

Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”

CEEMA



**Título: Calentamiento de agua por energía solar en el
Hotel Pasacaballo.**

Diplomante: José Carlos Matamoros Cabrera.

Tutores: Dr. José Pedro Monteagudo Yanes.

Ing. Raúl Roque Bermúdez.

Curso 2008-2009



Cienfuegos, 16 de Junio de 2009.

Dr. Frank Hernández González.
Facultad de Ingeniería Mecánica.
Decano.

Asunto: Aval del Tutor al trabajo de Diploma “Desarrollo de la Propuesta del sistema de calentamiento de agua por paneles solares en el hotel Pasacaballo”. Del estudiante **José Carlos Matamoros Cabrera**.

Por el presente pongo en su conocimiento que el trabajo de referencia ha sido revisado y cumple con los requisitos exigidos en cuanto a la forma de elaboración del documento.

El mismo cumple también los objetivos planificados y es adecuada la fundamentación científica de su contenido, para la presentación y defensa ante el tribunal indicado por la Facultad de Ingeniería Mecánica.

Al tanto de sus indicaciones, queda,

Atentamente.

Tutor: Dr. José P, Monteagudo Yanes.

DECLARACION DE AUTORIDAD
UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS



“Carlos Rafael Rodríguez”

Sistema de Documentación y Proyecto.

Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez como parte de la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Mecánica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Universidad de Cienfuegos para los fines que estime conveniente, ya sea parcial o totalmente, que además no podrá ser presentado sin la aprobación de la Universidad de Cienfuegos.

Firma del autor.

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido según acuerdo de la dirección del centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de este envergadura, referido a la temática señalada.

Información Científico Técnico
Nombre y Apellidos. Firma.

Vice Decano.
Nombre y Apellidos. Firma.

Firma del Tutor

Sistema de Documentación y Proyecto.
Nombre y Apellido. Firma.

Pensamiento

*Nuestro conocimiento es necesariamente finito, mientras que
nuestra ignorancia es necesariamente infinita.*

Karl Popper

Dedicatoria

- *A mis padres Arelis y Félix; Que me dieron la posibilidad de estar aquí al traerme a este mundo, por brindarme siempre sus útiles consejos, amor, apoyo y comprensión. Por confiar en mí y no defraudarme jamás.*

A todos los que de una forma u otra se preocuparon por mí.

Agradecimientos

Este trabajo no puede estar completo sin antes brindar mi más grande agradecimiento a cada una de las personas que me brindaron su amistad y apoyo en cada etapa de esta investigación.

- *A mis padres Arelis de las Mercedes Cabrera Romero y Félix P. Matamoros Sánchez: Que sin ellos me resultaría muy difícil ser quien soy.*
- *A mis abuelos en especial Elizardo Cabrera que aunque no esta junto a mí en estos momentos siempre quiso que me graduara como lo estoy asiendo.*
- *A mi familia en general que siempre me han apoyado y me han dado su cariño.*
- *A mi novia Yaily Mora Aspiro por siempre impulsarme a seguir adelante.*
- *A mis profesores de la Carrera por transmitirme amable y dedicadamente sus conocimientos.*
- *Mi tutor Dr. José P. Monteagudo Yanes: Por la ayuda y orientación brindada, el gran apoyo y todo el tiempo que siempre tuvo disponible para mí.*
- *A todo el personal del hotel Pasacaballo y en especial al energético el Ing. Raúl Roque por brindarme una amistad sincera y facilitarme el trabajo durante mi estancia allí.*
- *A mis compañeros de aula que me tendieron la mano en estos cinco años de la carrera.*

En general a todo aquello que no se ve pero que se siente.

Muchas gracias.

Resumen

La tendencia hoy en día de los precios del petróleo es a subir cada día más debido a su escasez y su gran uso en todo el mundo junto con un mal aprovechamiento y un gran despilfarro, es por ello que la necesidad del ahorro de los recursos energéticos es cada vez mayor y con este objetivo principalmente se realiza este trabajo, haciendo referencia en el capítulo 1 la necesidad de la utilización de materias primas más limpias y renovables. De igual forma en el capítulo 2 se realiza la caracterización energética del Hotel Pasacaballo de la provincia de Cienfuegos, determinando numerosos factores que inciden sobre los consumos de combustible. Donde un (4.63 - 5.42 %) de este consumo de combustible se debe a la poca eficiencia de trabajo del sistema actual de calentamiento de agua, que se realiza mediante dos calderas de Tubos de Fuego. Y el posterior en el capítulo 3 se encuentra el proyecto de cálculo de la necesidad de colectores solares seguido de una evaluación económica de la instalación del sistema de calentamiento de agua por paneles solares arribando a resultado que la inversión se recupera en 2 años por lo que tiene gran factibilidad económica.

Índice

Resumen

Índice

Introducción.....	1
Capítulo I: Fuentes renovables.....	3
1.1 Crisis actual en el mundo	3
1.1.2 Elevados precios de las materias primas	3
1.2 Energía Renovable.....	4
1.2.1 Evolución histórica	5
1.2.2 Las fuentes de energía, sus grupos	5
1.3 Tendencias actuales	10
1.4 Calentamiento de agua	11
1.5 Calentadores solares	12
1.5.1 Instalación y uso	13
1.5.2 Beneficios	14
1.5.3 Parte fundamentales de los calentadores solares.....	14
1.5.4 Tipos y Clasificaciones	15
1.6 Impacto ambiental producido por las energías renovables.....	18
Conclusiones parciales.....	20
Capitulo II: Caracterización de hotel Pasacaballo	21
2.1 Caracterización general del hotel Pasacaballo.....	21
2.2 Caracterización energética del hotel en los años 2007 – 2008.....	22
2.3 Caracterización del sistema de calentamiento de agua en el hotel Pasacaballo.....	27
2.4 Datos del Hotel	29
2.4.1 Balance teórico del sistema de calentamiento de agua del Hotel.....	30
2.4.2 Balance real del sistema de calentamiento de agua del Hotel.....	33
Conclusiones parciales.....	36
Capitulo III: Sustitución del sistema actual de calentamiento de agua por uno de energía solar.....	37
3.1 Energía solar	37
3.2 Proyecto de cálculo de la necesidad de colectores solares	38
3.2.1 Cálculos para los meses desde octubre hasta marzo	41
3.2.2 Cálculos para los meses desde abril hasta septiembre	44
3.3 Sistema de captación en la instalación	48
3.3.1 Sistema de montaje y ubicación de la instalación	48
3.4 Análisis de la factibilidad económica de la instalación de los calentadores de agua.....	48
Conclusiones parciales.....	55
Conclusiones	56

Índice

<i>Recomendaciones</i>	58
<i>Referencia Bibliográfica</i>	59
<i>Bibliografía</i>	60
<i>Anexos</i>	62

Introducción

La energía cataliza la actividad humana, el progreso social y el desarrollo económico. Las diferentes etapas de la evolución han estado caracterizadas por el dominio del hombre sobre la energía.

La energética moderna aún depende de la utilización de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural); estos son extinguidos, contaminantes y están concentrados en pocas regiones de la tierra. Los niveles actuales de consumo amenazan a la humanidad, al rebasarse los límites de la capacidad del planeta para asimilar su impacto, por lo que la reducción de los requerimientos de energía tiene cada vez mayor importancia, no sólo por el ahorro energético y económico que esto significa, sino también por razones medioambientales.

El turismo se ha convertido en una de las industrias más importantes de la actualidad y sus cualidades son crecientemente valoradas debido a que es una de las actividades económicas con mayor capacidad para promover un desarrollo equilibrado y sostenible en cualquier región o estado del mundo.

Las instalaciones turísticas se caracterizan en general por poseer un consumo energético considerable, y en ocasiones, poco racional. Este hecho se ha tratado de explicar fundamentándose en que la principal función del hotel es dar el máximo confort a sus clientes y para ello, se necesita energía. Sin embargo, existen oportunidades para reducir los consumos mediante un enfoque sistemático y estructurado en la administración de la energía que permita aprovechar los ahorros potenciales, sin limitar la calidad de los servicios ofrecidos a los turistas.

Aun cuando el costo de energía de un hotel no es la factura más alta para la administración, el incremento de la eficiencia energética probablemente es una de las vías más factibles para aumentar la competitividad y proteger el medio ambiente en un hotel.

Esta investigación se enmarca dentro de esta problemática y tiene como **problema científico:**

- El Hotel Pasacaballo dedica gran cantidad de su consumo energético a satisfacer las necesidades de agua caliente con calentadores de centralizados que consumen diesel los cuales producen grandes gastos e impacto ambiental.

Se plantea como **Hipótesis de trabajo:**

- El uso de calentadores solares de agua para satisfacer las necesidades de agua caliente reduce los costos energéticos y el impacto ambiental que hoy tiene la instalación.

Con el propósito de legitimar la hipótesis y resolver el problema científico planteado, el **Objetivo General** del trabajo es:

- Evaluar la factibilidad técnico- económica de sustituir el calentamiento de agua del Hotel Pasacaballo por un sistema de calentadores solares.

Teniendo en cuenta los siguientes **Objetivos específicos:**

- Realizar la caracterización energética del Hotel

- Desarrollar el cálculo térmico y la selección del equipamiento de la instalación de calentamiento solar

- Realizar el análisis de factibilidad económica de la propuesta de sustitución de calentamiento de agua.

Capítulo I: Fuentes renovables

1.1 Crisis actual en el mundo

Por crisis económica de 2008 y 2009 se conoce a la percepción de crisis económica mundial que comenzó ese año, originada en los Estados Unidos. Entre los principales factores causantes de la crisis estarían **los altos precios de las materias primas**, la sobrevalorización del producto, una crisis alimentaria mundial, una elevada inflación planetaria y la amenaza de una recesión en todo el mundo, así como una crisis crediticia, hipotecaria y de confianza en los mercados.

Muchos autores consideran que no se trata de una verdadera crisis, sino que más bien es una oportunidad de crecer y tener nuevas ideas dado que el término crisis carece de definición técnica precisa pero está vinculado a una profunda recesión; ésta, a su vez, se define como dos trimestres consecutivos de decrecimiento económico. Por el momento, este fenómeno no se ha producido en la mayor parte de economías desarrolladas. Según algunas fuentes, la crisis podría finalizar en 2010.

La presidenta argentina Cristina Fernández de Kirchner en su primer discurso en la Asamblea General de la ONU denominó a dicha crisis como Efecto Jazz, dado que el origen de la crisis fue el centro de Estados Unidos y se expandió hacia el resto del mundo, en clara contraposición a crisis anteriores que se originaban en países emergentes y se expandían hacia el centro, como fueron el Efecto Tequila, Efecto Caipirinha y el Efecto Arroz.

1.1.2 Elevados precios de las materias primas

La década de los años 2000 fue testigo del incremento de los precios de las materias primas tras su abaratamiento en el período 1980-2000. Pero en 2008, el incremento de los precios de estas materias primas —particularmente, subida del precio del **petróleo** y de la comida— aumentó tanto que comenzó a causar verdaderos daños económicos, amenazando con el hambre en el Tercer Mundo, la inflación y el estancamiento de la globalización.

En enero de 2008, el precio del petróleo superó los US\$100/barril por primera vez en su historia, y alcanzó los US\$147/barril en julio debido a fenómenos especulativos de alta volatilidad que condujeron a un fuerte descenso durante el mes de agosto.

Luego de este pico máximo y en línea con la conducta del petróleo, registró una abrupta caída de más del 50% desde el récord de julio (a octubre de 2008) en un marco de volatilidad nunca antes visto.

Materiales esenciales en la producción, como el ácido sulfúrico y la soda cáustica vieron también incrementados sus precios hasta un 600%.

La crisis del petróleo y de los alimentos fueron objeto de debate en la Cumbre del G-8.

Todo esto trajo como consecuencia el incremento de las tendencias de la utilización de las energías renovables como futuras fuentes.

1.2 Energía Renovable

Se denomina **energía renovable** a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

- El Sol: energía solar.
- El viento: energía eólica.
- Los ríos y corrientes de agua dulce: energía hidráulica.
- Los mares y océanos: energía mareomotriz.
- El calor de la Tierra: energía geotérmica.
- Las olas: energía undimotriz.
- La llegada de masas de agua dulce a masas de agua salada: energía azul.

1.2.1 Evolución histórica

Las energías renovables han constituido una parte importante de la energía utilizada por los humanos desde tiempos remotos, especialmente la solar, la eólica y la hidráulica. La navegación a vela, los molinos de viento o de agua y las disposiciones constructivas de los edificios para aprovechar la del sol, son buenos ejemplos de ello.

Con el invento de la máquina de vapor por James Watt, se van abandonando estas formas de aprovechamiento, por considerarse inestables en el tiempo y caprichosas y se utilizan cada vez más los motores térmicos y eléctricos, en una época en que el todavía relativamente escaso consumo, no hacía prever un agotamiento de las fuentes, ni otros problemas ambientales que más tarde se presentaron.

