



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**Trabajo de fin de carrera previo a la obtención
del Título de Ingeniero Mecánico Automotriz.**

**“CALENTAMIENTO DE AGUA EN UNA PISCINA DE 168 m³ UTILIZANDO
COLECTORES SOLARES PLANOS Y UNA CALDERA CON QUEMADOR A
DIESEL PARA EL COMPLEJO SOL RESORT, UBICADO EN LA
PARROQUIA CUNCHIBAMBA DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”.**

Autor:

CESAR AUGUSTO MONTOYA CHING

QUITO – ECUADOR

Julio 2012

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Cesar Augusto Montoya Ching, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

.....

Cesar Augusto Montoya Ching

C.I.: 170659043-5

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación de fin de carrera, titulado

**“CALENTAMIENTO DE AGUA EN UNA PISCINA DE 168 m³ UTILIZANDO
COLECTORES SOLARES PLANOS Y UNA CALDERA CON QUEMADOR A
DIESEL PARA EL COMPLEJO SOL RESORT, UBICADO EN LA
PARROQUIA CUNCHIBAMBA DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

Realizado por el alumno

CESAR AUGUSTO MONTOYA CHING

Como requisito para la obtención del título de

INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ

Ha sido dirigido por el profesor

Ing. Yamandú Yánez

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor.

.....

Ing. Yamandú Yánez

Director

Después de revisar el trabajo escrito presentado,

Lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.

Ing. Paolo Salazar

Ing. Jaime Molina

.....

.....

Quito, a 19 de Julio del 2012

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a mi familia, por el apoyo y enseñanzas, en especial a mi madre por el apoyo que me ha dado para lograr mis metas en todo sentido y por ayudarme en los momentos más difíciles.

A la Universidad Internacional SEK en especial a la Facultad de Ingeniería Mecánica, a mis profesores que con sus enseñanzas, experiencias y anécdotas han contribuido para que pueda resolver con mayor facilidad los problemas técnicos que se presenten día a día.

Cesar Montoya

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a la Universidad Internacional SEK, la Facultad de Mecánica, a mis profesores, a mi director de Tesis Ing. Yamandú Yáñez por haber hecho posible la realización de éste proyecto, al Ing. Julio Vallejo Msc. Decano de la Facultad de Mecánica por su acertada dirección, a mi familia por el apoyo que me han brindado, en especial a mi madre Sofía por su dedicación y ejemplo.

César Montoya

INTRODUCCIÓN

El propósito del siguiente trabajo es realizar la mejora en los procesos de calentamiento del agua de la piscina en el Complejo Recreacional “Sol Resort” ubicado en la parroquia Cunchibamba de la provincia de Tungurahua, específicamente en lo que se refiere en primera instancia a la reducción del costo para temperar la piscina y en segundo lugar atacar problemas de contaminación ambiental causados por combustibles mal combustionados así como también por la contaminación sonora que producen las calderas.

Para lo cual se pretende efectuar un estudio sobre las energías alternativas renovables, específicamente para este caso la energía solar y sus aplicaciones, para de esta manera evaluar la factibilidad de construir un sistema que permita temperar una piscina en forma ecológica, y a un costo de implementación más bajo que otros sistemas existentes en el medio.

Cabe destacar que el Complejo “Sol Resort”, ha venido trabajando con un costo muy alto por el concepto de mantenimiento de la piscina durante 8 años; por cuanto trimestralmente se gasta \$1200 en el calentamiento de la piscina, lo que equivale a \$400 mensuales, lo que implica un gasto histórico acumulado de \$38.400 de combustible en los 8 años de operación.

Posteriormente a la implementación del sistema de colectores solares, la recarga del diesel para uso en la caldera se pudo prolongar de tres meses a seis meses, lo que implica una optimización lograda de un 50% de ahorro en combustibles. Con el diseño propuesto se pretenderá concientizar el uso de energías renovables, e ir reduciendo la contaminación ambiental progresivamente.

Se conoce de la realización de estudios similares de implementación de energía solar térmica para temperar piscinas, pero al analizar estos proyectos se pudo observar que no son muy eficientes, debido a que trabajan como un calentador de paso, como es el caso de los calentadores eléctricos que existen en el mercado, donde una bomba tiene que

permanecer encendida todo el día que se recibe radiación solar y esto se refleja en el costo de uso de energía eléctrica.

Por consiguiente utilizan un sistema de colectores solares que generan un ahorro de término medio en combustibles, pero con un alto consumo de energía eléctrica, lo que se refleja en aumentos de gastos por energía eléctrica.

El diseño de éste proyecto se basa en un sistema de acumulación de energía solar doméstico, amplificado para la cantidad de agua de una piscina de $168 m^3$, logrando de esta manera bajar el costo de energía eléctrica, a más de la del combustible utilizado por la caldera para temperar el agua de la piscina a la temperatura deseada de 30°C .

El funcionamiento del sistema logrará que el agua acumulada en el tanque proveniente de la piscina llegue a una temperatura específica para éste caso será de 40°C , y cuando se alcance la temperatura deseada se encienda la bomba de agua haciendo circular el fluido desde la piscina hacia el tanque, generando un empuje de agua caliente acumulada en el tanque hacia la piscina.

Para lo cual el sistema cuenta con una termocupla (termostato) que censa la temperatura interna del tanque la cual está calibrada para que encienda la bomba a 40°C , y se apague la bomba en 30°C , para así evitar que la bomba permanezca encendida todo el día, sino solamente cuando el sistema lo requiera.

El motivo por el que se aplicó una disminución en el número de colectores solares, está dado por la necesidad de que no se requiere calentar la totalidad de la piscina de una sola vez, si no de aumentar la temperatura de la piscina gradualmente.

Mediante pruebas realizadas se determinó que el agua de la piscina aumenta 2°C , en condiciones atmosféricas favorables con un día despejado y soleado, mientras que en un día parcialmente nublado aumenta solamente 1°C , de la misma forma en días totalmente nublados, el sistema no logra calentar el agua a la temperatura deseada, donde llega a oscilar entre 20°C y 25°C .

Como justificación para la realización de éste proyecto tenemos el impulso del estado en su plan del buen vivir que promueve el uso de energías alternativas, y la necesidad del complejo “Sol Resort”, de reducir los costos de mantenimiento, esto también se ve reflejado en la comodidad de los clientes, debido a la reducción significativa de contaminación sonora y ambiental, que producen las calderas, a la vez que obtiene una piscina mejor climatizada y más agradable para sus clientes.

El proyecto es totalmente factible debido a que se conoce que se han realizado proyectos de energías renovables alternativas aplicados en el calentamiento de piscinas. Además en la zona geográfica donde se encuentra ubicado el Complejo “Sol Resort”, se dispone de un clima favorable con cielos despejados y radiantes de sol, lo que permitirá conseguir la aplicación práctica del proyecto.

Los objetivos planteados tanto a nivel general como específico se han cumplido, haciendo que el calentamiento de la piscina del Complejo Sol Resort sea más amigable con el medio ambiente, con ayuda del sistema de colectores solares y del tanque acumulador, logrando a la vez la reducción por consumo de combustibles y energía eléctrica, como también la mejora en el confort de los clientes del complejo al tener agua caliente constante y más limpia.

ABSTRACT

The main goal of this end degree course Project is to improve the thermal development in pool's heating system of Sol Resort, tourist resort placed in the parish of Cunchibamba, canton of Ambato, province of Tungurahua, this goal also help administration to reduce maintenance costs.

The project consists of a domestic accumulated sun heating water system adjusted to Sol Resort's pool volume capacity.

There are some studies and projects about pool heating with sun energy collectors, but they are not quite efficient as it really needs due to it works like a step heater like an electric heater system and it needs a constant water flow from pool using a pump, which cause an electric energy high consumption .

The present project needs half quantity of collectors estimated by normal calculation for pools heating systems due to it is not going to heat whole pool but the temperature interchanger tank volume capacity which contains a part of pool's water. That tank heats water up to 40°C and this temperature will immediately turn on a pump controlled by an analog thermostat due to reduce costs, this pump will make flow water from pool to interchanger tank and vice versa

For this project, the recollected data of sun radiation at parish of Cunchibamba location was getting well with the help of a digital piranometer provided by Faculty of Mechanical Engineering.

Results of this started up project show main goal was achieving with a 50% of efficiency, which it has generating a diesel heater fuel saving, nowadays resort's administration doesn't need to buy fuel every three months with the project they buy every six months.

Another effect of present project is a more comfortable environment for resort's costumer.

ÍNDICE GENERAL

	CONTENIDO	PÁGINA
	Carátula.....	I
	Declaración Juramentada	II
	Declaratoria	III
	Dedicatoria	IV
	Agradecimiento	V
	Introducción	VI
	Abstract	IX
	CAPÍTULO 1: GENERALIDADES	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Definición del problema	2
1.3	Objetivos del estudio	2
1.3.1	Objetivo general	2
1.3.2	Objetivos específicos	2
1.3.3	Justificación del estudio	2
	CAPÍTULO 2 : MARCO TEÓRICO	4
2.1	Radiación Solar	4
2.2	Radiación Directa	5
2.3	Radiación Difusa	5
2.4	Radiación de Albedo	6
2.5	Radiación Global	8
2.6	Radiación Total	8
2.7	Parámetros de Posicionamiento del Sol	8
2.8	Declinación (δ)	8
2.9	Latitud (ϕ)	11
2.10	Ángulo Horario (W)	11
2.11	Ángulo Zenit (θ_z)	11
2.12	Ángulo Azimut de la superficie (γ)	11
2.13	Ángulo Beta o de Inclinación (s)	12
2.14	Ángulo de Incidencia (θ)	12

2.15	Azimut Solar (γ_s)	13
2.16	Modelo matemático para calcular la radiación solar	15
2.17	Inclinación óptima de los colectores	19
2.18	El Colector solar plano	20
2.19	Características del colector solar plano	20
2.20	Cubierta transparente o cobertor	21
2.21	Placa Absorbadora	21
2.22	Energía Absorbida	22
2.23	Energía Transformada	24
2.24	Energía Perdida	26
2.24.1	Pérdidas por Evaporación	27
2.24.2	Pérdidas por Convección	27
2.24.3	Pérdidas por Radiación	27
2.24.4	Pérdidas por Conducción	27
2.25	Cálculo de pérdidas energéticas de una piscina	28
2.26	Cálculo de las pérdidas de una piscina considerando un sistema cubierto .	28
2.27	Eficiencia del colector solar plano	29
2.28	Cálculo del calor útil [Qu] de un colector solar	29
	CAPÍTULO 3 : DISEÑO DEL SISTEMA TÉRMICO	39
3.1	Demanda de energía de la piscina	39
3.2	Cálculo de la demanda energética	39
3.3	Diseño del sistema de tuberías para la admisión y salida del agua	40
3.4	Automatización del sistema de calentamiento y circulación del fluido	42
3.4.1	Cálculo de la potencia para la selección de la bomba	43
3.4.2	Determinación de la potencia de la bomba	46
3.4.3	Cálculo de la pérdida hidráulica de un colector solar	48
3.5	Sistema de conexiones de los colectores solares	49
3.6	Diseño del sistema de colectores solares planos	50
3.7	Antecedentes	51
3.8	Determinación del número de colectores solares para satisfacer la demanda energética de un sistema de aprovechamiento de la energía solar para calentar una piscina	51

3.9	Método por el área superficial de la piscina	52
3.10	Método de cálculo termodinámico de relación de demanda y calor útil aportado unitario (Qd/Qu)	53
3.11	Radiación solar total del sector “Cunchibamba” – Tungurahua	53
3.11.1	Método de estimación de radiación Solar por medio del software GEOSOL	54
 CAPÍTULO 4 : CONSTRUCCIÓN DE LOS PANELES SOLARES E INSTALACIÓN		 57
4.1	Dimensionamiento	57
4.1.1	Análisis Térmico del Tanque Acumulador/Intercambiador	58
4.1.2	Análisis Térmico de los Colectores Solares	61
4.2	Construcción de las cajas	64
4.3	Construcción de los reflectores	64
4.4	Construcción del sistema interno del colector	64
4.5	Construcción de las estructuras de soporte para los colectores	65
 CAPÍTULO 5 : Toma de Datos y Análisis de Resultados		 66
5.1	Temperatura de Entrada	66
5.2	Temperatura de Salida	66
5.3	Temperatura del agua en la piscina	66
5.4	Toma de Datos	67
 CAPÍTULO 6 : Tratamiento del Agua		 70
6.1	Filtrado	70
6.2	Clorificación y Regulación de PH	71
6.3	Descalcificación	71
 CAPÍTULO 7 : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		 74
7.1	Conclusiones	74
7.2	Recomendaciones	75
	Referencias Bibliográficas	76
	Direcciones de Internet	77
	ANEXO A PLANOS	78

Vista 3D de instalación terminada	79
Plano, código CM-001 Vistas y acotación del colector solar	80
Plano, código CM-001.001 Caja envolvente	81
Plano, código CM-001.002 Caja envolvente	82
Plano, código CM-001.003 Diseño del serpentín	83
Plano, código CM-001.004 Diseño de la aleta (placa receptora)	84
Plano, código CM-002.001 Diseño de las estructuras base	85
Plano, código CM-002.002 Diseño de las estructuras base	86
Plano, código CM-003 Detalle de accesorios utilizados	87
ANEXO B Datos metereológicos proporcionados por el INAMHI	88
Cronograma del Desarrollo del Trabajo de Fin de Carrera	97
Cronograma de la construcción de los colectores	98
ANEXO C FOTOGRAFÍAS	99
ANEXO D MATERIALES E INSUMOS	108

ÍNDICE DE TABLAS

ORDEN	CONTENIDO	PÁGINA
Tabla 1.	Características del Sol	5
Tabla 2.	Factor de Albedo	7
Tabla 3.	Valores medios de la declinación [i]	9
Tabla 4.	Valores medios del factor de corrección de la constante solar I_{sc}	18
Tabla 5.	Propiedades de superficies selectivas para aplicaciones de energía solar	22
Tabla 6.	Cálculo de Reflexión	23
Tabla 7.	Coefficiente de conductividad de los materiales utilizados	32
Tabla 8.	Valores de las pérdidas en los accesorios	45
Tabla 9.	Características de entrada del diseño	51
Tabla 10.	Datos recopilados por el CONELEC de irradiancia global	54
Tabla 11.	Datos estimados por el programa GEOSOL	56
Tabla 12.	Lecturas de Radiación tomadas en el lugar	68
Tabla 13.	Comparación de ablandadores de agua	77

ÍNDICE DE FIGURAS

ORDEN	CONTENIDO	PAGINA
Figura 1.	Albedo de la tierra	7
Figura 2.	Declinación de la tierra con respecto al sol	8
Figura 3.	Trayectoria aparente del sol	14
Figura 4.	Flujo energético incidente sobre un colector solar plano	23
Figura 5.	Flujo energético de un colector	25
Figura 6.	Pérdidas energéticas en una piscina	26
Figura 7.	Partes de un colector solar plano	30
Figura 8.	Diseño de la placa absorbadora	37
Figura 9.	Esquema de conexión inicial de la piscina	41
Figura 10.	Circuito modificado e independizado de conexiones	41
Figura 11.	Ejemplo de conexión serie/paralelo para colectores solares	50
Figura 12.	Programa GEOSOL	55
Figura 13.	Distribución de temperaturas para una pared cilíndrica compuesta ...	58
Figura 14.	Circuito equivalente para una pared compuesta en serie	61
Figura 15.	Construcción de las cajas de los colectores	100
Figura 16.	Aplicación de brea a las cajas	100
Figura 17.	Forrado de las cajas con tol galvanizado	101
Figura 18.	Construcción del serpentín del colector	101
Figura 19.	Piscina temperada con los colectores	101
Figura 20.	Construcción de estructuras de soporte para los colectores	102
Figura 21.	Reconstrucción del Tanque intercambiador de calor	102
Figura 22.	Conexiones de ingreso hacia la piscina	102
Figura 23.	Conexión de la bomba para la recirculación forzada del agua de la piscina hacia el tanque intercambiador	103
Figura 24.	Instalación terminada y funcionando del sistema de colectores	103
Figura 25.	Termostato utilizado	104
Figura 26.	Piranómetro de la Facultad de Mecánica	104
Figura 27.	Prueba de electrólisis para el agua	105
Figura 28.	Medidor de TDS	105
Figura 29.	Termómetros ambientales utilizados	106
Figura 30.	Termómetro de líquidos utilizado	106

Figura 31.	Anemómetro (medidor de velocidad del viento)	107
Figura 32.	Kit de comprobación de PH y Cloro	107

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

El Sol, fuente de vida y origen de la mayoría de las formas de energía que el hombre ha utilizado desde los albores de la historia, puede satisfacer todas nuestras necesidades, si aprendemos cómo aprovechar de forma racional la radiación que continuamente derrama sobre el planeta. Ha brillado en el cielo desde hace unos cinco mil millones de años, y se calcula que todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia. Durante el presente año, el Sol arrojará sobre la Tierra cuatro mil veces más energía que la que vamos a consumir.

La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud geográfica. Se puede asumir que en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente 1000 W/m^2 en la superficie terrestre. A esta potencia se la conoce como irradiancia, densidad de potencia.¹

A todo nivel geográfico tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo, se utilizan fuentes alternas de energía particularmente aplicaciones de la energía solar. En el Ecuador se hacen esfuerzos por investigar, y adaptar fuentes alternativas de energía para usarlos específicamente en la climatización del agua sanitaria de uso doméstico, proyectos e investigaciones realizados por las diferentes Escuelas Politécnicas y Universidades del País, como son los cálculos del potencial solar en diferentes latitudes, diseño y construcción de prototipos de colectores solares, estudio de materiales para colectores, entre otros.

¹ RAU, Hans. Energía Solar y Aplicaciones, E.E.U.U. 2005, pp:101-102, Biblioteca ESPE, consultado 10 de Octubre del 2011

1.2 Definición del problema

Actualmente el calentamiento de la Piscina en el complejo Sol Resort se la hace mediante calderas con quemador a diesel, lo que resulta en un alto costo de mantenimiento, consumo de combustible, contaminación sonora, y contaminación ambiental por hidrocarburos mal combustionados.

1.3 Objetivos del estudio

1.3.1 Objetivo general

Diseñar y construir un sistema de calentamiento de agua utilizando colectores solares planos con un sistema auxiliar de caldera para la piscina del Complejo Sol Resort de $168 m^3$ de capacidad, ubicado en la parroquia Cunchibamba de la Provincia de Tungurahua.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar la toma de datos de la radiación solar para calcular el potencial de energía disponible, utilizando un medidor digital llamado piranómetro
- Construir los colectores solares planos para el calentamiento de $168 m^3$ de agua en la piscina del complejo Sol Resort.
- Instalar y poner en marcha el conjunto de colectores solares para el Complejo Sol Resort ubicado en la parroquia Cunchibamba de la Provincia de Tungurahua.
- Realizar un buen tratamiento del agua de la piscina del Complejo Sol Resort, para evitar el cultivo de bacterias en la misma.

1.3.3 Justificación del estudio

Debido al costo de los combustibles, y que a la vez se promueve el ahorro energético, las personas se ven obligadas a encontrar otra manera de calentar el agua de sus hogares o en

la industria. Por ésta razón, el complejo Sol Resort ha solicitado el diseño y construcción de un sistema de colectores solares para reducir el uso de los combustibles y de igual manera reducir el grado de contaminación ambiental por ruido y quema de los combustibles fósiles. Con esta investigación se pretende cuidar el medio ambiente evitando la emisiones de CO_2 , y se demostrará los beneficios de la energía solar.

Todas las personas se pueden beneficiar con el uso de la energía solar, ya sea en industrias como también en los hogares, debido a que es una fuente de energía ilimitada y gratuita, hasta en los lugares más altos y fríos podrán las personas disfrutar de agua caliente y calefacción en sus hogares o industrias. La ventaja de estos colectores solares, es que no hace falta que exista radiación fuerte para que funcionen, porque se ha comprobado experimentalmente que los colectores calientan el agua tan solo con la radiación ultravioleta, siempre y cuando el cielo no esté totalmente nublado. Es conocido que actualmente los complejos, y spas en general usan electricidad y o combustibles fósiles, entre ellos gas GLP, aquí se trata de dar otra alternativa para éstos establecimientos.

Con el sistema de colectores solares se pretende bajar el uso de combustibles fósiles como también reducir el consumo de energía eléctrica. Además este proyecto puede aplicarse a las comunidades que no tienen acceso para obtener agua caliente a bajo costo.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Radiación Solar:

El sol es una fuente de energía inagotable medido sobre una escala humana de tiempo. Los sistemas de acumulación de energía solar tienen dos proyecciones: ahorrar las energías no renovables², y la disminución del impacto ambiental producida por los combustibles fósiles. La radiación solar incidente en la tierra puede aprovecharse por su capacidad para calentar o directamente, a través del aprovechamiento de la radiación con dispositivos captadores.

El Sol, es una estrella de componentes gaseosos calientes principalmente de hidrógeno, con una pequeña proporción de helio en fusión continua en el núcleo. Sus características se describen a continuación:

² Energía no renovable se refiere a aquellas fuentes de energía que se encuentran en la naturaleza en una cantidad limitada y una vez consumidas en su totalidad, no pueden sustituirse, ya que no existe sistema de producción o extracción viable, <http://www.solarviews.com/span/sun.htm>, consultado el 10 de octubre del 2011

Masa	$1,98 \times 10^{30} kg$
Volumen	$1,41 \times 10^{18} km^3$
Diámetro ecuatorial	1.292.000km
Distancia media a la Tierra	149.600.000km
Constante Solar	$1367 W/m^2$
Densidad media:	$1.41 kg/m^3$
Temperatura	Fotosfera: 6.000°C Núcleo: 15.000.000°C

Tabla 1. Características del Sol³

Elaborado por: Cesar Montoya

La potencia radiante del sol que se propaga y llega a la superficie de la tierra es alrededor de 1.2×10^7 Vatios (W).

A continuación se describen algunos temas y parámetros que se deben conocer para la obtención de los datos que se requieren para ésta investigación:

2.2 Radiación Directa:

Es la energía proveniente del sol e incide sobre la superficie del planeta, sin cambiar de dirección, excepto la debida a la refracción atmosférica. Es una radiación que proviene de una dirección claramente definida⁴.

2.3 Radiación Difusa:

La radiación difusa, también denominada dispersa o de cielo, es la radiación solar que llega a la superficie de la tierra después de haber sufrido cambios a través de la atmósfera terrestre. Se forma por difusión y reflexión por moléculas del aire, de polvo y de vapor, también por reflexión a superficies de agua, montañas y edificios. No tiene una orientación determinada y llega a toda la superficie terrestre desde toda la bóveda celeste llegando

³ La constante solar es el promedio de la energía solar incidente en una unidad de superficie perpendicular a la dirección de propagación de la radiación solar fuera de la atmosfera terrestre, este factor también se llama "Irradiancia", Fuente: <http://www.cleanegysolar.com/2011/06/08/tutorial-el-sol-la-constante-solar/>, consultado el 10 de octubre del 2011.

⁴ ENERGÍA SOLAR, Energías alternativas y medio ambiente Lluís Juglar, pg.22, consultado 10 de Octubre 2011, biblioteca UTA.

también a áreas sombreadas. El porcentaje de la radiación difusa depende mucho del grado de nubosidad y de la consistencia de la atmósfera. Aumenta sobre zonas altamente industrializadas por la alta concentración del polvo en el aire.⁵

2.4 Radiación de Albedo:

Es la radiación que llega a la superficie, después de haberse reflejado en las superficies del entorno, procede con las radiaciones recibidas mencionadas anteriormente. Existen factores de albedo según el tipo de superficie del entorno.

En promedio, el sol ilumina la tierra y deja 341 vatios por metro cuadrado de energía. El sol emite más energía sobre nuestro planeta cada hora que las aplicaciones de la humanidad en un año entero. Esta energía es el combustible necesario para soportar la mayoría de las formas de vida de nuestro mundo y lo mantiene lo bastante caliente como para sostenerla. La luz del sol también proporciona la energía al sistema climático de la tierra.⁶

La imagen 2.1 muestra el albedo medio de la tierra para marzo de 2005, medido por el instrumento CERES (Clouds and Earth's Radiant Energy System) del satélite Terra de la NASA. El albedo es la fracción de la luz del sol entrante que nuestro planeta refleja de nuevo a espacio. Si la tierra fuera cubierta por hielo como una bola gigante de nieve, su albedo sería cerca de 0.84, o sea que reflejaría la mayoría (el 84 por ciento) de la luz del sol que incide sobre ella. Por otra parte, si la tierra estuviera cubierta totalmente por un manto de bosque verde oscuro, su albedo estaría cerca de 0.14, que significa que la mayoría de la luz del sol sería absorbida y nuestro mundo sería más cálido que lo es hoy. Las medidas basadas en los satélites estimaron a finales de los años 70 que el albedo medio de la tierra era del orden de 0.30.

En la imagen (2.1), el blanco muestra áreas donde la tierra reflejó el porcentaje más alto de la radiación solar de onda corta. Áreas en azul marino muestran las zonas donde la tierra reflejó el porcentaje más bajo de la radiación solar de onda corta.

⁵ www4.architektur.tu-darmstadt.de/powerhouse/db/248,id_242,s_Terms.sp.fb15, consultado 12 de Octubre 2011.

⁶ <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=5484>, 3/08/2011.

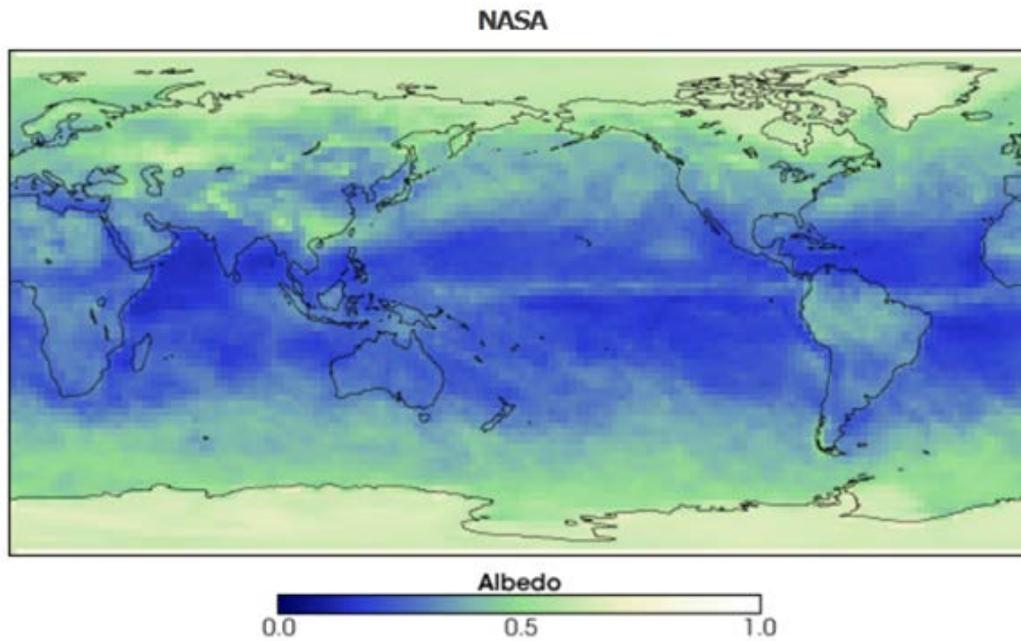


Figura 1. albedo de la tierra

Fuente: <http://www.tiempo.com/ram/2092/el-albedo-de-la-tierra-disminuye/>, 3/08/2011

En la tabla 2, se muestra algunos de los factores de albedo para tipos de superficies:

TIPO DE SUPERFICIES	FACTOR DE ALBEDO %
Nieve nueva	81
Nieve de algunos días	70
Suelo cultivable despejado	10 – 15
Hierba	19 – 26
Bosque verde	12
Pavimento de cemento	28
Pavimento de granito	19
Pavimento de piedra	10
Asfalto	14
Arena clara	25 – 40
Agua encalmada	5 en invierno y 18 en verano

Tabla 2. Factor de Albedo⁷

Elaborado por: Cesar Montoya

⁷ ENERGÍA SOLAR, Energías alternativas y medio ambiente Lluís Jutglar Tabla 1.4, biblioteca UTA, 10 de Octubre 2011.

2.5 Radiación Global:

Es la suma de la radiación directa y difusa.

2.6 Radiación Total:

Es la suma directa de la radiación difusa y de albedo.

2.7 Parámetros de Posicionamiento del Sol

Los parámetros de posicionamiento del sol son muy importantes para determinar la correcta instalación de los equipos de aprovechamiento de la energía solar, para que los mismos funcionen de forma adecuada.

A continuación se describen éstos parámetros necesarios, los cuales se basan en coordenadas geográficas horarias.

2.8 Declinación (δ):

La declinación solar es el ángulo entre la línea Sol-Tierra y el plano ecuatorial celeste (proyección del ecuador terrestre). El valor de la declinación solar varía a lo largo del año, de $23,45^\circ$ (21 de junio), a $-23,45^\circ$ (21 de diciembre), pasando por cero en los equinoccios de primavera y de otoño. En el caso de las zonas tropicales, cuando la declinación solar coincide con la latitud de una determinada zona tropical, la radiación solar incide perpendicularmente a la superficie terrestre. Durante los días próximos a esta coincidencia entre declinación solar y latitud (zonas tropicales), los Índices UV aumentan de manera significativa, particularmente si se presentan condiciones de cielo despejado o parcialmente nublado.

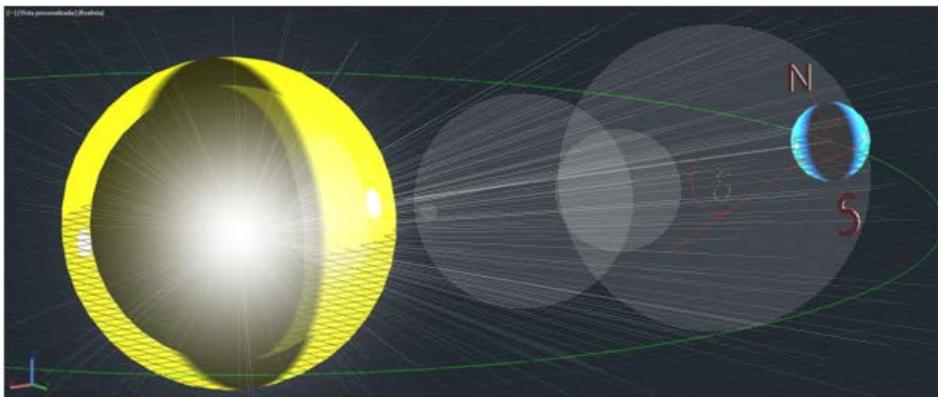


Figura 2. Declinación de la tierra con respecto al sol

Fuente: Energías Alternativas y medio ambiente, Lluís Jutglar

Elaborado: Cesar Montoya

Para encontrar este ángulo de forma aproximada, se utiliza la siguiente fórmula⁸:

$$\delta = 23.45 \sin\left(360 \frac{284+n}{365}\right) \quad (1)$$

Donde:

δ : Declinación en grados sexagesimales⁹

n: número del día representativo del año, n=1 para enero 1, n=365 para diciembre 31.

