.77/gal con fecha Octubre 2007. Portal del Ministerio de Energía y Minas.

### 5.4 Análisis comparativo

La vida útil estimada del proyecto es de 20 años. Se procede a comparar el VAN (Valor Actual Neto) de los costos del sistema actual contra el valor actual neto de todos los costos del proyecto propuesto, los que serán proyectados durante la vida útil del proyecto propuesto para obtener un parámetro que nos indique la rentabilidad del mismo. Se deben incluir en los costos de mantenimiento y operación anual los costos de amortización para poder saldar la inversión.

Para poder elaborar las tablas de valores actuales netos basándonos en los costos del hotel, se asumen valores similares de operación, personal y mantenimiento durante los siguientes 20 años para que la proyección sea completa. Asimismo se estiman los mismos costos para que el proyecto tenga en cuenta que el precio de los combustibles derivados del petróleo sigue aumentando cada año y que los equipos requieren mayor mantenimiento con el transcurrir de los años.

### 5.4.1 Valor actual neto (VAN)

Valor actual neto o valor presente neto son términos que proceden de la expresión inglesa Net Present Value. El acrónimo es NPV en inglés y VAN en español. Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros. El método, además, descuenta una determinada tasa o tipo de interés igual para todo el período considerado. La obtención del VAN constituye una herramienta fundamental para la evaluación y rentabilidad de proyectos, así como para la administración de los mismos.

La fórmula que nos permite calcular el Valor Presente Neto es:

$$VAN = \sum_{n=0}^N \frac{I_n - E_n}{(1 + i)^n}$$

$I_n$  representa los ingresos y  $E_n$  representa los egresos.  $E_n$  se toma como valor negativo ya que representa los desembolsos de dinero.  $N$  es el número de períodos considerado. El valor  $I_n - E_n$  indica los flujos de caja estimados de cada período. El tipo de interés es  $i$ .



**Tabla IV. VAN de los costos de la situación actual**

Año	Combustible	Energía Eléctrica	Personal	Mantenimiento	Total costos	VAN
1	Q300,000.00	Q2,880,000.00	Q220,800.00	Q75,000.00	Q3,475,800.00	<b>Q3,475,800.00</b>
2	Q537,186.00	Q2,930,000.00	Q223,560.00	Q78,125.00	Q3,768,871.00	<b>Q3,426,246.36</b>
3	Q774,372.00	Q2,980,000.00	Q226,320.00	Q81,250.00	Q4,061,942.00	<b>Q3,356,976.86</b>
4	Q1,011,558.00	Q3,030,000.00	Q229,080.00	Q84,375.00	Q4,355,013.00	<b>Q3,271,985.73</b>
5	Q1,248,744.00	Q3,080,000.00	Q231,840.00	Q87,500.00	Q4,648,084.00	<b>Q3,174,703.91</b>
6	Q1,485,930.00	Q3,130,000.00	Q234,600.00	Q90,625.00	Q4,941,155.00	<b>Q3,068,068.50</b>
7	Q1,723,116.00	Q3,180,000.00	Q237,360.00	Q93,750.00	Q5,234,226.00	<b>Q2,954,584.12</b>
8	Q1,960,302.00	Q3,230,000.00	Q240,120.00	Q96,875.00	Q5,527,297.00	<b>Q2,836,377.33</b>
9	Q2,197,488.00	Q3,280,000.00	Q242,880.00	Q100,000.00	Q5,820,368.00	<b>Q2,715,244.63</b>
10	Q2,434,674.00	Q3,330,000.00	Q245,640.00	Q103,125.00	Q6,113,439.00	<b>Q2,592,694.92</b>
11	Q2,671,860.00	Q3,380,000.00	Q248,400.00	Q106,250.00	Q6,406,510.00	<b>Q2,469,986.94</b>
12	Q2,909,046.00	Q3,430,000.00	Q251,160.00	Q109,375.00	Q6,699,581.00	<b>Q2,348,162.27</b>
13	Q3,146,232.00	Q3,480,000.00	Q253,920.00	Q112,500.00	Q6,992,652.00	<b>Q2,228,074.42</b>
14	Q3,383,418.00	Q3,530,000.00	Q256,680.00	Q115,625.00	Q7,285,723.00	<b>Q2,110,414.43</b>
15	Q3,620,604.00	Q3,580,000.00	Q259,440.00	Q118,750.00	Q7,578,794.00	<b>Q1,995,733.33</b>
16	Q3,857,790.00	Q3,630,000.00	Q262,200.00	Q121,875.00	Q7,871,865.00	<b>Q1,884,461.89</b>
17	Q4,094,976.00	Q3,680,000.00	Q264,960.00	Q125,000.00	Q8,164,936.00	<b>Q1,776,927.97</b>
18	Q4,332,162.00	Q3,730,000.00	Q267,720.00	Q128,125.00	Q8,458,007.00	<b>Q1,673,371.59</b>
19	Q4,569,348.00	Q3,780,000.00	Q270,480.00	Q131,250.00	Q8,751,078.00	<b>Q1,573,958.30</b>
20	Q4,806,534.00	Q3,830,000.00	Q273,240.00	Q134,375.00	Q9,044,149.00	<b>Q1,478,790.63</b>
<b>TOTAL VAN</b>						<b>Q50,412,564.14</b>