Hacia la década de años 1970 las energías renovables se consideraron una alternativa a las energías tradicionales, tanto por su disponibilidad presente y futura garantizada (a diferencia de los combustibles fósiles que precisan miles de años para su formación) como por su menor impacto ambiental en el caso de las energías limpias, y por esta razón fueron llamadas energías alternativas. Actualmente muchas de estas energías son una realidad, no una alternativa, por lo que el nombre de alternativas ya no debe emplearse.

Según la Comisión Nacional de Energía española, la venta anual de energía del Régimen Especial se ha multiplicado por más de 10 en España, a la vez que sus precios se han rebajado un 11 %.

En España las energías renovables supusieron en el año 2005 un 5,9% del total de energía primaria, un 1,2% es eólica, un 1,1% hidroeléctrica, un 2,9 biomasa y el 0,7% otras. La energía eólica es la que más crece. (1)

1.2.2 Las fuentes de energía, sus grupos

Las fuentes de energía se pueden dividir en dos grandes subgrupos: permanentes (**renovables**) y temporales (**no renovables**).

Renovables.

En principio, las fuentes permanentes son las que tienen origen solar, de hecho, se sabe que el Sol permanecerá por más tiempo que la Tierra. Aun así, el concepto de renovabilidad depende de la escala de tiempo que se utilice y del ritmo de uso de los recursos.

Energía hidráulica:

La energía potencial acumulada en los saltos de agua puede ser transformada en energía eléctrica. Las centrales hidroeléctricas aprovechan la energía de los ríos para poner en funcionamiento unas turbinas que mueven un generador eléctrico. En España se utiliza un 15 % de esta energía para producir electricidad.

Biomasa:

La formación de biomasa a partir de la energía solar se lleva a cabo por el proceso denominado fotosíntesis vegetal que a su vez es desencadenante de la cadena biológica. Mediante la fotosíntesis las plantas que contienen clorofila, transforman el dióxido de carbono y el agua de productos minerales sin valor energético, en materiales orgánicos con alto contenido energético y a su vez sirven de alimento a otros seres vivos. La biomasa mediante estos procesos almacena a corto plazo la energía solar en forma de carbono. La energía almacenada en el proceso fotosintético puede ser posteriormente transformada en energía térmica, eléctrica o carburantes de origen vegetal, liberando de nuevo el dióxido de carbono almacenado.

Energía solar:

La energía solar es una fuente de vida y origen de la mayoría de las demás formas de energía en la Tierra. Cada año la radiación solar aporta a la Tierra la energía equivalente a varios miles de veces la cantidad de energía que consume la humanidad. Recogiendo de forma adecuada la radiación solar, esta puede transformarse en otras formas de energía como energía térmica o energía eléctrica utilizando paneles solares.

Mediante colectores solares, la energía solar puede transformarse en energía térmica, y utilizando paneles fotovoltaicos la energía luminosa puede transformarse en energía eléctrica. Ambos procesos nada tienen que ver entre sí en cuanto a su tecnología. Así mismo, en las centrales térmicas solares se utiliza la energía térmica de los colectores solares para generar electricidad.

Se distinguen dos componentes en la radiación solar: la **radiación directa** y la **radiación difusa**. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes, y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas direcciones. Sin embargo, tanto la radiación directa como la radiación difusa son aprovechables.

Se puede diferenciar entre receptores activos y pasivos en que los primeros utilizan mecanismos para orientar el sistema receptor hacia el Sol -llamados seguidores- y captar mejor la radiación directa.

Una importante ventaja de la energía solar es que permite la generación de energía en el mismo lugar de consumo mediante la integración arquitectónica. Así, podemos dar lugar a sistemas de generación distribuida en los que se eliminan casi por completo las pérdidas relacionadas con el transporte -que en la actualidad suponen aproximadamente el 40% del total- y la dependencia energética.

Las diferentes tecnologías fotovoltaicas se adaptan para sacar el máximo rendimiento posible de la energía que recibimos del sol. De esta forma por ejemplo los sistemas de concentración solar fotovoltaica (CPV por sus siglas en inglés) utiliza la radiación directa con receptores activos para maximizar la producción de energía y conseguir así un coste menor por kW/h producido. Esta tecnología resulta muy eficiente para lugares de alta radiación solar, pero actualmente no puede competir en precio en localizaciones de baja radiación solar como Centro Europa, donde tecnologías como la Capa Fina (Thin Film) están consiguiendo reducir también el precio de la tecnología fotovoltaica tradicional.

Energía eólica:

La energía eólica es la energía obtenida de la fuerza del viento, es decir, mediante la utilización de la energía cinética generada por las corrientes de aire.

El término eólico viene del latín Aeolicus, perteneciente o relativo a Éolo o Eolo, dos de los vientos en la mitología griega y, por tanto, perteneciente o relativo al viento. La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos al mover sus aspas. Es un tipo de energía verde.

La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia áreas adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales (gradiente de presión).

Energía geotérmica:

La energía geotérmica es aquella energía que puede ser obtenida por el hombre mediante el aprovechamiento del calor del interior de la Tierra. Parte del calor interno de la Tierra (5.000 °C) llega a la corteza terrestre. En algunas zonas del planeta, cerca de la superficie, las aguas subterráneas pueden alcanzar temperaturas de ebullición, y, por tanto, servir para accionar turbinas eléctricas o para calentar. El calor del interior de la Tierra se debe a varios factores, entre los que destacan el gradiente geotérmico y el calor radiogénico. Geotérmico viene del griego geo, "Tierra"; y de thermos, "calor"; literalmente "calor de la Tierra".

Energía mareomotriz:

La energía mareomotriz se debe a las fuerzas gravitatorias entre la Luna, la Tierra y el Sol, que originan las mareas, es decir, la diferencia de altura media de los mares según la posición relativa entre estos tres astros. Esta diferencia de alturas puede aprovecharse en lugares estratégicos como golfos, bahías o estuarios utilizando turbinas hidráulicas que se interponen en el movimiento natural de las aguas, junto con mecanismos de canalización y depósito, para obtener movimiento en un eje. Mediante su acoplamiento a un alternador se puede utilizar

el sistema para la generación de electricidad, transformando así la energía mareomotriz en energía eléctrica, una forma energética más útil y aprovechable.

La energía mareomotriz tiene la cualidad de ser renovable en tanto que la fuente de energía primaria no se agota por su explotación, y es limpia, ya que en la transformación energética no se producen subproductos contaminantes durante la fase de explotación. Sin embargo, la relación entre la cantidad de energía que se puede obtener con los medios actuales y el coste económico y el impacto ambiental de instalar los dispositivos para su proceso han impedido una proliferación notable de este tipo de energía.

Otras formas de extraer energía del mar son la energía undimotriz, que es la energía producida por el movimiento de las olas; y la energía debida al gradiente térmico oceánico, que marca una diferencia de temperaturas entre la superficie y las aguas profundas del océano.

No renovables.

Los combustibles fósiles son recursos no renovables: no podemos reponer lo que gastamos. En algún momento, se acabarán, y tal vez sea necesario disponer de millones de años de evolución similar para contar nuevamente con ellos. Son aquellas cuyas reservas son limitadas y se agotan con el uso. Las principales son la energía nuclear y los combustibles fósiles (el petróleo, el gas natural y el carbón).

Energía fósil:

Los combustibles fósiles se pueden utilizar en forma sólida (carbón), líquida (petróleo) o gaseosa (gas natural). Son acumulaciones de seres vivos que vivieron hace millones de años y que se han fosilizado formando carbón o hidrocarburos. En el caso del carbón se trata de bosques de zonas pantanosas, y en el caso del petróleo y el gas natural de grandes masas de plancton marino acumuladas en el fondo del mar. En ambos casos la materia orgánica se descompuso parcialmente por falta de oxígeno y acción de la temperatura, la presión y determinadas bacterias de forma que quedaron almacenadas moléculas con enlaces de alta energía. La energía más utilizada en el mundo es la energía fósil. Si se considera

todo lo que está en juego, es de suma importancia medir con exactitud las reservas de combustibles fósiles del planeta. Se distinguen las “reservas identificadas” aunque no estén explotadas, y las “reservas probables”, que se podrían descubrir con las tecnologías futuras. Según los cálculos, el planeta puede suministrar energía durante 40 años más (si sólo se utiliza el petróleo) y más de 200 (si se sigue utilizando el carbón). Hay alternativas actualmente en estudio: la energía fósil –nuclear y no renovable-, las energías renovables, las pilas de hidrógeno o la fusión nuclear.

Energía nuclear:

El núcleo atómico de elementos pesados como el uranio, puede ser desintegrado (fisión nuclear) y liberar energía radiante y cinética. Las centrales termonucleares aprovechan esta energía para producir electricidad mediante turbinas de vapor de agua se obtiene al romper los átomos de minerales radiactivos en reacciones en cadena que se producen en el interior de un reactor nuclear.

Una consecuencia de la actividad de producción de este tipo de energía, son los residuos nucleares, que pueden tardar miles de años en desaparecer y tardan mucho tiempo en perder la radiactividad. (2)

1.3 Tendencias actuales

Diversos análisis prospectivos coinciden en señalar que, de mantenerse las actuales tendencias, el sistema energético no sería sostenible. En efecto, en el año 2030 la Unión Europea continuaría siendo dominada por los combustibles fósiles: 39% petróleo, 29% gas, 19% carbón, 8% renovables y 6% nuclear. Más del 75% sería energía importada a unos precios incontrolados y con escasas posibilidades de incidir significativamente sobre el control de las emisiones atmosféricas. Debe tenerse en cuenta, así mismo, que esos porcentajes deben aplicarse a consumos energéticos incrementados en más del 1% por año y en más del 2% anual en el consumo eléctrico. En esas cifras se han tenido en cuenta las tendencias actuales marcadas por la disminución progresiva del uso del carbón, el incremento en el consumo de gas en centrales de ciclo combinado, los

usos más restringidos del petróleo, la progresiva disminución de la energía nuclear por rechazo social y la introducción progresiva de las energías renovables.

La Unión Europea, que está condicionada por el gran déficit de combustibles fósiles y que debe satisfacer las exigencias económicas, ambientales, sociales y las derivadas de una próxima ampliación, tiene ante sí un reto de proporciones enormes.

En este contexto, ¿qué papel pueden desempeñar las energías renovables (hidráulica, solar, eólica, bioenergía, geotérmica, mareas, hidrógeno, etcétera)? La UE en su reciente directiva de fomento de las energías renovables propone que su participación en la estructura energética consumida debería pasar, en el año 2010, del 13,9% (3,2% sin hidráulica convencional) al 22,1% (12,5% sin hidráulica convencional). En el caso de España, del 20% (3,6% sin hidráulica convencional) al 29,4% (17,5% sin hidráulica convencional). Estas previsiones difícilmente podrán cumplirse en la situación y perspectivas actuales.

Todo esto trae consigo una mayor utilización de las energías renovable en especial la **Solar**, la cual tiene una amplia utilización en diferentes ramas, como la generación de electricidad y el calentamiento de agua en casas de familia, hospitales, industrias, hoteles, etc. (2)

1.4 Calentamiento de agua

Los componentes básicos de un sistema de calentamiento de agua domiciliario (agua caliente para ducha y cocina) que utilice la energía solar, lo constituyen el colector solar y el estanque térmico de almacenamiento. Ellos se complementan y mantienen una estrecha relación en su funcionamiento. El colector estándar SOLARCO® de $2m^2$ de superficie de captación, es la base de un sistemas de calentamiento de agua. Es construido íntegramente de cobre y montado en una estructura de aluminio anodizado de alta resistencia a los ambientes corrosivos propios de áreas costeras o salinas. Su reducido espesor y su color café-moro, facilita la armonización estética con variados conjuntos arquitectónicos donde se lo instale. Un cristal triple, de una sola pieza, montado en caucho de silicona, cierra

herméticamente la placa colectora para lograr el efecto de horno y evitar el ingreso, a ésta, de polvo o humedad.

El colector SOLARCO®, posee aletas calculadas y construídas con un método especial para asegurar la concentración y transmisión del calor del sol en los tubos por donde circula el agua o el fluido de calentamiento. Su pintura negra de alto coeficiente de absorción térmica y una lámina de aluminio reflectante, en la parte posterior, contribuyen al objetivo de extraer la máxima temperatura a los rayos solares. Finalmente, una capa de poliuretano inyectado, de alta densidad, aplicada en las paredes interiores de la placa, completa el dispositivo dando al colector una notable eficacia.

Cada colector SOLARCO® es auto soportante y posee aletas de fijación que permiten instalarlo con facilidad y seguridad en cualquier tipo de estructura. Sus tubos conectores facilitan su montaje en paralelo o en serie para satisfacer las más variadas demandas de agua caliente doméstica o industrial. (3)

1.5 Calentadores solares

El calentamiento de agua es una de las aplicaciones más importantes de la energía solar, que compite económicamente en la mayoría de los casos con métodos de calentamiento a base de fuentes convencionales de energía.