Para determinar el día representativo del año de una forma más rápida con fecha específica, se puede utilizar la siguiente tabla:

Mes	Día tipo	Declinación
Enero	17	-20,7
Febrero	15	-12,6
Marzo	16	-1,7
Abril	15	18,9
Mayo	15	9,8
Junio	10	23,0
Julio	17	21,2
Agosto	17	13,4
Septiembre	16	2,6
Octubre	16	-8,9
Noviembre	15	-18,5
Diciembre	11	-23,0

Tabla 3. Valores medios de la declinación [i]¹⁰

Elaborado por: Cesar Montoya

⁸ Ver ENERGÍA SOLAR, Energías alternativas y medio ambiente Lluís Jutglar pg. 12.

⁹ El argumento de la función trigonométrica seno, debe manejarse en grados sexagesimales. Energías Alternativas y Medio Ambiente, Lluís Jutglar, pg.13

¹⁰ Energías Alternativas y Medio Ambiente, Lluís Jutglar, pg.13.

Ejemplo:

$$\delta = 23.45 \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right)$$

Enero:

$$\delta = 23.45 \sin\left(360 \frac{284+17}{365}\right) \quad \text{Día: 17 de Enero}$$

$$\delta = -20,91^\circ$$

Febrero:

$$\delta = 23,15^\circ \quad \text{Día: 16 de Febrero}$$

Marzo:

$$\delta = -2,41^\circ \quad \text{Día: 16 de Marzo}$$

Abril:

$$\delta = 9,41^\circ \quad \text{Día: 15 de Abril}$$

Mayo:

$$\delta = 9,41^\circ \quad \text{Día: 15 de Mayo}$$

Junio:

$$\delta = 23,08^\circ \quad \text{Día: 11 de Junio}$$

Julio:

$$\delta = 21,18^\circ \quad \text{Día: 17 de Julio}$$

Agosto:

$$\delta = 13,45^\circ \quad \text{Día: 16 de Agosto}$$

Septiembre:

$$\delta = 2,21^\circ \quad \text{Día: 15 de Septiembre}$$

Octubre:

$$\delta = -9,59^\circ \quad \text{Día: 15 de Octubre}$$

Noviembre:

$$\delta = -18,91^\circ \quad \text{Día: 14 de Noviembre}$$

Diciembre:

$$\delta = -23,04^\circ \text{ Día: 10 de Diciembre}$$

2.9 Latitud(ϕ):

Es la distancia angular entre un punto de la superficie terrestre a la línea ecuatorial. Su rango varía entre -90° a 90° , y toma valores positivos en el norte y negativos en el sur.

Latitud del sector de la Parroquia Cunchibamba:

1,07'43,00" S datos tomados de Google Earth.

2.10 Angulo Horario (W):

Es el ángulo debido al desplazamiento del sol con respecto al meridiano de referencia, depende de la hora del día, por cada hora el ángulo horario desplaza 15° (sexagesimal).

$$\cos ws = -\tan \delta \tan \phi \quad (2)$$

Donde:

ws: Angulo horario de puesta del sol.

$$\cos ws = -\tan 23,45 \tan 1,1268$$

$$\cos ws = -0,4337(0,0196)$$

$$\cos ws = -0,000850052$$

$$ws = 89,95^\circ$$

2.11 Angulo Zenit (θ_z):

Es el ángulo formado entre la vertical al observador y el sol

2.12 Angulo Azimut de la superficie (γ):

Es el ángulo formado por la proyección de la normal a la superficie en un plano horizontal con respecto al meridiano del sitio, teniendo al sur el valor de 0° , al este valores positivos y al oeste valores negativos.

2.13 Angulo Beta o de inclinación (s):

Es el ángulo formado entre la superficie de análisis y la horizontal. Su valor oscila entre 0° a 180° .

2.14 Angulo de Incidencia (θ):

Es el ángulo formado entre la normal de la superficie y la radiación directa con los ángulos mencionados anteriormente. Esta relación es:

$$\cos\theta = \sin\delta\sin\varnothing\cos\beta - \sin\delta\cos\varnothing\sin\beta\cos\gamma + \cos\delta\cos\varnothing\cos\beta\cos\omega + \cos\delta\sin\varnothing\sin\beta\cos\gamma\cos\omega + \cos\delta\sin\beta\sin\gamma\sin\omega \quad (3)$$

Donde:

θ : ángulo de incidencia

\varnothing : Latitud

s : ángulo beta de inclinación

γ : ángulo azimut de superficie

ω : ángulo horario

δ : declinación

Para superficies situadas en el hemisferio sur, el azimut de la superficie es nulo, pasando la expresión a:

$$\cos\theta = \sin\delta\sin(\phi - s) + \cos\delta\cos\omega\cos(\phi - s) \quad (4)$$

Donde:

θ : ángulo zenit

\varnothing : Latitud

ω : ángulo horario

δ : declinación (ec. 1)

\varnothing : Latitud = $1^\circ 07' 36,48'' = 1,1286$

S : ángulo de la superficie inclinada

$$\cos\theta = \sin -20,91 \sin(1,128611 - 12) + \cos -20,91 \cos 89,95 \cos(1,128611 - 12)$$

$$\cos \theta = 0.0681$$

$$\theta = 0,999^\circ$$

Conocido el ángulo horario de puesta de sol, se puede determinar el número de horas teóricas o también conocido como heliofanía teórica.

$$N = \frac{2 \operatorname{arc} \cos(-\tan \delta \tan \phi)}{15} \quad (5)$$

Donde:

N: número de horas teóricas

δ : declinación

ϕ : Latitud

$$N = \frac{2 \operatorname{arc} \cos(-\tan \delta \tan \phi)}{15}$$

$$N = \frac{2 \operatorname{arc} \cos(-\tan 23,45 \times \tan 1,1286)}{15}$$

$$N = \frac{2 \operatorname{arc} \cos(-0,4337 \times 0,0197)}{15}$$

$$N = \frac{2 \operatorname{arc} \cos(-0.0085441)}{15}$$

$$N = \frac{180,9790}{15}$$

$$N = 12,0652$$

2.15 Azimut Solar (γ_s):

Es el ángulo producido por la desviación desde el meridiano solar lugar a la proyección de la radiación solar directa en un plano horizontal. Toma valores positivos en la región suroeste y negativo en el sureste.

Se calcula mediante:

$$\sin \gamma = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\sin \theta z} \quad (6)$$

Donde:

γ s: Azimut solar

δ : declinación

ω : ángulo horario

θz : ángulo Zenit

Aparición del sol 6:30 am hora del amanecer. El ángulo que se desplaza el sol con respecto al meridiano de referencia: por cada hora el ángulo desplaza 15° sexagesimal. En nuestro caso el meridiano de referencia es la línea ecuatorial GMT 0.

$$\sin \gamma s = \frac{\cos 23,45 \sin 15}{\sin 45}$$

$$\sin \gamma s = \frac{0,9174 \times 0,2588}{0,7071}$$

$$\sin \gamma s = 0,3357$$

$$\gamma s = 0,00586$$

En la figura 3. se muestra los ángulos anteriormente descritos:

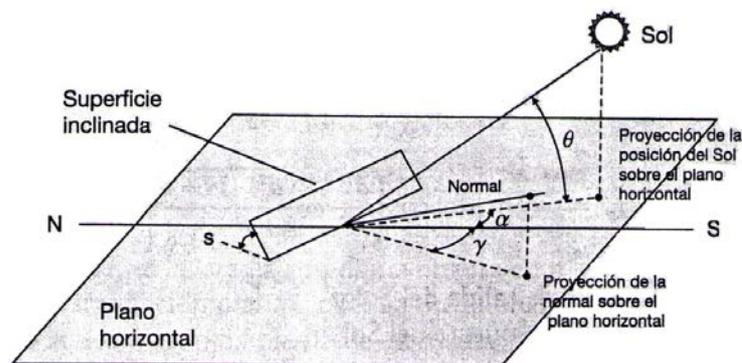


Imagen 3. Trayectoria aparente del sol¹¹

¹¹ Cuadro definido en el libro: Energías Alternativas y Medio Ambiente de Lluís Juglar, pg.27.

2.16 Modelo matemático para calcular la radiación solar.

El factor de Irradiancia¹² es una constante promedio ubicada en la distancia media sol – tierra y fuera de la atmosfera terrestre, I_c equivalente a $1367 W/m^2$. Pero el factor irradiancia que se propaga a la tierra sufre variaciones a lo largo del transcurso del año debido a la trayectoria elíptica que tiene la tierra alrededor del sol. Una forma de cuantificar con mayor precisión que la irradiación es basándose en la ley de la distancia al cuadrado desde el foco emisor (sol), se resume a un factor de corrección:

$$I = I_c \left[1 + 0.033 \cos \left(\frac{360}{365} n \right) \right] \quad (7)$$

Donde:

I: Irradiación

I_c : constante solar

n: día representativo del año¹³

I_c : $1367 W/m^2$

$$I = 1367 W/m^2 \left[1 + 0.033 \cos \left(\frac{360}{365} 17 Enero \right) \right]$$
$$I = 1352,07 W/m^2$$

La radiación que incide a lo largo de un intervalo de tiempo sobre una superficie, se conoce como radiación, y está dada por la integral¹⁴:

$$H = \int_t^{t+\Delta t} I dt$$

Resolviendo la integral, se obtiene la fórmula para calcular la irradiación diaria extraterrestre fuera de la atmosfera terrestre sobre una superficie horizontal:

¹² Irradiancia Espectral $I(\lambda)$: Es la potencia recibida por una unidad de área superficial en un diferencial de longitud de onda: <http://jmirez.wordpress.com/2010/08/21/definiciones-de-irradiancia-espectral-irradiancia-y-radiacion-solar/>, 11/10/2011.

¹³ Explicado en parámetros de posicionamiento del sol, ver: declinación.

¹⁴ Expresión definida en: Energía Solar y Medio Ambiente de Lluís Juglar, pg.20.

$$He = \frac{24+3600+Ic}{\pi} \left[1 + 0,033 \cos \left(\frac{360}{365} n \right) \right] \left(\cos \phi \cos \delta \sin ws + \frac{2\pi}{360} ws \sin \phi \sin \delta \right) \quad (8)$$

Donde:

He: radiación sobre una superficie horizontal fuera de la atmósfera terrestre [J/m^2]¹⁰

Ic: constante solar = $1367 W/m^2$

n: día representativo = 17 de Enero

ws: ángulo horario de puesta del sol = $89,9512^\circ$

δ : declinación = $-20,91^\circ$

ϕ : latitud = $1^\circ 07' 36,48'' = 1,1268$

$$He = \frac{24+3600+1367W/m^2}{3,1416} \left[1 + 0,033 \cos \left(\frac{360}{365} 17 \right) \right] \left(\cos 1,1268 \cos -20,91 \sin 89,9512 + 2 \times 3,141636089,9512 \sin -20,91 \right)$$

$$He = 1588,68[0,9890](0,9998 \times 0,9341 \times 0,9999 + 0,0174 \times 89,9512(-0,3569))$$

$$He = 1571,20452(0,3752)$$

$$He = 589,5433 J/m^2 = 16377512,87 Wh/m^2$$

A continuación se calcula el tiempo real de brillo solar¹⁵, o llamado también horas de insolación, representado como [n], y relacionando los parámetros n y N, se obtiene la siguiente formula, con la que se realizará dicho cálculo:

$$\sigma = \frac{n}{N} \quad (9)$$

Donde:

σ : Coeficiente de insolación (factor a dimensional)

n: horas de insolación o de brillo solar real¹⁶ (Valor para el mes de Enero: 132,2 horas)

N: horas de brillo solar teórico

¹⁵Las horas de brillo solar conocido como Heliofanía, es el número de horas teóricas de insolación, aceptado como insolación cuando la radiación solar directa es igual o mayor que $100 W/m^2$, Definido en: Energías Alternativas y Medio Ambiente, de Lluís Juglar pg.25.

¹⁶ Estos datos proporciona el INAMHI, según la zona donde se desea realizar una instalación captadora de energía solar, 17/10/2011.

$$\sigma = \frac{132,2}{12,06}$$

$$\sigma = 10,96$$

Utilizando la ecuación para el índice de nubosidad o índice de claridad propuesta por Angstrom Page, se puede obtener la energía global incidente sobre la superficie terrestre, fórmula en la cual se involucra nuevos parámetros climáticos: a, y b, que son propias del clima de la zona:

$$K = \frac{H_o}{H_e} \quad (10)$$

Donde:

K: índice de claridad o nubosidad

H_o: irradiación global

H_e: irradiación solar extraterrestre diaria sobre una superficie horizontal

$$K = \frac{16365,12 \text{ W/m}^2}{3159,29 \text{ W/m}^2}$$

$$K = 5,18$$

Los sistemas de captación de energía solar deben aprovechar la radiación recibida con el efecto de termo sifón provocado por la inclinación de los colectores, y la colocación del tanque térmico sobre la parte más alta de donde termina la inclinación de los colectores. Para conocer la cantidad de radiación que incide sobre la superficie horizontal se utilizará la siguiente fórmula que ayudará también en el cálculo de la radiación sobre la superficie inclinada:

$$h_{s,s,0} = \min\{\arcsin[-\tan(\phi - s) \tan \delta], \omega s\} \quad (11)$$

Donde:

$h_{s,s,0}$: Ángulo horario de puesta del sol para una superficie inclinada¹⁷

ϕ : Latitud

¹⁷ Expresión definida en: Energías Alternativas y medio Ambiente de Lluís Juglar, pg.28.

s: Ángulo beta de inclinación de la superficie

ω_s : Ángulo horario de puesta del sol

δ : Declinación (para febrero: 23,15)

$$h_{s,s,0} = \text{mín}\{\text{arc cos}[-\tan 1,128611 - 10,96] \tan 23,15\}$$

$$h_{s,s,0} = \text{mín}\{\cos^{-1}[-12,0197], 0,42\}$$

$$h_{s,s,0} = \text{mín}\{80,02; 0,42\}$$

$$h_{s,s,0} = 0,42$$

Encontrado el ángulo de inclinación de puesta del sol, se procede a calcular la irradiación solar extraterrestre diaria sobre una superficie horizontal.

$$H_e = \frac{24r^2}{\pi} I_{sc} (\omega_s \sin \delta \sin \phi + \cos \phi \sin \omega_s) \quad (12)$$

Donde:

H_e : Irradiación extraterrestre diaria sobre una superficie horizontal¹⁸

$$r^2: \text{factor de corrección} = 1 + 0.33 \cos\left(\frac{360}{365}z\right)$$

I_{sc} : Constante solar = 1353 W/m²

Valor medio %	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1ª decena	+3	+3	+2	0	-2	-3	-3	-3	-2	0	+2	+3
2ª decena	+3	+2	+1	-1	-2	-3	-3	-2	-1	+1	+2	+3
3ª decena	+3	+2	0	-1	-3	-3	-3	-2	-1	+1	+3	+3
Mensual	+3	+2	+1	-1	-3	-3	-3	-2	-1	+1	+3	+3

Tabla 4. Valores medios del factor de corrección de la constante solar I_{sc} ¹⁹

Elaborado por: Cesar Montoya

$$H_e = \frac{24 \times 1 + 0.33 \cos\left(\frac{360}{365} + 3\right)}{3.1416} \times 1353 \frac{W}{m^2} (89,95 \sin -20,91 \sin 1,128611 + \cos -20,91 \cos 1,128611 \sin 89,95)$$

¹⁸ Expresión definida en: Energías Alternativas y Medio Ambiente de Lluís Juglar pg.30.

¹⁹ Cuadro del factor de corrección definido en el libro de Energías Alternativas y Medio Ambiente de Lluís Juglar pg.19.

$$H_e = \frac{24,32}{3,14} \times 408,10$$

$$H_e = 3159,29 \text{ W/m}^2$$

Definida la irradiación solar extraterrestre diaria, se procede a calcular la irradiación global.

$$H_o = H_e(a + b\sigma)$$

$$H_o = 3159,29 \text{ W/m}^2 \text{ (5,18)}$$

$$H_o = 16365.12 \text{ W/m}^2$$

2.17 Inclinación óptima de los colectores.

En zonas geográficas ubicadas en el hemisferio norte, los colectores se orientan al sur para el máximo aprovechamiento de la radiación solar, una desviación hacia el sur o el oeste, afectará de igual manera en la irradiación total diaria recibida. La inclinación debe ser equivalente a la latitud del lugar sumado de 5 a 10 grados ($\beta = \phi + (5^\circ \text{ ó } 10^\circ)$).

Para sitios ubicados en el hemisferio sur, se recomienda una orientación de azimut de superficie en dirección sur – este para el máximo aprovechamiento de energía solar radiante. La inclinación debe ser equivalente a la latitud de la zona sumado 10 grados ($\beta = \phi + 10^\circ$), para un aprovechamiento de la radiación solar durante todo el año. Si se desea únicamente el aprovechamiento de radiación solar, sólo en verano, se recomienda una inclinación equivalente a la latitud de la zona restando 10 grados ($\beta = \phi - 10^\circ$).

$$\beta = \phi + 10^\circ \tag{13}$$

$$\beta = 1,14558 + 10^\circ$$

$$\beta = 11,14558 \Rightarrow 11^\circ 8' 44,09''$$

Redondeando al inmediato superior:

$$\beta = 12^\circ = s$$

²⁰ Expresión definida en el libro: Guía del instalador de Energías Renovables de Tomás Peraltes Benito, Editorial Benito, pg. 34.

2.18 El Colector solar plano.

Conocido también como colector de placa plana. Estos colectores operan con temperaturas de salida hasta 50°C. Este tipo de colector es el más usado en los sistemas de calentamiento de agua. El área unitaria en su diseño suele ser de 2m² y se los encuentra de venta en el mercado, o se los puede construir. Se puede emplear distintos aislamientos térmicos, para generar una mayor capacidad de retención de calor, los colectores solares que se comercializan, son de construcción más económica, por que emplean materiales más económicos, como por ejemplo la espuma de poliuretano que es un buen aislante para uso frigorífico, pero no tanto para mantener calor, por que se vuelve quebradizo, a la vez que se vuelve polvo mientras recibe la radiación solar.

2.19 Características del colector solar plano.

El colector solar plano usado comúnmente en los hogares y algunas industrias consiste en una placa negra con alta capacidad de absorción de energía radiante que puede ser metálica o plástica que es unido con conductos de flujo donde atraviesa el fluido para remover el calor absorbido (de la placa y conductos) y posteriormente ser almacenada el fluido calentado mediante una caja estructural que generalmente es metálica y cubierta con un vidrio o plástico traslúcido sin color. La cantidad de calor absorbida depende del fluido con respecto a la temperatura ambiental. Es decir, entre más calor contenido en el agua, más difícil será seguirlo calentando. La temperatura máxima disponible de los colectores para climatizar piscinas es de 44°C; sin embargo, el rango del flujo usualmente es muy alto, y el colector permanece en temperatura ambiente.

Operando con una eficiencia muy alta en sistemas de calentamiento de agua de uso domestico debido a que no tiene un flujo de agua constante, manteniendo un rango de temperatura alrededor de 50°C a 70°C. En el calentamiento de agua de uso doméstico, el rango de temperatura deseada está entre los 50°C a 70°C, por esta razón se necesita cubrir el captador solar con una cubierta transparente, ya sea de vidrio o plástico, para evitar perdidas por convección y provocar un efecto invernadero en el mismo, con lo cual se evitará dejar escapar la longitud de onda larga (infrarroja) emitida por radiación por los elementos captadores.

A continuación se describen los elementos que conforman el colector solar plano:

2.20 Cubierta transparente ó cobertor.

Esta cubierta constituye una lámina de vidrio o plástico traslúcido y sin color, su misión es de proteger el interior del colector contra polvo, lluvia, viento, como también evitar la pérdida de calor de la placa absorbadora hacia el ambiente (convección), a la vez que concentra el calor dentro de la caja (por efecto invernadero).

La principal propiedad física de la cubierta es su alta transmitancia [T] o también llamada factor τ (tau). La transmitancia es la capacidad de un cuerpo transparente para permitir el paso de los rayos incidentes, la transmitancia depende de la longitud de onda del rayo incidente, por ejemplo los vidrios claros y sin color, permiten el paso libremente de la radiación de onda corta, pero es opaca para la radiación de onda larga o infrarroja.

Los vidrios funcionan a la vez como filtro para los rayos infrarrojos, debido a que tienen mayor o menor concentración de óxido de hierro, lo cual es muy visible en el perfil del vidrio al tener una coloración verde-agua, entre mayor sea la coloración, más contenido de hierro tendrá el vidrio, por consiguiente será mayor la absorción de calor la cual será conducida por su sección transversal, produciendo pérdidas de calor hacia el ambiente.

Este efecto no se da con las láminas de plástico por que posee propiedades físicas adecuadas que permiten el paso únicamente de los rayos incidentes, pero su costo es muy elevado. El espesor utilizado en la cubierta oscila entre 3 y 4 mm.

2.21 Placa Absorbedora.

La placa absorbadora o colectora está construida en tubería de cobre por tener buenas propiedades como: alta conductividad térmica, resistencia a la corrosión, resistencia a la presión, y por ser el cobre un agente inhibidor de bacterias. A esta tubería construida en forma de serpentín, se le coloca una lámina de tol o aluminio con el fin de tener mayor área de captación de la radiación; y finalmente el conjunto de la placa absorbadora es pintado de color negro para ganar más captación de radiación. El agua pasa por el interior del serpentín, ganando calor, hasta igualar la temperatura con el captador. Las propiedades más importantes de la placa colectora son: la absortancia [α], emitancia [ϵ], y reflectancia. La absortancia como su nombre lo indica es la propiedad de absorber la energía radiante y convertirla en calor, mientras que la emitancia es la capacidad de un cuerpo para emitir energía radiante de longitud de onda larga. La reflectancia es la capacidad de reflejar los rayos provenientes de la energía radiante cuando se precipitan en su superficie. La

absortancia y emitancia son parámetros muy importantes que se tomarán en cuenta para el diseño del sistema, mientras que la reflectancia se tomará en cuenta en la cara interior de la cubierta y la placa absorbadora.

En un cuerpo de color negro, la absortancia y emitancia permanece igual y no sufre variaciones con un cambio de longitud de onda.

La pintura negra posee una alta absortancia y baja reflectancia. A continuación se presenta el comportamiento de mejor manera de algunos materiales:

Superficie del material	Absortancia (solar) de onda Corta [α]	Emitancia De onda Larga [ϵ]	Relación de Radiación [α/ϵ]
Plana, con base de pintura de aceite			
Negro	0.90	0.90	1.00
Hierro Galvanizado	0.22	0.90	0.24
Negro de Ni sobre Ni	0.93	0.06	
Cobre Pulido	0.18	0.04	4.5
Negro de Fe sobre Acero	0.90	0.10	
Negro de Cr	0.90	0.10	

Tabla 5. Propiedades de superficies selectivas para aplicaciones de energía solar²¹

Elaborado por: Cesar Montoya

2.22 Energía Absorbida.

El factor tau – alfa es una variable de importancia dentro del diseño de los colectores planos. Cuando un colector recibe una irradiación incidente I , una parte de esta irradiación es reflejada, otra porción absorbida y el resto, I_T atraviesa la cubierta y se propaga en el espaciamiento entre la cubierta y placa absorbadora en donde es absorbido esta energía de forma: $I_T\alpha$, el resto es reflejada dentro de ese espacio de forma: $I_T(1-\alpha)$, en donde de forma secuencial, se propaga a la cubierta transparente en la cara interior y nuevamente una parte $I_T(1-\alpha)\rho$ vuelve a reflejarse hacia la placa absorbadora, y así sucesivamente, gráficamente éste proceso se representa de la siguiente manera:

²¹ <http://libros.redsauce.net/EnergiasAlternativas/solar/PDFs/02solar.pdf> 7/02/2012.

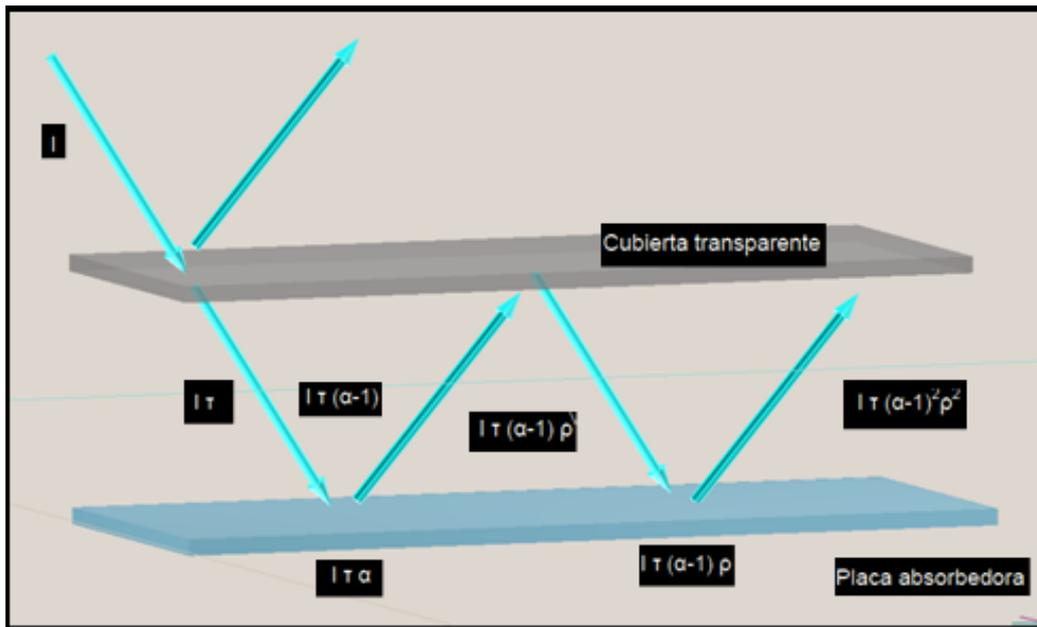


Figura 4. Flujo energético incidente sobre un colector solar plano²²

Elaborado por: Cesar Montoya

Las radiaciones absorbidas serán:

1 ^{ra} reflexión =	$I/\tau \alpha$
2 ^{da} reflexión =	$I/\tau \alpha (1-\alpha)\rho$
3 ^{re} reflexión =	$I/\tau \alpha (1-\alpha)^2\rho^2$
:	:
:	:
N ésima reflexión =	$I/\tau \alpha (1-\alpha)^{n-1}\rho^{n-1}$

Tabla 6. Cálculo de Reflexión²³

Elaborado por: Cesar Montoya

Si sumamos las expresiones:

$$\tau \alpha + \tau \alpha (1-\alpha)\rho + \tau \alpha (1-\alpha)^2\rho^2 + \dots \dots \dots \tau \alpha (1-\alpha)^{n-1}\rho^{n-1}$$

La energía de radiación absorbida será:

$$I(\tau \alpha)$$

²² Energías Alternativas y Medio Ambiente, Lluís Jutglar, pp.70.

²³ Energías Alternativas y Medio Ambiente, Lluís Jutglar, pp.70.

El factor tau – alfa con factores de corrección de los materiales constituidos finalmente es²⁴:

$$(\tau \alpha) = \frac{\tau \alpha}{1 - (1 - \alpha) \rho} \quad (14)$$

Donde:

τ : transmitancia de la cubierta transparente

α : absorptancia de la superficie absorbente

ρ : reflectancia de la cara interior de la cubierta transparente

2.23 Energía Transformada.

Dentro del funcionamiento del colector solar. Su funcionamiento es muy sensible ante variaciones que suceden en la alimentación, como el caudal del fluido, temperatura del agua, y la variación de la radiación solar. Para simular el comportamiento de un colector solar de una instalación, y verificar el dimensionamiento correcto, se establece el siguiente balance energético:

$$q''_{cond} - q''_{conv} - q''_{rad} = 0 \quad (15)$$

Esto significa que: conducción desde el medio hacia la superficie de control – convección desde la superficie hacia el fluido – intercambio de radiación neta desde la superficie hacia los alrededores es igual a cero²⁵.

Llevando un balance de energía en la superficie externa tenemos que:

$$\dot{E}_{entra} - \dot{E}_{sale} = 0 \quad (16)$$

²⁴ Expresión definida en Energía Solar, Energías alternativas y medio ambiente de Lluís Jutglar Capítulo: Sistemas foto térmicos activos de baja temperatura. La variable $(\tau \alpha)$ es dependiente de los factores τ , α , y ρ .

²⁵ Expresión definida en Transferencia de Calor de INCROPERA, pg.20, UTA, 18/03/2011

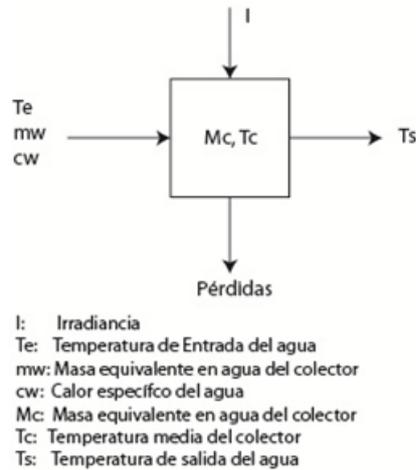


Figura 5. Flujo energético de un colector

Fuente: Sistemas foto térmicos de baja temperatura, Energías Alternativas y Medio Ambiente, Lluís Jutglar, pg.76.

Sea Δt , un intervalo de tiempo transcurrido, entonces matemáticamente el balance energético es²⁶:

$$I A_c (\tau \alpha) = m_w c_w (T_s - T_e) + M_c c_w \frac{\Delta T_c}{\Delta t} + A_t U_{cr} (T_c - T_a) \quad (17)$$

Donde:

$I(\tau \alpha)$: Energía absorbida radiante

A_c : Área del colector

m_w : Flujo másico del agua dentro de alimentación

c_w : Calor específico del agua, 4190 J/kg°C

T_s : Temperatura de salida del agua

T_e : Temperatura de entrada del agua

M_c : Masa equivalente de agua contenido en el colector

T_c : Temperatura media del colector

²⁶ Expresión definida en: Energías alternativas y medio ambiente, Lluís Jutglar. Capítulo: Sistemas foto térmicos activos de baja temperatura.

Ucr: Coeficiente global de transferencia de calor del colector – ambiente (definido más adelante)

Ta: Temperatura ambiental

Si se equilibran las temperaturas del colector, y de salida del agua en una temperatura común T (T = Tc = Ts), despejando la razón de cambio de temperatura y tiempo, se tiene:

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{I A_c (\tau \alpha) - m_w c_w (T - T_e) - A_c U_c a (T - T_a)}{M c_w} \quad (18)$$

Esta expresión dada por la transformación de energía, permite mediante incrementos finitos de tiempo, calcular la variación de temperatura del agua atravesando el colector.

2.24 Energía Perdida.

Dentro de un sistema de climatización de una piscina, las pérdidas energéticas son:

1. Evaporación
2. Convección
3. Radiación
4. Conducción

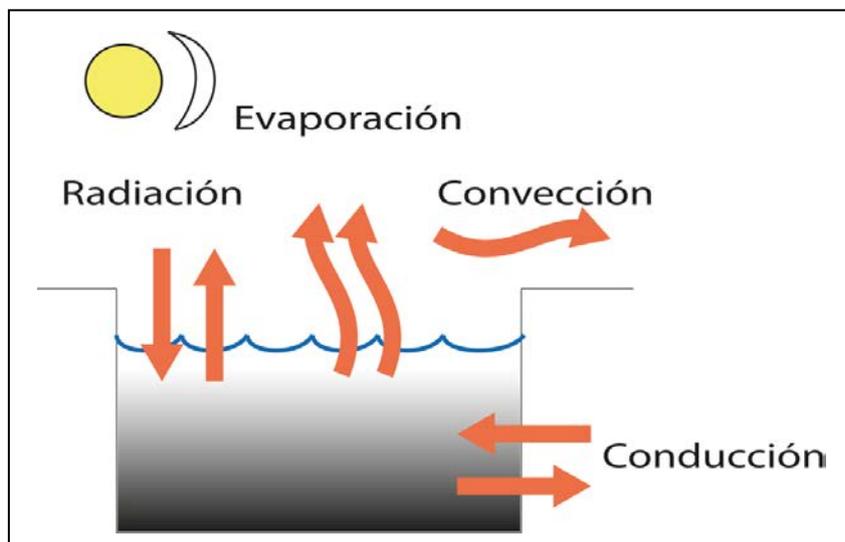


Figura 6. Pérdidas energéticas en una piscina

Fuente: Guía del Instalador de Energías Renovables, Tomás Peraltes Benito, Ed. Limusa, pg.105, UTA, 18/03/2011.