**Tabla V. VAN de los costos del proyecto propuesto**

Año	Combustible	Equipo	Personal	Mantenimiento	Amortización	Total costos	VAN
1	Q5,902,824	Q1,972,290	Q300,000	Q180,600	Q700,000	Q9,055,714	<b>Q9,055,714.00</b>
2	Q6,140,010	Q2,022,290	Q302,760	Q183,725	Q700,000	Q9,348,785	<b>Q8,498,895.45</b>
3	Q6,377,196	Q2,072,290	Q305,520	Q186,850	Q700,000	Q9,641,856	<b>Q7,968,476.03</b>
4	Q6,614,382	Q2,122,290	Q308,280	Q189,975	Q700,000	Q9,934,927	<b>Q7,464,257.70</b>
5	Q6,851,568	Q2,172,290	Q311,040	Q193,100	Q683,288	Q10,211,286	<b>Q6,974,445.73</b>
6	Q7,088,754	Q2,222,290	Q313,800	Q196,225	-----	Q9,821,069	<b>Q6,098,111.16</b>
7	Q7,325,940	Q2,272,290	Q316,560	Q199,350	-----	Q10,114,140	<b>Q5,709,168.35</b>
8	Q7,563,126	Q2,322,290	Q319,320	Q202,475	-----	Q10,407,211	<b>Q5,340,544.81</b>
9	Q7,800,312	Q2,372,290	Q322,080	Q205,600	-----	Q10,700,282	<b>Q4,991,760.52</b>
10	Q8,037,498	Q2,422,290	Q324,840	Q208,725	-----	Q10,993,353	<b>Q4,662,254.83</b>
11	Q8,274,684	Q2,472,290	Q327,600	Q211,850	-----	Q11,286,424	<b>Q4,351,405.03</b>
12	Q8,511,870	Q2,522,290	Q330,360	Q214,975	-----	Q11,579,495	<b>Q4,058,542.36</b>
13	Q8,749,056	Q2,572,290	Q333,120	Q218,100	-----	Q11,872,566	<b>Q3,782,965.41</b>
14	Q8,986,242	Q2,622,290	Q335,880	Q221,225	-----	Q12,165,637	<b>Q3,523,951.70</b>
15	Q9,223,428	Q2,672,290	Q338,640	Q224,350	-----	Q12,458,708	<b>Q3,280,767.20</b>
16	Q9,460,614	Q2,722,290	Q341,400	Q227,475	-----	Q12,751,779	<b>Q3,052,674.51</b>
17	Q9,697,800	Q2,772,290	Q344,160	Q230,600	-----	Q13,044,850	<b>Q2,838,939.43</b>
18	Q9,934,986	Q2,822,290	Q346,920	Q233,725	-----	Q13,337,921	<b>Q2,638,836.56</b>
19	Q10,172,172	Q2,872,290	Q349,680	Q236,850	-----	Q13,630,992	<b>Q2,451,653.73</b>
20	Q10,409,358	Q2,922,290	Q352,440	Q239,975	-----	Q13,924,063	<b>Q2,276,695.57</b>
<b>TOTAL VAN</b>							<b>Q99,020,060.10</b>