Un calentador solar es un aparato que utiliza el calor del sol para calentar alguna sustancia, como puede ser agua, aceite, salmuera, glicol o incluso aire. Su uso más común es para calentar agua para uso en albercas o servicios sanitarios (duchas, lavado de ropa o trastes etc.) tanto en ambientes domésticos como hoteles. Son sencillos y resistentes, pueden tener una vida útil de hasta 20 años sin mayor mantenimiento.

En muchos climas un calentador solar puede disminuir el consumo energético utilizado para calentar agua. Tal disminución puede llegar a ser de hasta 50%-75% o inclusive 100% si se sustituye completamente, eliminando el consumo de gas o electricidad. Aunque en muchos países, por lo general en vías de desarrollo con

un clima muy propicio para el uso de estos sistemas, no los utilizan debido al costo inicial que se debe de cubrir para calentar la primera gota de agua.

La eficiencia para captar la energía solar es muy elevada en los calentadores solares. Dependiendo de la tecnología y materiales implementados, puede llegar a tener eficiencias de 70% u 80%. No debemos confundirnos con el panel fotovoltaico, el cual no se utiliza para calentar sustancias, sino para generar electricidad a partir de la luz.

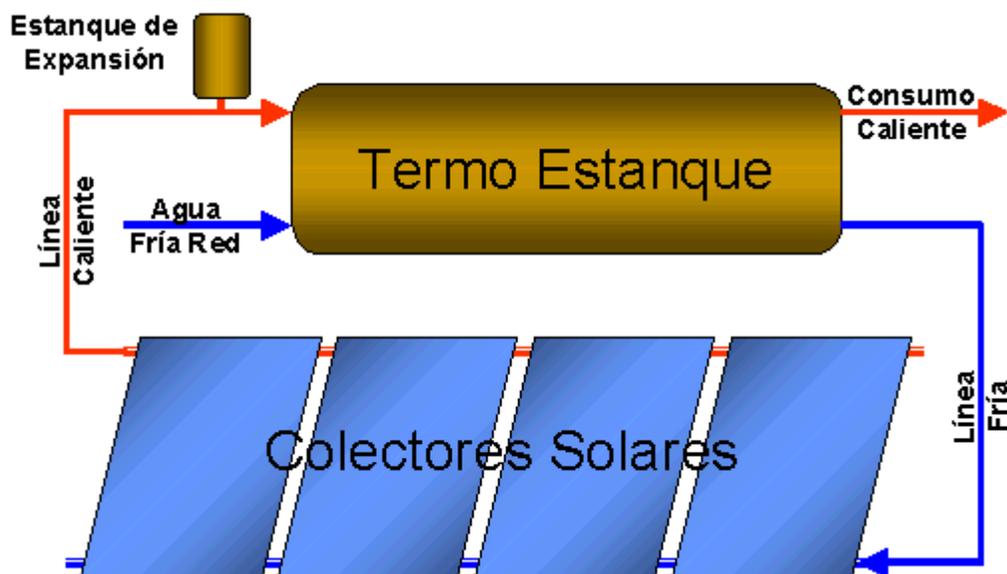


Figura 1.1- Esquema de una instalación de colectores solares.

1.5.1 Instalación y uso

La instalación de este tipo de sistemas de calentamiento de agua es considerablemente sencilla, solo se requiere calcular la inclinación necesaria de los colectores solares para poder aprovechar al máximo la radiación solar, inclinación que varía según la latitud del lugar donde se piensa realizar dicha instalación.

Otro factor a considerar es la dimensión de la instalación la cual depende de la capacidad que se determine necesaria.

El uso es muy práctico ya que no se requiere casi de ningún tipo de mantenimiento más que de una limpieza periódica de los colectores para mantener su eficiencia.

Actualmente existen varios países donde se utilizan estos tipos de sistemas. Alemania es un de los países donde más auge han tenido este tipo de tecnologías y si consideramos que las condiciones solares en nuestro país son considerablemente mejores encontramos un gran potencial para la adopción de estos sistemas.

1.5.2 Beneficios

El calentamiento de agua con energía solar es una tecnología muy probada y usada en el mundo. Los beneficios son principalmente económicos y ambientales.

La viabilidad económica de esta tecnología es considerable ya que una instalación de este tipo tiene un tiempo de vida aproximado de 20 años lo cual garantiza la amortización total de la inversión.

Ambientalmente su efecto es muy positivo ya que ayuda a disminuir el uso de combustibles fósiles para el calentamiento del agua, reduciendo el efecto que tiene el uso de estos combustibles dentro de los hogares.

1.5.3 Parte fundamentales de los calentadores solares

Aunque los sistemas investigados tienen grandes diferencias entre sí, todos poseen tres partes fundamentales:

Colector:

Capta la energía solar y la transfiere al agua (es la parte más importante).

Acumulador:

Allí es donde se deposita el agua caliente, para conservarla con la menor pérdida posible.

Sistema de caños:

Poseen la función de transportar el agua fría y el agua caliente a través de los elementos que forman el sistema.

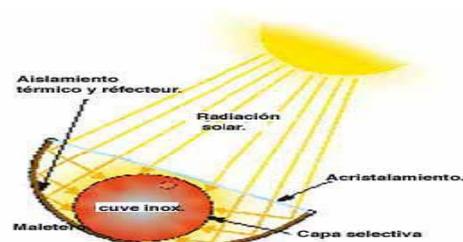
1.5.4 Tipos y Clasificaciones

Planos, de tubo y aleta.



- Es el más conocido en Cuba, también el más presente en el Mediterráneo y América, además de coexistir con el de tubos al vacío en las restantes áreas.
- El precio del modulo colector mas tanque está hoy en el orden de (300 a 600 USD/kW) siendo los productores Chinos los de mejores precios.

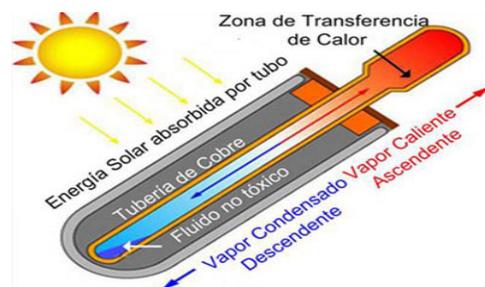
Compacto.



- Presente en la Europa Mediterránea en menor escala.

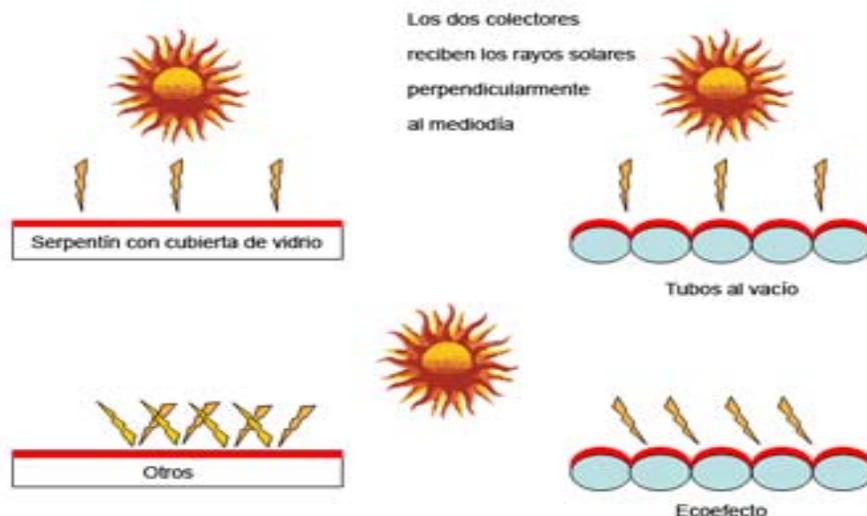
- Menos sensible a problemas de calidad del agua.
- A diferencia de los otros tipos, no requiere de termotanque, ya que el colector hace también la función de tanque.
- El precio de este producto es hoy similar al de los sistemas planos con la diferencia de que existen muy pocas fábricas que trabajen esta tecnología.

Tubos al vacío.



- Tiene gran presencia junto al plano en el norte de Europa y en China.
- Ya hay experiencia de su explotación en Cuba actualmente se realizan montajes de equipos por RENSOL.
- Los colectores de tubos al vacío están hechos en líneas paralelas. Cada uno consiste de un tubo exterior y uno interior o tubo de absorción; este está cubierto con una capa especial que absorbe la energía solar e inhibe la pérdida de calor radiante. El aire es evacuado (extraído) del espacio entre los dos tubos para formar el vacío, el cual elimina la pérdida de calor convectivo y conductivo y calienta el agua que fluye dentro de él en el caso en que circula agua por ellos y calienta el tubo de calor en el caso de los tubos al vacío Heat Pipe.
- El componente clave es el colector de tubo de vidrio al vacío, con la más alta y avanzada tecnología disponible para el aprovechamiento y almacenamiento de energía calorífica.

- Un tubo colector al vacío puede ser comparado a un termo de vidrio aislado al vacío y el sistema de colector plano no puede igualar esta característica térmica. Los tubos colectores de vidrio son superiores a los colectores planos en varias maneras.
- Debido a la forma cilíndrica del tubo al vacío, el sol siempre está impactando a los tubos en un ángulo que es perpendicular a su superficie, esto reduce la reflexión y maximiza la cantidad total de radiación solar a la que los colectores están expuestos cada día.
- Los colectores planos tienen la desventaja de que el Sol está solo perpendicular a los colectores en el medio día y es por esto que una proporción de luz solar que impacta a la superficie del colector va a sufrir reflexión.
- Los de tubos de vidrio al vacío son los equipos más baratos del mercado y sus precios oscilan entre (170 y los 300 USD/kW) su limitación es que trabajan solo a presión atmosférica y en las variantes de tubos de calor empleadas en sistemas presurizados los precios aumentan sensiblemente.



Polipropileno reticulado.



- Se usa en el mundo en calentamiento de grandes volúmenes a bajas temperaturas (Máximo 40°C) como piscinas y otros solo como parte de un gran sistema forzado (Es decir con recirculación mediante bombas para asegurar el contacto reiterado del agua muchos tubos plásticos de pequeño diámetro expuestos a la radiación solar).
- Se están preparando condiciones para su evaluación en Cuba.

1.6 Impacto ambiental producido por las energías renovables

Las energías renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana: solar, eólica, hidráulica, biomasa y geotérmica. Las energías renovables son fuentes de abastecimiento energético respetuosas con el medio ambiente.

Son fuentes de abastecimiento que respetan el medio ambiente. Lo que no significa que no ocasionen efectos negativos sobre el entorno, pero éstos son infinitamente menores si los comparamos con los impactos ambientales de las energías convencionales (combustibles fósiles: petróleo, gas y carbón; energía nuclear, etc.) y además son casi siempre reversibles. Según un estudio sobre los "Impactos Ambientales de la Producción de Electricidad" el impacto ambiental en la generación de electricidad de las energías convencionales es 31 veces superior al de las energías renovables.

Como ventajas medioambientales importantes podemos destacar la no emisión de gases contaminantes como los resultantes de la combustión de combustibles fósiles, responsables del calentamiento global del planeta (CO₂) y de la lluvia

ácida (SO₂ y NO_x) y la no generación de residuos peligrosos de difícil tratamiento y que suponen durante generaciones una amenaza para el medio ambiente como los residuos radiactivos relacionados con el uso de la energía nuclear.

Otras ventajas a señalar de las energías renovables son su contribución al equilibrio territorial, ya que pueden instalarse en zonas rurales y aisladas, y a la disminución de la dependencia de suministros externos, ya que las energías renovables son autóctonas, mientras que los combustibles fósiles sólo se encuentran en un número limitado de países.

Conclusiones parciales

- 1- La crisis económica mundial esta dada por los altos precios de las materias primas.
- 2- Las energías renovables son utilizadas en el mundo des de tiempos remotos solo que no se pensaba en una explotación profunda de estas.
- 3- Las fuentes de energía renovable que existen se dividen en dos grupos (renovables y no renovables).
- 4- En el mundo las tendencias actuales son la utilización de las fuentes renovables especialmente la solar.
- 5- La energía solar es utilizada en varios procesos como la generación de electricidad y el calentamiento de agua.
- 6- Las energías renovables producen muy pocos impactos ambientales.

Capítulo II: Caracterización de hotel Pasacaballo

2.1 Caracterización general del hotel Pasacaballo



El hotel Pasacaballo fue inaugurado el 18 de julio de 1976 por el Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz. Ubicado a 22 Km. de la Ciudad de Cienfuegos. La instalación cuenta con un total de 188 habitaciones, de ellas 10 son sencillas, 11 triples especiales, 130 dobles y 37 triples. Las mismas cuentan con aire acondicionado, TV Satélite, teléfono, caja de seguridad free, Minibar, baño, agua caliente, balcón y terraza con limpieza a habitación diaria.



Figura 2.0- Foto de hotel Pasacaballo desde el aire.

2.2 Caracterización energética del hotel en los años 2007 – 2008

Impacto de los gastos en portadores energéticos sobre los ingresos (2007).