Elaborado por: Cesar Montoya

2.24.1 Pérdidas por Evaporación.

Según estudios energéticos, las pérdidas de calor sobre la superficie del agua, ha sido determinada en base a variables de: velocidad de viento, temperatura ambiental, y humedad relativa del ambiente. En base de expresiones matemáticas, se tomará en cuenta lo siguiente:

1. Las pérdidas energéticas de una piscina puede llegar hasta el 70% solamente por evaporación en su superficie, en un ambiente abierto.
2. Las pérdidas de evaporación está directamente proporcional a la velocidad del viento en la superficie de una piscina.

2.24.2 Pérdidas por Convección

Estas pérdidas ocurren por la existencia de aire de menor temperatura que el agua, que circula o “sopla” en la superficie de la misma. Una capa de aire que ha sido calentado por contacto del agua se retirará muy rápido por el viento y nuevamente será remplazada por el aire frío.

2.24.3 Pérdidas por Radiación.

Un cuerpo caliente tiene la capacidad de emitir una cantidad significativa de energía radiante por su diferencia de temperatura. El agua templada puede radiar energía rápidamente durante la noche, por la diferencia entre temperaturas.

2.24.4 Pérdidas por Conducción.

Las pérdidas por conducción en una piscina son relativamente bajas, debido a que los materiales con los que se construyen, como son el hormigón y la cerámica, tienen una baja transferencia de calor.

2.25 Cálculo de pérdidas energéticas de una piscina.

Las pérdidas energéticas de una piscina a ser climatizada se calculan mediante los casos descritos. Según normas RITE²⁷ se establece el siguiente método de cálculo directo de las pérdidas energéticas para una piscina cubierta:

Consideraciones:

- Las pérdidas por evaporación representan el 70 a 80% de las pérdidas totales.
- Las pérdidas por radiación representan el 8 a 10% de las pérdidas totales.
- Las pérdidas por conducción son despreciables.
- La pérdida se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P = (130 - 3tw + 0.2tw^2) \left(\frac{S_w}{1000} \right) \quad (19)$$

Donde:

P: pérdida energética en Kw

tw: Temperatura deseada del agua de la piscina en °C

Sw: superficie de la piscina en m²

$$P = (130 - 3(30^\circ) + 0.2(30^\circ)^2) \left(\frac{112}{1000} \right)$$

$$P = 220 \times 0.112$$

$$P = 24,64kw$$

2.26 Cálculo de las pérdidas de una piscina considerando un sistema cubierto.

Utilizando la ecuación (18):

$$P_d = (130 - 3 \times 30 + 0.2 \times 30^2) \left(\frac{45.7025}{1000} \right)$$

$$P_d = 11.42Kw \times 4 \text{ horas diarias} = 45.7Kwh \approx 155.98 \text{ BTU/h}$$

²⁷ Norma Española de instalaciones térmicas en edificios. http://www.construmatica.com/construpedia/RITE:_Reglamento_de_Instalaciones_T%C3%A9rmicas_en_los_Edificios, 06/06/2011.

2.27 Eficiencia del colector solar plano.

La eficiencia está definida por la relación de energía aportada del colector solar y la radiación total incidente. El método de la energía aportada o calor útil del colector conlleva al cálculo de parámetros adicionales que se detallan más adelante. Dado el calor útil [Qu], entregado por el sistema proveniente de la energía radiante, la eficiencia del colector solar plano es:

$$n = \frac{Q_u}{I(\tau\alpha)A_c} \quad (20)$$

Donde:

n: eficiencia del colector solar

Qu: calor útil entregado por el colector

I(τ α): Irradiación total (energía absorbida)

Ac: área unitaria del colector

$$n = \frac{40015.041W}{1352.07 W/m^2 \times 2m^2}$$

$$n = 14,79W$$

2.28 Cálculo del calor útil [Qu] de un colector solar.

La energía útil que se obtiene puede determinarse calculando el calor que extrae el fluido con el calor específico [J/kg °C] en función del caudal y de la diferencia de temperaturas de entrada y salida.

$$Q_{util} = 1.16 \times m \times C_p(T_s - T_e) \quad (21)$$

Donde:

Q_{util} : Energía en W

m: Caudal en m³ , (Los colectores normalmente funcionan entre 50-300 lt/h)

C_p : Calor específico²⁸

T_s : Temperatura de salida

T_e : Temperatura de entrada

$$Q_{util} = 1.16 \times 150 \times 4,1813kj(70 - 15)$$

$$Q_{util} = 40015.041W$$

$$Q_{util} = 40.01 kw$$

Basado en un valor real de la temperatura y material de la placa absorbedora, los elementos constituidos del colector solar de: aislante térmico, cubierta transparente, factores ambientales y de transferencia de calor (eficiencias). Se determina el factor de remoción que es un valor adimensional característico del desempeño del colector solar, su determinación se basa en la siguiente consideración:

- El ángulo de inclinación del colector solar plano $[\beta]$ sea inferior a 70 grados.

El diseño más utilizado de colector solar plano, es el que a continuación se presenta:

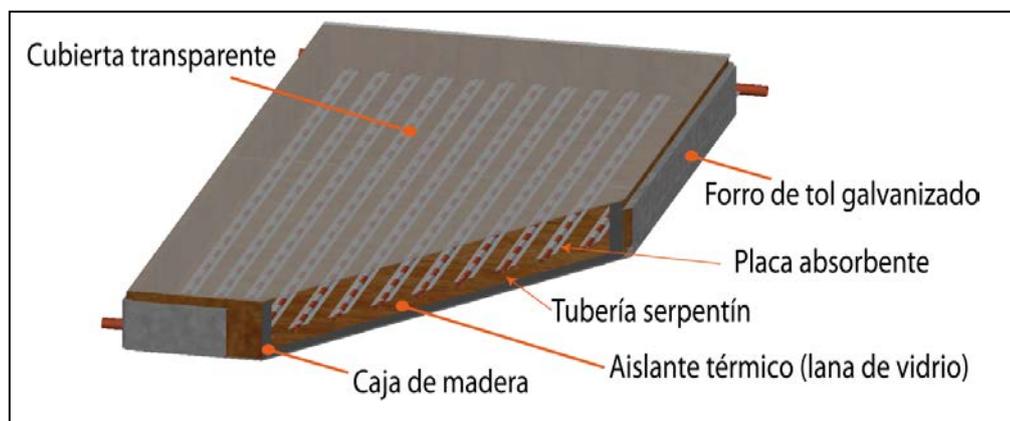


Figura 7. Partes de un colector solar plano

La transferencia para la base del aislante es:

$$U_b = \frac{K_{aislante}}{esp} \quad (22)$$

²⁸ Energía para aumentar un grado la temperatura de un gramo de agua: Cp del agua a 25°C = 4,1813 $kJ kg^{-1} °C^{-1}$ fuente: termodinámica de Cengel.

Donde:

U_b : transferencia global en la base del aislante

K aislante: conductividad térmica del aislante

E_{sp} : longitud o espesor del aislante en la base

Fibra de vidrio: 0.035W/m.K, grosor: 1 plg

Madera: 0.13 W/m.K, grosor: 1.5 cm = 0.590 plg

Hierro: 72 W/m.K, grosor: 0.35 plg

$$U_b = \frac{0.035 + 0.13 + 72}{1 + 0.590 + 0.35}$$

$$U_b = \frac{72.165}{1.94}$$

$$U_b = 37.1984$$

Siendo L_c : largo del colector; A_{nc} : ancho del colector y A_{lc} : altura del colector. La transferencia en los lados laterales del aislamiento del colector es:

$$U_e = \frac{K_{ais} \times \text{Area lateral del colector}}{\text{Area bruta del colector} \times \text{espesor lateral aislante}}$$

Es decir:

$$U_e = \frac{K_{ais} \times (2(L_c + A_{nc})A_{lc})}{L_c \times A_{nc} \times e_{spl}} \quad (23)$$

Donde:

U_e : transferencia global en la sección lateral del aislante

K_{ais} : conductividad térmica del aislante

E_{spl} : longitud o espesor del aislante de la sección lateral

L_c : largo del colector

A_{nc} : ancho del colector

A_{lc} : altura del colector

En la siguiente tabla se muestra la conductividad térmica de los materiales que se van a utilizar:

Aislante	$K[W/m^2]$
Lana de vidrio	0.046
Madera dura	0.16
Cobre	380
Vidrio	0.046
Hierro	1.7

Tabla 7 Coeficiente de conductividad de los materiales utilizados.²⁹

Elaborado por: Cesar Montoya

$$U_e = \frac{K_{\text{aislante}} \times (2(L_c + A_{nc})A_{lc})}{L_c \times A_{nc} \times E_{\text{spl}}}$$

$$U_e = \frac{1.906 \times (2(2 + 1)0.15)}{2 \times 1 \times 0.15}$$

$$U_e = \frac{1.7154}{0.3}$$

$$U_e = 5.718$$

²⁹ Propiedades de los materiales, Transferencia de Calor, INCROPERA 4ta Ed., PRENTICE HALL, México, 1999, pp.827-846.

La pérdida por convección del viento del ambiente que interactúa sobre la cubierta transparente se calcula mediante la ecuación propuesta por Mc Adams (1954):

$$hw = 5.7 + 3.8v \quad (24)$$

Donde:

hw: pérdida por convección del viento de la atmosfera que actúa sobre la cubierta transparente

v: Velocidad relativa del viento de la zona expuesta para los colectores.

$$hw = 5.7 + 3.8 \times 8 \text{ km/h}$$

$$hw = 13.3 \text{ km/h}$$

Y a continuación se calcula el coeficiente total de perdidas $[Ut]^{30}$ con los siguientes factores³¹:

$$f = (1 + 0.089hw - 0.1166hw \times \epsilon\rho)(1 + 0.07866N) \quad (25)$$

Donde:

f: factor f

hw: pérdida por convección del viento de la atmosfera que actúa sobre la cubierta

$\epsilon\rho$: emitancia de la placa (Hierro=0.90)

N: número de cubiertas transparentes

$$f = (1 + 0.089 \times 13.3 - 0.1166 \times 13.3 \times 0.90)(1 + 0.07866 \times 1)$$

$$f = 2.2422$$

$$c = 520(1 - 0.000051\beta^2) \quad (26)$$

Donde:

c: factor c

³⁰Ecuación de Klein - Gordon, K - G, <http://es.scribd.com/doc/31626585/3/Calculo-del-coeficiente-global-de-perdidas-termicas-UL>, consultado: 8 de Septiembre 2011

β : ángulo de inclinación del colector plano solar en grados sexadecimles

$$c = 520(1 - 0.000051 \times 11^2)$$

$$c = 516.7910$$

$$e = 0.43 \left(1 - \frac{100}{T_p}\right) \quad (27)$$

Donde:

e: factor e

T_p : temperatura absoluta de la placa absorbadora en K

$$e = 0.43 \left(1 - \frac{100}{75^\circ}\right)$$

$$e = 0.1433$$

El factor total de pérdidas [U_t] se calcula mediante la siguiente expresión:

$$U_t = \left[\frac{N}{\frac{c}{T_p} \left[\frac{T_p - T_a}{N+f} \right]^e} + \frac{1}{hw} \right]^{-1} + \frac{\sigma(T_p^2 + T_a^2)(T_p + T_a)}{(\epsilon\rho + 0.00591N \times hw)^{-1} + \left\{ \frac{(2N+f-1+0.133\epsilon\rho)}{\epsilon c} \right\}^{-N}} \quad (28)$$

Donde:

U_t : coeficiente total de pérdidas [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]³²

N: número de cubiertas transparentes = 1

C: factor c = 516.79

T_p : temperatura absoluta de la placa absorbadora = 75°

T_a : temperatura absoluta del medio ambiente = 25°

f: factor f = 2.24

e: factor e = 0.1433

³² Formula de Klein, referencia: <http://melca.com.ar/archivos/apuntes/Sistemas%20solares%20termicos%20de%20baja%20temperatura/FI00702C.pdf>.

hw: pérdida por convección del viento de la atmósfera que actúa sobre la cubierta
 =13.3km/h

σ : constante de Stefan Boltzman = $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

ϵ_p : emitancia de la placa = 0.90

ϵ_c : emitancia de la cubierta transparente, 0.85 para el vidrio

$$U_t = \left[\frac{1}{\frac{516.79}{75^\circ} \left[\frac{75^\circ - 25^\circ}{1 + 2.24} \right]^{0.1433} + \frac{1}{13.3 \text{ km/h}}} \right]^{-1} + \frac{5.67 \times 10^{-8} (75^2 + 25^2)(75 + 25)}{(0.90 + 0.00591 \times 1 \times 13.3)^{-1} + \left\{ \frac{(2 \times 1 + 2.24 - 1 + 0.133 \times 0.90)}{0.85} \right\}^{-1}}$$

$$U_t = 5.7803 + \frac{0.0354}{5.053}$$

$$U_t = 5.7873 \text{ W/m}^2\text{C}$$

El coeficiente global de pérdidas (UL) se calcula:

$$UL = U_t + U_b + U_e \tag{29}$$

Donde:

UL: coeficiente global de pérdidas

U_t: coeficiente total de pérdidas

U_e: transferencia global en la sección lateral del aislante

U_b: transferencia global en la base del aislante

$$UL = 5.7873 + 37.1984 + 5.718$$

$$UL = 48.70 \text{ W/m}^2\text{C}$$

Definido UL, se procede al cálculo de eficiencias térmicas en la placa absolvedora, y serpentín.

Sea: W: distancia de separación entre conductos, D: diámetro externo del conducto, Di: diámetro interno del conducto.

$$m = \sqrt{\frac{U_l}{K_{plac} \times \delta_{plac}}} \quad (30)$$

Donde:

m: factor m

UL: coeficiente global de perdidas (ec.18)

K plac: conductividad térmica de la placa absolvedora

δ_{plac} : espesor de la placa

La eficiencia térmica de la aleta se calcula mediante la siguiente expresión:

$$F = \frac{\tanh\left[m\left(\frac{W-D}{2}\right)\right]}{m\left[\frac{W-D}{2}\right]} \quad (31)$$

Donde:

F: eficiencia térmica de la aleta: $\tanh \alpha = \frac{e^a - e^{-a}}{e^a + e^{-a}}$ (tangente hiperbolico)

m: factor m (ec.19)

W: distancia de separación entre conductos³³

D: diámetro externo del conducto

Dentro del diseño de colectores solares planos, existe varias formas de manufactura para el acople de los tubos que conforman el serpentín, con las placas absorbedoras.

El diseño propuesto consiste en placas individuales que abrazan a cada tubo como se muestra a continuación:

³³ Dentro del diseño del serpentín, la distancia de separación entre conductos [W], se recomienda entre 3½ a 6 pulgadas.

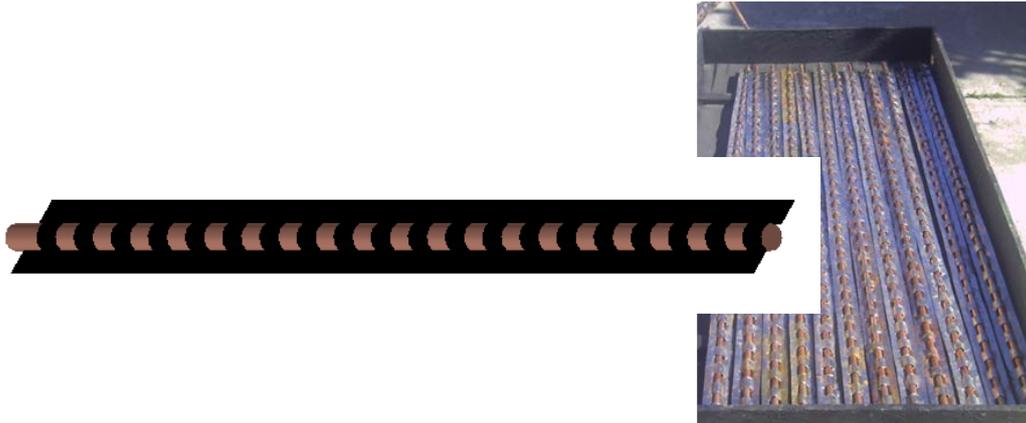


Figura 8. Diseño de la placa absorbidora

Elaborado por: Cesar Montoya

El factor de eficiencia F' del colector solar plano se determina mediante la siguiente expresión:

$$F' = \frac{1}{\frac{W \times UL}{\pi D_i \times h_{fi}} + \frac{W}{D + (W - D)F}} \quad (32)$$

Donde:

F' : factor eficiencia del colector

W : distancia de separación entre conductos

D : diámetro externo del conducto

UL : coeficiente global de pérdidas

D_i : diámetro interno del conducto

F : eficiencia térmica de la aleta

h_{fi} : coeficiente de convección del fluido dentro de la tubería (entre tubería y fluido). Para agua en fluido laminar: $300 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$, para flujo turbulento: $10.000 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

Dados estos cálculos iniciales, se procede al cálculo del factor de remoción [Fr], que es el parámetro más importante en el rendimiento térmico de los colectores solares de placa plana:

$$Fr = \frac{\dot{m} \times c_{pf}}{Ac \times UL} \left[1 - \exp\left(\frac{-F' \times Ac \times UL}{\dot{m} \times c_{pf}}\right) \right] \quad (33)$$

Donde:

Fr: Factor de remoción

\dot{m} : Flujo másico del fluido conducido

C_{pf}: calor específico del fluido, para agua= 4.190 J/Kg °C (1 BTU/ lb °F)

Ac: Área unitaria del colector = $L_c \times A_{nc}$.

UL: Coeficiente global de pérdidas

F': factor eficiencia del colector

La referencia de caudal de conducción para termosifón es de:

$$11.11 \times 10^{-3} \text{ litros} \times m^2 \text{ (Unitario del colector solar)/s}$$

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL SISTEMA TÉRMICO

3.1 Demanda de energía de la piscina.

Partiendo del balance de energía para la piscina y considerando la demanda energética se basa en la ecuación primaria de la primera ley de la termodinámica para un fluido en estado líquido sin llegar al estado de evaporación.

$$\Delta E_{sistema} = E_{entra} - E_{sale}$$

$$Q_d = MC_p \Delta T \quad (34)$$

Donde:

Qd: calor, demanda energética diaria requerida³⁴

M: masa contenida de agua en el vaso de la piscina (168 m³)

Cp: calor específico del fluido, para agua = 4.190 J/Kg °C

ΔT: incremento de temperatura diario

3.2 Cálculo de la demanda energética.

Datos:

Capacidad del vaso de la piscina: 168 m³

Densidad del agua: 1000 kg/m³

1% del volumen de la piscina que estará en los colectores

³⁴ Guía del Instalador de Energías Renovables, Tomás Peraltes Benito, Demanda Energética pg.223.

$$M = (168\text{m}^3 + 1\%) \times 1000 \text{ Kg/m}^3 = 169.680 \text{ kg H}_2\text{O},$$

masa de agua de la piscina

Utilizando la ecuación 23, con una variación de temperatura $\Delta T = 2.2^\circ\text{C}$ diarios.

$$Qd = 169.680 \times 4.190 \times 2.2$$

$$Qd = 1\,564\,110\,240 \text{ J}$$

$$1\,564\,110\,240 \text{ J} \frac{0.2390057361 \text{ cal}}{1 \text{ J}} = 374\,719\,536.6 \text{ cal}$$

$$374\,719\,536.6 \text{ cal} = 435.5073 \text{ Kw h} = 1\,487\,007.426 \text{ BTU Diario}$$

La demanda energética de la piscina aproximadamente es de:

$$Qd = 435.50 \text{ kw h} (1\,487\,007.426 \text{ BTU/dia})$$

3.3 Diseño del sistema de tuberías para la admisión y salida del agua.

La piscina del complejo Sol Resort, consta de un sistema de recirculación y calentamiento con los siguientes componentes:

- Bomba de recirculación (bomba de caudal para agua con filtro de pelos incorporado)
- Filtro de arena (arena de cuarzo, con 3 diferentes espesores de grano)
- Trampa de fondo (llamado también sumidero o desagüe, para el fondo de la piscina)
- 2 Skimmers (sumideros en las paredes de la piscina a la altura del nivel del agua)
- Accesorios de tubería (como: codos, té, llaves)
- Control automático análogo (por contactores y termostatos)
- Caldera de 150[BTU/h], con quemador diesel de 0,90 l/h

El circuito actual que tiene la piscina se lo puede observar en la figura 9.

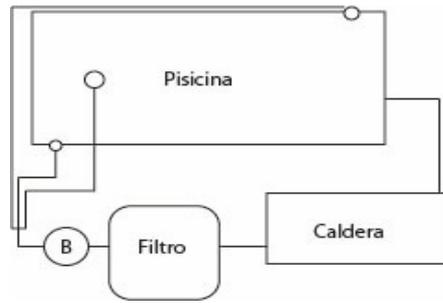


Figura 9. Esquema de conexión inicial de la piscina

Elaborado por: Cesar Montoya

Para la instalación hidráulica de los colectores solares será totalmente independiente en éste diseño, para que la piscina pueda calentarse automáticamente en los días que se puede aprovechar más la radiación solar, debido a que el clima varía constantemente a lo largo de la semana, en la parroquia de Cunchibamba. Esquemáticamente se representa de la siguiente manera:

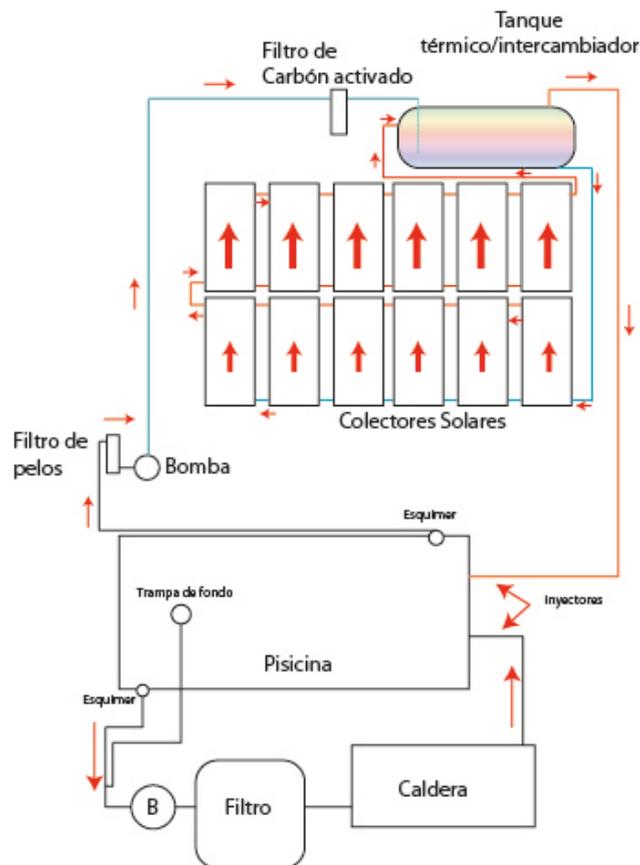


Figura 10. Circuito modificado e independizado de conexiones

Elaborado por: Cesar Montoya

La tubería desde la piscina hacia el tanque acumulador/intercambiador, será de plástico reforzado PVC, por dos motivos: primeramente por que el plástico no se deteriora u oxida interiormente, y segundo por que no necesita una transferencia rápida de calor.

Para la conexión entre colectores, y el retorno del tanque acumulador/intercambiador se utilizara tubería de cobre, para aumentar la velocidad de transferencia de calor. Según estudios internacionales sobre una bacteria llamada Legionella, la misma que es causante de la legionelosis, neumonía, entre otras, esta bacteria puede propagarse en tuberías de cualquier material, excepto en la tubería de cobre, según los estudios realizados por organismos internacionales, el cobre es un agente inhibidor de ésta bacteria.

Se sabe que ésta bacteria está presente en el agua comúnmente, alcanza su mejor punto de proliferación a temperatura de entre 32°C a 35°C y muere a 70°C, por está razón ningún lugar está exento de tener la bacteria, la solución es mantener siempre limpios los lugares, que no exista asentamientos de polvo, materias orgánicas, y cualquier otro tipo de suciedad en las paredes de los contenedores de agua, para que ésta bacteria no tenga de donde alimentarse y subsistir, por ésta razón las piscinas se limpian diariamente y se regula su contenido de PH y cloro.

Cabe destacar que el cloro es un poderoso anti bacterial muy económico, por eso su razón de ser utilizado de forma muy común en distintos usos.³⁵

3.4 Automatización del sistema de calentamiento y circulación del fluido.

Debido a que se necesita abaratar costos, el control automatizado del circuito se lo hará de forma análoga, usando un sistema típico económico como es el control de temperatura por medio de termostatos, el cual se regulará según la temperatura deseada (en nuestro caso tendrá un rango de temperatura entre 25°C a 50°C) en el tanque térmico, mientras que los colectores solares estarán en constante funcionamiento, por consiguiente el proceso de recirculación del agua en el tanque será intermitente y dependiente de la velocidad en la que se caliente el agua por medio de los colectores.

³⁵ <http://elementos.org.es/cloro>; <http://www.full-piscinas.cl/cloro.html>, consultado:10/01/2011.

3.4.1 Cálculo de la potencia para la selección de la bomba.

En todos los circuitos hidráulicos se necesita determinar la potencia requerida por la bomba para la impulsión del fluido, para esto se requiere determinar las pérdidas hidráulicas que existirán en dicho circuito, ya sea por altura, accesorios, distancia, etc.

La potencia de bombeo se determina en forma de altura en un sistema hidráulico de circulación mediante la expresión de Williams & Hazem³⁶.

$$h_B = h_L + \left(\frac{P_2 - P_1}{\gamma} \right) + \left(\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \right) + (Z_2 - Z_1) \quad (35)$$

Donde:

h_B : Altura de la bomba

h_L : pérdida hidráulica por la longitud de recorrido del fluido

$P_2 - P_1$: diferencia de presión inicial y final respectivamente (tablas)

γ : peso específico del fluido (Agua= 1 kg/l, 1000 kg/m³)

V_1, V_2 : velocidades de conducción del fluido inicial y final respectivamente

g : gravedad (9,8m/s²)

Z_1, Z_2 : alturas sobre el nivel de la bomba de referencia inicial y final

La pérdida hidráulica por la longitud de recorrido del fluido, está en función de la velocidad de conducción, el diámetro de la tubería de conducción, factor de fricción del grado de rugosidad de la tubería, y el tipo de flujo (número de Reynolds).

$$Re = \frac{D_i \rho (vf)}{\mu} \quad (36)$$

Donde:

Re : número de Reynolds (valor adimensional)

D_i : diámetro interno de la tubería

³⁶ Referencia: Mecánica de Fluidos, Robert L. Mott, cap.8, pg. 217, UTA,18/032011.

ρ : densidad del fluido

v_f : velocidad del fluido = Q/A (caudal/área)

μ : viscosidad cinemática, para agua: $1.12 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$

Si $R < 2000$, el flujo es laminar

Si $2000 < R < 4000$, el flujo es de transición

Si $R > 4000$, el flujo es turbulento

El flujo de circulación de agua a través de las tuberías en las piscinas es de tipo turbulento, debido a que se maneja caudales elevados.

Por lo tanto el factor de fricción f par flujo turbulento completo se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3.7 D_i} \right) \quad (37)$$

Donde:

f : Factor de fricción (valor a dimensional)

ϵ : Índice de rugosidad. (Cobre 0.0024 mm)

D_i : Diámetro interno del tubo (2.7cm)

Bladius (1911). Propone una expresión en la que $[f]$ viene dado en función del número de Reynolds, válida para tubos lisos, en los que ϵ_r no afecta al flujo al tapar la subcapa laminar las irregularidades. Válida hasta $Re < 100\ 000$:

$$f = 0.3164 \times Re^{-0.25} \quad (38)$$

Definido el factor de fricción, se calcula el factor de perdida debido a la longitud de la tubería, y accesorios del circuito (como codos, válvulas, etc.)

$$K = f \left(\frac{L_t}{D_i} \right) + f \sum N_a \times P_a \quad (39)$$

Donde:

K : factor de pérdida

f : Factor de fricción

L_t : Longitud total del tubo del circuito

D_i : Diámetro interno del tubo

N_a : Número de accesorios

P_a : Pérdida hidráulica del accesorio expresado en unidades de longitud

VALORES DEL COEFICIENTE K EN PÉRDIDAS SINGULARES		
Accesorio	K	L/D
Válvula esférica (totalmente abierta)	10	350
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5	175
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2,5	-
Válvula de retención (totalmente abierta)	2	135
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0,2	13
Válvula de compuerta (abierta 3/4)	1,15	35
Válvula de compuerta (abierta 1/2)	5,6	160
Válvula de compuerta (abierta 1/4)	24	900
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-	40
T por salida lateral	1,80	67
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0,90	32
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0,75	27
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0,60	20
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0,45	-
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0,40	-
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0,35	-

Tabla 8. Valores de las pérdidas en los accesorios³⁷

Elaborado por: Cesar Montoya

$$K = f \left(\frac{L_t}{D_i} \right) + f \sum N_a \times P_a$$

³⁷ <http://www.miliarium.com/Prontuario/MedioAmbiente/Agua/PerdidaCarga.asp> h10:00pm 07/02/2012.

$$K = 0.2288 \left(\frac{20}{77.41 ft} \right) + 0.2288 \times 16 \times 0.90$$

$$K = 3.3538$$

A continuación se calcula la pérdida hidráulica por la longitud del recorrido del fluido con la siguiente expresión:

$$hL = K \frac{v^2}{2g} \quad (40)$$

Donde:

hL: pérdida hidráulica por la longitud de recorrido del fluido

K: factor de pérdida

V: velocidad de conducción del fluido

g: gravedad (9,8 m/s²)

Definido hL de la ecuación 27, se determina la altura hB de la ecuación 24, y la potencia de la bomba se calcula mediante la siguiente expresión:

$$PB = \frac{hB \times \gamma \times Q}{nB} \quad (41)$$

Donde:

PB: Potencia de la bomba

hB: Altura de la bomba

γ: Peso específico del fluido

Q: Caudal del fluido

nB: eficiencia de la bomba (0.85 para servicio pesado)

3.4.2 Determinación de la potencia de la bomba.

Como se había mencionado anteriormente, el circuito de los colectores solares es totalmente independiente del propio de la piscina, debido a que la piscina funciona con una

bomba de 3HP que se encarga de la recirculación del sistema, y a la vez provee de agua a dos circuitos de piletas, lo que le deja sin suficiente potencia para intercambiar el agua con el tanque acumulador/intercambiador.