Las tablas anteriores muestran los resultados obtenidos de los valores netos por costos que se tienen actualmente en el hotel y los que se esperan tener con el proyecto en un período de 20 años de vida útil (se incluyeron los costos de mantenimiento y personal en ambos casos). En la tabla V se incluyen las cuotas de amortización a pagar durante los siguientes cinco años para recuperar la inversión del proyecto. Se puede observar que los costos del proyecto exceden los costos de la situación actual en el Hotel, por lo que el proyecto no es rentable.

## CONCLUSIONES

1. Se comprobó la posibilidad de generar vapor y energía para el Hotel Radisson; pero el comportamiento de los costos del combustible, hace muy difícil pensar que es la mejor alternativa.
2. El análisis económico muestra que el valor actual neto de los costos del proyecto es mayor que el valor actual neto de los costos actuales para una vida útil de 20 años; por lo tanto el proyecto no es rentable.
3. Los costos energéticos ocupan el segundo lugar en importancia para las empresas hoteleras, tras los costos de personal. El consumo de energía supone un gasto que representa un porcentaje muy elevado de los costos generales de los hoteles. En cuanto al consumo eléctrico por usos en un hotel promedio de Guatemala, el estudio señala que en un 42.3% corresponde a iluminación, el 32.5% a climatización y calefacción; el 8.9% a cocinas; el 8.5% a agua caliente y el 7.9% a otros.
4. La tendencia al ahorro energético en Guatemala va en crecimiento debido a los altos costos del combustible hoy en día, el precio del petróleo se multiplicó por cinco, en valor nominal, en el período desde el año 2002 al 2007, por lo cual se hace necesario analizar otras alternativas para tratar de reducir los costos por consumo de energía y para calentar el agua del Hotel Radisson.



## RECOMENDACIONES

1. Se sugiere analizar la implementación de sistemas de bajo consumo en las duchas y sanitarios, ya que éstos reducen el caudal que se requiere en esos servicios sin perjudicar la cantidad o calidad del agua requerida. También es un gran ahorrador energético debido a que minimiza la cantidad de líquido a calentar alcanzando el rango de consumo de agua en 50 ó 60 por ciento.
2. Es aconsejable analizar la posibilidad de instalar válvulas termostáticas para controlar la temperatura del agua caliente requerida en los sanitarios, de esta manera se evita el desperdicio del agua caliente en los sanitarios al estar ajustando el grifo para obtener la temperatura adecuada.
3. Una opción muy interesante consiste en la posibilidad de instalar paneles solares; con sus beneficios al medio ambiente por la poca cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> y la facilidad de instalación. En el Hotel Radisson el personal de mantenimiento se mostró muy a favor de tratar de implementar esta medida, incluso mencionaron que existían pláticas para cotizar su aplicación y verificar la viabilidad y rentabilidad de la misma. En estos casos, la ventaja no solo está en la cantidad de combustible que se deja de emplear sino en el ahorro de la factura eléctrica; esta medida lograría evitar la emisión a la atmósfera de toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) con lo que se estaría contribuyendo enormemente a la conservación del medio ambiente.