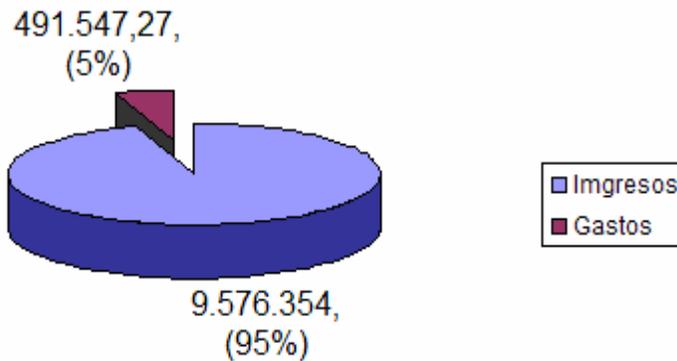


Figura 2.1- Gastos en portadores energéticos y agua respecto a los ingresos totales en el 2007.

Impacto de los gastos en portadores energéticos sobre los ingresos (2008).

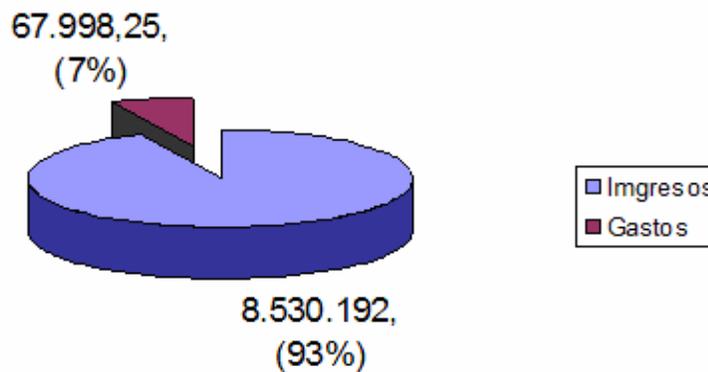


Figura 2.2- Gastos en portadores energéticos y agua respecto a los ingresos totales en el 2008.

Como se aprecia en las figuras 2.1 y 2.2, el Hotel destinó en el 2007 y 2008 respectivamente el 5 y 7% de sus ingresos al pago de los consumos en portadores energéticos y agua. La figura 2.3 y 2.4 muestra la forma de la distribución de estos gastos (en por ciento).

Influencia y distribución de los gastos en portadores energéticos sobre los gastos totales en el (2007).

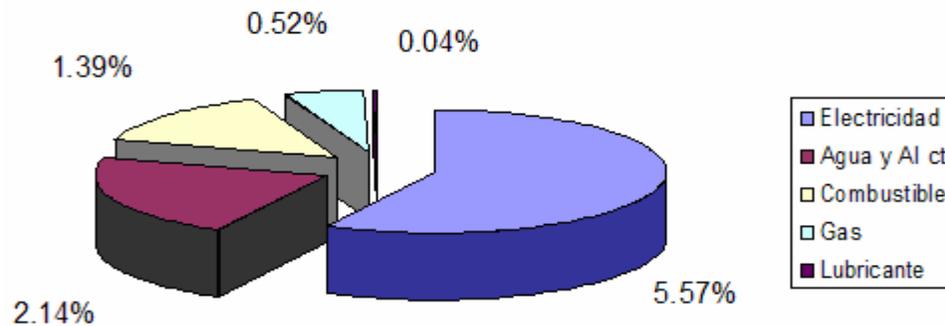


Figura 2.3- Influencia de los diferentes gastos en portadores energéticos y el agua sobre los gastos totales del 2007.

Influencia y distribución de los gastos en portadores energéticos sobre los gastos totales en el (2008).

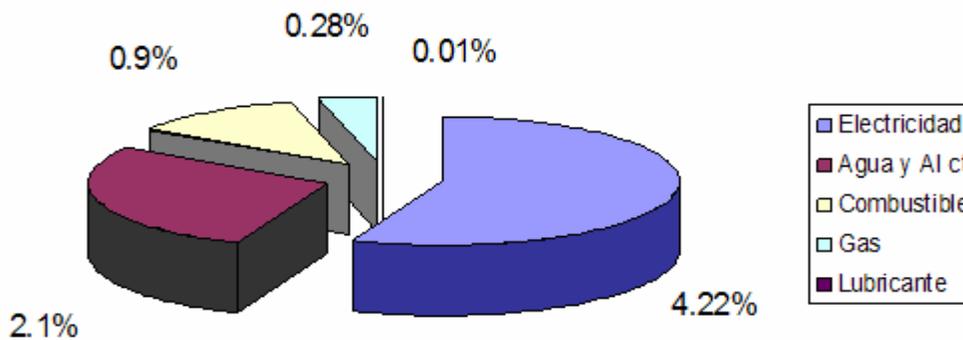


Figura 2.4- Influencia de los diferentes gastos en portadores energéticos y el agua sobre los gastos totales del 2008.

En el desarrollo del análisis los resultados demostraron que uno de los mayores consumos en portadores energéticos y agua en el 2007 y 2008 recayó en el combustible, teniendo en cuenta su consumo y el del resto de los portadores se determinó el por ciento que representa cada portador en las figuras 2.5 y 2.6.

Representación del consumo en por ciento de los portadores sobre los gastos en portadores del (2007).

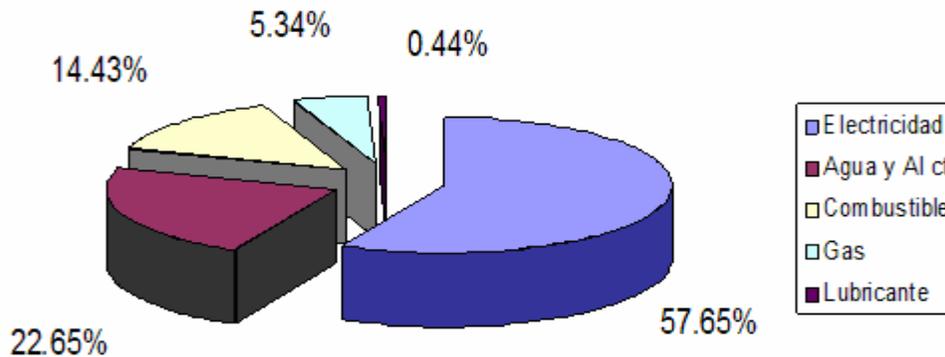


Figura 2.5- Representación de los diferentes consumos en por ciento de los portadores energéticos y el agua sobre los gastos en portadores energéticos del 2007.

Representación del consumo en por ciento de los portadores sobre los gastos en portadores del (2008).

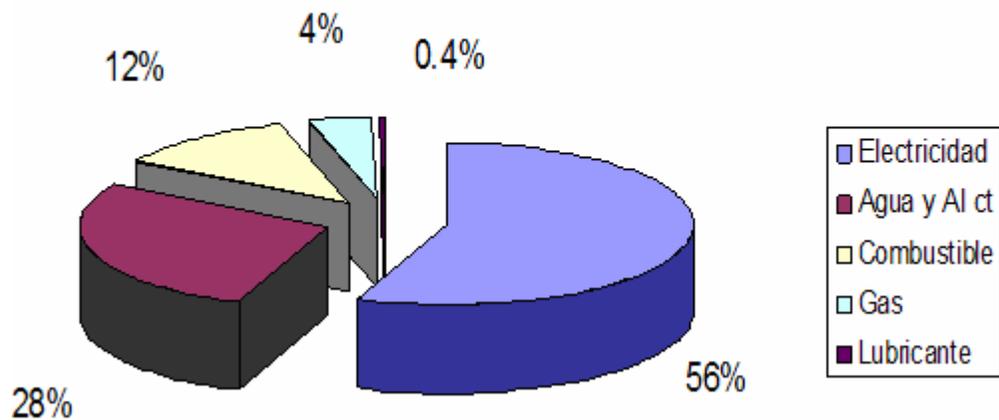


Figura 2.6- Representación de los diferentes consumos en por ciento de los portadores energéticos y el agua sobre los gastos en portadores energéticos del 2008.

De la figura 2.5 y 2.6 queda definido que los gastos por concepto de combustible en los años 2007 y 2008 representan el 14.43% y 12% respectivamente de los gastos en portadores energéticos.

Tabla 2.1: Estructura de consumo 2007.

2007	u.m	Consumo	F. Conv (Lts/TEP)	TEP
Electricidad	kW-h	1209,4	0,352	425,71
Diesel Directo	Lts	43434,00	1174,54	36,98
Diesel de caln.	Lts	28824,00	1174,54	24,54
Gasolina	Lts	35918,3	1847,56	19,44
GLP	Lts	29444,2	2132,40	13,81
Diesel tarjeta	Lts	8620,20	1174,54	7.34

Tabla 2.2: Estructura de consumo 2008.

2008	u.m	Consumo	F. Conv (Lts/TEP)	TEP
Electricidad	kW-h	1196,30	0,352	421,09
Diesel Directo	Lts	49054,00	1174,54	41,76
Diesel de caln.	Lts	33598,00	1174,54	28,61
Gasolina	Lts	32056,70	1847,56	17,35
GLP	Lts	28963,40	2132,40	13,58
Diesel tarjeta	Lts	8861,00	1174,54	7,54

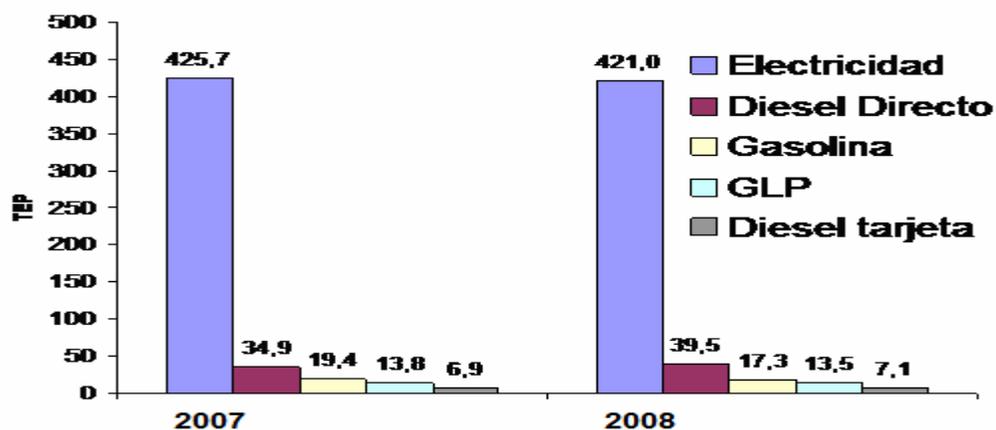


Figura 2.7- Diagrama comparativo de los consumo en TEP de los portadores energéticos del 2007 y 2008.

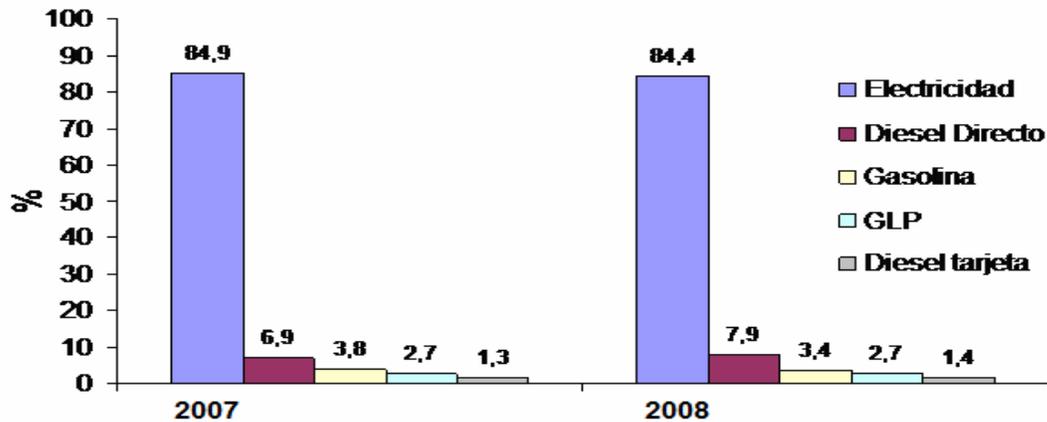


Figura 2.8- Representación de los consumo en % de los portadores energéticos del 2007 y 2008.

Tabla 2.3: Consumo en TEP y % que representa.

2007	TEP	%	% Acum
Electricidad	425,71	84,99	84,99
Diesel Directo	36,98	6,98	91,98
Diesel de caln.	24,54	4,63	-
Gasolina	19,44	3,88	95,86
GLP	13,81	2,76	98,61
Diesel tarjeta	6,94	1,39	100

Tabla 2.4: Consumo en TEP y % que representa.

2008	TEP	%	% Acum
Electricidad	421,09	84,44	84,44
Diesel Directo	41,76	7,92	92,37
Diesel de caln.	28,61	5,42	-
Gasolina	17,35	3,48	95,85
GLP	13,58	2,72	98,57
Diesel tarjeta	7,14	1,43	100

Las figuras anteriores muestran que en el 2008 se produjo un aumento de los consumos con en valor del 1% con respecto al 2007.