Con esta referencia se ha seleccionado una bomba de menor caudal, por que solo se necesita circular el agua de la piscina hacia el tanque acumulador, y el retorno prácticamente se realiza por gravedad.³⁸

$$h_B = h_L + \left(\frac{P_2 - P_1}{\gamma} \right) + \left(\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \right) + (Z_2 - Z_1) \quad (42)$$

Donde:

h_B : Altura de la bomba

h_L : Pérdida hidráulica por la longitud de recorrido del fluido

$P_2 - P_1$: diferencia de presión inicial y final respectivamente (tablas)

γ : Peso específico del fluido

V_1, V_2 : Velocidades de conducción del fluido inicial y final respectivamente

g : gravedad (9.8 m/s^2)

Z_1, Z_2 : Alturas sobre el nivel de la bomba inicial y final

Datos de la Bomba:

Altura máxima: 46m

Altura mínima: 19m

Temperatura máxima: 40°C

Potencia: 1 HP

Q: 5+80 Lt/min = 22.45 Gl/min

³⁸ Mecánica de fluidos de R.Mott, UTA, 8/01/2011.

3.4.3 Cálculo de la pérdida hidráulica de un colector solar.

Datos:

Número de divisiones “T” totales de 1 colector	Tcol: 28
Diámetro equivalente del colector	$\phi_{eq}: \frac{0.75}{12} [ft]$
Longitud 1 de recorrido de subida del colector	Lc1: 6 [ft]
Longitud 2 de división del colector	Lc2: 4 [ft] ^o
Coefficiente de rugosidad para tubo de cobre	$\epsilon_{cu}: (5.10^{-6})[ft]$
Viscosidad dinámica del agua	$\mu_a: 2.341210^{-5} [ft]$
Peso específico del agua	$\rho_a: 62.4219 [lb/ft^3]$
Gravedad	g: 9.8m/s = 32.15 [ft/s]

Fórmula para la velocidad lineal de flujo (caudal):

$$Vfc = \frac{Qf \times 231}{12^3 \times \pi \times \frac{\phi_{eq}^2}{4}} [ft/min] \quad (43)$$

Desarrollando se tiene:

$$Vfc = \frac{22.45 \times 231}{12^3 \times 3.1416 \times \frac{0.0625}{4}}$$

$$Vfc = \frac{5185.95}{84.8230}$$

$$Vfc = 61.1384 [ft/min]$$

Calculando el número de Reynolds, se tiene:

$$Re = \frac{\phi_{eq} \times \rho_a \times Vfc}{60 \times \mu_a} \quad (44)$$

$$Re = \frac{0.625 \times 62.4219 \times 61.1384}{60 \times 2.341210^{-5}}$$

$$Re = \frac{238.5234}{0.8530}$$

$$Re = 279.62 \text{ Flujo laminar}$$

Factor K, longitud equivalente representativo L/D para accesorio "Té" K=28

Factor de fricción para flujo laminar

$$f_{laminar} = \frac{64}{Re} \quad (45)$$

$$f_{laminar} = 0.22$$

Longitud equivalente representativo L/D para recorrido del colector

$$KLc = f1 \times \left(\frac{Lc1+2Lc2}{\phi_{eq}} \right) \quad (46)$$

$$KLc = 0.2288 \times \left(\frac{6 + 4}{0.0625} \right)$$

$$KLc = 36.608$$

$$KTc = KLc + f1 \times KT \times Tcol$$

$$KTc = 36.608 + 0.2288 \times 28 \times 3.3538 \times 28$$

$$KTc = 22023.66$$

3.5 Sistema de conexiones de los colectores solares.

Los colectores solares se instalan de forma paralela, para asegurar un flujo balanceado, a continuación se muestra gráficamente los tipos de conexión:

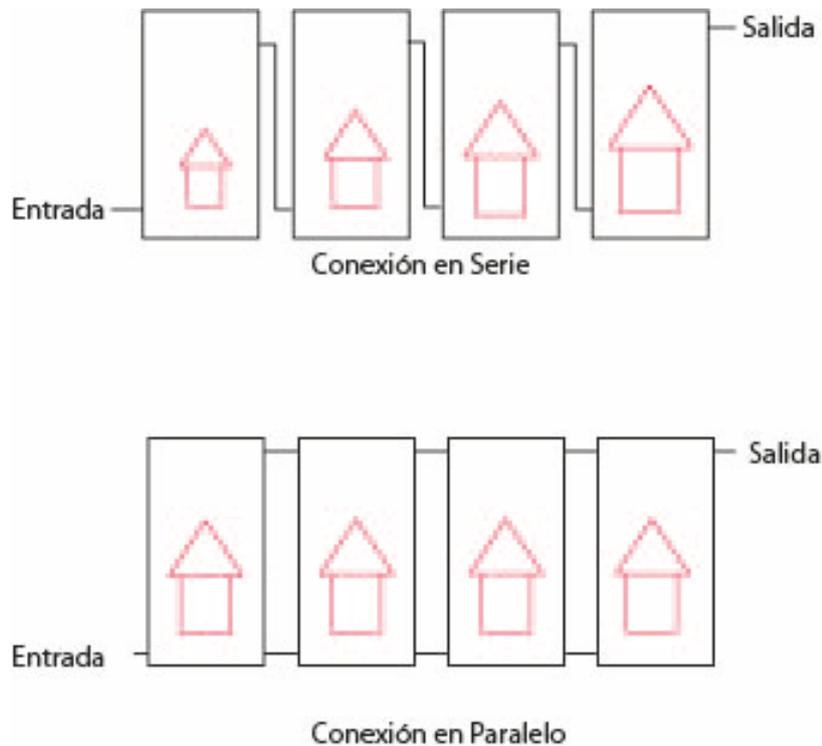


Figura 11, Ejemplo de conexión serie/paralelo para colectores solares

Fuente: Guía del Instalador de Energías Renovables, Tomás Peraltes Benito, Ed. LIMUSA, pg.80

Elaborado por: Cesar Montoya

Un sistema de conexión serie – paralelo se implementa para un sistema constituido por un alto número de colectores en donde un subconjunto de baterías conectadas en paralelo es finalmente conectado entre si en forma de serie donde nuevamente garantiza un flujo balanceado.

3.6 Diseño del sistema de colectores solares planos.

Esta sección corresponde al tema del proyecto. A continuación se define nuevamente el objetivo del mismo:

“CALENTAMIENTO DE AGUA EN UNA PISCINA DE 168 m^3 UTILIZANDO COLECTORES SOLARES PLANOS Y UNA CALDERA CON QUEMADOR A DIESEL PARA EL COMPLEJO SOL RESORT, UBICADO EN LA PARROQUIA CUNCHIBAMBA DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

3.7 Antecedentes:

El terreno donde está construido el complejo Sol Resort, está perfectamente ubicado en dirección Norte-Sur, posee un azimut de superficie de 180°, latitud 1°07.82" S, longitud 78°35'11.70" O, elevación 2681m. El agua que se utiliza proviene de la red. Las características del sistema son:

Coordenada Geográfica	Latitud 1°07.43,00" S, longitud 78°35'11.37" O, elevación 2684m, fuente: Google Earth
Temperatura del agua de la red	10°C
Temperatura Promedio del Aire	15°C
Tipo de clima de la zona	Ambiente seco, viento moderado o fuerte según la época, frío/templado
Largo de la piscina	14m
Ancho de la piscina	8m
Profundidad promedio	1,5m
Temperatura deseada de la piscina	30°C

Tabla 9. Características de entrada del diseño

Elaborado por: Cesar Montoya

3.8 Determinación del número de colectores solares para satisfacer la demanda energética de un sistema de aprovechamiento de la energía solar para calentar una piscina.

Para la determinación del número o cantidad de colectores necesarios para satisfacer la demanda energética, los factores o parámetros tomados en cuenta están destacadas en el capítulo 2.

Básicamente son 2 los parámetros que se debe tomar en cuenta para calcular la cantidad de colectores solares:

- Área superficial de la piscina (112m²)
- Temperatura deseada de la piscina (30°C)

Existen dos métodos de cálculo para la cantidad de colectores:

- Método por el área superficial de la piscina (método tradicional, directo y sencillo)

- Método analítico de cálculo termodinámico de relación de demanda energética y calor útil aportado unitario (Q_d/Q_u).

3.9 Método por el área superficial de la piscina.

Este método se basa en el grado significativo mayor de las pérdidas energéticas de una piscina³⁹, es decir de la evaporación. Lo cual destaca lo siguiente:

Área superficial de la piscina = Área total de los colectores

De esto se obtiene el número de colectores necesarios:

$$N_c = \frac{A_p}{A_c} \quad (47)$$

Donde:

N_c : Número de colectores aproximado al entero superior

A_p : área superficial de la piscina

A_c : área unitaria del colector

Realizando el cálculo por este método propuesto se tiene:

$$A_p = 14\text{m} \times 8\text{m} = 112\text{m}^2$$

$$A_c = 2\text{m}^2 \text{ Área unitaria del colector solar}$$

Utilizando la ecuación 29 tenemos:

$$N_c = \frac{112}{2} = 56 \text{ colectores}$$

Según este cálculo el número de colectores necesarios es de 56 colectores, pero esta cantidad de captadores sería para un sistema básico que no tiene un tanque térmico provisto de un sistema de control automático.

El sistema propuesto consta de un tanque térmico, con doce colectores solares conectados en dos filas, seis colectores en paralelo y las dos filas en serie funciona de la siguiente manera:

³⁹ Guía del Instalador de Energías renovables de Tomás Peraltes Benito, pg.220

En la primera fase, la bomba envía el agua de la piscina hacia el tanque, hasta llenarlo, consecutivamente se llenarán los colectores solares; En la segunda fase, una vez lleno el tanque, empieza el trabajo de los colectores de forma natural, el agua caliente que está en los colectores empujará al agua fría que está en el tanque, a este proceso se lo llama termosifón, el agua estará en constante intercambio entre los colectores y el tanque, hasta que un termostato cense la temperatura del tanque en 40°C, activando una bomba para que circule el agua de la piscina hacia el tanque térmico, realizando así el intercambio de temperatura del agua de la piscina con el tanque; hasta que el mismo termostato cense la temperatura 30°C apagará la bomba de circulación.

Este sistema estará en continuo funcionamiento independientemente de la caldera, por lo tanto mantendrá el agua de la piscina temperada todos los días mientras la temperatura ambiental no baje de 15°C.

3.10 Método de cálculo termodinámico de relación de demanda energética y calor útil aportado unitario (Qd/Qu).

Este método consiste en calcular la demanda energética requerida para climatizar una piscina y calcular el calor útil aportado de un colector de dimensionamiento y material definido. Como involucra el cálculo de calor unitario, se requerirá el cálculo de radiación solar total del transcurso del año, obteniendo valores globales mensuales y aplicar un criterio conservador de selección de la cantidad de radiación considerado.

$$\text{Demanda energética} = \frac{435.50 \text{ kw/h}}{40.01 \text{ kw/h}}$$

$$\text{Demanda energética} = 10.88 \text{ kw/h}$$

3.11 Radiación solar total del sector “Cunchibamba” – Tungurahua.

En base a los parámetros geográficos y climáticos descritos, se procederá a calcular la radiación solar total. El factor de albedo consultando la tabla 2.2, de una superficie de apoyo gris clara es: 45%, el número de horas reales de brillo solar para el Ecuador es de aproximadamente 4.8 horas.

	Radiación Global para la parroquia Cunchibamba, provincia del Tungurahua
	Wh/m^2
Enero	5100
Febrero	4575
Marzo	4575
Abril	3875
Mayo	4050
Junio	3700
Julio	3525
Agosto	4275
Septiembre	4925
Octubre	5100
Noviembre	5450
Diciembre	5450
Promedio	4550

Tabla 10, Datos proporcionados por el CONELEC de irradiancia global⁴⁰

Elaborado por: Cesar Montoya

3.11.1 Método de estimación de radiación Solar por medio del Software GEOSOL.

Este método es muy práctico y ayuda a agilizar el tiempo en cuanto al cálculo, consiste en ingresar algunos datos básicos, y el programa automáticamente entrega datos sobre la irradiación.

Los datos que requiere el programa son:

- Latitud.
- Longitud.
- Huso Horario.
- Altitud.
- Albedo.
- Día de cálculo.

⁴⁰ http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf, consultado: 12/01/2012, Elaborado: Cesar Montoya

- Pendiente en grados.
- Azimut en grados.
- Temperatura ambiental.
- Humedad relativa.
- Turbidez atmosférica.

Pudiendo seleccionar el método de cálculo, ya sea por:

- Método de día claro de Page.
- Método de día claro de Hottel.
- Método de Liu – Jordán.

Este programa visualiza una gráfica del nivel de radiación directa, y difusa, y otro gráfico sobre la orientación y trayectoria aparente del sol.

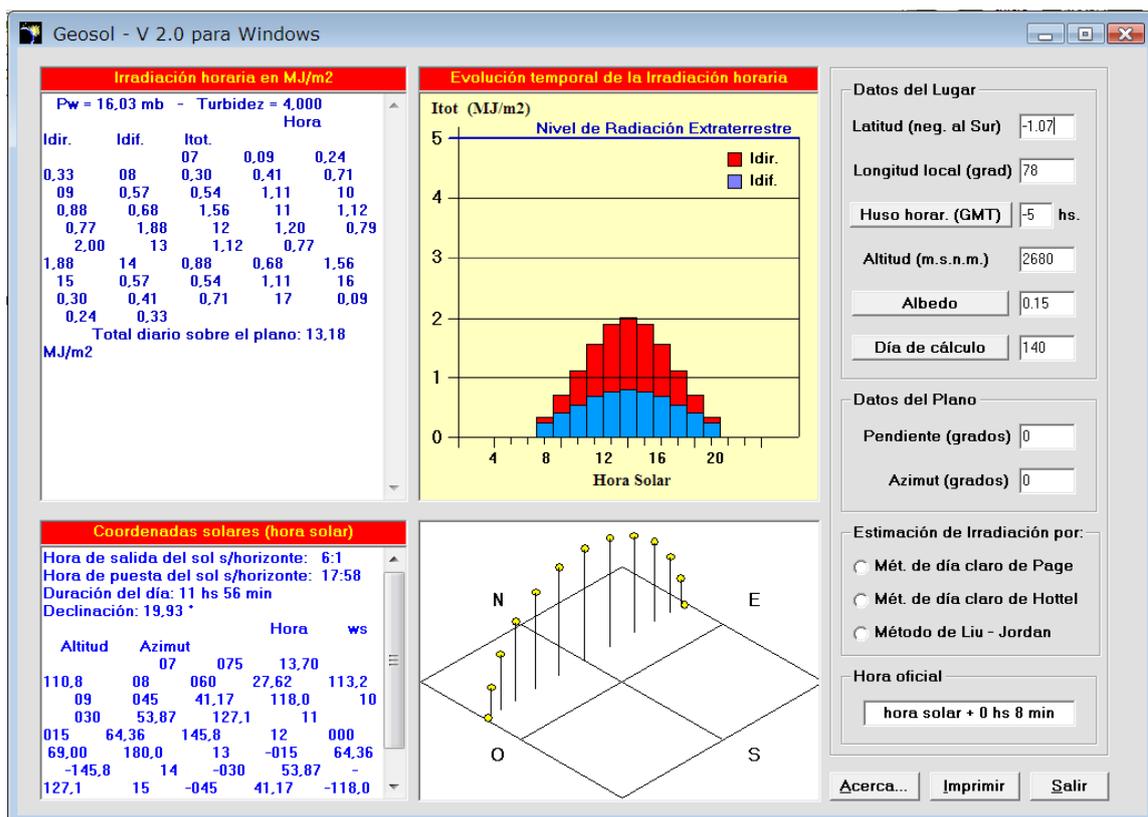


Figura12, Programa GEOSOL

Fuente: Software gratuito de: <http://www.unsa.edu.ar/~alejo/geosol/metodos.htm>, 12/01/2011.

Los datos que entrega son los siguientes:

GEOSOL: ESTIMACION DE IRRADIACION HORARIA (MJ/m2)

DATOS GENERALES

Día: 4
Declinación: -20,92 °
Hora oficial: hora solar + 0 hs 29 min
Hora solar de salida del sol: 5:19
Hora solar de puesta del sol: 18:40
Duración del día: 13 hs 21 min

DATOS DEL LUGAR

Latitud: 1.07°
Longitud: 78°
Altura: 2681 m.s.n.m
Albedo: 0.3

DATOS DEL PLANO COLECTOR

Pendiente: 0°
Azimut: 180°

METODO DE ESTIMACIÓN: Hottel para día claro

Tipo de clima: Verano de Latitud media

Hora	Idir	Idif	Itot	Iextrat/horz.
6	0,26	0,12	0,38	0,76
7	1,04	0,20	1,24	1,88
8	1,90	0,22	2,12	2,91
9	2,68	0,23	2,91	3,80
10	3,29	0,23	3,53	4,49
11	3,68	0,24	3,93	4,92
12	3,82	0,24	4,06	5,06
13	3,68	0,24	3,93	4,92
14	3,29	0,23	3,53	4,49
15	2,68	0,23	2,91	3,80
16	1,90	0,22	2,12	2,91
17	1,04	0,20	1,24	1,88
18	0,26	0,12	0,38	0,76

Total diario sobre el plano: 32,26 MJ/m2

Total diario extraterrestre sobre plano horiz.: 42,54 MJ/m2

Tabla 11. Datos estimados por el programa GEOSOL

CAPÍTULO 4

CONSTRUCCIÓN DE LOS PANELES SOLARES E INSTALACIÓN

4.1 Dimensionamiento

En el capítulo 3 se hace referencia a los cálculos para la cantidad de colectores, usando la ecuación 29, cabe destacar que éste cálculo es para un sistema de colectores que no está provisto de un tanque intercambiador de calor.

Para el intercambiador de calor se reconstruirá un tanque que servía como caldera, el cual funcionaba para calentar el agua de la piscina, directamente con un quemador de diesel.

Las dimensiones del tanque son de 2.40m de longitud con un diámetro de 1.22m, por lo tanto:

El volumen del tanque es:

$$\begin{aligned}V &= \pi \times r^2 \times h & (48) \\V &= 3.1416 \times 0.61^2 \times 2.40 \\V &= 2.8055m^3\end{aligned}$$

Con esto se quiere decir que el volumen real de agua que se va a calentar con los colectores solares, es el volumen del agua que está en el tanque intercambiador.

Volviendo al dimensionamiento de la cantidad de colectores, tenemos que:

Usando la ecuación 44:

$$N_c = \frac{A_p}{A_c}$$

Donde:

N_c = Número de colectores

A_p = V (volumen del tanque)

A_c = Área unitaria del colector solar

Entonces, tenemos que:

$$Nc = \frac{2.8055}{2}$$

$$Nc = 1.40$$

4.1.1 Análisis Térmico del Tanque Acumulador/Intercambiador

El tanque acumulador/intercambiador, funciona como un tubo compuesto de varias capas, que son: el tanque propiamente, con su recubrimiento, de material aislante, y un segundo recubrimiento de protección para el material aislante.

El tanque que se utilizará para acumulador/intercambiador, es de construcción en acero inoxidable de 3mm de espesor, se le colocó un aislante térmico: lana de cerámica con un espesor de 1plg = 2.54cm, y finalmente se colocó una lamina de tol galvanizado para proteger todo el tanque de la intemperie, obteniendo los siguientes resultados:

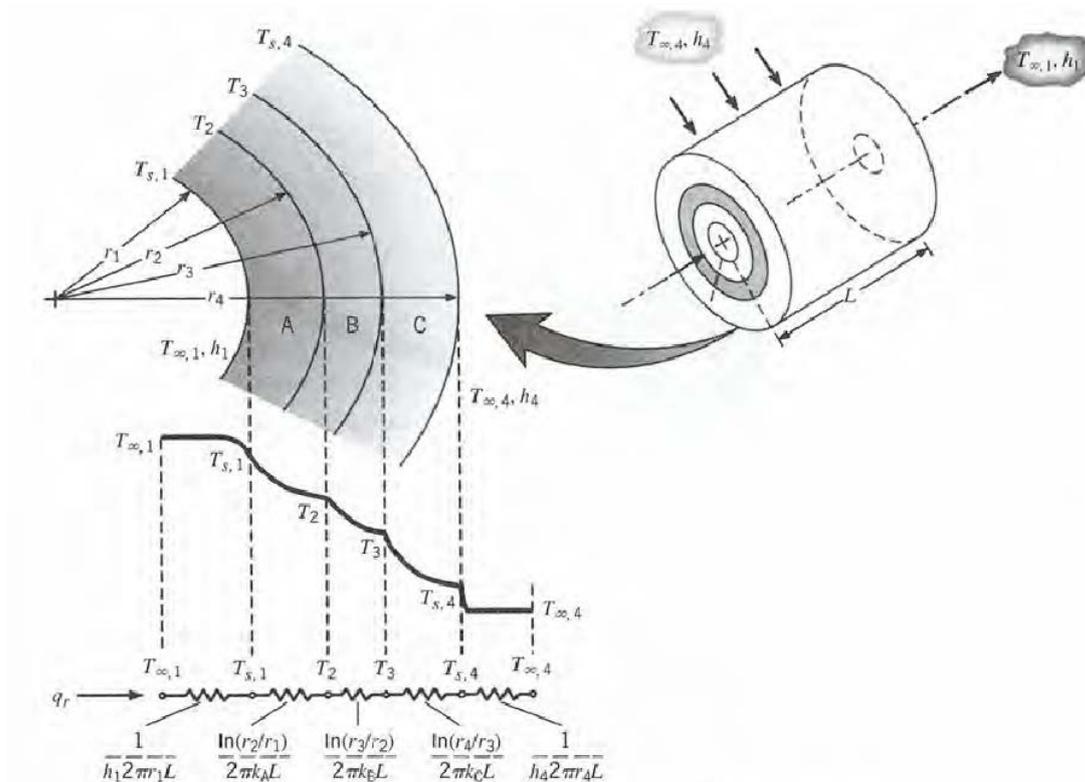


Figura 13, Distribución de temperaturas para una pared cilíndrica compuesta⁴¹.

⁴¹ Transferencia de Calor de INCROPERA, pg. 92, UTA, 18/03/2011.

Aplicando el método de la ley de Ohm, se tiene que:

$$R_t = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi Lk} \quad (49)$$

Donde:

R_t : Resistencia total

h : Coeficiente de transferencia de calor, $h = \varepsilon\sigma(T_s + T_{air})(T_s^2 + T_{air}^2)$

Ln : Logaritmo Natural

r : radio del cilindro

L : Longitud característica del material

K : Conductividad térmica del material⁴²

ε : emisividad, (propiedad relativa de la superficie, $0 \leq \varepsilon \leq 1$)

σ : constante de Stefan Boltzman⁴³ = $5.67 \times 10^{-8} W/m^2$

Datos:

$k_{acero\ inox}$: $14.9 W/m^2$

$\varepsilon = \alpha = 3.95 \times 10^6 m^2/s$

$k_{piro\ cerámica}$: $1500 W/m^2$

$\varepsilon = 1.89 m^2/s$

$r_1 = 0.363m$

$r_2 = 0.366m$

$r_3 = 0.62m$

⁴² Transferencia de Calor de INCROPERA, Tablas.

⁴³ Transferencia de Calor de INCROPERA, pg.9.

$$r_4 = 0.64m$$

$$L = 2.50m$$

$$T_{s,1} = 40^\circ\text{C}$$

$$T_{s,2} = 20^\circ\text{C}$$

$$R_t = \frac{\ln\left(\frac{0.366}{0.363}\right)}{2 \times \pi \times 2.50 \times (14.9 + 1500)}$$

$$R_t = \frac{8.230 \times 10^{-3}}{23795.99}$$

$$R_t = 3.4587 \times 10^{-7}m$$

La transferencia de calor del tanque es:

$$q_r = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,4}}{\frac{1}{2\pi r_1 L h_1} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi k_A L} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2\pi k_B L} + \frac{\ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right)}{2\pi k_C L} + \frac{1}{2\pi r_4 L h_4}}$$

$$h_1 = (3.95 \times 10^6)(5.67 \times 10^{-8})(40 + 20)(40^2 + 20^2)$$

$$h_1 = 26875.8$$

$$h_4 = 1.89(5.67 \times 10^{-8})(120000)$$

$$h_4 = 0.0128$$

$$q_r = \frac{40 - 20}{\frac{1}{153245.56} + \frac{8.230 \times 10^{-3}}{232.04} + \frac{0.527}{23561.94} + \frac{0.031}{1822.12} + \frac{1}{1166.15}}$$

$$q_r = \frac{20}{6.52 + 3.54 \times 10^{-5} + 2.23 \times 10^{-5} + 1.70 \times 10^{-5} + 8.57 \times 10^{-4}}$$

$$q_r = \frac{20}{15.09}$$

$$q_r = 1.32 \text{ W/m}^2$$

Demostrando que la transferencia del calor desde dentro del tanque hacia el exterior es muy baja, por consiguiente tiene muy buen aislamiento térmico.

4.1.2 Análisis Térmico de los colectores solares

De igual manera que el tanque acumulador, los colectores solares se los construyó, con 3 materiales como protección contra pérdidas de calor: la construcción del cuerpo del colector se la realizo en madera de pino blanco, que es bastante resistente a la intemperie, la misma se pinto con una fina capa de asfalto como protección adicional para la madera contra humedad y también para ganar absorción de calor, luego de esto se colocó lana de vidrio en todo el perímetro, y finalmente se forró la caja con tol galvanizado para proteger toda la caja de los agentes ambientales.

Analizando la resistencia y transferencia de calor se obtuvo los siguientes datos:

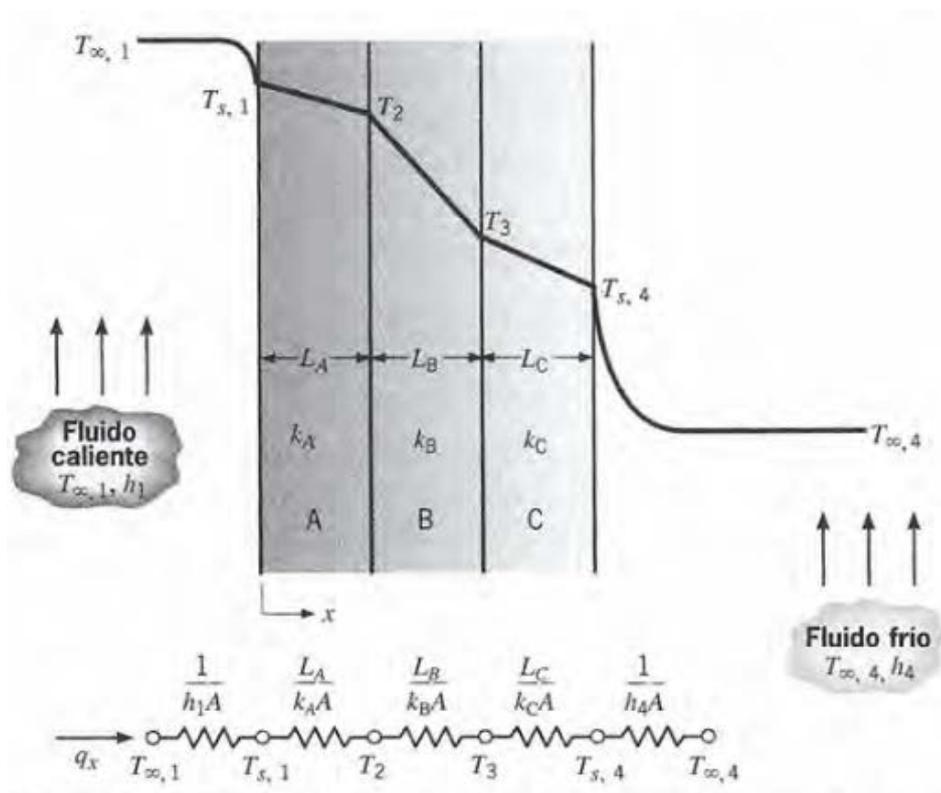


Figura 14, Circuito para una pared compuesta en serie

Fuente: Transferencia de Calor de INCROPERA, pg.78

$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,4}}{\sum R_t} \quad (50)$$

Donde:

q_x : Transferencia de calor por conducción

K: coeficiente de transferencia del material

L: espesor del material

A: Área del material

Datos:

k_{cinc} : 116 W/m^2

$\varepsilon_{cinc} = 0.02 \text{ m}^2/\text{s}$

L_{cinc} : 0.1 cm

$k_{lana \text{ de vidrio}}$: 0.049 W/m^2

$\varepsilon_{LV} = 0.9 \text{ m}^2/\text{s}$

$L_{lana \text{ de vidrio}}$: 1 cm

$k_{madera \text{ pino blanco}}$: 0.11 W/m^2

$\varepsilon_m = 0.85 \text{ m}^2/\text{s}$

L_{madera} : 1.5 cm

$k_{asfalto}$: 0.062 W/m

$\varepsilon_{Asfalto} = 0.85 \text{ m}^2/\text{s}$

$L_{asfalto}$: 0.1 cm

$T_{s,1}$: 75°C

$T_{s,2}$: 20°C

A: 2 m^2

$$h = \varepsilon\sigma(T_s + T_{air})(T_s^2 + T_{air}^2)$$

$$h_{cinc} = 0.02 \times (5.67 \times 10^{-8})(75 + 20)(75^2 + 20^2)$$

$$h_{cinc} = 6.49 \times 10^{-4}$$

$$h_{LV} = 0.9 \times (0.032)$$

$$h_{LV} = 0.029$$

$$h_m = 0.85 \times 0.032$$

$$h_m = 0.027$$

$$h_{Asfalto} = h_{madera}$$

Coefficiente total de transferencia:

$$U = \frac{1}{\left[\frac{1}{h_1} + \frac{L_A}{k_A} + \frac{L_B}{k_B} + \frac{L_C}{k_C} + \frac{1}{h_4} \right]}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{6.49 \times 10^{-4}} + \frac{0.1}{116} + \frac{1.5}{0.11} + \frac{1}{0.049} + \frac{0.1}{0.062}}$$

$$U = \frac{1}{1540.83 + (8.62 \times 10^{-4}) + 13.63 + 20.40 + 1.61}$$

$$U = 6.34 \times 10^{-4} W/m^2 = R_t$$

Transferencia de calor por conducción:

$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,4}}{\sum R_t}$$

$$q_x = \frac{75 - 20}{6.34 \times 10^{-4}}$$

$$q_x = 86750.78 W/m$$

4.2 Construcción de las cajas

Las cajas constituyen el cuerpo de protección y apoyo de los serpentines⁴⁴ con sus respectivas placas absorbedoras.

Para la construcción de las cajas se utilizará madera de pino, que es resistente a la intemperie, y siguiendo el plano CM-001.001 detallado en el Anexo A.; Las cajas donde van alojados los serpentines, normalmente se construyen de tol galvanizado de 1/32", y son recubiertas interiormente de espuma de poliuretano, para abaratar costos. En el diseño de éstos colectores se usa madera y lana de vidrio para aumentar la concentración de calor, y evitar las pérdidas de calor por convección; las cajas se pintan con una fina capa de brea, para incrementar la absorción de calor, Finalmente se recubrirá la caja de madera con lamina de tol galvanizado de 0.08 mm, descrito en el plano CM - 001.002, para protegerla de la humedad, polvo y viento.

4.3 Construcción de los reflectores

Los reflectores son las placas colectoras que ayudarán a la absorción de la radiación y transmitir la energía hacia el serpentín, su construcción será en lámina de tol de 0.08mm de espesor.

Se utilizará la lámina de tol por ser más económica que la lámina de aluminio, y su grado de absorción es bastante aceptable; el diseño está detallado en el plano CM-001.04 que se encuentra en el Anexo A.

4.4 Construcción del sistema interno del colector

El sistema interno del colector corresponde al serpentín, el cual es el encargado de transmitir la radiación captada al fluido interno, en este caso el agua de la piscina. El serpentín está construido en tubería de cobre de tipo M, que es el más utilizado para agua, con un espesor de 1mm.