4. Se recomienda analizar el uso de biocombustibles, que no son más que mezclas de combustibles con biomasa (materia orgánica de origen reciente que haya derivado de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético). Durante procesos de conversión tales como la combustión, la biomasa libera su energía; por ejemplo, el etanol a partir de cosechas del azúcar o biogás de la basura animal. El vapor generado por la biomasa puede utilizarse para accionar turbinas de vapor para la producción eléctrica, utilizarse como calor de proceso en una fábrica o planta de procesamiento, o utilizarse para mantener un flujo de agua caliente. La producción de electricidad a partir de fuentes renovables de biomasa no contribuye al efecto invernadero ya que el dióxido de carbono liberado por la biomasa cuando es quemado, (directa o indirectamente después de que se produzca un biocombustible) es igual al dióxido de carbono absorbido por el material de la biomasa durante su crecimiento. Entre las energías renovables, la biomasa constituye una de las opciones con mayor proyección de futuro. La suma de los residuos vegetales, ganaderos o cultivos energéticos capaces de producir energía eléctrica o térmica, arroja un potencial de desarrollo de millones de toneladas de petróleo al año alrededor del mundo.
5. En función de una operación más segura y confiable se recomienda reemplazar la planta de emergencia actual por una de mayor capacidad, actualmente se cuenta con un generador diesel de 320 kw (400 kva) aún así cuando el sistema eléctrico falla, los ascensores de carga (mantenimiento) no pueden operar pues la capacidad de la planta es muy pequeña. Reemplazando este generador por uno de 400 kw (500 kva) se tiene la suficiente capacidad para soportar la carga del hotel e incluso es la solución más práctica para este problema.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 Chapman, Stephen J. Máquinas Eléctricas. 3ª. Edición. Colombia: Editorial Mc-Graw Hill Interamericana, 2000. 768pp.
- 2 Mingot, Tomás de Galiana. Pequeño Larousse de Ciencias y Técnicas. Francia: Editorial Larousse, 1967. 1056pp.
- 3 Shield, Carl D. Calderas, tipos, características y sus funciones. 10ª. Edición. México: Editorial Continental S.A. de C.V., 1982. 716pp
- 4 Streeter, Víctor L. Mecánica de Fluidos. 4ª.Edición. España: Editorial McGraw-Hill,1968. 747pp.
- 5 Vázquez, José Ramírez. Centrales Eléctricas Enciclopedia CEAC de Electricidad. 8ª. Edición. España: Editorial CEAC, 1995. 772pp.
- 6 Viejo Zubicaray y Alonso. Energía Hidroeléctrica. Turbinas y Plantas Generadoras. 1ª.Edición. México: Editorial Limusa, 1977. 330pp.
- 7 Wark, Keneth Jr., y Richards, Donald E. Termodinámica. 6ª. Edición. España: Editorial McGraw-Hill/Interamericana, 2001. 1048pp.

### Referencias electrónicas

8. Cámara de Comercio de Madrid y la Comunidad. 21 de enero de 2003. La energía es el segundo de los costes generales de los hoteles, tras personal. Recuperado de <http://www.camaramadrid.es/asp/prensa/prensa.asp>
9. John, Deere. Consejos semanales 2003. Almacenando Diesel. Recuperado de [http://www.deere.com/es\\_MX/ag/homepage/tips/almacenando\\_diesel.html](http://www.deere.com/es_MX/ag/homepage/tips/almacenando_diesel.html)



10. Portugués, Álvaro. Cogeneración. Recuperado de <http://www.telefonica.net/web2/iescarpediemgetafe/energia1/cogeneracion.htm>
11. Jaber, David. de Alliance to Save Energy. Oportunidades para Ahorrar Energía y Dinero en los Sistemas de Generación y Distribución de Vapor en Hoteles. Recuperado de <http://www.ase.org/content/article/detail/1361>
12. <http://es.wikipedia.org>
13. <http://scholar.google.com>
14. <http://www.claytonmexico.com.mx>
15. <http://www.grupotocosa.com>
16. <http://www.grupotecun.com>