Como se puede observar en las figuras anteriores el combustible es un portador energético que afecta los gastos en el hotel. Gran parte de estos gastos se debe a la instalación de calentamiento de agua que posee. La cual está provista por dos calderas de **Tubos de Fuego**.

2.3 Caracterización del sistema de calentamiento de agua en el hotel Pasacaballo

El sistema de calentamiento de agua existente en el hotel, está compuesto por dos calderas de tubos de fuego, conectadas en un circuito cerrado compuesto por un suavizador de agua y dos intercambiadores de placas, los cuales intercambian con agua fría y envían esta a un tanque de almacenamiento, que este a su vez envía esta agua a las habitaciones y hotel en general, mediante bombas.

El combustible utilizado para el funcionamiento de las calderas es gas-oil. El agua del circuito primario se alimenta una vez pasada por el suavizador hacia la succión de las bombas, como este circuito es cerrado sólo se emplea para reponer las pérdidas, esto se puede realizar de forma automática.

El circuito secundario, de recirculación de agua caliente entre el intercambiador de placas y los tanques de almacenamiento, utiliza el agua normal del hotel y su reposición se realiza en la succión de las bombas de dicho circuito.

El circuito terciario es el encargado del suministro de agua caliente hacia las habitaciones y cocina, el mismo cuenta con bombas para recircular el agua no consumida y retornarla al tanque por la parte inferior del mismo. Se utiliza la misma red de tuberías de agua caliente fuera de la sala de calderas.

Para la salida de los gases de combustión se utiliza una chimenea independiente para cada caldera, está auto soportada sobre la misma. Las chimeneas están al fondo de las calderas, para su estabilidad y seguridad se utiliza un sistema de vientos de cable trenzado de 5 mm tensores y grapas.

Las calderas poseen varias protecciones, una de ellas es la válvula de seguridad, diseñada bajo las capacidades de estas para mediante ellas evacuar sobre presiones.

El tanque de almacenamiento de agua caliente dispone de una válvula de seguridad que esta de acorde con la descripción anterior.

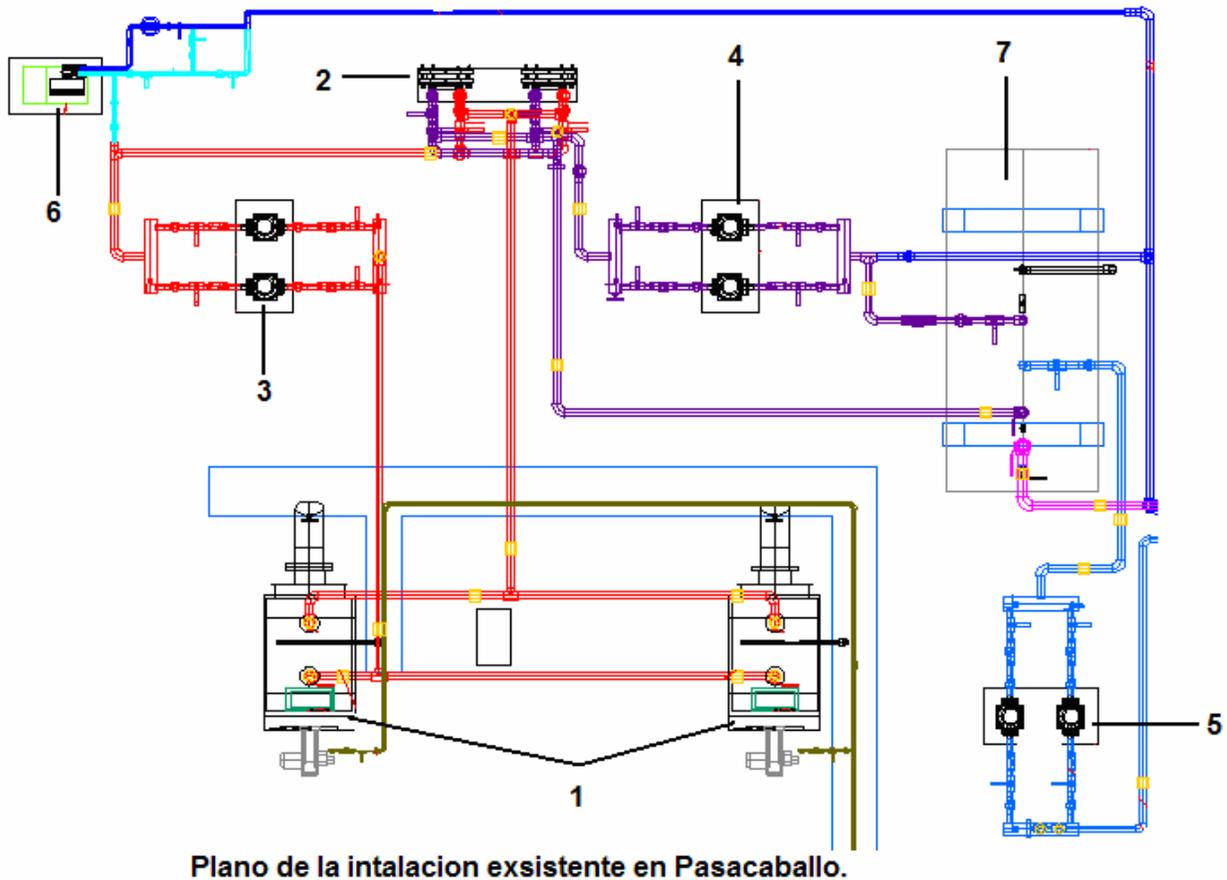


Figura 2.9- Plano en planta de la instalación existente en el Hotel Pasacaballo para el calentamiento de agua.

- 1- Calderas de tubos de fuego.
- 2- Intercambiadores de placas.
- 3- Bombas del circuito primario.

4- Bombas del circuito secundario.

5- Bombas del circuito terciario.

6- Suavizador de agua.

7- Tanque de almacenamiento.

2.4 Datos del Hotel

Número de habitaciones 188

Consumo de agua $\approx 188 m^3 / dia$

Consumo real de agua con el Hotel a plena capacidad $\approx 120 m^3 / dia$

Consumo real por habitación $\approx 0.64 m^3 / hab$

% del consumo total de agua que es caliente $A_{c\%} = 0.4$

Caudal de agua caliente $G_A = 0.4 * 188 = 75.2 m^3 / dia \approx 80 m^3 / dia$

- Se recomienda $\approx 6\%$ más de flujo de agua caliente

- Flujo de diseño $G_A \approx 80 m^3 / dia$

-Potencia del horno $P_h = 142050 K_{cal} / h$

-Valor calórico del gas oil $V_C = 10850 K_{cal} / K_g$

-Consumo de combustible $C_C = 142050 / 10850 = 13.1 K_g / h$

-Consumo real provisto $C_{Cp} = 11.5 \leftrightarrow 22 \frac{K_g}{h}$ (5)

- Razón real de consumo de agua $C_{ra} = 0.64 \frac{m^3}{hab}$

2.4.1 Balance teórico del sistema de calentamiento de agua del Hotel

Balance para el intercambiador de calor.



Datos:

$$G_{BEI} = 80c^0 \quad G_{BSI} = 68c^0 \quad i_{1f} = 334.91 \frac{KJ}{K_g} \quad i_{1f} = 284.61 \frac{KJ}{K_g}$$

$$G_{AEI} = 32c^0 \quad G_{AEI} = 60c^0 \quad i_{1f} = 134.15 \frac{KJ}{K_g} \quad i_{2f} = 251.13 \frac{KJ}{K_g}$$

$$\eta_{ie} = 0.97 \quad (6) \quad G_A = G_A * \delta_{agua} = 77.6 \frac{m^3}{dia} * 997 \frac{K_g}{m^3} = 77367.2 \frac{K_g}{dia} \text{ Teórico.}$$

Siendo las ecuaciones siguientes.

$$G_{BEI} = G_{BSI} = G_B \quad (Ec 2.1)$$

$$G_{AEI} = G_{ASI} = G_A \quad (Ec 2.2)$$

G_B Caudal del agua de las calderas.

G_A Caudal del agua de las habitaciones.

G_{AEI} Caudal de habitaciones a la entrada del intercambiador.

G_{ASI} Caudal de habitaciones a la salida del intercambiador.

G_{BEI} Caudal de las calderas a la entrada del intercambiador.

G_{BSI} Caudal de las calderas a la salida del intercambiador.

- Luego entonces la ecuación sería.

$$G_B * (i_{II_f} - i_{I_f}) * \eta_{int} = G_A * (i_{2_f} - i_{1_f}) \quad (\text{Ec 2.3})$$

-Despejando G_B la ecuación quedaría.

$$G_B = \frac{G_A * (i_{2_f} - i_{1_f})}{[(i_{II_f} - i_{I_f}) * \eta_{int}]} \quad (\text{Ec 2.4})$$

i_{1_f} Entalpía de la temperatura de entrada al intercambiador.

i_{2_f} Entalpía de la temperatura de salida del intercambiador.

i_{I_f} Entalpía de la temperatura de entrada al intercambiador.

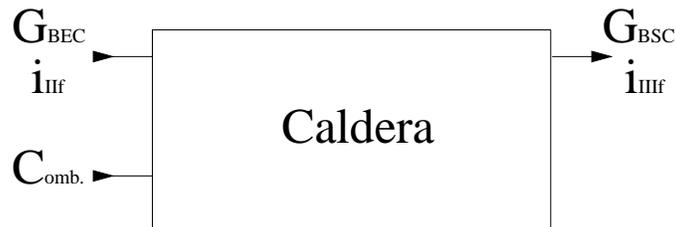
i_{II_f} Entalpía de la temperatura de salida del intercambiador.

$$G_B = \frac{G_A * (i_{2_f} - i_{1_f})}{[(i_{II_f} - i_{I_f}) * \eta_{int}]}$$

$$G_B = \frac{77367.2 * (251.13 - 134.15)}{[(334.91 - 284.61) * 0.97]}$$

$$G_B = 185493.5 \text{ Kg}/\text{dia}$$

Ecuación de balance para el calentador.



Datos:

$$G_{BEC} = 68c^0 \quad G_{BSC} = 80c^0 \quad i_{III f} = 284.61 \text{ KJ}/\text{Kg} \quad i_{III f} = 334.91 \text{ KJ}/\text{Kg}$$

$$G_{comb} = 13.1 \text{ Kg}/\text{h} = 314.4 \text{ Kg}/\text{dia} \quad V_{Cc} = 10850 \text{ Kcal}/\text{Kg} = 45426.78 \text{ KJ}/\text{Kg}$$

$$\eta_{Gv} = \frac{G_B * (i_{III f} - i_{III f})}{(G_{com} * V_{Cc})} \quad (\text{Ec 2.5})$$

η_{Gcalor} Rendimiento del generador de calor.

G_B Caudal del agua de las calderas.

$i_{III f}$ Entalpía de la temperatura de salida del intercambiador.

$i_{III f}$ Entalpía de la temperatura de salida de las calderas.

G_{Comb} Consumo de combustible.

V_{Cc} Valor calórico del combustible.

$$\eta_{Gv} = \frac{G_B * (i_{Hf} - i_{Lf})}{(G_{com} * V_{Cc})}$$

$$\eta_{Gv} = \frac{185493.5 * (334.91 - 284.61)}{(314.4 * 45426.78)}$$

$$\eta_{Gv} = 0.6533$$

2.4.2 Balance real del sistema de calentamiento de agua del Hotel

1-Cálculo de volumen total de agua consumida

$$V_{ta} = C_{ra} * C_{hab} \tag{Ec 2.6}$$

2- Cálculo de consumo de agua caliente

$$C_{ac} = A_{c\%} * V_{ta} \tag{Ec 2.7}$$

Tabla 2.5: Datos del hotel para los cálculos de las ecuaciones anteriores.

Día	Habitaciones ocupadas	Consumo real de combustible (Lt)
05-05-09	125	139
06-05-09	35	81

Tabla 2.6: Resultados de los cálculos anteriores.