⁴⁴ Serpentín, llamado así al sistema de tuberías unidos entre si con diferentes formas de distribución, según la aplicación que se le vaya a dar.

Al ser más delgada la pared de la tubería, se transmitirá más rápidamente el calor hacia el fluido, de igual manera sucede con la tubería de diámetro más pequeño. El diseño del serpentín se encuentra en el plano CM-001.003 en el Anexo A.

4.5 Construcción de las estructuras de soporte para los colectores.

Con el fin de ofrecer el ángulo adecuado para la inclinación de los colectores y un apoyo para los mismos, se construye las bases en tubo de 1 ¼" galvanizado para poste, sus dimensiones se encuentran en el Anexo A, plano CM - 002.

Los accesorios utilizados para toda la construcción se encuentran detallados en el plano CM-003.

CAPÍTULO 5

TOMA DE DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Temperatura de Entrada

La temperatura del agua a la entrada de los colectores es de 20°C al inicio de la instalación, ésta temperatura se incrementa gradualmente hasta alcanzar un valor estable de 27°C en días normales, cuya temperatura ambiente varía entre 15°C y 18°C.

5.2 Temperatura de Salida

La temperatura de salida como se mencionó anteriormente, se calibra mediante un termostato a 40°C, debido a que se utiliza una bomba de agua para recircular el agua de la piscina al tanque de manera forzada, éste termostato encenderá la bomba a dicha temperatura, y la apagará, cuando la temperatura del agua haya descendido a 30°C, que corresponde al rango de calibración del termostato.

5.3 Temperatura del agua en la piscina

Según normas RITE, se tiene una tabla de temperatura adecuada para distintos usos de una piscina:

Tipo de Uso	°C
Competición	24
Entrenamiento	26
Enseñanza y recreación	25
Disminuidos físicos	29
Piscina infantil	30
Niños de 3 a 6 años y 3ra edad	32
Mujeres embarazadas	30 - 32

Tabla 11. Temperaturas para piscinas

Elaborado por: Cesar Montoya

5.4 Toma de Datos

Lecturas de Irradiación tomadas como día representativo en el sitio, a la fecha: del 13 al 21 de Agosto del 2010

MEDICIONES EN W/m ² TOMADAS EN EL MES DE AGOSTO DEL 2010																		
HORA	SABADO 13		DOMINGO 14		LUNES 15		MARTES 16		MIERCOLES 17		JUEVES 18		VIERNES 19		SABADO 20		DOMINGO 21	
	DIRECTA	DIFUSA	DIRECTA	DIFUSA	DIRECTA	DIFUSA	DIRECTA	DIFUSA	DIRECTA	DIFUSA	DIRECTA	DIFUSA	DIRECTA	DIFUSA	DIRECTA	DIFUSA	DIRECTA	DIFUSA
6:00 AM	629	84	629	84	32,3	10,1	598,1	242	84	22,9	907	198	598,1	242	729,9	125	310	48,2
6:30 AM	632	86	632	86	34	12	787	286	84,6	22,9	964	204,3	735,4	298	968,7	264	324,7	56,2
7:00 AM	741	132	741	132	46	12,1	984,6	349	85,2	23,4	996	208,7	984,6	349	1174	478,7	348,1	62,1
7:30 AM	907	198	907	198	49,2	12,7	1174	488	85,7	25,1	1007	265	1174	488	1202	405,9	409,9	78,9
8:00 AM	1143	323	1313	307	52,9	13,8	1201	490	86,3	29,7	1104	265,4	1198,2	489,6	1268,2	408,2	511,2	109,9
8:30 AM	1251	493	1537	252	63,5	14,4	1234	491	207,4	64,8	1165	315,2	1235,7	501,8	1279,5	409,3	600,3	185,2
9:00 AM	1310	440,4	661,9	246	72,1	16,2	1267	491,1	518	115,9	1221	457	1298,7	512,6	1342,2	394,6	661,9	246
9:30 AM	1421	516	956,4	384	89	18,1	1325	376	854,3	268,7	1226	476,2	1306,2	527,1	1462,1	389,3	937,7	367,2
10:00 AM	753,4	183,2	1884	450,2	130,8	25	1372	289	1300	398,2	1234	479,5	1372	535,4	1539	383,9	1884	450,2
10:30 AM	1730	489	1394	307,9	165,1	34	1408	321,2	1368	401,3	1248	481,2	1406,7	586,1	1394	307,9	1889	450,9
11:00 AM	742	174	1064	207,8	256,2	64,3	1427	345,3	1497	411,2	1356	495,1	1487,2	597,3	1469,3	324,1	1892,1	468,2
11:30 AM	609	109	442	69,4	368	78,2	1489	351	1503	412,5	1406	498	1568,1	602,1	1510,1	387,2	925,9	116,3
12:00 AM	630	210	214,8	28,3	456,5	94,7	1504	382	1584	413,7	1427	502,1	1599,8	617,9	1553	391,3	214,8	28,3
12:30 AM	1312	512	1694	204	658,3	212,2	602	289	1585	413,9	1514	503,4	1684,9	625,7	1621	405,6	276,1	32,1
1:00 PM	1313	307	1703	396	857	135	1571	395	965	305,7	1537	504,6	1759	629,3	1703	406,5	306	30,9
1:30 PM	1405	320,2	1714,3	401	905	148	1571,6	395	628,2	124,2	1605	510,1	1826,4	647,3	1784	407,8	309,6	29,8
2:00 PM	1406	320	1693	394	894	146,2	1508	383	258,2	85,2	1524	502,3	1815,4	635,9	1799,3	409,7	485,2	43,2
2:30 PM	1398	312	1541	386	894	146,2	1651	410	259	98,1	903	465	1804,1	635,1	1801,2	602,9	567,4	44,5
3:00 PM	1215	483	1332	368	893,2	147	1654	412	257	83,7	925	472	1813	636,2	1798	519,2	725,3	95,7
3:30 PM	1214	482	1229	352	894,1	147	1658	414	248	80,4	1584	509,3	1814,7	637,4	1764,2	516,3	964,8	109,3
4:00 PM	1225	495	1105	341	893,9	146,6	1487	348	345	116,2	1602	511	1789,4	625,9	1768,2	518,6	1623	208
4:30 PM	1230	498	1133	341	882	132	1526,1	391	425,3	119,4	1639	516	1798,5	626,4	1771,6	527,3	1592,4	207,2
5:00 PM	1228	492	1145	243	910	140	1687	425	751,6	169,4	1629	514,3	1725,4	619,7	1706,2	501,1	1548	189
5:30 PM	1229	491	1148	243	925	130	1693,3	426	1257,1	512,3	1501	501,4	1634,2	584,7	1652,1	423,4	1306,4	175,3
6:00 PM	1212	389	1143	240	908	125	1503,4	378	1126,8	345,6	954	425,7	1468,6	576,3	1601,9	401,1	957,9	169,2
6:30 PM	1190	340	901	189	830	113	705,8	274	705,9	132,4	803,2	318,9	1206,9	304,8	925,3	358,4	741,6	127,9
TOTAL:	29075,4	8878,8	29857,4	6850,6	13160,1	2273,8	34588,9	9841,6	18069,6	5196,8	32981,2	11100	38105,2	14132	38588	10667,3	22313,3	4129,7
PROMEDI	1118,28	341,49	1148,36	263,48	506,16	87,45	1330,34	378,52	694,98	199,88	1268,51	426,91	1465,58	543,52	1484,15	410,28	858,20	158,83
Promedio de radiación directa en la s	1097,18 W/m ²																	
Promedio de radiación indirecta en la	312,26 W/m ²																	

Tabla 12. Lecturas de Radiación tomadas en el lugar

Fuente: Piranómetro proporcionado por la Facultad de Mecánica

Elaborado por: Cesar Montoya

Adicionalmente, se pidió los datos anuales que tiene el Instituto de Meteorología e Hidrología INAMHI, para 2 años: 2007 y 2008, lo que ha servido para tener una muestra de lecturas para radiación, temperatura y vientos con un rango más amplio, ver Anexos B, pg.89 - 96, información adicional en archivo pdf del CD.

CAPÍTULO 6

TRATAMIENTO DEL AGUA

El tratamiento del agua consiste en la purificación y desinfección de la misma, utilizando varios métodos como son: filtrado, clorificado, regulación de PH y descalcificación.

6.1 Filtrado

El proceso de filtrado consiste en circular el agua con ayuda de una bomba hacia un filtro que contiene 3 tipos de granos de arena de cuarzo, este filtro está encargado de retener pelos que hayan pasado por el prefiltro de pelos que posee la bomba, como también asentamientos de polvo y grasas que desprenden los usuarios en el uso de la piscina.

Este filtro se debe lavar mensualmente para garantizar que el agua de la piscina se mantenga cristalina. El método de limpieza del filtro es muy sencillo, ya que el mismo dispone de una llave de paso con diferentes posiciones que son: filtrado, retro lavado, desagüe, enjuague, cerrado y by pass.

Con la llave en posición de filtrado, la bomba absorbe el agua de la piscina llevándola hacia el filtro, recogiendo todo tipo de impurezas que pueda tener el agua y retornando hacia la piscina, éste proceso dura aproximadamente de 3 a 4 horas.

A continuación se coloca la llave en posición de retro lavado, y se enciende la bomba para que circule el agua aproximadamente 10 minutos, de esta forma el filtro se lava internamente, expulsando todas las impurezas hacia el desagüe.

Posteriormente con la bomba apagada se mueve la llave a posición de enjuague, y se encenderá la bomba por 5 minutos, esto hará que se remueva cualquier impureza que haya quedado atascada dentro del filtro, y se apagará la bomba.

Finalmente el filtro estará listo para realizar su trabajo nuevamente. Cabe destacar que esta limpieza del filtro no es suficiente, al cumplir un año de uso del filtro, el mismo deberá ser destapado y lavado manualmente. La arena de cuarzo del filtro tiene un promedio de vida útil de 2 a 3 años, al cabo del cual deberá ser reemplazado totalmente.

6.2 Clorificación y Regulación de PH

Para este proceso, con ayuda del kit de comprobación de PH y Cloro, se verifica la cantidad de cloro ideal que es de 1.0% a 1.5% existente en el agua, y de igual manera la acides apropiada del agua que es de 7.4% a 7.6%.

Si al medir estos rangos, las lecturas están por debajo de lo admitido, se deberá adicionar los elementos faltantes según las recomendaciones del profesional encargado que distribuye los respectivos químicos para el efecto.

Adicionalmente a este sistema convencional de filtrado, el complejo adquirió un sistema de filtrado de agua por osmosis inversa y un descalcificador electrónico, que garantiza la durabilidad de las tuberías, como también la eliminación de bacterias y exceso de minerales.

6.3 Descalcificación

Las incrustaciones calcáreas y los depósitos de sarro causados por los iones de mineral disueltos en el agua se adhieren a las superficies de los elementos como los calefactores, las alcachofas de las duchas, la grifería y los azulejos del cuarto de baño.⁴⁵

Estos problemas se pueden evitar con el ablandador de agua tradicionales, pero estos requieren un mantenimiento y la adición regular de sal lo que afecta a la potabilidad del agua. Además, estos ablandadores no son capaces de desincrustar las tuberías.

Las incrustaciones calcáreas no solamente afectan a los hogares, sino que también los usuarios profesionales: hoteles, restaurantes, oficinas y la industria se benefician de un desincrustador que no requiere mantenimiento.

El sistema de desincrustador electrónico genera una compleja señal de frecuencia modulada, la cual es aplicada por el simple bobinado de un cable al exterior del tubo. El objeto de aplicar miles de diferentes frecuencias simultáneamente es el de inducir un

⁴⁵ <http://www.scalewatcher.com>, 01-02-2012

voltaje en el agua, entrar en resonancia con la frecuencia de los iones disueltos, e inducirles a éstos suficiente energía como para liberar el Dióxido de Carbono y romper su cadena con la molécula del agua.

Las partículas en el agua están cargadas negativamente por naturaleza. Por lo tanto, están rodeadas de iones positivos. Los iones positivos se unirán a los negativos creando la denominada doble capa eléctrica. Se trata de una situación estable que puede convertirse en inestable mediante la intervención de campos magnéticos y eléctricos, iniciando la formación de cristal en la partícula.

Así, existirán menos iones minerales libres que provoquen incrustaciones en las paredes de la tubería u otras superficies. Los cristales fluyen con el agua por el desagüe.

Las ventajas del uso de este equipo son: la eliminación de incrustaciones en las tuberías que con el tiempo han reducido el diámetro interno de las tuberías.

Para las personas que tienen la piel seca, notan una considerable mejora por que la ausencia de minerales en el agua ya no produce irritaciones en la piel.

El uso de este sistema nuevo de filtrado es de gran ayuda para el complejo ya que reduce hasta un 60% el mantenimiento de la maquinaria, antes de colocar este sistema, la caldera tenía que someterse a mantenimiento obligatorio por medio de químicos especiales durante 2 días; en la actualidad con ayuda del desincrustador, se a realizado un chequeo interno de la caldera a los 6 meses constatando una reducción notable de calcificación dentro de la caldera, lo que representa un ahorro de mantenimiento para la empresa.

De igual manera con el sistema de osmosis inversa, se ha logrado la reducción de utilización de químicos y gasto de los mismos para el mantenimiento de la piscina.

Comparando un sistema de ablandador de agua mediante químicos, con el desincrustador electrónico, obtenemos los siguientes datos:

SUAVISADOR	DESINCRUSTADOR ELECTRÓNICO
Costoso por que es un equipo grande	Más económico
Provoca sensación de piel seca	Sensación de piel suave
Sensación de agua resbaladiza	Sensación de agua sedosa
Jabón difícil de quitar	Mas fácil de eliminar el jabón
Intercambia el calcio por la sal	No necesita sal
Peligroso para gente que está en dieta de sal	No afecta a la gente de ninguna manera
Falla el intento de quitar el sarro de las tuberías	Ayuda a eliminar el sarro de las tuberías
Costoso de mantener	No tiene costo de mantenimiento
Requiere asistencia	No requiere asistencia



Tabla 13, Comparación de ablandadores de agua.

Fuente: <http://www.scalewatcher.com>

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- Debido a las pruebas realizadas, se determina que éste sistema tiene una eficiencia del 50%, lo cual indica que se ha cumplido con el objetivo de éste proyecto, que es el de reducir el gasto en combustibles para temperar el agua de la piscina.
- En días con abundante radiación, se logra incrementar la temperatura de la piscina, de 2°C a 3°C, evitando encender la caldera con mayor frecuencia, para que el agua de la piscina llegue a 30°C, reduciendo el consumo de Diesel.
- El sistema logra incrementar el agua a 40°C en el intercambiador en 4 horas, por lo tanto en un día entero realiza dos recorridos por el circuito del intercambiador a la piscina.
- En días nublados el sistema de colectores con intercambiador, no logra llegar a la temperatura deseada que es de 40°C, por lo que es necesario el uso de la caldera, para temperar la piscina a la temperatura deseada.
- La implementación del sistema descalcificador, ha logrado reducir la cantidad de partículas de minerales disueltas en el agua (TPS) de 300 TPS a 20 TPS, lo que significa que el agua está más clara, limpia, y con un porcentaje de bacterias significativamente menor. Siendo evidente la reducción de químicos para el tratamiento de agua, como cloro, reductor de PH, entre otros.

7.2 Recomendaciones

- Instalar los colectores solares en un lugar que no reciba sombra de algún objeto durante el día.
- Se recomienda mantener limpios los vidrios de los colectores, para que la captación de la energía se mantenga constante y no baje su rendimiento.
- Para limpiar los vidrios de los colectores es necesario un trapo limpio y líquido para vidrios.
- No se debe dejar que la bomba se moje exteriormente por que perjudica en el desempeño, tanto por la parte de enfriamiento, como la parte eléctrica.
- Revisar el estado del filtro de carbón una vez al mes, cambiarlo máximo cada tres meses, antes si el estado del filtro está visiblemente mal y se nota que el agua se ve algo turbia.
- Limpiar el filtro de pelos una vez a la semana, para que las bombas funcionen sin ser forzadas.
- No usar ácidos como reguladores de PH, ya que pueden afectar a la tubería de cobre, si bien es cierto que es necesario nivelar los porcentajes de PH y Cloro para mantener el agua totalmente transparente, el ácido corroe los metales, haciendo que su vida útil se reduzca muy rápidamente.
- Siempre conectar la línea de tierra de la bomba, como protección a descargas, o estática que afectan al funcionamiento de la misma.
- Mantener el nivel del agua de la piscina mínimo a 10 centímetros del borde, para que la bomba no succione aire.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

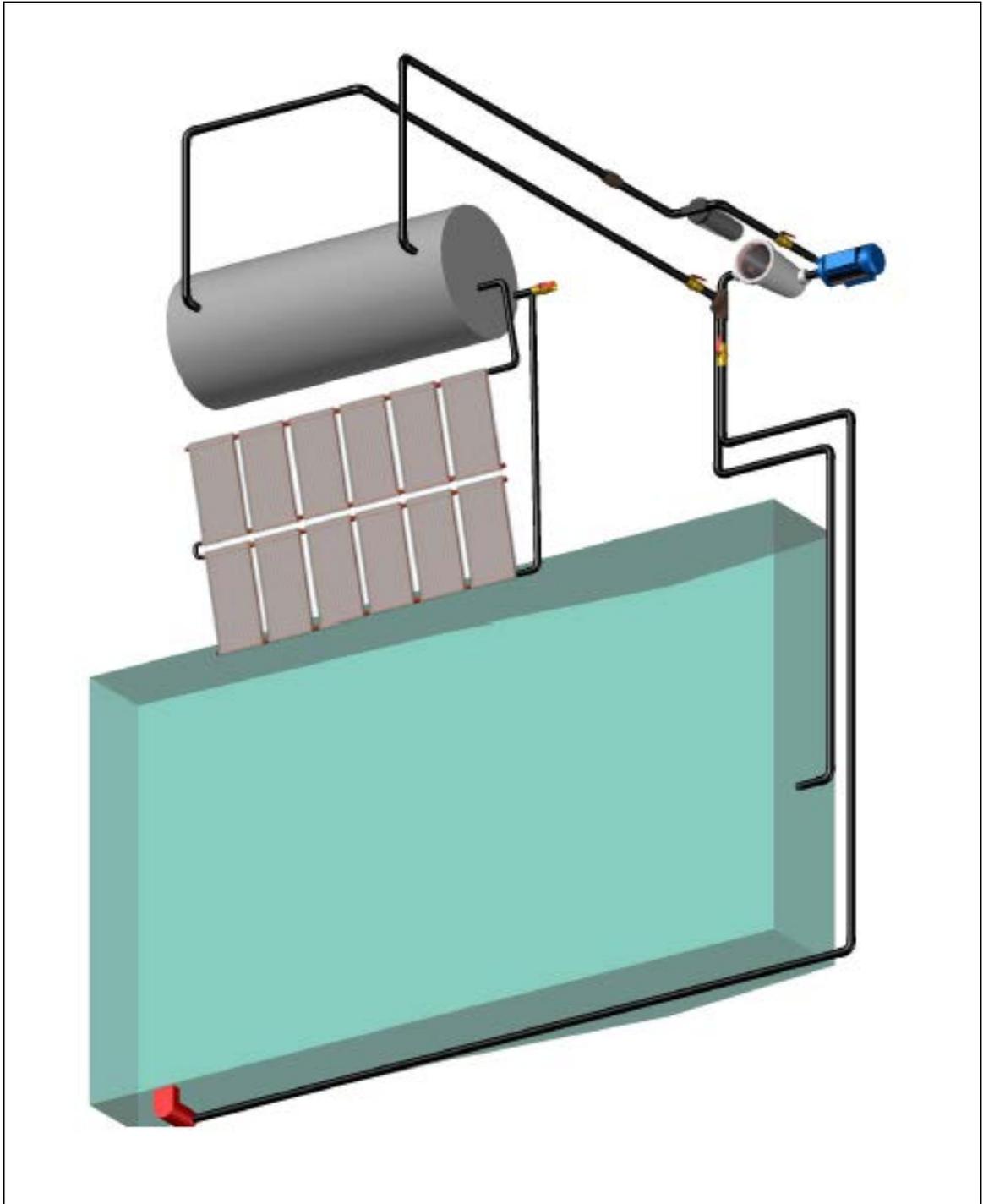
- DeGunther, Rik - Solar Power Your Home for Dummies 2007, , SPOCH, 3/08/2010.
- INAMHI 17/10/2011.
- Incropera – Transferencia de Calor 4ta Edición, UTA,18/032011.
- Kenneth J. Ed. McGraw-Hill – Bombas, Selección y mantenimiento, SPOCH, 3/08/2010.
- Lluís Juglar – Energías Alternativas y Medio Ambiente, UTA,10/10/2011.
- Manual ANSI/ASRHAЕ, 1993, Methods of thesting to determine the termal performance of solar collector, SPOCH 3/08/2010.
- MARKS. Manual del Ingeniero Mecánico, SPOCH, 3/08/2010.
- Mecánica de Fluidos, Robert L. Mott, cap.8, pg. 217, UTA,18/032011.
- Perales, Tomás – Guía del Instalador de Energías Renovables, Limusa 2011, UTA,18/032011.
- RAU, Hans. Energía Solar y Aplicaciones, E.E.U.U. 2005, pp:101-102, Biblioteca ESPE, consultado 10 de Octubre del 2011.
- Salvador Escoda S.A. – Energía Solar Térmica, Catálogo Técnico, SPOCH, 3/08/2010.
- Sánchez Maza, Miguel Ángel – Energía Solar Fotovoltaica, Limusa 2011, UTA,18/032011.
- Viloria, José Roldán – Fuentes de Energía Eólica, Solares Térmicas, Fotovoltaicas 2010, UTA,18/032011.
- Yunus A. Cengel – Termodinámica 4ta Edición, UTA, 10/10/2011.

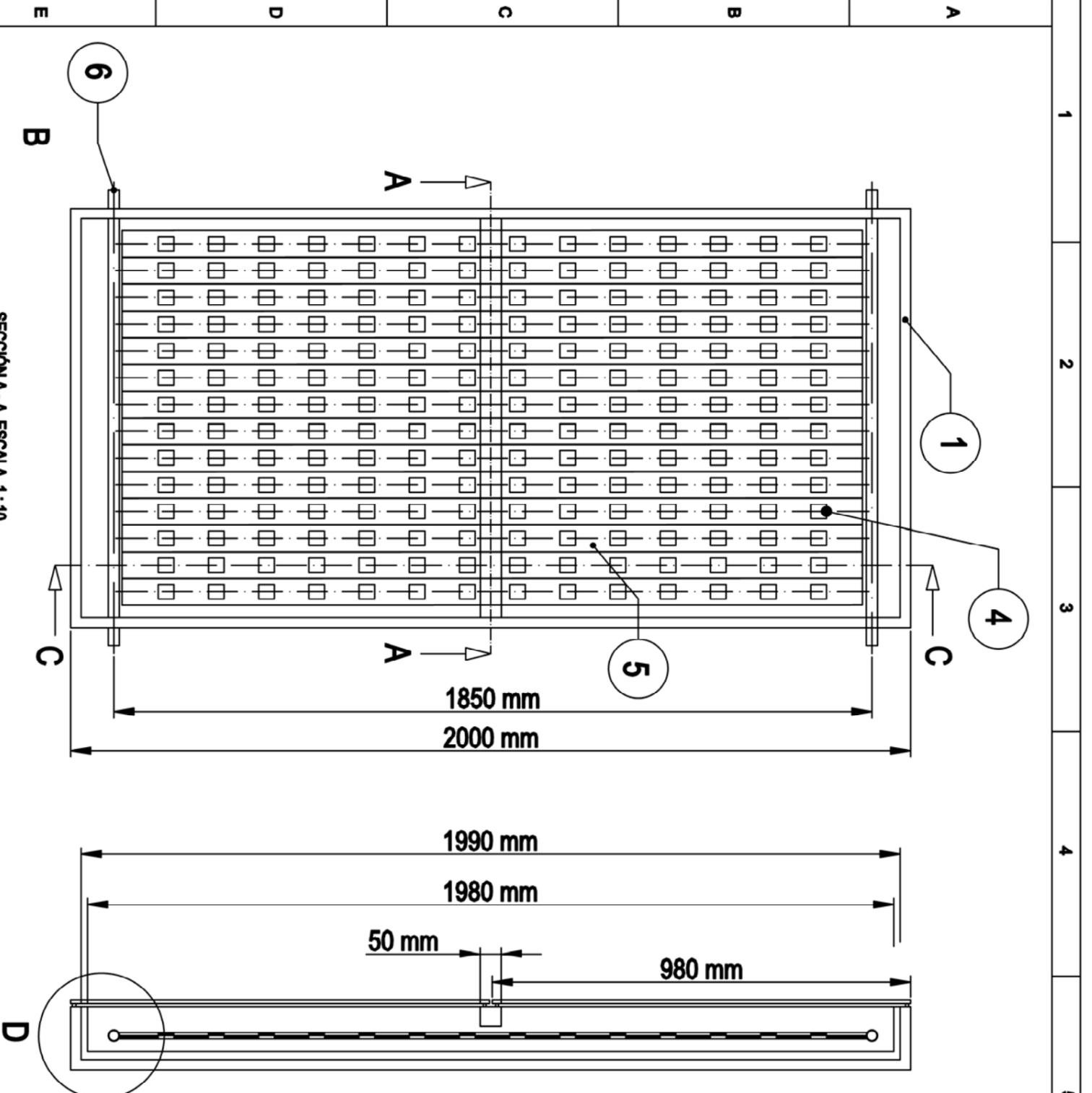
DIRECCIONES DE INTERNET

- <http://www.cleanergysolar.com/2011/06/08/tutorial-el-sol-la-constante-solar/>, consultado el 10 de octubre del 2011.
- www4.architektur.tu-darmstadt.de/powerhouse/db/248,id_242,s_Terms.sp.fb15, consultado 12 de Octubre 2011.
- <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=5484>, 3/08/2011.
- <http://www.tiempo.com/ram/2092/el-albedo-de-la-tierra-disminuye/>, 3/08/2011.
- <http://libros.redsauce.net/EnergiasAlternativas/solar/PDFs/02solar.pdf>, 7/02/2012.
- http://www.construmatica.com/construpedia/RITE:_Reglamento_de_Instalaciones_T%C3%A9rmicas_en_los_Edificios, 06/06/2011.
- <http://elementos.org.es/cloro>; <http://www.full-piscinas.cl/cloro.html>, consultado: 10/01/2011.
- <http://www.miliarium.com/Prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.asp> h10:00pm 07/02/2012.
- http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf, consultado: 12/01/2012.
- <http://www.unsa.edu.ar/~alejo/geosol/metodos.htm>, 12/01/2011.

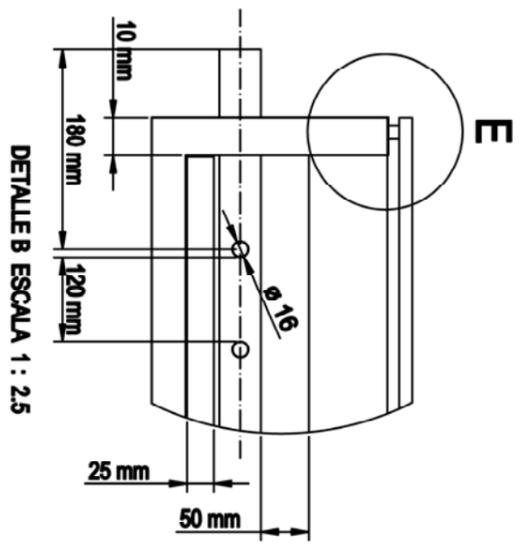
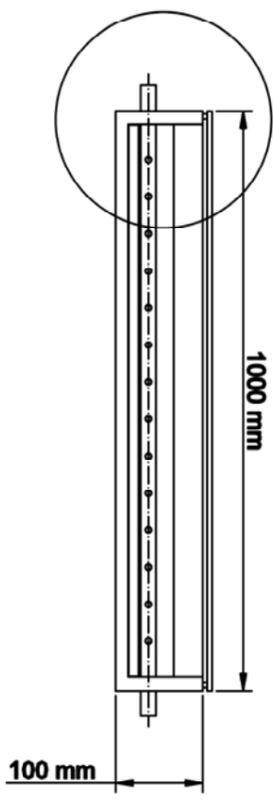
ANEXO A
PLANOS

Vista 3D de Instalación terminada

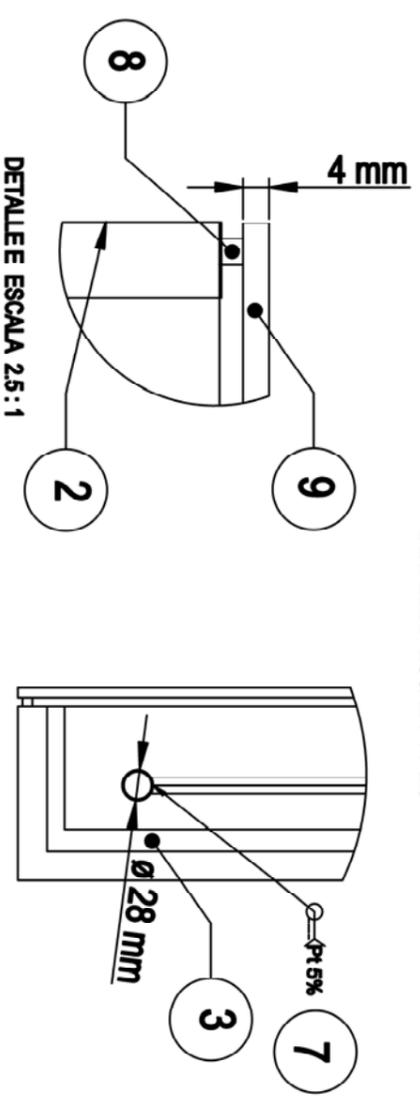




SECCIÓN A - A ESCALA 1 : 10



DETALLE B ESCALA 1 : 2.5

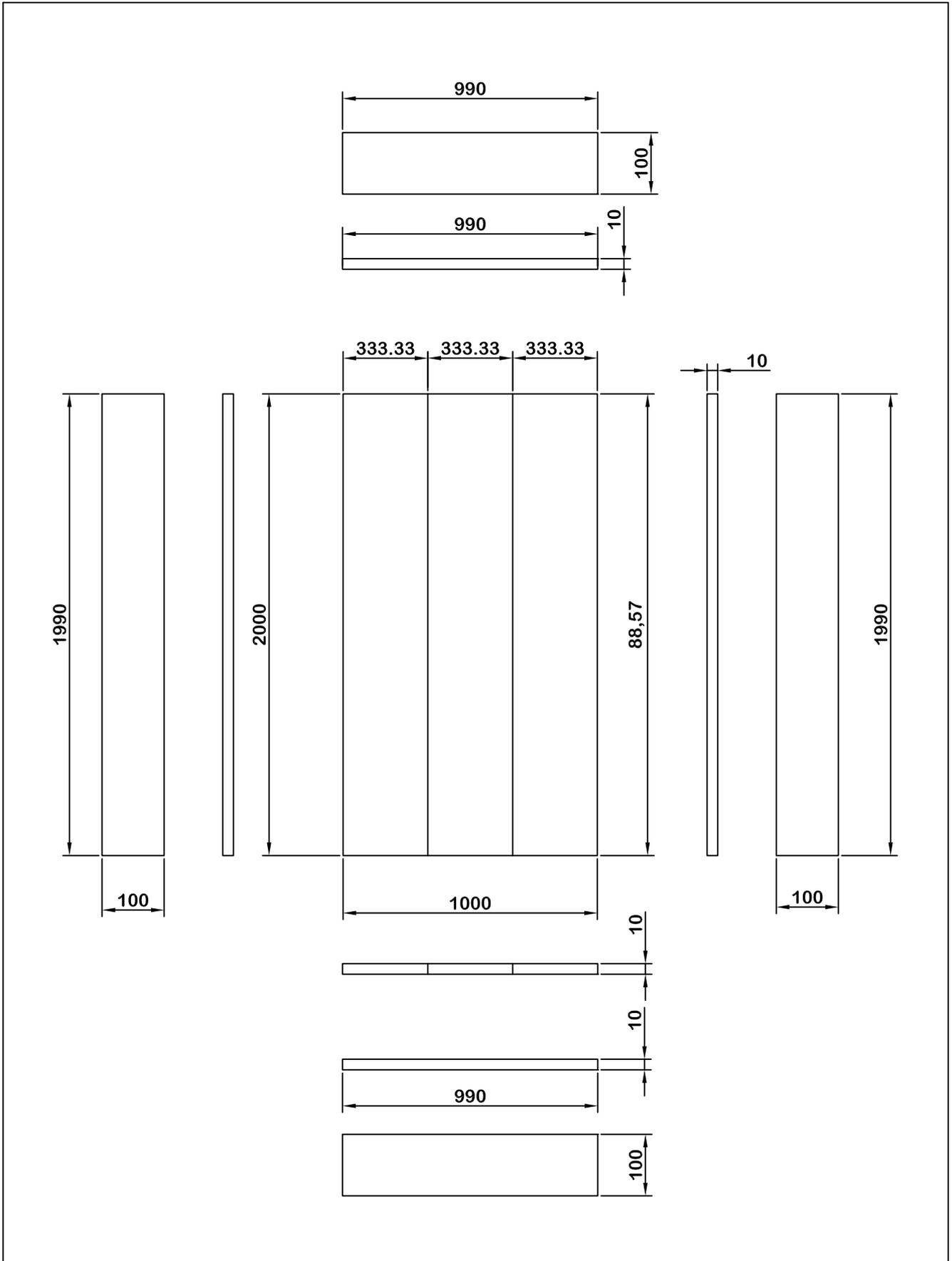


DETALLE D ESCALA 1 : 2.5

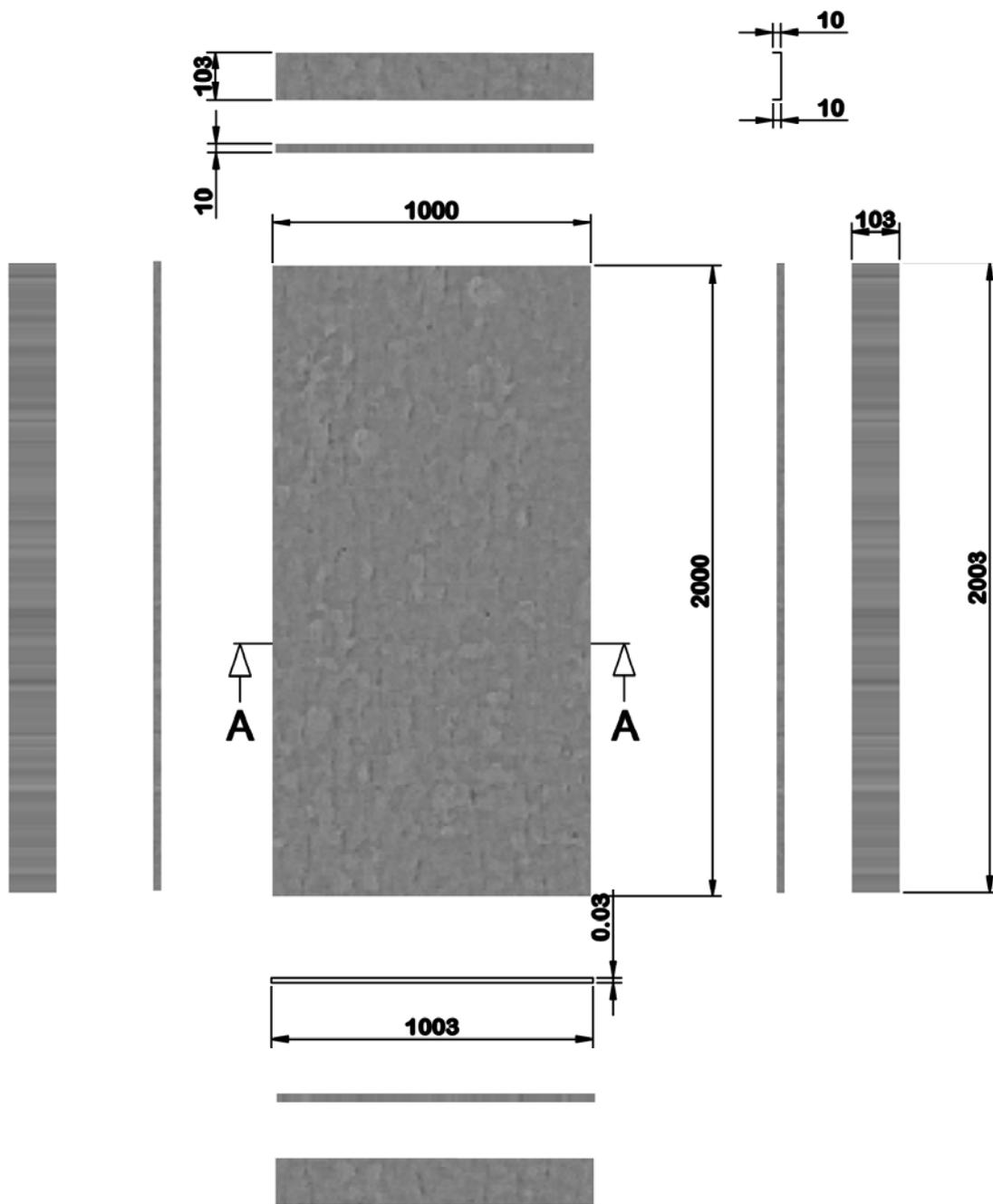
9	C-6	Vidrio claro	24	CM - 001.07	Vidrio crudo	985 x 985 x 4 mm
8	C-5	Cinta Doble Fast (estructural)	12 rollos		Neopreno	e = 5 mm x 8 mm
7	C-8	Cordón de soldadura	15 lbs	CM - 001.06	Plata 5%	12 varillas x lb
6	E-1	Faulta	24	CM - 001.05	Cobre	1 plg tipo M
5	B-3	Placa absorbidora	168	CM - 002.04	Tol	0.05 plg
4	A-3	Tubo serpentín	168	CM - 001.03	Cobre	1/2 plg tipo M
3	C-8	Aislante Térmico	2 rollos		Lana de vidrio	15 m x rollo
2	D-6	Caja envolvente	12	CM - 001.02	Tol Galvanizado	e = 0.05 plg
1	A-2	Caja envolvente	12	CM - 001.01	Madera / pino	e = 1 cm
No. Pos.		Denominación	Cant.	Dibujo	Material	Observación

MATERIAL:		CONTIENE:		CANTIDAD	
Fecha	Nombre	Firma	Varios		12
20/06/2012	Ing. Jaime Molina				
20/06/2012	Ing. Jaime Molina				
15/06/2012	Cesar Montoya		Vistas y asociación de un colector solar plano		1 : 125
15/06/2012	Cesar Montoya				

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
 CODIGOC: CM - 001
 Suatlye z



	Fecha	Nombre	Firma	MATERIAL:	cantidad
Aprobado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		Tablas en madera de monte	12
Revisado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		CONTIENE:	Escala:
Dibujado	15/06/2012	Cesar Montoya		CAJA ENVOLVENTE	1 : 25
Proyectado	15/06/2012	Cesar Montoya		CODIGO: CM - 001.01	
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				Sustituye a:	



	Fecha	Nombre	Firma	MATERIAL:	cantidad
Aprobado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		Lámina de tol de 0.03 mm	12
Revisado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		CONTIENE:	Escala:
Dibujado	15/06/2012	Cesar Montoya		DISEÑO DE LA ALETA RECEPTORA	1 : 25
Proyectado	15/06/2012	Cesar Montoya		CODIGO: CM - 001.02	
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				Sustituye a:	

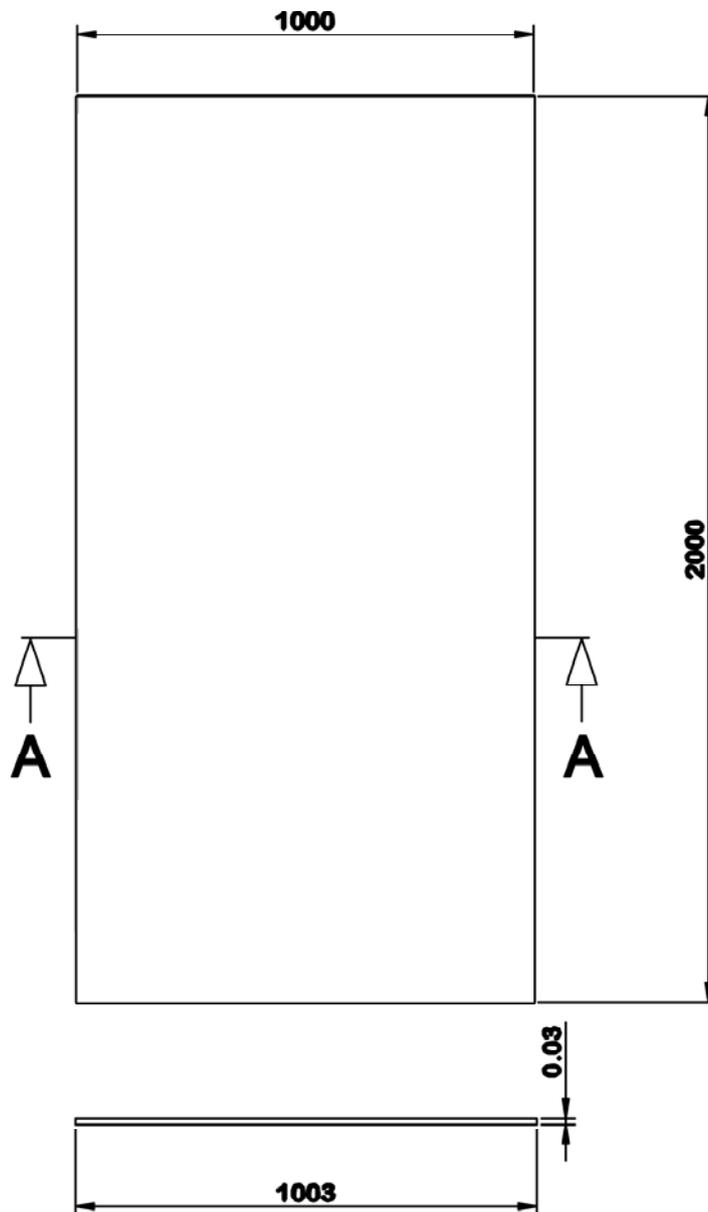
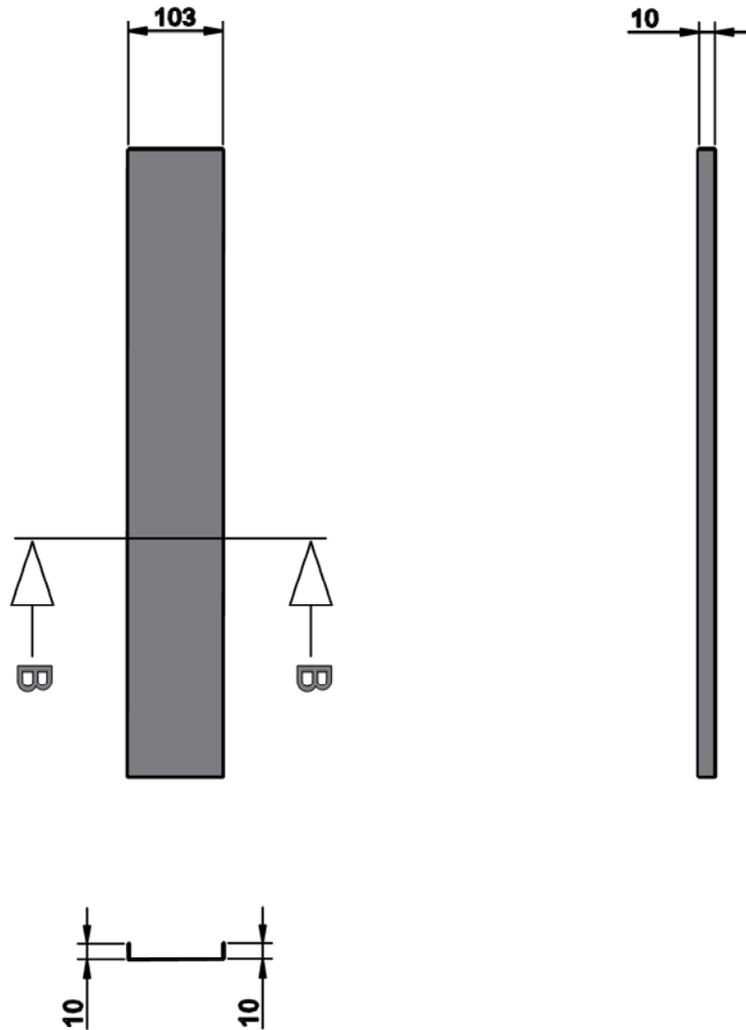
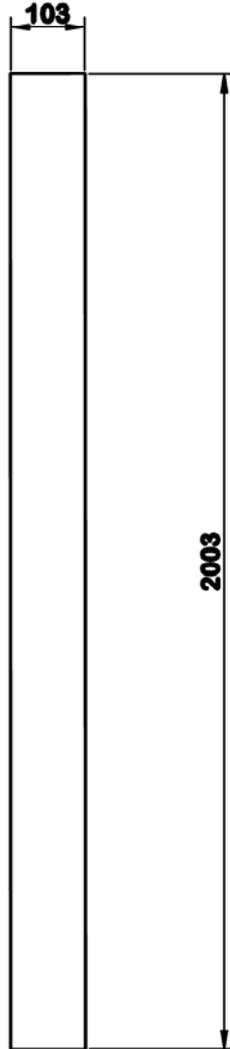
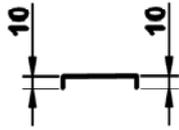


LÁMINA DE TOL - BASE DE LA CAJA = 1

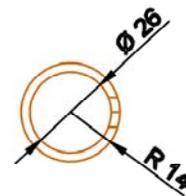
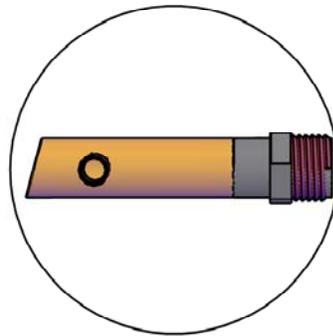
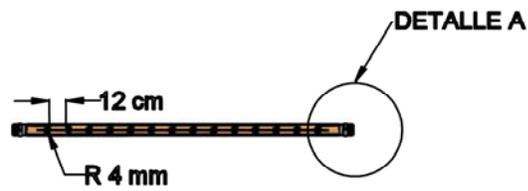
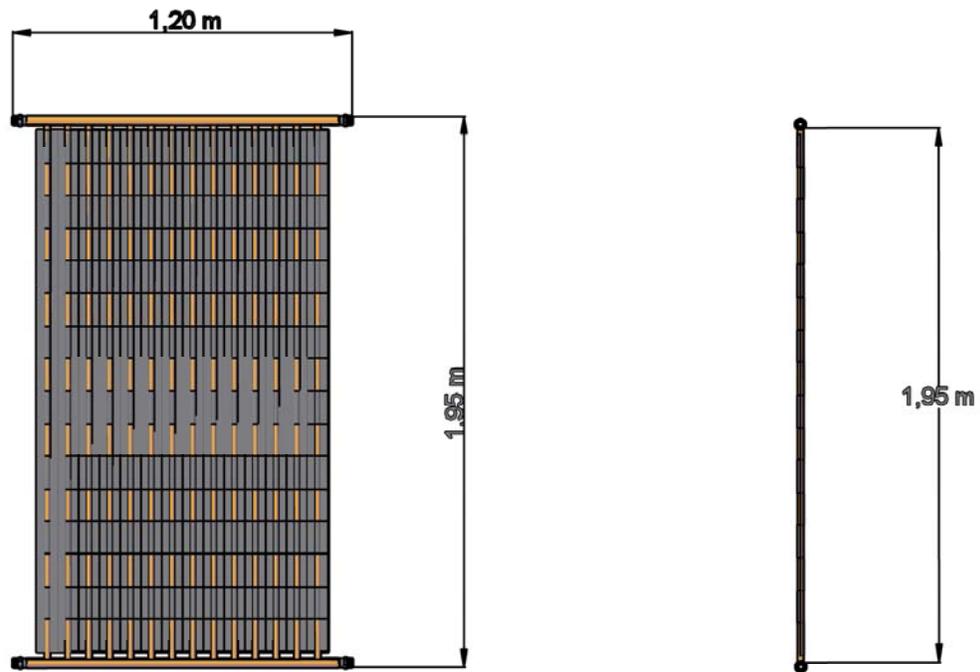
	Fecha	Nombre	Firma	MATERIAL:	cantidad
Aprobado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		Lámina de tol de 0.03 mm	12
Revisado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		CONTIENE: CUBIERTA DE TOL PARA LA CAJA DEL COLECTOR	Escala:
Dibujado	15/06/2012	Cesar Montoya			1 : 25
Proyectado	15/06/2012	Cesar Montoya			
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CODIGO: CM - 001.02 - 1/3	
				Sustituye a:	



	Fecha	Nombre	Firma	MATERIAL:	cantidad
Aprobado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		Lámina de tol de 0.03 mm	24
Revisado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		CONTIENE: CUBIERTA DE TOL PARA LA CAJA DEL COLECTOR	Escala:
Dibujado	15/06/2012	Cesar Montoya			1 : 25
Proyectado	15/06/2012	Cesar Montoya		CODIGO: CM - 001.02 - 2/3	
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				Sustituye a:	

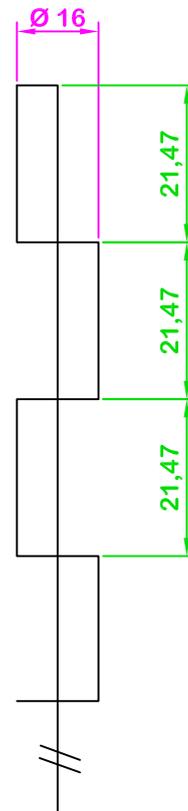
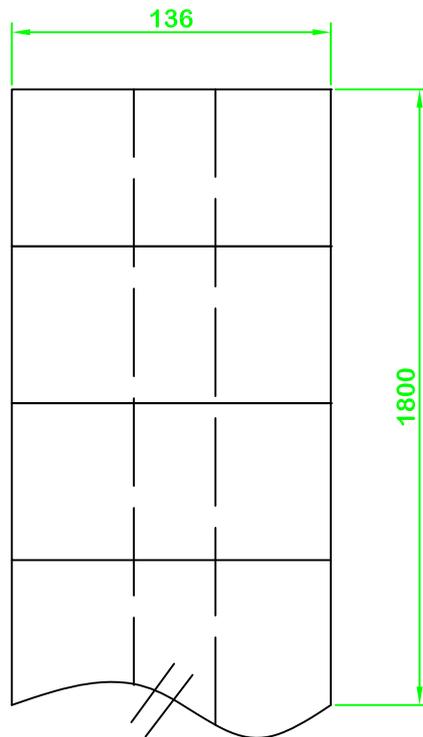
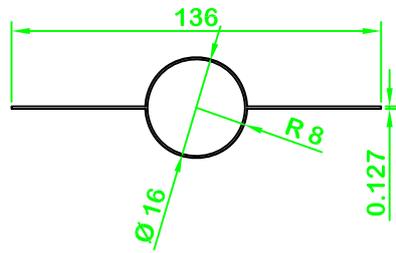


	Fecha	Nombre	Firma	MATERIAL:	cantidad
Aprobado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		Lámina de tol de 0.03 mm	24
Revisado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		CONTIENE: CUBIERTA DE TOL PARA LA CAJA DEL COLECTOR	Escala: 1 : 25
Dibujado	15/06/2012	Cesar Montoya			
Proyectado	15/06/2012	Cesar Montoya			
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CODIGO: CM - 001.02 - 3/3	
				Sustituye a:	

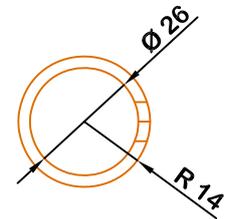
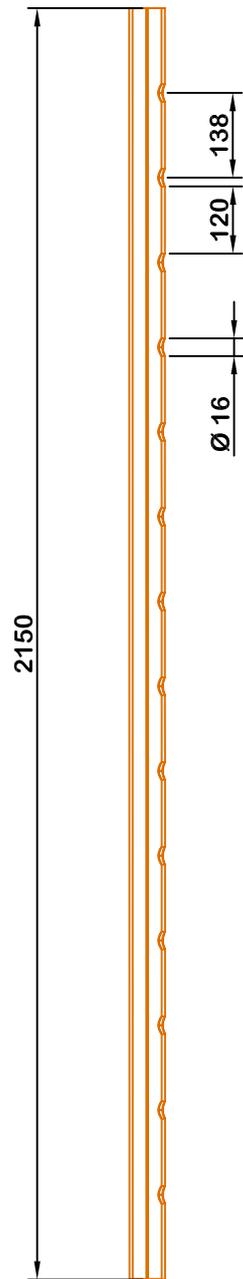


DETALLE A: FLAUTA

	Fecha	Nombre	Firma	MATERIAL:	cantidad
Aprobado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		Tubo de Cobre tipo "M"	12
Revisado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		CONTIENE: DISEÑO DEL SERPENTÍN	Escala: 1 : 25
Dibujado	15/06/2012	Cesar Montoya			
Proyectado	15/06/2012	Cesar Montoya			
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CODIGO: CM - 001.03	
				Sustituye a:	



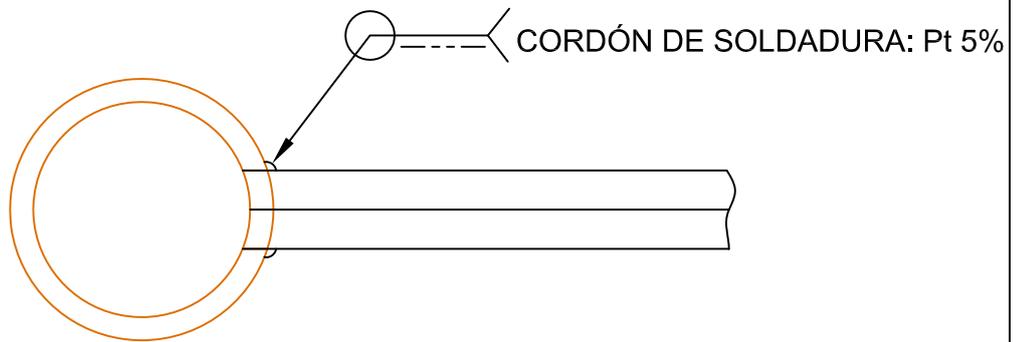
	Fecha	Nombre	Firma	MATERIAL:	cantidad
Aprobado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		Lámina de tol de 0.08 mm	168
Revisado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		CONTIENE:	Escala:
Dibujado	15/06/2012	Cesar Montoya		DISEÑO DE LA ALETA RECEPTORA	1 : 25
Proyectado	15/06/2012	Cesar Montoya		CODIGO: CM - 001.004	
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				Sustituye a:	



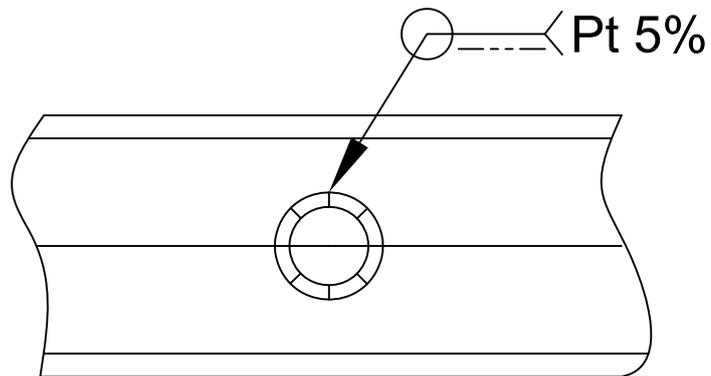
SECCIÓN A
CORTE
TRANSVERSAL

ESCALA : 0.5 : 1

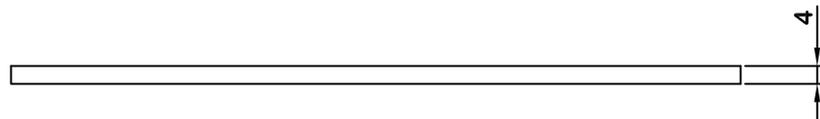
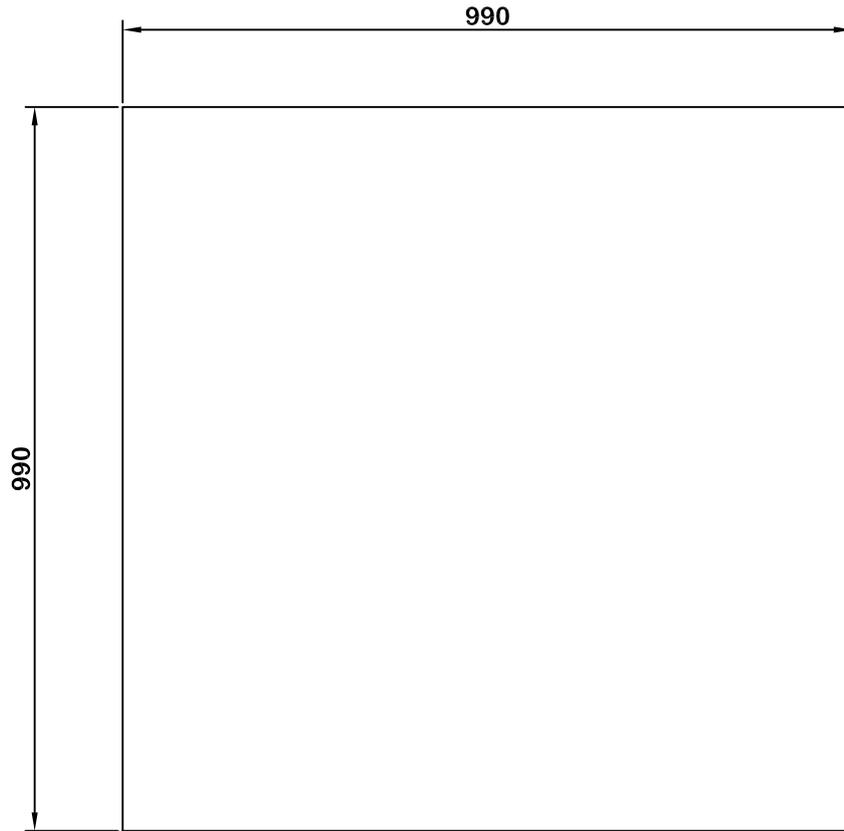
	Fecha	Nombre	Firma	MATERIAL:	cantidad
Aprobado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		COBRE	24
Revisado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		CONTIENE:	Escala:
Dibujado	15/06/2012	Cesar Montoya		FLAUTA	1 : 25
Proyectado	15/06/2012	Cesar Montoya		CODIGO: CM - 001.05	
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				Sustituye a:	



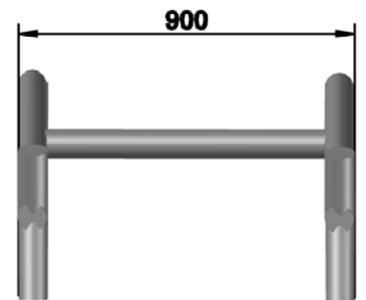
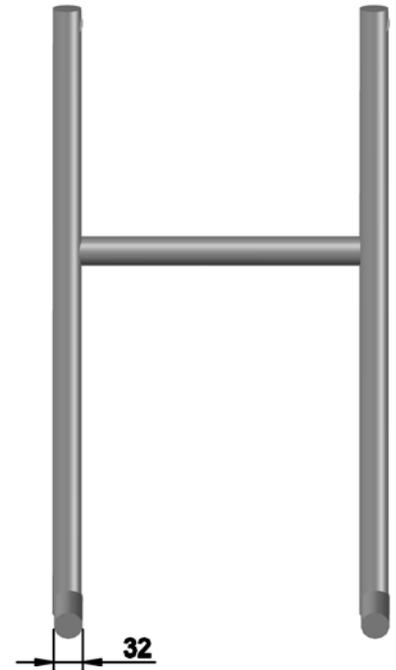
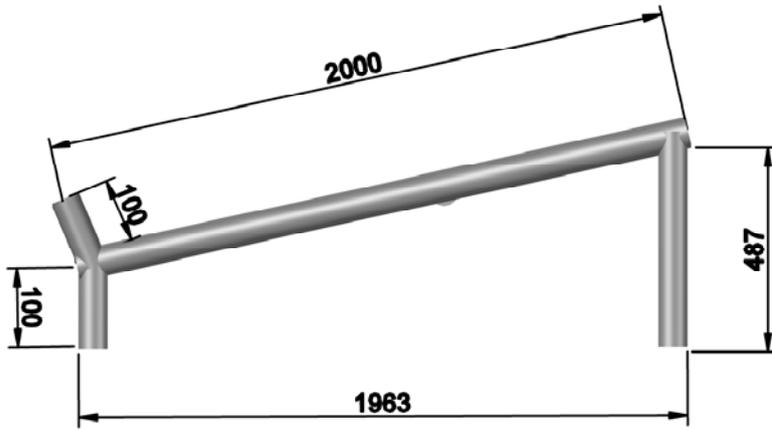
SOLDADURA DE TIPO: AUTOGENA
 MATERIAL DE APORTE: VARILLA DE PLATA AL 5%
 UNA SOLA PASADA