Día	Volumen total de agua consumida V_{ta}	Consumo de agua caliente C_{ac}
05-05-09	80 (m ³)	32 (m ³)
06-05-09	22.4 (m ³)	8.96 (m ³)

Datos reales días 05, 06 de mayo del 2009:

$$G_{BEI} = 80c^0 \quad G_{BSI} = 68c^0 \quad i_{1f} = 334.91 \frac{KJ}{K_g} \quad i_{1f} = 284.61 \frac{KJ}{K_g}$$

$$G_{AEI} = 32c^0 \quad G_{AEI} = 60c^0 \quad i_{1f} = 134.15 \frac{KJ}{K_g} \quad i_{2f} = 251.13 \frac{KJ}{K_g}$$

$$\eta_{ite} = 0.97$$

$$G_A = G_A * \delta_{agua} = 32 \frac{m^3}{dia} * 997 \frac{K_g}{m^3} = 31904 \frac{K_g}{dia} \text{ Real día 05-05-09.}$$

$$G_A = G_A * \delta_{agua} = 8.96 \frac{m^3}{dia} * 997 \frac{K_g}{m^3} = 8933.12 \frac{K_g}{dia} \text{ Real día 06-05-09.}$$

Día 05-05-09.

$$G_B = G_A * \frac{(i_{2f} - i_{1f})}{[(i_{1f} - i_{1f}) * \eta_{int}]}$$

$$G_B = 31904 * \frac{(251.13 - 134.15)}{[(334.91 - 284.61) * 0.97]}$$

$$G_B = 76492.18 \frac{K_g}{dia}$$

Día 06-05-09.

$$G_B = G_A * \frac{(i_{2f} - i_{1f})}{[(i_{1f} - i_{1f}) * \eta_{int}]}$$

$$G_B = 8933.12 * \frac{(251.13 - 134.15)}{[(334.91 - 284.61) * 0.97]}$$

$$G_B = 21417.8 \frac{K_g}{dia}$$

Datos reales de la caldera:

$$G_{BEC} = 68c^0 \quad G_{BSC} = 80c^0 \quad i_{Iff} = 284.61 \frac{KJ}{K_g} \quad i_{IIIff} = 334.91 \frac{KJ}{K_g}$$

$$V_{Cc} = 10850 \frac{K_{cal}}{K_g} = 45426.78 \frac{KJ}{K_g}$$

$$G_{comb} = 139 \frac{Lt}{dia} = 116.7 \frac{K_g}{dia} \quad \text{Real día 05-05-09.}$$

$$G_{comb} = 81 \frac{Lt}{dia} = 68.04 \frac{K_g}{dia} \quad \text{Real día 06-05-09.}$$

Día 05-05-09.

$$\eta_{Gv} = \frac{G_B * (i_{IIIff} - i_{Iff})}{(G_{com} * V_{Cc})}$$

$$\eta_{Gv} = \frac{76492.18 * (334.91 - 284.61)}{(116.7 * 45426.78)}$$

$$\eta_{Gv} = 0.62$$

Día 06-05-09.

$$\eta_{Gv} = \frac{G_B * (i_{IIIff} - i_{Iff})}{(G_{com} * V_{Cc})}$$

$$\eta_{Gv} = \frac{21417.8 * (334.91 - 284.61)}{(68.04 * 45426.78)}$$

$$\eta_{Gv} = 0.34$$

Como se puede observar en los cálculos anteriores la eficiencia de las calderas es muy baja lo que afecta grandemente en el consumo de combustible del hotel.

Conclusiones parciales.

- 1- El Hotel destinó en el 2007 y 2008 respectivamente el 5% y 7% de sus ingresos al pago de los consumos en portadores energéticos.
- 2- Los gastos por concepto de combustible en los años 2007 y 2008 representan el 14.43% y 12% respectivamente de los gastos en portadores energéticos.
- 3- Más del 15% del consumo energético se debe al combustible.
- 4- La instalación de calentamiento de agua del Hotel trabaja con una eficiencia baja llegando hacer de 65.33%.
- 5- Tomando los datos reales de los días 5 y 6 de mayo en cuanto a combustible y cantidad de agua que se calienta con ese combustible se obtienen eficiencias de 62% y 34%.
- 6- Se recomienda sustituir la instalación existente por una de alguna energía renovable como la Solar.

Capítulo III: Sustitución del sistema actual de calentamiento de agua por uno de energía solar

3.1 Energía solar

La energía solar es la energía producida por el sol y que es convertida a energía útil por el ser humano, ya sea para calentar algo o producir electricidad (como sus principales aplicaciones).

Cada año el sol arroja 4 mil veces más energía que la que consumimos, por lo que su potencial es prácticamente ilimitado.

La intensidad de energía disponible en un punto determinado de la tierra depende, del día del año, de la hora y de la latitud. Además, la cantidad de energía que puede recogerse depende de la orientación del dispositivo receptor.

Actualmente es una de las energías renovables más desarrolladas y usadas en todo el mundo.

El sol es, desde siempre, la principal fuente de energía en la Tierra. Sin embargo, la combustión del petróleo o el carbón han acabado relegándola. Incluso la nuclear, que tanto debate y opiniones en contra suscita, está aún muy extendida, a pesar de los peligros que conlleva. Estas materias primas, además de ser muy contaminantes, pronto serán demasiado escasas como para proveer la energía suficiente para el alto consumo mundial.

Por ello, una alternativa que cada vez cobra mayor relevancia, es el aprovechamiento de energías renovables, dentro de las que encontramos a la solar. Existen dos sistemas: térmico y fotovoltaico. La diferencia radica en sus distintas formas de almacenamiento y, por lo tanto, en sus diferentes aplicaciones; mientras el primero se utiliza en sistemas de calefacción o la obtención de agua caliente, el segundo se destina a la transformación de la energía solar en electricidad.

Energía mediante el sol

Estas instalaciones están compuestas por paneles que absorben el calor del sol. El proceso es sencillo; el colector, normalmente plano, transforma el calor en energía térmica, mediante el "efecto invernadero". El calor se almacena manteniendo la temperatura alta del agua que se utilizará cuando sea necesaria. Es importante que el tanque de almacenamiento tenga la capacidad suficiente para cubrir las necesidades de uno o dos días, que también dependerán del número de usuarios de la misma.

Estos sistemas tienen múltiples aplicaciones: la obtención de agua caliente sanitaria, climatización de piscinas, con lo cual podremos disfrutar de largos baños durante la mayor parte del año, calefacción, refrigeración, ya que para la obtención de frío es necesaria una fuente de calor, aplicaciones en la agricultura, como invernaderos o secaderos, y en la industria, como en plantas de desalinización, ya que no conllevan contaminación.

3.2 Proyecto de cálculo de la necesidad de colectores solares

Para realizar el cálculo de la necesidad de los colectores solares podemos apoyarnos en dos criterios diferentes.

1- Según las normas del MICONs, que exponen que se debe de calentar aproximadamente el 40% del agua que se consume en el hotel diariamente y en este caso sería el 40% de 188 m^3 que daría un total a calentar de 75.2 m^3 de agua.

2- Según las normas de la empresa RENSOL que exponen que se debe calentar aproximadamente 50Lt de agua por huésped lo que daría como resultado en este caso, de poseer el Hotel 370 huéspedes a 50 Lt un total de 18.5 m^3 de agua. (3)

Después de consultar con RENSOL con el compañero Daniel Morales (Director) de dicha entidad se llegó a la conclusión de tomar el segundo criterio basándose en las experiencias obtenidas por ellos en los diferentes proyectos ejecutados.

Luego de esto se pasó a la ejecución de los cálculos con la siguiente metodología.

Demanda energética

Es la energía necesaria para elevar la temperatura de un volumen determinado de agua, desde una temperatura inicial (T_i) hasta una temperatura de consumo (T_f) .

$$Q = M * C_p * (T_f - T_i) \quad (\text{Ec 3.1})$$

Donde:

Q : Demanda energética $\left(\frac{KJ}{dia} \right)$

M : Masa de agua a calentar en un día $\left(\frac{K_g}{dia} \right)$

C_p : Capacidad calorífica del agua $4.18 \left(\frac{KJ}{K_g \text{ } ^\circ C} \right)$

T_i : Temperatura inicial del agua $(^\circ C)$

T_f : Temperatura de consumo del agua $(^\circ C)$

De otra parte, la masa de agua M está dada por la siguiente ecuación:

$$M = n_p * \delta_{H_2O} * V_p \quad (\text{Ec 3.2})$$

Donde:

n_p : Número de personas $\left(\frac{personas}{dia} \right)$

V_p : Volumen de agua per cápita $\left(\frac{lt}{persona} \right)$

δ_{H_2O} : Densidad del agua $\left(1000 \frac{Kg}{m^3} \right)$

El volumen de agua per cápita V_p es la cantidad de agua que necesita una persona diariamente, este volumen varía en un rango de 20 a 60 litros. Colectores

En la determinación del número de colectores del sistema de calentamiento de agua, es necesario conocer el área de captación y la eficiencia global del colector.

Área de captación

Es el área necesaria para captar la energía solar que pueda satisfacer la demanda energética. El área depende de la radiación global y de la eficiencia total del sistema de calentamiento de agua.

$$A_{cap} = \frac{Q}{(H_p * \eta_g)} \quad (\text{Ec 3.3})$$

Donde:

A_{cap} : Área de captación (m^2)

H_p : Radiación solar $\left(\frac{Kwh}{m^2} \right)$

η_g : Eficiencia global diaria del sistema (%)

Número de colectores

La cantidad de colectores necesarios para satisfacer la demanda energética está

determinada por la relación:

$$N_c = \frac{A_{cap} * F.S}{A_c} \quad (\text{Ec 3.4})$$

Donde:

N_c : Número de colectores

A_{cap} : Área captación (m^2)

A_c : Área de un colector (m^2)

$F.S$: Factor de seguridad o de proyección de demanda (1–1.5)

Volumen del depósito de almacenamiento

$$V_{dep} = 1.15 * M \quad (\text{Ec 3.5})$$

Donde:

V_{dep} : Volumen del depósito de almacenamiento (lt)

M : Masa de agua a almacenar (K_g / dia)

3.2.1 Cálculos para los meses desde octubre hasta marzo

Calculando la radiación promedio.

Los datos de las radiaciones se encuentran en el anexo #1.

$$H_p = \frac{H_{oct} + H_{nov} + H_{dic} + H_{ene} + H_{feb} + H_{mar}}{6} \quad (\text{Ec 3.6})$$

$$H_p = \frac{4.54 + 3.99 + 3.70 + 3.98 + 4.76 + 5.47}{6}$$

$$H_p = 4.41 \text{ KWh}/m^2$$

Calculando la demanda energética.

Datos.

Tabla 3.1: Datos técnicos de los colectores solares a utilizar.

Tipo	LPC47-1530
Capacidad	300L
Material del tanque interior	SUS 304-2B, espesor 0.6mm
Caja exterior	Aluminio estructurado
Insulación	Espuma de poliuretano 45mm
Tubo de vacío	Dimensiones Ø 47 x 1500mm
Numero de tubos	30 piezas
Soldadura	Automática Argon-arc
Conexiones entrada y salida	Acero inoxidable 27mm
Eficiencia global del sistema	55%

$$C_p = 4.18 \text{ KJ}/\text{K}_g \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_i = 27^\circ\text{C}$$

$$T_f = 55^\circ\text{C}$$

$$n_p = 370(\text{personas})$$

$$V_p = 50\text{Lt}$$

$$\delta_{H_2O} = 1000 \text{ K}_g/m^3$$

Los datos de las temperaturas del agua se encuentran en el anexo # 2.

Sustituyendo en la formula.

$$M = n_p * \delta_{H_2O} * V_p$$

$$M = 370 * 1000 * 50$$

$$M = 18500 \text{ Kg}/\text{dia}$$

Luego la demanda energética se calcula.

$$Q = M * C_p * (T_f - T_i)$$

$$Q = 18500 * 4.18 * (55 - 27)$$

$$Q = 2165240 \text{ KJ}/\text{dia}$$

Calculando número de colectores.

Datos.

$$H_p = 4.41 \text{ KWh}/\text{m}^2$$

$$\eta_g = 55\%$$

$$A_c = 2.993 \text{ m}^2$$

$$F.S = 1$$

Reemplazando en la formula.

$$A_{cap} = \frac{Q}{(H_p * \eta_g)}$$

$$A_{cap} = \frac{2165240 \text{ KJ}/\text{dia}}{4.41 \text{ KWh}/\text{m}^2 * 0.55 \text{ KJs}/\text{KW} * 3600\text{s}/\text{h}}$$

$$A_{cap} = 247.9\text{m}^2$$

Luego entonces el número de colectores es.

$$N_c = \frac{A_{cap} * F.S}{A_c}$$

$$N_c = \frac{247.9 * 1}{2.993}$$

$$N_c = 82.8 \approx 83 \text{ colectores}$$

3.2.2 Cálculos para los meses desde abril hasta septiembre

Calculando la radiación promedio.

$$H_p = \frac{H_{abr} + H_{may} + H_{jun} + H_{jul} + H_{ago} + H_{sep}}{6}$$

$$H_p = \frac{6.18 + 5.93 + 6.61 + 5.94 + 5.66 + 5}{6}$$

$$H_p = 5.72 \text{ KWh}/\text{m}^2$$

Calculando la demanda energética.

Datos.

$$C_p = 4.18 \text{ KJ}/\text{K}_g \text{ } ^0\text{C}$$

$$T_i = 27^0\text{C}$$

$$T_f = 55^0\text{C}$$

$$n_p = 370(\text{personas})$$

$$V_p = 50Lt$$

$$\delta_{H_2O} = 1000 \frac{K_g}{m^3}$$

Sustituyendo en la formula.

$$M = n_p * \delta_{H_2O} * V_p$$

$$M = 370 * 1000 * 50$$

$$M = 18500 \frac{K_g}{dia}$$

Luego la demanda energética se calcula.

$$Q = M * C_p * (T_f - T_i)$$

$$Q = 18500 * 4.18 * (55 - 27)$$

$$Q = 2165240 \frac{KJ}{dia}$$

Calculando número de colectores.