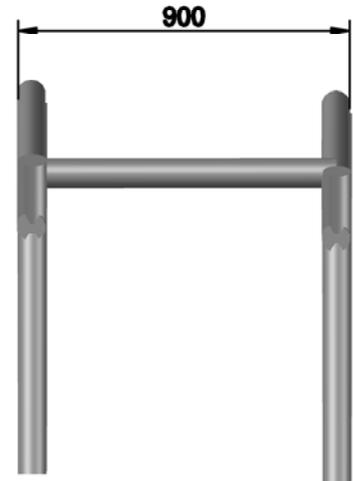
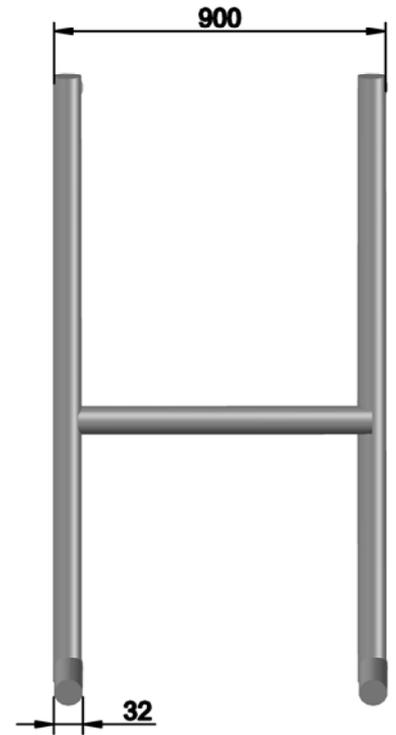
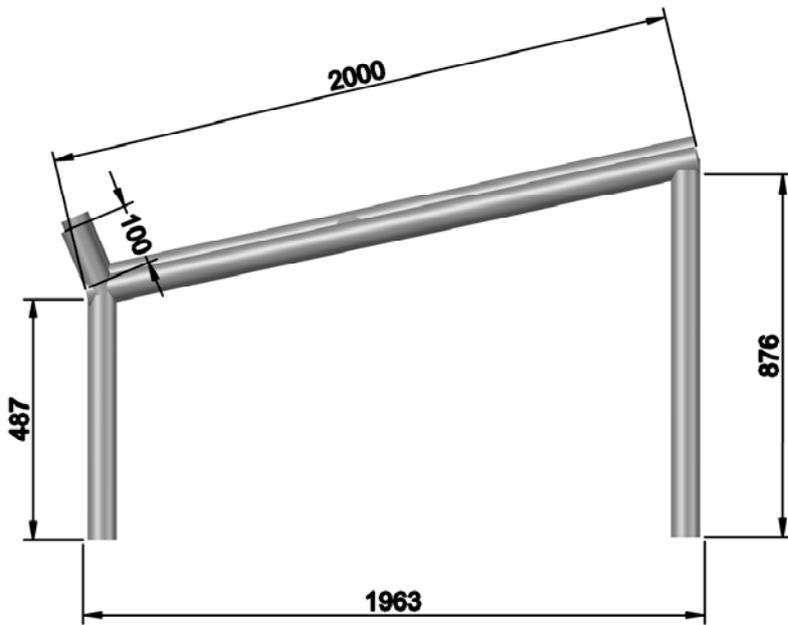
	Fecha	Nombre	Firma	MATERIAL:	cantidad
Aprobado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		Pt 5%	336
Revisado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		CONTIENE:	Escala:
Dibujado	15/06/2012	Cesar Montoya		CORDÓN DE SOLDADURA	1 : 25
Proyectado	15/06/2012	Cesar Montoya		CODIGO: CM - 001.06	
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				Sustituye a:	



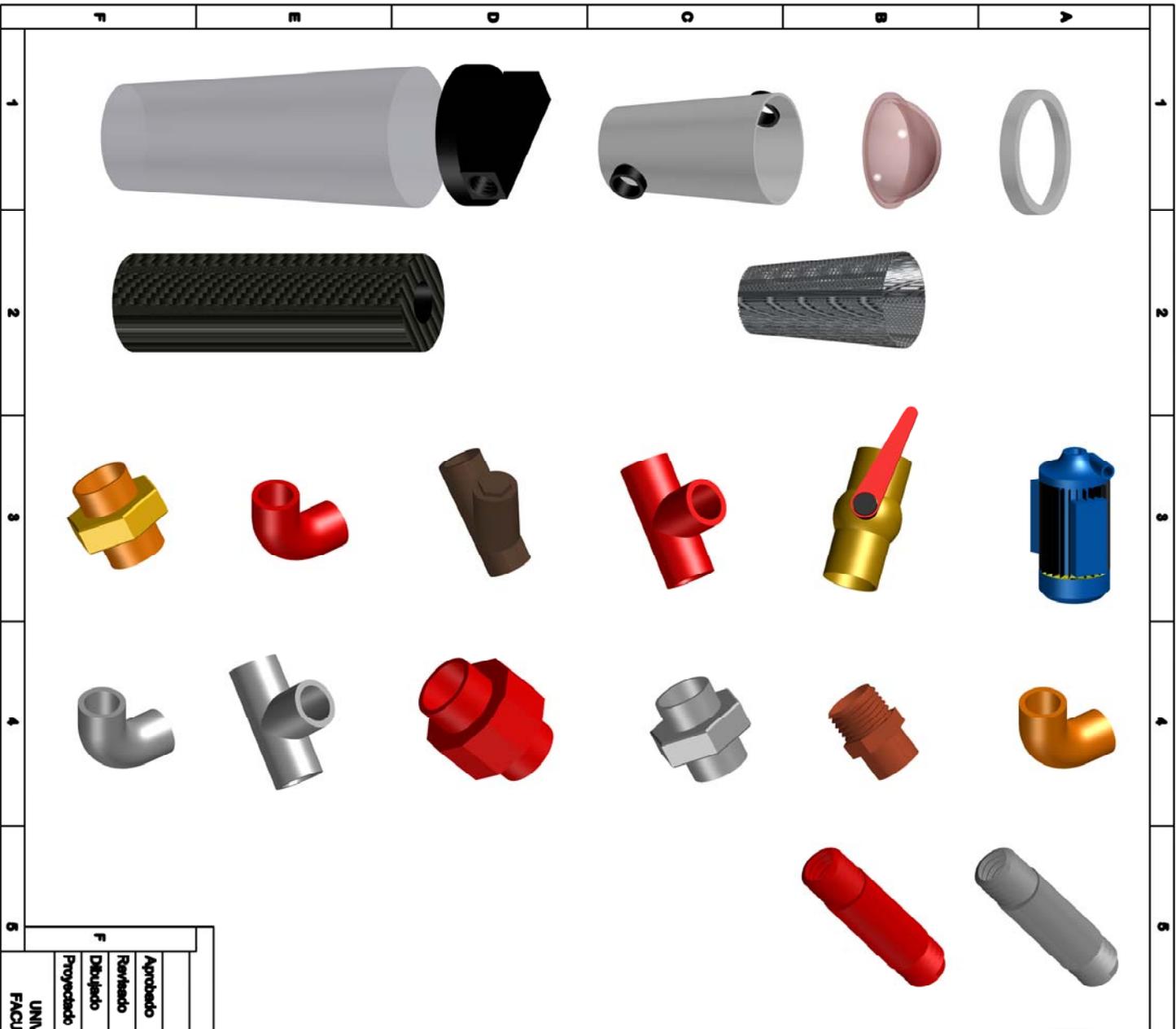
	Fecha	Nombre	Firma	MATERIAL:	cantidad
Aprobado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		VIDRIO CLARO	24
Revisado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		CONTIENE:	Escala:
Dibujado	15/06/2012	Cesar Montoya		VIDRIO CLARO	1 : 25
Proyectado	15/06/2012	Cesar Montoya		CODIGO: CM - 001.07	
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				Sustituye a:	



	Fecha	Nombre	Firma	MATERIAL:	cantidad
Aprobado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		Tubo galvanizado de poste 1 1/4"	6
Revisado	21/06/2012	Ing. Jaime Molina		CONTIENE: Diseño estructuras de soporte para los colectores	Escala:
Dibujado	15/06/2012	Cesar Montoya			1 : 25
Proyectado	15/06/2012	Cesar Montoya			
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CODIGO: CM - 002.01	
				Sustituye a:	



	Fecha	Nombre	Firma	MATERIAL:	cantidad
Aprobado	21/08/2012	Ing. Jaime Molina		Tubo galvanizado de poste 1 1/4"	6
Revisado	21/08/2012	Ing. Jaime Molina		CONTIENE: Diseño estructuras de soporte para los colectores	Escala:
Dibujado	15/08/2012	Cesar Montoya			1 : 25
Proyectado	15/08/2012	Cesar Montoya			
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CODIGO: CM - 002.02	
				Sustituye a:	



No.	Posición	Denominación	Cantidad	Material
1	A-1	Tapa Filtro de Pelos	1	Plástico
2	B-1	Valor del Filtro de Pelos	1	Plástico tratado
3	C-1	Vaso del Filtro de pelos	1	Plástico
4	D-1	Tapa del Filtro de Agua	1	Plástico
5	C-1	Vaso del Filtro de Agua	1	Plástico tratado
6	B-2	Filtro de Pelos	1	Acero Inoxidable
7	E-2	Filtro de Carbon Activado	1	Carbon
8	A-3	Bomba de Agua 1hp 110v	1	Metalico
9	B-2	Llave de paso tipo bola	1	Bronce
10	C-3	Tae 1" roscable	1	PVC
11	D-3	Válvula Check 1"	3	Bronce
12	E-3	Codo 90° x 1"	6	PVC
13	F-3	Universal 1"	1	Cobre
14	A-4	Codo 1"	14	Cobre
14	B-4	Adaptador 1" rosca / suelda	1	Cobre
15	C-4	Universal 1"	14	Hierro Galvanizado
16	D-4	Universal 1"	3	PVC
17	E-4	Tea 2"	1	Hierro Galvanizado
18	F-4	Codo 1"	3	Hierro Galvanizado
19	A-5	Nepjo 1"	2	Hierro Galvanizado
20	B-5	Nepjo 1"	3	PVC
21	C-5	Reducción 2" a 1"	1	Hierro Galvanizado
22	D-5	Bushing 2" a 1"	1	Hierro Galvanizado

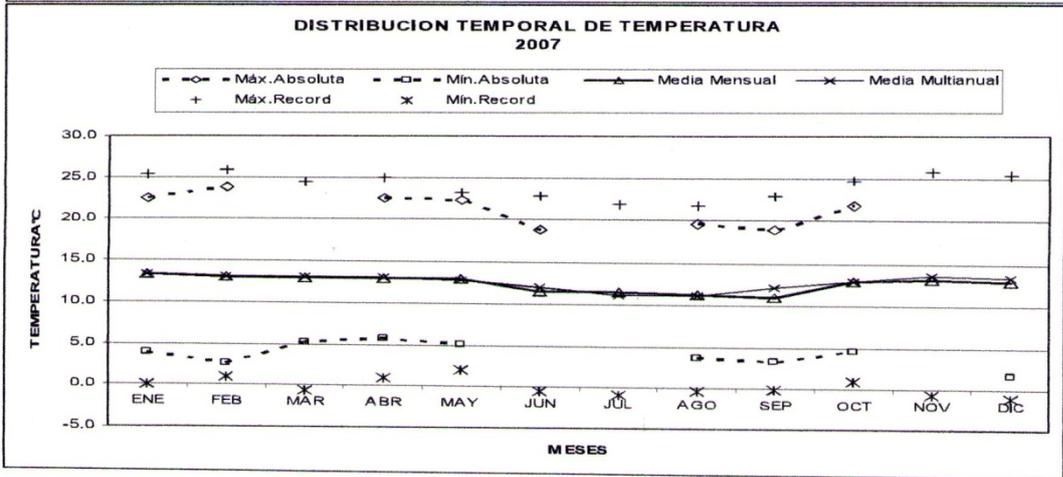
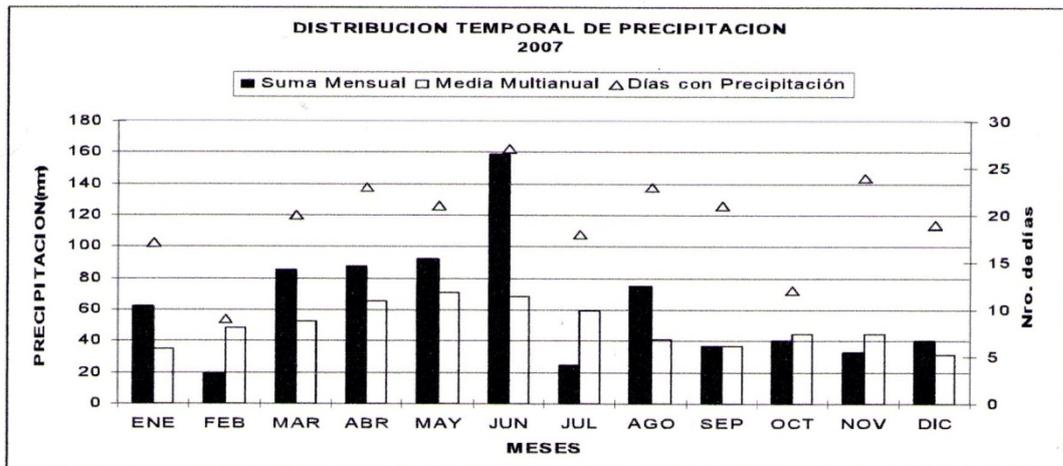
6			7		8	
Fecha	Nombre	Firma	MATERIAL:		cantidad	
15/08/2012	Ing. Jaime Molina		Varios	CONTIENE: Detalle de accesorios utilizados		Escala:
15/08/2012	Ing. Jaime Molina					
10/08/2012	Montoya Ceaser					
10/08/2012	Montoya Ceaser		CODIGO:	CM - 003		
UNIVERSIDAD INTERNOACIONAL SEK			FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA			

ANEXO B
DATOS PROPORCIONADOS POR EL INAMHI

M258 QUEROCHACA(UTA) INAMHI

MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)				PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)		Número de días con precipitación			
		ABSOLUTAS		MEDIAS		Mensual	Máxima día	Mínima día	Máxima día	Mínima día	Media			Mensual	Máxima en 24hrs día				
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima														
ENERO	109.2	22.5	16	3.9	29	19.1	9.3	13.3	97	19	49	13	77	9.0	11.5	62.2	17.3	26	17
FEBRERO	167.1	23.8	7	2.6	6	20.2	7.0	13.1	96	14	34	13	70	7.1	10.1	19.1	7.1	13	9
MARZO	80.8			5.2	11	18.7	8.5	12.9	99	4	40	21	76	8.4	11.0	84.9	17.1	27	20
ABRIL	97.2	22.5	4	5.7	24	18.7	8.7	13.0	98	7	47	4	79	9.2	11.7	87.4	12.5	24	23
MAYO	148.2	22.3	22	5.1	28	19.0	8.5	13.0	97	4	39	27	78	8.8	11.4	92.3	14.9	5	21
JUNIO	80.2	18.9	2			16.0	8.3	11.5					83	8.4	11.1	158.8	30.3	6	27
JULIO	171.1					18.0	6.0	11.5	98	15	45	22	77	7.3	10.3	24.4	9.1	26	18
AGOSTO	122.3	19.7	7	3.7	7	17.0	6.8	11.3	98	18	49	25	79	7.5	10.4	74.9	8.5	27	23
SEPTIEMBRE	73.6	19.0	23	3.3	18	16.0	6.8	11.0	98	16	54	17	80	7.6	10.5	36.9	7.9	25	21
OCTUBRE	147.5	21.6	15	4.5	2	19.6	7.1	13.0	98	23	41	5	76	8.4	11.1	40.1	11.8	18	12
NOVIEMBRE	129.7					19.8	7.7	13.2					77	8.8	11.4	32.9	6.1	2	24
DICIEMBRE	107.8			1.7	5	19.7	7.9	13.0	98	13	28	5	77	8.7	11.3	40.0	8.9	12	19
VALOR ANUAL	1434.7					18.5	7.7	12.5					77	8.3	11.0	753.9	30.3		

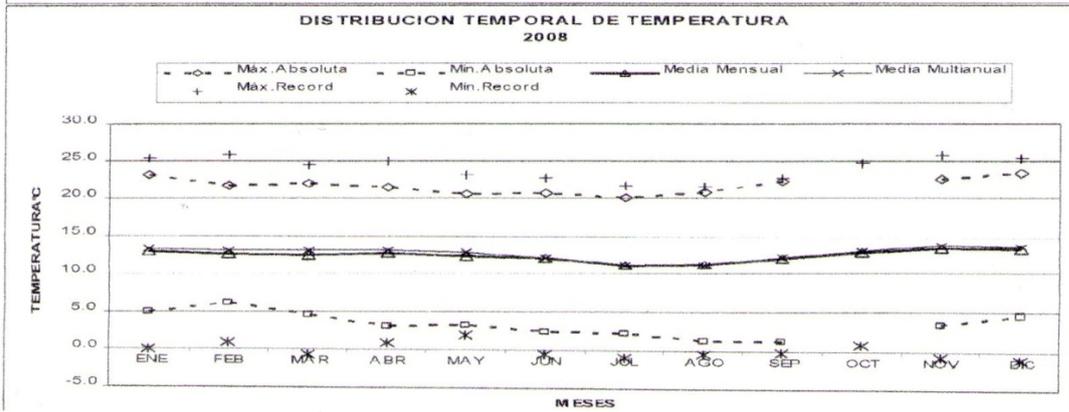
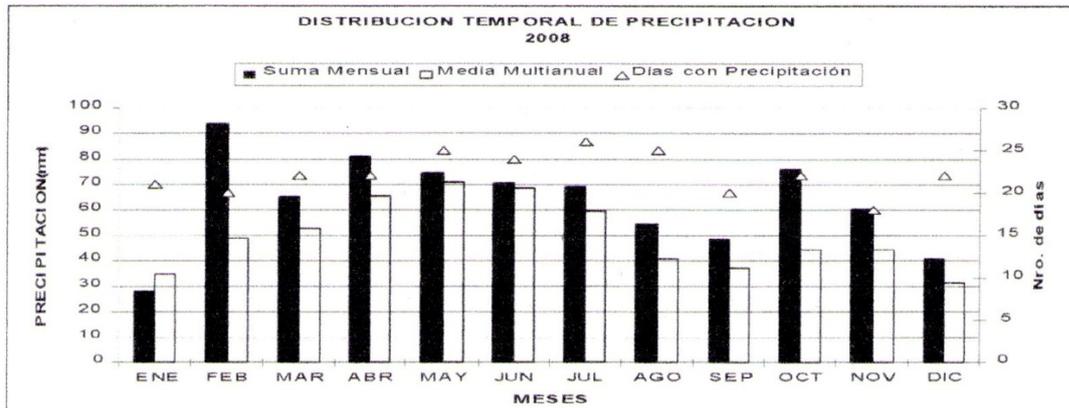
MES	EVAPORACION (mm)		NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO																Vel. Mayor Observada (m/s)	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)					
	Suma	Máxima en 24hrs día		N		NE		E		SE		S		SW		W		NW				CALMA	Nro OBS			
	Mensual			(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%							
ENERO	88.9	4.7	14	7	2.3	3	2.3	3	5.4	24	2.2	32	3.1	18	4.0	2	0.0	0	0.0	0	17	93	10.0	E	2.0	
FEBRERO	112.0	6.2	14	7	5.5	2	3.0	5	4.9	30	2.7	25	3.2	24	3.0	4	0.0	0	2.0	1	10	84	10.0	E	2.8	
MARZO	87.3	5.2	13	8	2.0	2	2.7	3	4.6	25	2.4	30	2.8	23	0.0	0	8.0	1	0.0	0	16	93	14.0	E	1.9	
ABRIL	82.3	4.3	22	8	3.3	3	4.0	6	2.7	29	2.3	24	3.1	17	0.0	0	0.0	0	0.0	0	21	90	7.0	SE	1.8	
MAYO	100.7	5.1	27	7	0.0	0	4.0	7	3.6	27	3.3	19	2.8	25	3.0	2	0.0	0	0.0	0	20	93	9.0	E	2.1	
JUNIO	59.6	4.2	12	8	3.0	2	2.8	6	4.6	37	2.4	22	1.3	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	29	90	14.0	E	2.0	
JULIO	98.0	4.5	13	6	2.0	1	0.0	0	5.8	26	3.2	36	2.4	5	6.0	1	0.0	0	0.0	0	31	93	14.0	SE	2.3	
AGOSTO	85.7	4.9	1	7	0.0	0	4.0	3	4.5	39	3.6	33	4.4	8	0.0	0	0.0	0	0.0	0	17	93	10.0	E	2.1	
SEPTIEMBRE	68.2	4.3	17	8	4.0	1	0.0	0	4.4	40	3.5	24	4.1	16	1.0	1	0.0	0	0.0	0	18	90	10.0	E	1.8	
OCTUBRE	104.7	5.1	5	7	3.0	2	3.8	5	3.9	30	2.4	24	3.1	18	0.0	0	0.0	0	4.0	1	19	93	12.0	E	1.6	
NOVIEMBRE	96.1			7																						2.1
DICIEMBRE	94.0			7	1.8	4	3.4	10	2.9	38	2.2	14	4.2	10	0.0	0	6.0	1	0.0	0	24	93	8.0	E	1.7	
VALOR ANUAL	1077.5			7																						2.0



M258 QUEROCHACA(UTA) INAMHI

MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)							HUMEDAD RELATIVA (%)				PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)		Número de días con precipitación		
		ABSOLUTAS			MEDIAS				Máxima	Mínima	Máxima	Mínima			Máxima	Mínima		Mensual	Máxima en 24hrs
		Máxima	Mínima	día	Máxima	Mínima	Mensual												
ENERO	132.2	23.1	27	5.0	3	19.8	8.3	13.0	98	1	43	9	77	8.8	11.3	28.0	4.9	28	21
FEBRERO	103.8	21.7	3	6.1	6	18.8	8.6	12.6	98	14	47	1	80	9.1	11.6	93.5	19.0	24	20
MARZO	106.7	22.0	5	4.6	27	18.8	7.8	12.4	99	2	48	5	80	8.7	11.3	65.2	9.3	11	22
ABRIL	141.0	21.5	8	3.1	4	19.1	7.6	12.7	98	10	46	8	78	8.7	11.3	81.2	20.0	9	22
MAYO	115.1	20.6	5	3.3	7	17.8	7.8	12.3	98	2	50	7	81	8.9	11.4	74.5	8.1	26	25
JUNIO	128.5	20.7	11	2.5	5	17.9	7.8	12.0	99	7	48	5	79	8.2	10.9	70.3	17.3	20	24
JULIO	111.6	20.0	31	2.4	18	16.2	7.4	11.1	98	11	50	7	81	7.7	10.5	68.8	8.8	20	26
AGOSTO	112.9	20.8	28	1.5	17	17.1	6.6	11.3	98	10	43	12	79	7.6	10.5	54.6	12.2	22	25
SEPTIEMBRE	128.9	22.4	20	1.4	12	18.0	6.7	12.0	98	2	46	19	77	7.8	10.6	48.3	24.1	21	20
OCTUBRE	150.6					19.7	7.1	12.8					77	8.6	11.2	75.6	13.2	28	22
NOVIEMBRE	152.1	22.6	29	3.5	7	20.5	7.9	13.4	98	9	45	16	78	9.1	11.6	60.4	17.4	2	18
DICIEMBRE	145.7	23.4	17	4.5	14	20.7	7.7	13.2	99	13	45	12	77	8.8	11.4	40.9	9.9	22	22
VALOR ANUAL	1529.0					18.7	7.6	12.4					78	8.5	11.1	761.3	24.1		

MES	EVAPORACION (mm) Suma Mensual	Máxima en 24hrs	NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO												CALMA %	Nro OBS	Vel Mayor Observada (m/s)	DIR	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)					
				N		NE		E		SE		S		SW							W		NW		
				(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%						(m/s)	%	(m/s)	%	
ENERO	100.4	5.8	25	7	6.4	5	4.3	3	4.3	44	2.3	18	4.1	12	0.0	0	0.0	0	17	93	12.0	E	2.0		
FEBRERO	93.2	7.6	26	7	5.0	2	4.5	7	3.4	39	2.4	31	3.4	8	0.0	0	0.0	0	13	87	20.0	E	1.9		
MARZO	92.6	4.3	4	8	3.3	3	4.5	4	3.1	41	2.4	14	3.9	13	6.0	2	0.0	0	23	93	10.0	E	1.9		
ABRIL	93.2	5.1	8	7	2.0	1	3.0	3	3.7	41	3.0	30	3.5	9	0.0	0	20.0	1	14	90	20.0	NW	2.1		
MAYO	81.3	5.2	6	7	8.0	1	2.8	4	3.0	45	2.6	20	2.8	11	6.0	2	0.0	0	15	93	10.0	E	1.7		
JUNIO	84.0	4.8	5	7	0.0	0	4.0	3	4.0	37	3.0	33	3.5	13	0.0	0	0.0	0	13	90	10.0	E	1.7		
JULIO	76.3	4.6	31	7	4.0	1	3.0	1	5.1	47	2.8	33	3.8	13	0.0	0	0.0	0	4	93	14.0	E	2.0		
AGOSTO	74.7	4.2	17	7	0.0	0	0.0	0	3.8	48	2.1	31	3.0	4	0.0	0	2.0	1	15	93	12.0	E	1.9		
SEPTIEMBRE	89.2	4.8	25	7	4.0	1	2.0	2	4.2	50	2.2	20	3.1	11	0.0	0	4.0	1	14	90	12.0	E	2.2		
OCTUBRE	152.3	57.6	31	7																			1.8		
NOVIEMBRE	98.3			7	3.2	7	3.2	7	2.7	28	2.7	3	2.9	24	2.3	7	3.0	2	0.0	0	22	90	6.0	E	1.8
DICIEMBRE	102.9	5.0	16	7	3.3	3	0.0	0	2.7	27	3.9	12	2.1	26	2.2	5	2.0	1	0.0	0	26	93	10.0	SE	1.9
VALOR ANUAL	1138.4			7																			2.0		



DIRECCION GESTION METEOROLOGICA
ESTUDIOS E INVESTIGACIONES METEOROLOGICAS
ESTADISTICA CLIMATOLOGICA

RESUMEN: 01 - 10 ENERO 2012

ESTACION	PRECIPITACION (mm)							TEMPERATURA (°C)								
	DECADA: 01 - 10 ENERO			ACUM: 01 - 10 ENERO			PERSPECTIVA		MEDIA		NOR.		EXTREMAS			
	RR. DEC.	NOR. DEC.	% VAR.	RR. ACUM.	NOR. MES	% ACUM.	ENERO 11-20	NOR. 11-20	DEC. 01-10	DEC. 01-10	ANOMA	MAX. DEC.	MIN. DEC.			
(1)			(2)			(3) mm	(4) %									
ESMERALDAS- AER.	84.5		23.3	262	84.5	136.7	61		49.1	25.6	25.7	-0.1	30.3	21.8		
MUISNE	NIL		251.2	NIL	NIL	722.1	0		188.7	NIL	25.9	NIL	NIL	NIL		
LA CONCORDIA	199.7		112.4	77	199.7	423.6	47	>	130	70	136.4	25.0	24.8	0.2	30.1	21.0
SANTO DOMINGO	179.8		110.5	62	179.8	430.5	41	>	152	50	148.0	23.0	23.0	0.0	29.2	18.8
PUERTO ILA	227.4		106.9	112	227.4	420.3	54				135.7	24.7	24.7	0.0	29.2	21.0
CHONE	9.7		56.1	-82	9.7	189.0	5	>	8	70	60.6	NIL	26.5	NIL	32.4	NIL
PORTOVIEJO-UTM	NIL		12.9	NIL	NIL	88.4	0				30.2	26.3	26.9	-0.6	32.8	22.0
PICHILINGUE	170.0		86.9	95	170.0	368.8	46	>	125	70	117.6	25.5	25.9	-0.4	31.4	21.2
BABAHOYO U.T.B	NIL		78.3	NIL	NIL	372.4	0				120.8	NIL	26.5	NIL	NIL	NIL
MILAGRO	104.4		54.6	91	104.4	236.0	44	>	98	80	80.4	25.8	26.4	-0.6	33.2	21.5
GUAYAQUIL AER.	47.4		49.2	-3	47.4	199.6	23	>	40	60	59.3	26.6	27.5	-0.9	33.2	22.5
SANTA ROSA	50.0 (R)		4.3	1062	50.0	44.2	113				11.3	26.3	NIL	NIL	32.7 (R)	22.0
ZARUMA	79.0		67.2	17	79.0	222.7	35	>	50	80	61.6	22.0	20.9	1.1	30.5	17.0
TULCAN AER.	29.2		25.4	14	29.2	71.0	41	>	20	60	21.8	13.4	12.0	1.4	20.7	5.4
EL ANGEL	20.3		32.2	-36	20.3	96.1	21	>	19	60	31.2	11.2	11.9	-0.7	18.5	4.0
SAN GABRIEL	32.7		27.0	21	32.7	85.5	38	>	25	60	29.2	12.4	12.5	-0.1	21.6	2.2
INGUINCHO	84.7		57.4	47	84.7	133.0	63				59.1	10.6	10.6	0.0	17.1	4.5
OTAVALO	28.4		24.1	17	28.4	75.3	37	>	17	50	24.1	15.2	14.4	0.8	24.0	4.8
TOMALON	51.9 (R)		22.2	133	51.9	66.2	78				32.6	14.2	15.1	-0.9	24.0	6.0
QUITO-ÍÑAQUITO	57.0		26.3	116	57.0	85.1	66	>	29	50	30.5	15.5	15.0	0.5	23.6	8.8
LA TOLA	44.0		24.7	78	44.0	74.4	59	>	25	80	29.6	15.8	16.3	-0.5	24.7	8.5
IZOBAMBA	116.7		44.4	162	116.7	128.6	90	>	48	70	38.6	11.7	12.1	-0.4	19.4	0.8
LATACUNGA AER.	60.0		9.1	559	60.0	35.1	170	>	22	90	10.0	15.1	14.4	0.7	24.6	9.0
EL CORAZON	172.0		90.8	89	172.0	512.2	33				114.2	17.5	18.0	-0.5	20.8	14.5
RUMIPAMBA-SAL.	60.3		16.5	265	60.3	48.5	124	>	30	90	16.7	15.5	15.4	0.1	22.9	7.8
AMBATO AER.	77.6		7.2	977	77.6	33.6	230				11.3	NIL	15.6	NIL	NIL	NIL
QUEROCHACA(UTA).	34.9 (R)		8.0	336	34.9	33.4	104	>	22	80	8.9	14.6	13.5	1.1	23.1	7.1
RIOBAMBA AER.	22.1		8.0	176	22.1	28.8	76	>	23	90	8.6	16.6	14.9	1.7	25.0	8.8
CAÑAR	43.1		9.8	339	43.1	32.3	133	>	20	80	9.0	11.1	12.3	-1.2	19.2	4.0
CUENCA AER.	106.0		18.7	466	106.0	56.2	188	>	40	90	15.6	17.3	16.4	0.9	23.8	11.3
PAUTE	14.8		14.2	4	14.8	49.5	29	<	29	70	14.8	19.5	18.1	1.4	26.8	10.4
GUALACEO	42.0		16.1	160	42.0	60.2	69	<	31	90	21.1	18.8	18.4	0.4	30.5 (R)	11.2
SARAGURO	86.2		24.1	257	86.2	79.1	108	>	39	80	20.8	16.4	NIL	NIL	29.7 (R)	8.8
LOJA-LA ARGELIA	90.7		22.0	130	90.7	91.1	55	>	33	80	30.7	17.7	16.5	1.2	24.6	10.0
LA TOMA-CATAMAYO	52.3		7.3	616	52.3	34.0	153				10.1	24.1	24.0	0.1	32.0	17.6
CELICA	112.5		73.3	53	112.5	234.3	48	>	79	90	76.6	15.5	16.2	-0.7	19.8	12.4
CARIAMANGA	73.4		38.9	88	73.4	133.7	54	>	74	90	36.6	17.7	17.3	0.4	29.5	12.4
LAGO AGRIO AER.	102.2		70.0	46	102.2	219.7	46				49.9	26.6	26.7	-0.1	34.0	20.9
EL COCA	64.1		NIL	NIL	64.1	NIL	NIL				NIL	27.0	NIL	NIL	33.6	20.6
NVO. ROCAFUERTE	16.4		42.0	-60	16.4	136.3	12	<	47	60	39.5	27.0	27.1	-0.1	33.2	20.9
PASTAZA AER.	86.0		180.8	-52	86.0	350.0	24				89.8	21.8	22.2	-0.4	26.9	17.3
PUYO	90.0		91.4	-1	90.0	300.6	29	>	80	80	97.5	22.3	21.7	0.6	28.3	16.0
MACAS AER.	71.9		61.1	17	71.9	178.2	40				30.8	22.4	22.7	-0.3	29.0	16.9
S. CRISTOBAL-GAL.	12.4		23.2	-46	12.4	62.2	19				19.7	26.0	25.6	0.4	30.1	22.8

(1) = % incremento o decremento de la precipitación de la década, en relación a la normal decadal de la serie

(2) = % de precipitación acumulada en el mes en relación a la normal mensual de la serie histórica.