Datos.

$$H_p = 5.72 \frac{KWh}{m^2}$$

$$\eta_g = 55\%$$

$$A_c = 2.993m^2$$

$$F.S = 1$$

Reemplazando en la formula.

$$A_{cap} = \frac{Q}{(H_p * \eta_g)}$$

$$A_{cap} = \frac{2165240 \text{ KJ}/\text{dia}}{5.72 \text{ KWh}/\text{m}^2 * 0.55 \text{ KJs}/\text{KW} * 3600\text{s}/\text{h}}$$

$$A_{cap} = 191.2 \text{ m}^2$$

Luego entonces el número de colectores es.

$$N_c = \frac{A_{cap} * F.S}{A_c}$$

$$N_c = 191.2 * 1 / 2.993$$

$$N_c = 63.8 \approx 64 \text{ colectores}$$

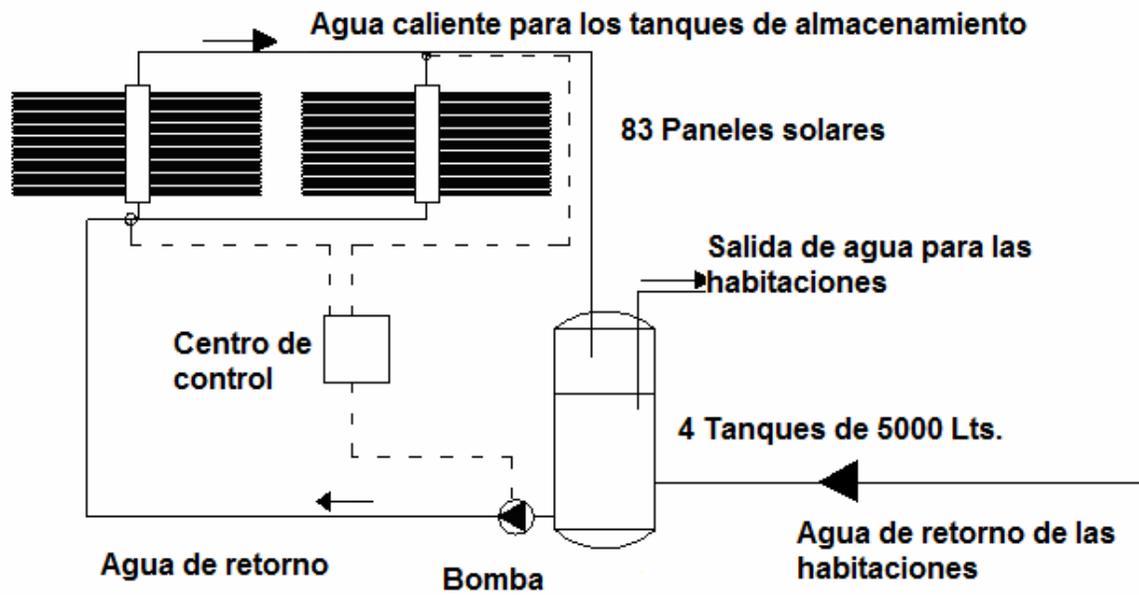
Volumen del depósito de almacenamiento.

$$V_{dep} = 1.15 * M$$

$$V_{dep} = 1.15 * 18500$$

$$V_{dep} = 21275 \text{ Kg}/\text{dia}$$

Por lo tanto el sistema va a estar formado por 83 colectores solares de tubos al vacío y 4 tanques de 5000 litros cada uno.



Esquema de la instalación de calentamiento de agua del hotel Pasacaballo.

Figura3.1- Esquema del sistema de colectores solares para el Hotel Pasacaballo.

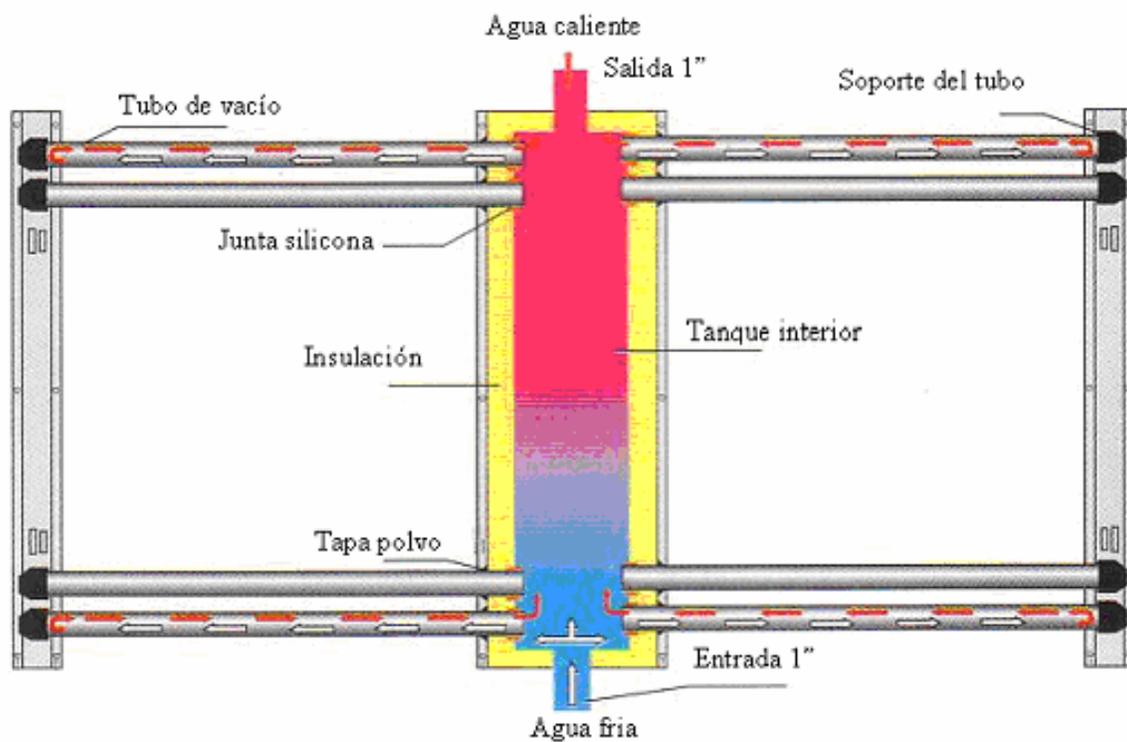


Figura3.2- Esquema de un colector de tubos al vacío.

Principio de funcionamiento de este colector.

El agua circula a través del colector impulsada por una bomba evacuando el calor absorbido por los tubos de vacío, transferido al agua, hasta el tanque termoacumulador.

3.3 Sistema de captación en la instalación

Los captadores de la instalación se orientarán al sur. A los efectos de estas especificaciones se admiten desviaciones respecto al sur de $\pm 20^\circ$.

La inclinación respecto del plano horizontal será desde $0^\circ - 90^\circ$.

3.3.1 Sistema de montaje y ubicación de la instalación

Esta instalación será montada sobre soportes de aluminio o de acero al carbono con acabado pintado, que a su vez estarán sobre cimentaciones en forma de muretes o pilotes individuales para los anclajes para una batería de colectores o para cada colector individualmente como lo muestra el anexo # 3.

La ubicación de dicha instalación será en áreas aledañas a la construcción del hotel ya que no se realizó un estudio estructural que nos permita comprobar que pueda ser ubicado en zonas de la azotea.

3.4 Análisis de la factibilidad económica de la instalación de los calentadores de agua

El análisis de factibilidad económica se realizó teniendo en cuenta varios aspectos como:

- Costo individual de cada colector solar \$400 USD.
- Salario del operario de mantenimiento \$32 USD.
- Costo de los gastos de combustible en el sistema actual de calentamiento de agua \$12784.25 USD.

En la evaluación financiera del proyecto de calentamiento de agua se utilizan técnicas que se basan en el descuento a valor presente de las cantidades futuras o flujos de caja. Los flujos de caja son la diferencia neta entre beneficios y costos en cada uno de los años, refleja el dinero real en caja. Para su determinación se toma como convenio que las entradas a caja (ingresos) son positivas, y las salidas

(gastos) son negativas, lo cual quiere decir que los signos de los flujos de caja resultan del balance anual entre costos y beneficios.

Técnicas a utilizar:

El VPN se basa en calcular el valor presente neto de los flujos de caja proyectados para todos los años durante el período de evaluación del proyecto. Es una medida de las ganancias que puede reportar el proyecto, siendo positivo si el saldo entre beneficios y el gasto es favorable. Se determina como:

$$VPN = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Fc_i}{(1+D)^i} \quad (\text{Ec 3.7})$$

Donde:

K_0 - Inversión o capital inicial.

Fc_i - Flujo de caja en el año i .

D - Tasa de descuento real utilizada.

De forma general, el flujo de caja se puede calcular como:

$$Fc_i = (I_i - G_i - Dep) \cdot (1 - t/100) + Dep \quad (\text{Ec 3.8})$$

Donde:

I - Ingresos en el año i , \$

G - Gastos en el año i , \$.

T - Tasa de impuestos sobre ganancia, %.

Dep - Depreciación del equipamiento o amortización de la inversión, \$.

La depreciación es el proceso de asignar o repartir la inversión inicial en activos fijos, en los períodos donde el uso de dichos activos reporta beneficios a la empresa, se toma en cuenta como un costo anual que debe deducirse anualmente de las utilidades generadas, y que influye en los pagos anuales por impuestos. Se determina como:

$$Dep = \frac{K_0}{n} \quad (\text{Ec 3.9})$$

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se define como aquella tasa de descuento que reduce a cero el Valor Presente Neto. En términos económicos, la TIR representa el porcentaje o tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión, de forma tal que al finalizar el período de evaluación o vida útil, el saldo no recuperado sea igual a cero. El saldo no recuperado de la inversión en cualquier punto del tiempo de la vida del proyecto es la fracción de la inversión original que aún permanece sin recuperar en ese momento.

Se determina como:

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Fc_i}{(1 + TIR)^i} \quad (\text{Ec 3.10})$$

Período de Recuperación de la Inversión (PRI): es el tiempo en que se recupera la inversión inicial para una tasa de descuento considerada. Se calcula como el momento para el cual el VPN se hace cero.

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^{PRI} \frac{Fc_i}{(1 + D)^i} \quad (\text{Ec 3.11})$$

El PRI se le van adicionando gradualmente a la inversión inicial los flujos de caja anuales hasta que el resultado sea cero, en ese momento se ha recuperado la inversión.

El período de recuperación se calcula como la inversión inicial entre los ingresos esperados por año, sin tener en cuenta el valor del dinero en el tiempo, o costo del uso del capital inicial, por lo que por esta vía el valor que se obtiene es inferior al real, y generalmente se denomina como Período Simple de Recuperación de la Inversión.

Tabla 3.2- Datos iniciales para el calculo económico del montaje de la instalación.

Proyecto de un sistema de calentamiento de agua por paneles solares:								
Datos iniciales:								
Años	Ingresos \$ USD	Gastos \$ USD	Costo inversión \$ USD	Tasa de descuento %	Tasa de inflación %	Margen de riesgo %	Tasa de impuesto %	Vida útil estimada, años
0			33200					
1	12784.25	50		16.35	7	3	35	20
2	12784.25	50		16.35	7	3	35	20
3	12784.25	50		16.35	7	3	35	20
4	12784.25	50		16.35	7	3	35	20
5	12784.25	50		16.35	7	3	35	20
6	12784.25	50		16.35	7	3	35	20
7	12784.25	50		16.35	7	3	35	20
8	12784.25	50		16.35	7	3	35	20
9	12784.25	50		16.35	7	3	35	20
10	12784.25	50		16.35	7	3	35	20
11	12784.25	50		16.35	7	3	35	20
12	12784.25	50		16.35	7	3	35	20
13	12784.25	50		16.35	7	3	35	20
14	12784.25	50		16.35	7	3	35	20
15	12784.25	50		16.35	7	3	35	20
16	12784.25	50		16.35	7	3	35	20
17	12784.25	50		16.35	7	3	35	20
18	12784.25	50		16.35	7	3	35	20
19	12784.25	50		16.35	7	3	35	20
20	12784.25	50		16.35	7	3	35	20

Tabla 3.3- Resultados obtenidos con los datos anteriores.

Resultados obtenidos:							
Años	Depreciación \$ USD	Flujo de caja \$ USD	Tasa de descuento real	Tasa de descuento real con margen	Factor de descuento	Flujo de caja descontado \$ USD	Flujo descontado acumulado VPN, \$ USD
0						-33200	-33200
1	1660	12734.25	0.0874	0.1174	0.9219	13813.67	-19386.33
2	1660	10519.4	0.0874	0.1174	0.8790	11967.32	-7419.00
3	1660	10519.4	0.0874	0.1174	0.8498	12378.35	4959.34
4	1660	10519.4	0.0874	0.1174	0.8279	12706.86	17666.21
5	1660	10519.4	0.0874	0.1174	0.8103	12981.74	30647.94
6	1660	10519.4	0.0874	0.1174	0.7958	13218.78	43866.72
7	1660	10519.4	0.0874	0.1174	0.7834	13427.60	57294.33
8	1660	10519.4	0.0874	0.1174	0.7727	13614.54	70908.87
9	1660	10519.4	0.0874	0.1174	0.7632	13783.96	84692.83
10	1660	10519.4	0.0874	0.1174	0.7547	13939.04	98631.87
11	1660	10519.4	0.0874	0.1174	0.7470	14082.14	112714.01
12	1660	10519.4	0.0874	0.1174	0.7400	14215.08	126929.09
13	1660	10519.4	0.0874	0.1174	0.7336	14339.27	141268.36
14	1660	10519.4	0.0874	0.1174	0.7277	14455.87	155724.23
15	1660	10519.4	0.0874	0.1174	0.7222	14565.80	170290.04
16	1660	10519.4	0.0874	0.1174	0.7171	14669.83	184959.86
17	1660	10519.4	0.0874	0.1174	0.7123	14768.58	199728.45
18	1660	10519.4	0.0874	0.1174	0.7078	14862.61	214591.06
19	1660	10519.4	0.0874	0.1174	0.7035	14952.37	229543.43
20	1660	10519.4	0.0874	0.1174	0.6995	15038.25	244581.68

Tabla 3.4- Cálculo de la Tasa Interna de Rentabilidad.

Cálculo del TIR:						
Años	Flujo de caja \$ USD	Tasa de descuento real con margen	Factor de descuento	Flujo de caja descontado \$USD	Flujo descontado acumulado VPN, \$ USD	TIR
0				-33200	-33200	0.39
1	12734.25	0.1174	0.9219	13813.67	-19386.33	
2	10519.4	0.1174	0.8790	11967.32	-7419.00	
3	10519.4	0.1174	0.8498	12378.35	4959.34	
4	10519.4	0.1174	0.8279	12706.86	17666.21	
5	10519.4	0.1174	0.8103	12981.74	30647.94	
6	10519.4	0.1174	0.7958	13218.78	43866.72	
7	10519.4	0.1174	0.7834	13427.60	57294.33	
8	10519.4	0.1174	0.7727	13614.54	70908.87	
9	10519.4	0.1174	0.7632	13783.96	84692.83	
10	10519.4	0.1174	0.7547	13939.04	98631.87	
11	10519.4	0.1174	0.7470	14082.14	112714.01	
12	10519.4	0.1174	0.7400	14215.08	126929.09	
13	10519.4	0.1174	0.7336	14339.27	141268.36	
14	10519.4	0.1174	0.7277	14455.87	155724.23	
15	10519.4	0.1174	0.7222	14565.80	170290.04	
16	10519.4	0.1174	0.7171	14669.83	184959.86	
17	10519.4	0.1174	0.7123	14768.58	199728.45	
18	10519.4	0.1174	0.7078	14862.61	214591.06	
19	10519.4	0.1174	0.7035	14952.37	229543.43	
20	10519.4	0.1174	0.6995	15038.25	244581.68	

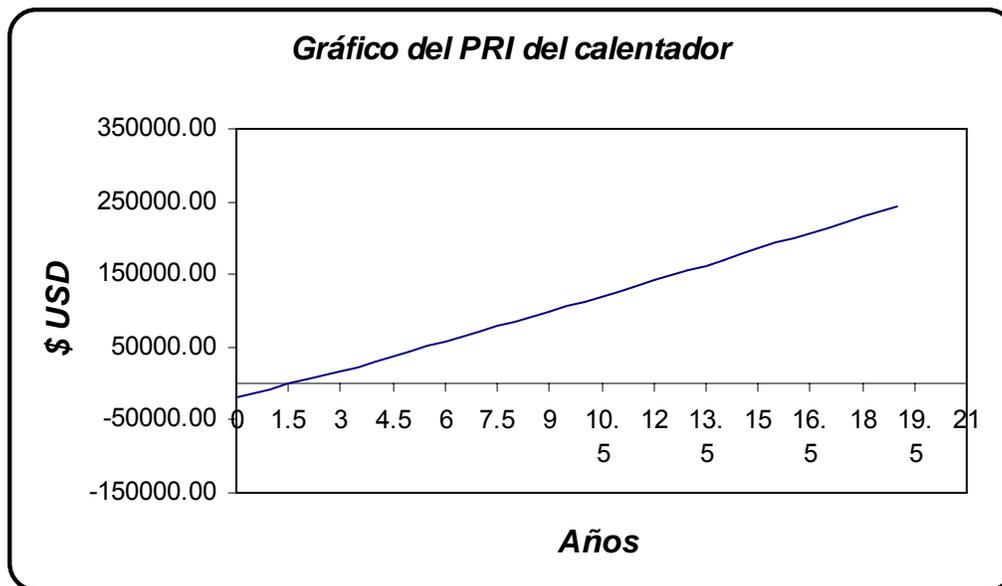


Figura 3.3- Gráfico del PRI

Los métodos seleccionados han dado como resultado la factibilidad del proyecto de instalación de calentamiento de agua por paneles solares, obteniendo resultados negativos en los primeros dos años de realizada la inversión siendo estos el periodo de recuperación mostrándose en la figura 3.3 pero en los restantes se ve el beneficio del proyecto dando positivo en el transcurso de su vida útil lo que genera el aprovechamiento que se necesita para rembolsar la deuda y para proporcional el rendimiento requerido. Así como la tasa interna de rentabilidad (TIR) da según los cálculos realizados un 39% lo que es un valor aceptable ya que la tasa de inflación de los bancos es mucho menor por lo que se obtendría un mayor nivel de ingresos.

Conclusiones parciales

- 1- La norma ha seguir para el abastecimiento de agua caliente al hotel es la utilizada por la empresa RENSOL de calentar aproximadamente 50Lt de agua por huésped lo que daría un total de $18.5 m^3$ de agua.
- 2- Siguiendo el criterio anterior se realizaron cálculos dando como resultado que se necesitan 83 colectores solares de tubos al vacío del tipo LPC47-1530 para el total abastecimiento del hotel.
- 3- Se realizó la evaluación económica del proyecto de instalación de sistema de calentamiento de agua por paneles solares dando como resultado la factibilidad del mismo y su beneficio en su vida útil.

Conclusiones

1- El factor medioambiental se está convirtiendo en eje estratégico y de competitividad de la actividad industrial. No es solo la presión de la legislación ambiental sino la del mercado, la que exige que toda la actividad industrial se desarrolle con respeto para el entorno, lo que implica un proceso de mejora continua, más allá del solo cumplimiento de las leyes ambientales.

2- El combustible es uno de los portadores energéticos de mayor incidencia y toda acción encaminada a la reducción de su consumo incrementaría las utilidades de las instalaciones turísticas. En el caso del hotel Pasacaballo representa el 14.43%.

3- La caracterización energética realizada del hotel en los años 2007, 2008 muestran que:

- El Hotel destinó en el 2007 y 2008 respectivamente el 5% y 7% de sus ingresos al pago de los consumos en portadores energéticos.
- Los gastos por concepto de combustible en los años 2007 y 2008 representan el 14.43% y 12% respectivamente de los gastos en portadores energéticos.
- Más del 15% del consumo energético se debe al combustible.

4- La instalación de calentamiento de agua del Hotel trabaja con una eficiencia baja, llegando hacer de 65.33%.

5- Se realizaron cálculos dando como resultado que se necesitan 83 colectores solares de tubos al vacío del tipo LPC47-1530 para el total abastecimiento del hotel.

6- Se realizó la evaluación económica utilizando métodos como el (VPN - TIR - PRI) al proyecto de instalación de sistema de calentamiento de agua por paneles solares dando como resultado la factibilidad del mismo y su beneficio en su vida útil.

Recomendaciones

7- Se obtuvo un 39% de interés de rentabilidad lo que es un valor aceptable ya que la tasa de inflación de los bancos es mucho menor por lo que se obtendría un mayor nivel de ingresos.

8- La inversión tiene un periodo de recuperación de 1 a 2 años de su vida útil.

Recomendaciones

- 1- Hacer la inversión del sistema de calentamiento de agua por paneles solares ya que trae consigo un ahorro de efectivo y de combustible considerable.
- 2- Realizar un estudio estructural del hotel para el montaje de los calentadores en las zonas altas del mismo (azotea).
- 3- Tomar este trabajo para la puesta en marcha del proyecto de calentamiento de agua.
- 4- La dirección del hotel, de considerarlo adecuado debe tener en cuenta los indicadores que se exponen en este trabajo.

Referencia Bibliográfica

1. Solar Decathlon. Universidad alemana de Darmstadt. 2007;
2. Energía renovable. 2006;
3. DM. Calentamiento de agua. 2009 May 29;
4. José P. Monteagudo Yanes ABN. Gestión y Economía Energética. Universidad de Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos; 2006.
5. IRR. Consumo de combustible.
6. DML. Trasferencia en intercambiadores de placa. 2009 May 13;

Bibliografía

- 1 . R. Especificaciones técnicas de diseño y montaje de instalaciones solares técnicas para la producción.
- 2 . Energía ecológica [Internet]. Available from: <http://www.solarfree.cl/nuestra-tecnologia/comparativa-de-tecnologias/>
- 3 . Energía solar térmica [Internet]. Available from: <http://www.enecogalaica.com/energiasolartermica.htm>
- 4 . HR. Energía solar. Marcombo.
- 5 . KC. Agua caliente solar. H. Blume.
- 6 . WAB. Proyecto de sistemas técnicos solares. Index;
- 7 . GB. Uso directo de la energía solar. H. Blume.
- 8 . DM. Calentamiento de agua. 2009 May 29;
- 9 . F. Energy Group [Internet]. 2008; Available from: <http://www.farenhouse.cl>
10. DABN. Combustión y Generación de Vapor. Universidad de Cienfuegos: Universo Sur ISBN; 2007.
11. AV. Energía solar. Lima: 1993.
12. A. Aplicaciones de la energía solar a baja temperatura. Index; 1984.

13. José P. Monteagudo Yanes ABN. Gestión y Economía Energética.
Universidad de Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos; 2006.

14. John H. Lienhard V JHLI. A Heat Transfer Textbook. Third. Phlogiston Press;
2002.

Anexos

Anexo #1 –Datos de las radiaciones del sol en diferentes localidades en (KWh/m^2) .

Localidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
Guantánamo	4.21	5.00	5.67	6.21	5.99	6.22	6.38	6.09	5.51	4.89	4.28	3.88	5.21
Granma	4.17	4.86	5.48	6.04	5.84	5.98	6.05	5.76	5.35	4.77	4.37	3.91	5.21
Camagüey	3.98	4.78	5.40	5.96	5.81	5.86	5.97	5.67	5.19	4.61	3.99	3.71	5.08
Ciego de Á.	4.18	4.97	5.69	6.28	6.12	6.07	6.24	5.86	5.31	4.76	4.25	3.96	5.31
Sancti S.	3.89	4.73	5.47	6.18	5.93	5.72	6.01	5.74	5.10	4.49	3.88	3.54	5.05
Cienfuegos	3.98	4.76	5.47	6.18	5.93	5.61	5.94	5.66	5.00	4.54	3.99	3.70	5.06
Matanzas	4.10	4.93	5.74	6.42	6.20	5.73	6.04	5.75	5.10	4.70	4.17	3.84	5.23
La Habana	4.04	4.88	5.65	6.41	6.26	5.74	6.14	5.87	5.07	4.77	4.20	3.77	5.23
Pinar del Río	4.01	4.73	5.51	6.23	6.15	5.84	5.85	5.60	5.07	4.67	4.11	3.72	5.13

Anexo #2 –Datos de las temperaturas del agua y el aire en diferentes localidades en ($^{\circ}\text{C}$).

Localidad	Aire		Agua
	T máx. media	T min. media	T media
Pinar del Río La Palma	29.4	20.6	25.0
Isabel Rubio	29.4	20.0	25.0
Santa Lucía	29.2	20.9	24.8
Paso Real de San Diego	29,5	20,7	25.1
Bahía Honda	29.2	21.5	24.8
La Habana Tapaste	29,1	18,8	24.7
Melena del Sur	30,2	19,5	25.8
Ciudad de La Habana Casablanca	28,9	22,0	24.5
Santiago de las Vegas	29,5	20,1	25.1
Matanzas Jovellanos	30,3	18,7	25.9
Villa Clara Sagua la Grande	29,4	20,1	25.0
Caibarién	29,1	21,8	24.7
Santa Clara (Yabú)	30,2	19,4	25.8
Cienfuegos	31,3	19,2	26.9
Trinidad	25,0	17,7	21.6
Sancti Spíritus	30,3	20,1	25.9
Ciego de Ávila	31,4	20,2	26.0
Camagüey Nuevitas (Tarafa)	28,6	21,7	24.2
Granma Jucarito	32,5	20,7	28.1
Cabo Cruz	30,2	23,1	25.8
Manzanillo	31,8	21, 9	26.2
Santiago de Cuba	30,7	21,2	26.3
Gran Piedra	22,8	15,6	18.4
Guantánamo	32,1	21,0	27.7
Punta Maisí	29,5	24,1	25.1

Anexo #3- Ejemplos de estructuras de soportes de los calentadores.