(3) = mm precipitación esperada para la década siguiente (perspectiva Sinóptica-Estadística)

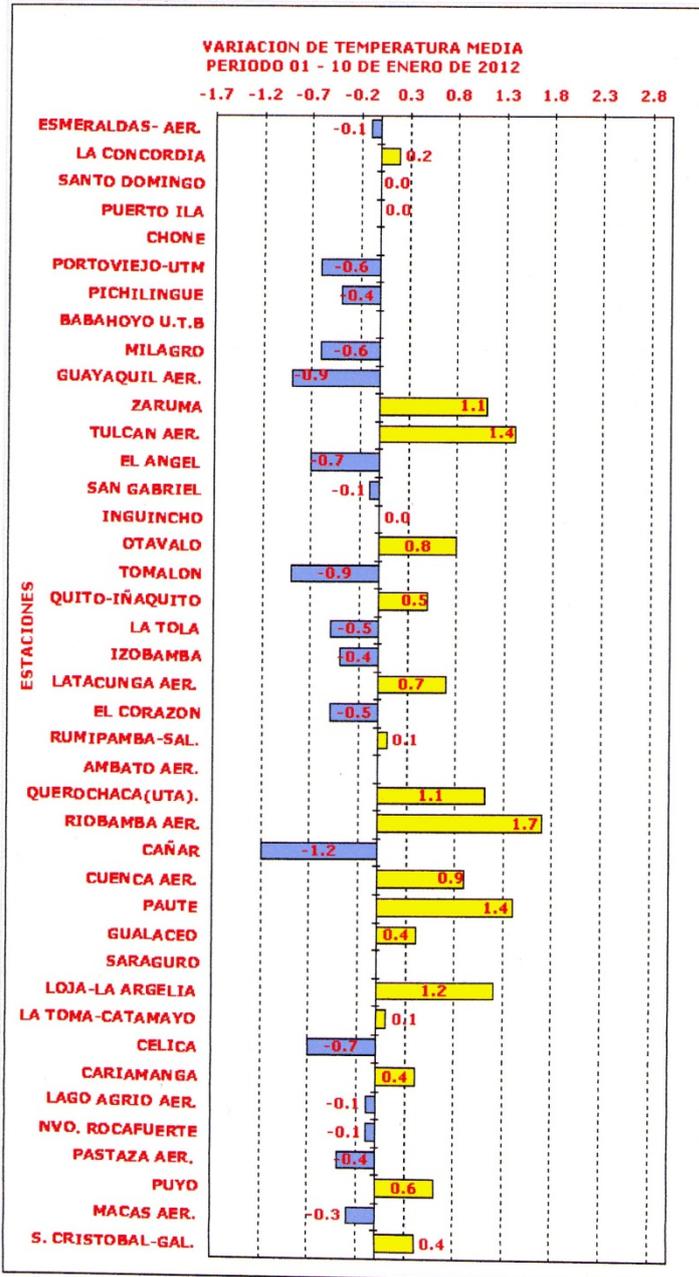
(4) = Normal de precipitación para la próxima década.

NIL = No se dispone de información

(R) = Record Máximo de serie.

(I) = Record Mínimo de serie.

NOTA: Los datos utilizados están sujetos a verificación posterior.



ESTACION		PRECIPITACION (mm)										TEMPERATURA (°C)				
		DECADA: 11 - 20 ENERO			ACUM: 01 - 20 ENERO			PERSPECTIVA				MEDIA		EXTREMAS		
		RR.	NOR.	%	RR.	NOR.	%	ENERO	NOR.	DEC.	DEC.	ANOMIA	MAX.	MIN.		
		DEC.	DEC.	VAR.	ACUM.	MES	ACUM.	21-31	21-31	11-20	11-20		DEC.	DEC.	DEC.	
		(1)			(2)			(3)	(4)							
ESMERALDAS- AER.		124.2	49.1	152	208.7	136.7	152			62.9	25.6	25.7	-0.1	29.3	22.6	
LA CONCORDIA		290.7	136.4	113	490.4	423.6	115	>	118	70	174.8	25.4	25.0	0.4	30.9	21.0
SANTO DOMINGO		176.2	148.0	19	356.0	430.5	82	>	134	60	175.7	22.9	23.0	-0.1	28.4	19.0
PUERTO ILA		253.8	135.7	87	481.2	420.3	114				154.8	24.5	24.9	-0.4	30.0	20.8
CHONE		119.5	60.6	97	129.2	189.0	68	>	86	80	76.6	25.5	26.5	-1.0	32.4	22.0
PORTOVIEJO-UTM		109.8	30.2	263	109.8	88.4	124	>	72	90	45.3	25.7	26.9	-1.2	32.0	21.8
PICHILINGUE		220.7	117.6	87	390.7	368.8	105	>	188	80	169.9	25.6	25.9	-0.3	31.4	21.7
BABAHOYO U.T.B		NIL	120.8	NIL	NIL	372.4	0				168.9	NIL	26.2	NIL	NIL	NIL
MILAGRO		219.7	80.4	173	324.1	236.0	137	>	97	80	101.1	25.9	26.2	-0.3	31.2	20.2
GUAYAQUIL AER.		94.1	59.3	58	141.5	199.6	70	>	60	50	84.9	26.4	27.4	-1.0	31.8	22.2
SANTA ROSA	(R)	45.0	11.3	298	95.0	44.2	214				26.7	26.6	NIL	NIL	31.3	22.0
ZARUMA		88.1	61.6	43	167.1	222.7	75	>	53	80	90.6	22.0	21.0	1.0	30.2	17.0
TULCAN AER.		55.9	21.8	156	85.1	71.0	119	>	46	80	26.8	12.9	12.0	0.9	20.4	7.3
EL ANGEL		14.0	31.2	-55	34.3	96.1	35	>	29	70	32.7	11.5	12.0	-0.5	17.5	5.0
SAN GABRIEL		37.5	29.2	28	70.2	85.5	82	>	39	70	29.3	12.4	12.6	-0.2	21.0	4.5
INGUINCHO		88.2	59.1	49	172.9	133.0	130				54.8	10.4	10.5	-0.1	17.3	4.3
OTAVALO		7.8	24.1	-67	36.2	75.3	48	<	17	50	24.1	15.2	14.4	0.8	22.0	8.0
TOMALON		16.4	32.6	-49	68.3	66.2	103				10.5	14.6	15.1	-0.5	23.4	6.0
QUITO-IÑAQUITO		74.4	30.5	143	131.4	85.1	154	<	43	80	30.2	15.4	15.0	0.4	22.8	8.9
LA TOLA		14.8	29.6	-50	58.8	74.4	79	>	17	60	20.2	15.9	16.3	-0.4	23.0	9.3
IZOBAMBA		68.5	38.6	77	185.2	128.6	144	>	51	70	45.3	12.1	12.0	0.1	20.0	4.0
LATACUNGA AER.		33.3	10.0	233	93.3	35.1	265	>	24	80	16.4	14.0	14.6	-0.6	21.4	5.7
EL CORAZON		203.7	114.2	78	375.7	512.2	73				158.2	17.3	17.8	-0.5	20.5	14.6
RUMIPAMBA-SAL.		36.7	16.7	119	97.0	48.5	200	>	30	80	18.8	15.0	15.5	-0.5	22.0	6.7
AMBATO AER.		20.4	11.3	80	235.2	33.6	700				14.2	NIL	15.8	NIL	NIL	NIL
QUEROCHACA(UTA).		13.4	8.9	50	48.3	33.4	144	<	24	90	16.5	13.7	13.4	0.3	21.7	5.1
RIOBAMBA AER.		17.3	8.6	101	39.4	28.8	136	>	14	80	12.6	15.2	15.0	0.2	22.8	5.0
CAÑAR		40.6	9.0	351	83.7	32.3	259	>	21	80	13.6	10.8	12.1	-1.3	18.0	1.8
CUENCA AER.		38.7	15.6	148	144.7	56.2	257	>	24	70	21.8	16.9	16.2	0.7	23.7	10.3
PAUTE		78.2	14.8	428	93.0	49.5	187	>	32	80	20.5	NIL	18.0	NIL	28.1	NIL
GUALACEO		18.9	21.1	-10	60.9	60.2	101	>	16	70	21.4	17.9	18.2	-0.3	26.4	10.4
SARAGURO		34.5	20.8	65	120.7	79.1	152	>	30	70	34.1	16.7	NIL	NIL	22.8	10.2
LOJA-LA ARGELIA		51.1	30.7	66	101.8	91.1	111	>	34	80	38.8	17.3	16.5	0.8	23.6	11.0
LA TOMA-CATAMAYO		45.3	10.1	348	97.6	34.0	287				15.9	24.3	26.4	-2.1	32.6	17.7
CELICA		67.8	76.6	-11	180.3	234.3	76	>	35	80	84.4	15.5	16.1	-0.6	19.8	12.0
CARIAMANGA		43.4	36.6	18	116.8	133.7	87	>	43	60	58.2	17.2	17.2	0.0	23.5	12.4
LAGO AGRIO AER.		134.7	49.9	169	236.9	219.7	107				36.5	26.3	28.2	-1.9	32.2	21.6
NVO. ROCAFUERTE		11.9	39.5	-69	28.3	136.3	20	<	24	70	53.7	26.8	26.9	-0.1	33.5	21.3
PASTAZA AER.		228.6	89.8	154	314.6	350.0	89				33.8	20.8	21.7	-0.9	27.4	17.1
PUYO		234.2	97.5	140	324.2	300.6	107	>	109	60	111.7	21.5	21.7	-0.2	27.5	17.2
MACAS AER.		106.4	30.8	245	178.3	178.2	100				51.1	21.5	23.4	-1.9	29.9	17.0
S. CRISTOBAL-GAL.		44.6	19.7	126	57.0	62.2	91				21.3	26.7	25.9	0.8	30.5	21.5

(1) = % incremento o decremento de la precipitación de la década, en relación a la normal decadal de la serie

(2) = % de precipitación acumulada en el mes en relación a la normal mensual de la serie histórica.

(3) = mm precipitación esperada para la década siguiente (perspectiva Sinoptica-Estadística)

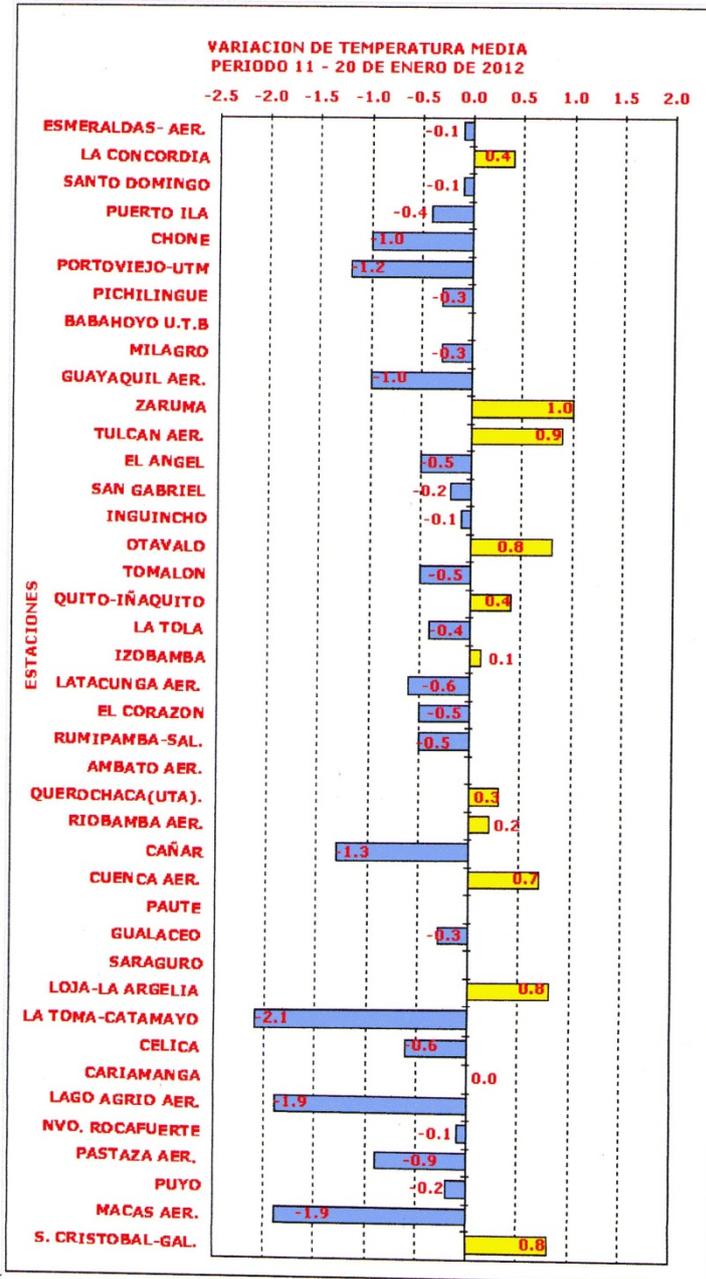
(4) = Normal de precipitación para la próxima década.

NIL = No se dispone de información

(R) = Record Máximo de serie.

(r) = Record Mínimo de serie.

NOTA: Los datos utilizados están sujetos a verificación posterior.



DIRECCION GESTION METEOROLOGICA ESTUDIOS E INVESTIGACIONES METEOROLOGICAS ESTADISTICA CLIMATOLOGICA															
RESUMEN: 21 - 31 ENERO 2012															
ESTACION	PRECIPITACION (mm)							TEMPERATURA (°C)							
	DECADA: 21 - 31 ENERO			ACUM: 01 - 31 ENERO				PERSPECTIVA		MEDIA		NOR.		EXTREMAS	
	RR. DEC.	NOR. DEC.	% VAR.	RR. ACUM.	NOR. MES	% ACUM.	FEBRERO 01-10	NOR. 01-10	DEC. 21-31	DEC. 21-31	ANOMIA		MAX. DEC.	MIN. DEC.	
(1)			(2)				(3) mm % (4)								
ESMERALDAS-AER.	44.0	62.9	-30	252.7	136.7	181			73.7	25.5	25.7	-0.2	29.3	21.9	
MUISNE	57.3	285.7	-79	57.3	722.1	7			259.6	25.8	25.6	0.2	31.0	21.7	
LA CONCORDIA	198.4	174.8	13	688.8	423.6	162	>	160	70	193.2	25.0	25.1	-0.1	31.1	20.4
SANTO DOMINGO	149.8	175.7	-14	505.8	430.5	117	>	145	70	196.1	22.8	23.3	-0.5	28.7	19.2
PUERTO ILA	168.9	154.8	9	650.1	420.3	154			181.5	24.4	25.0	-0.6	29.5	21.0	
CHONE	53.7	76.6	-29	182.9	189.0	96	>	42	60	113.6	26.1	26.5	-0.4	32.6	22.0
PORTOVIJEJO-UTM	89.0	45.3	96	198.8	88.4	224	>	55	90	47.6	26.1	26.8	-0.7	31.7	21.0
PICHILINGUE	246.1	169.8	44	636.8	368.8	172	>	208	80	178.6	25.5	26.0	-0.5	32.0	21.0
BABAHYO U.T.B	NIL	168.9	NIL	NIL	372.4	0			205.2	NIL	26.5	NIL	NIL	NIL	NIL
MILAGRO	133.3	101.1	31	457.4	236.0	193	>	98	80	138.8	25.6	26.4	-0.8	31.3	21.7
GUAYAQUIL AER.	118.0	84.9	38	259.5	199.6	130	<	92	70	99.5	26.1	27.4	-1.3	30.5	22.0
SANTA ROSA	125.6 (R)	26.7	370	220.6	44.2	499			39.3	26.2	NIL	NIL	31.5	21.5	
ZARUMA	85.0	90.6	-6	252.1	222.7	113	>	52	80	112.9	22.0	21.0	1.0	30.3	16.5
TULCAN AER.	49.3	26.8	83	134.4	71.0	189	>	41	70	30.6	12.5	12.0	0.5	18.2	6.8
EL ANGEL	6.5	32.7	-80	40.8	96.1	42	<	22	60	37.9	NIL	12.1	NIL	17.0	5.4
SAN GABRIEL	28.1	29.3	-4	98.3	85.5	114	<	26	60	28.4	12.0	12.5	-0.5	19.4	3.3
INGUINCHO	82.3	54.8	50	255.2	133.0	191			59.8	10.0	10.5	-0.5	15.6	5.0	
OTAVALO	5.9	24.1	-75	42.1	75.3	55	<	16	60	27.8	14.5	14.5	0.0	22.0	7.0
TOMALON	18.1	10.5	72	86.4	66.2	130			20.9	14.5	15.3	-0.8	23.0	8.0	
QUITO-INAQUITO	27.6	30.2	-8	159.0	85.1	186	<	36	70	33.8	15.0	15.3	-0.3	21.2	9.2
LA TOLA	19.1	20.2	-5	77.9	74.4	104	<	20	70	28.2	15.6	16.5	-0.9	21.6	9.4
IZOBAMBA	73.6	45.3	62	258.8	128.6	201	<	53	70	59.4	11.8	12.1	-0.3	18.0	5.2
LATAKUNGA AER.	45.3	16.4	176	138.6	35.1	394	>	30	70	24.5	NIL	14.4	NIL	21.3	7.0
EL CORAZON	164.2	158.2	3	539.9	512.2	105			160.8	17.1	17.9	-0.8	21.0	14.5	
RUMIPAMBA-SAL.	4.8	18.8	-74	101.8	48.5	209	<	13	60	16.3	14.8	15.3	-0.5	21.9	8.4
AMBATO AER.	73.0	14.2	414	171.0	33.6	508			15.9	NIL	15.5	NIL	NIL	NIL	NIL
GUEROCHACA(UTA).	5.6	16.5	-66	53.9	33.4	161	<	13	50	11.6	13.9	13.3	0.6	23.3	4.8
RIOBAMBA AER.	10.2	12.6	-19	49.6	28.8	172	<	19	60	18.4	15.1	15.0	0.1	22.2	8.2
CAÑAR	17.9	13.6	31	101.6	32.3	314	<	19	80	21.8	10.8	12.2	-1.4	17.0	3.8
CUENCA AER.	32.9	21.8	50	177.6	56.2	316	<	37	70	31.1	16.8	16.3	0.5	23.9	10.2
PAUTE	5.8	20.5	-71	98.8	49.5	199	<	15	50	27.5	18.9	17.7	1.2	26.4	10.6
GUALACEO	7.3	21.4	-65	68.2	60.2	113	<	12	70	25.5	17.6	18.2	-0.6	26.4	9.2
SARAGURO	16.4	34.1	-51	137.1	79.1	173	<	21	50	42.6	16.3	12.9	3.4	22.8	10.8
LOJA-LA ARGELIA	45.0	38.8	15	146.8	91.1	161	<	27	70	46.2	17.0	16.2	0.8	23.8	10.2
LA TOMA-CATAMAYO	61.0	15.9	283	158.6	34.0	466			24.6	24.0	23.9	0.1	31.6	17.1	
CELICA	109.0	84.4	29	289.3	234.3	123	<	98	90	121.7	15.5	16.0	-0.5	21.0	12.2
CARIAMANGA	39.4	58.2	-32	156.2	133.7	116	<	33	60	80.7	17.5	17.2	0.3	25.5	12.6
LAGO AGRIO AER.	48.0	36.5	31	284.9	219.7	129			42.4	26.4	27.0	-0.6	33.7	21.0	
EL COCA	81.2	NIL	NIL	289.2	NIL	NIL			NIL	26.7	NIL	NIL	NIL	34.5	20.9
NVO. ROCAFUERTE	48.0	53.7	-10	76.3	136.3	55	>	60	70	66.8	27.2	26.8	0.4	35.4	20.0
PASTAZA AER.	135.0	33.8	299	419.6	350.0	128			47.5	21.1	21.9	-0.8	29.0	17.0	
PUYO	110.1	111.7	-1	434.3	300.6	144	<	114	60	102.8	21.7	21.6	0.1	29.4	14.0
MACAS AER.	90.0	51.1	76	268.3	178.2	150			48.1	21.1	21.9	-0.8	30.1	14.0	
S. CRISTOBAL-GAL.	26.6	21.3	24	83.6	62.2	134			39.6	26.3	26.3	0.0	30.9	21.3	

(1) = % incremento o decremento de la precipitación de la década, en relación a la normal decadal de la serie

(2) = % de precipitación acumulada en el mes en relación a la normal mensual de la serie histórica.

(3) = mm precipitación esperada para la década siguiente (perspectiva Sinoptico-Estadística)

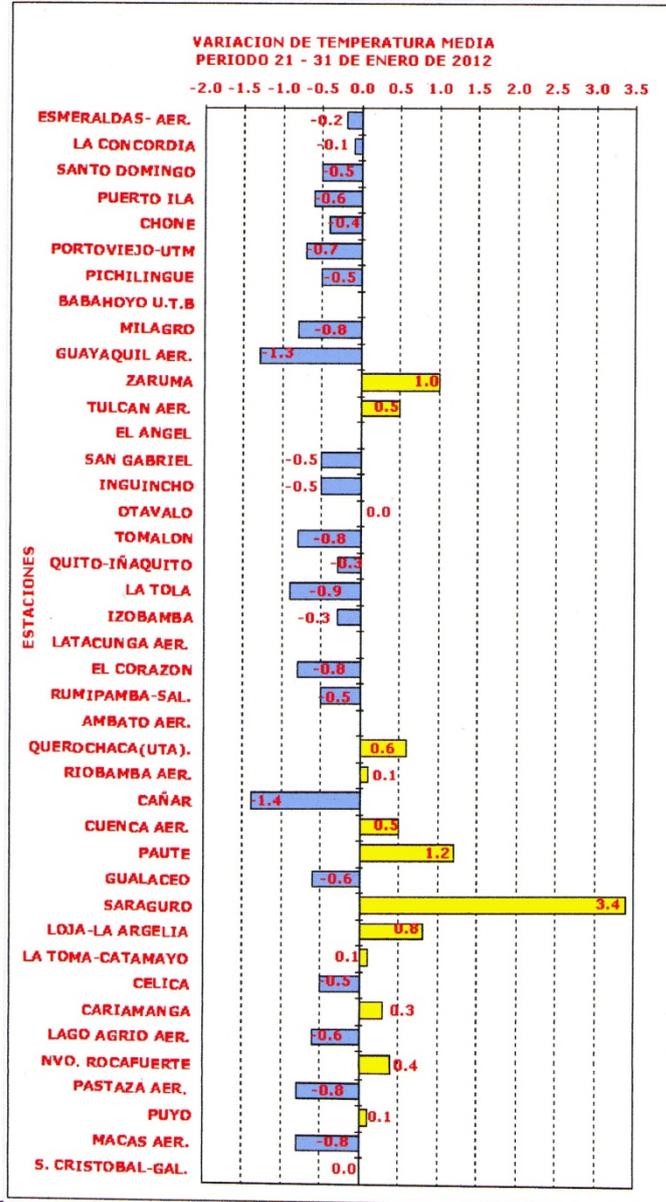
(4) = Normal de precipitación para la próxima década.

NIL = No se dispone de información

(R) = Record Máximo de serie.

(r) = Record Mínimo de serie.

NOTA: Los datos utilizados están sujetos a verificación posterior.



Cronograma de la construcción de los colectores.

ACTIVIDADES		DURACION EN DÍAS																																																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45						
1	Cálculo del sistema	█	█	█																																																
2	Construcción de la protección metálica de los colectores			█	█	█																																														
3	Construcción de la Base de madera de los colectores					█	█	█	█																																											
4	Construcción del serpentín de los colectores										█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█			
5	Ensamblaje del conjunto de piezas																																																			
6	Instlación																																																			

ANEXO C
FOTOGRAFÍAS



Figura 15. Construcción de las cajas de los colectores



Figura 16. Aplicación de una capa de brea a las cajas



Figura 17. Forrado de las cajas con tol galvanizado

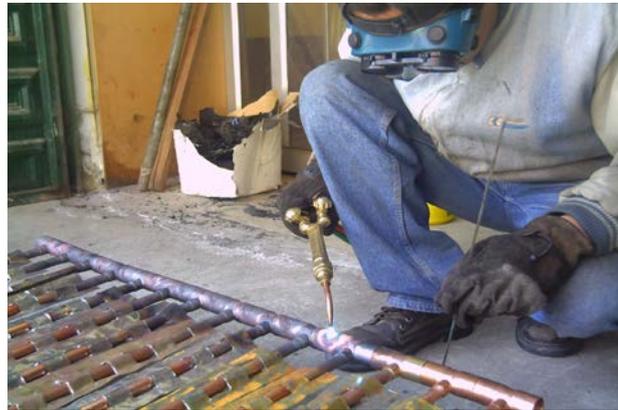


Figura 18. Construcción del serpentín del colector



Figura 19. Piscina temperada con los colectores solares



Figura 20. Construcción de estructuras de soporte para los colectores solares



Figura 21. Reconstrucción del Tanque intercambiador de calor

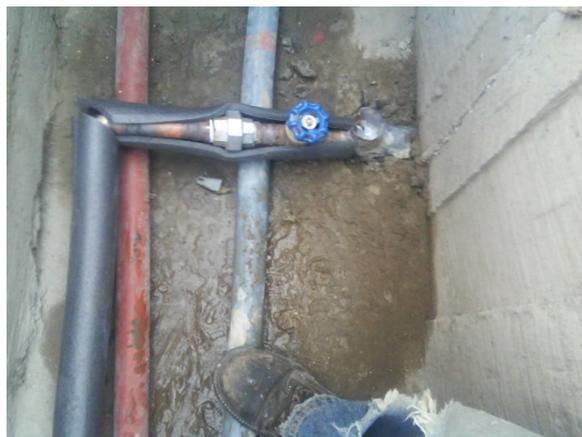


Figura 22. Conexiones de ingreso hacia la piscina

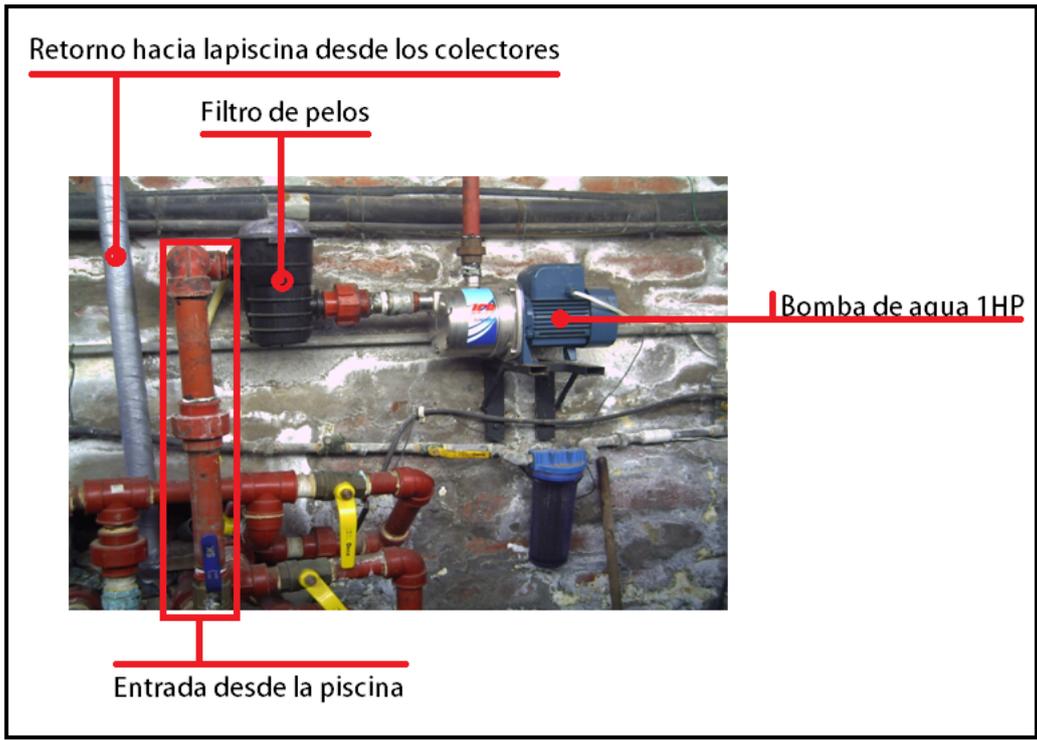


Figura 23. Conexión de la bomba para la recirculación forzada del agua de la piscina hacia el tanque intercambiador



Figura 24. Instalación Terminada y funcionando del sistema de colectores



Figura 25. Termostato utilizado, tiene un diferencial de temperatura de 10°C



Figura 26. Piranómetro de la Facultad de Mecánica



Figura 27. Prueba de electrólisis para el agua

Prueba de electrólisis realizada al agua: el vaso de la izquierda es el agua ya tratada con el sistema de osmosis inversa y el electro descalcificador. El medidor de TDS da un valor de 24(ppm) de minerales disueltos en el agua; mientras que el vaso de la derecha tiene el agua sin ser tratada, claramente se observa una gran cantidad de precipitaciones, minerales, sulfato de cobre, etc., Aquí el medidor de TDS marca un valor de 830(ppm) de minerales disueltos en el agua.



Figura 28. Medidor de TDS

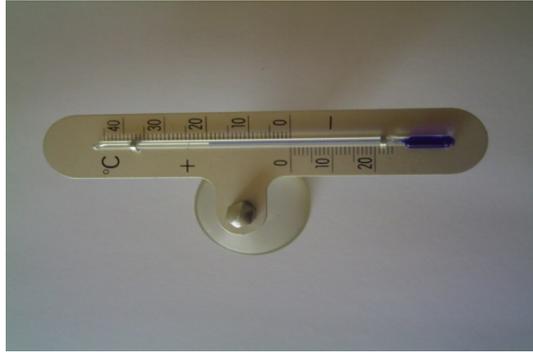


Figura 29. Termómetros ambientales utilizados



Figura 30. Termómetro de líquidos utilizado



Figura 31. Anemómetro (medidor de la velocidad del viento)



Figura 32. Kit de comprobación de PH y Cloro

ANEXO D
MATERIALES E INSUMOS

Materiales e Insumos de construcción de los Colectores.

Ítem No.	Producto	Cantidad
1.	Madera de monte (tablas de 40cm x 2m x 1cm)	5u
2.	Listón de 5cm x 5cm x 1m	1u
3.	Lámina galvanizada de 0,32"	2u
4.	Tubo de cobre 1" tipo M x 5m	1u
5.	Tubo de cobre ½" tipo M x 5m	5u
6.	Lamina de latón de 0.32"	1u
7.	Suelda de plata 0%	1/4 lb
8.	Pintura Sintético Automotriz	1 lt
9.	Lana de Vidrio	2,20m
10.	Vidrio de 1m x 1m x 4milímetros	2u
11.	Cinta doble fast para vidrio	8m
12.	Adaptador 1" soldable de cobre a rosca NPT	4u
13.	Clavos de 1" x 2	1/8 lb
14.	Clavos de 2" x 2	1/8 lb
15.	Carburo de Calcio en piedra	3 lb
16.	Oxigeno	2m ³
17.	Goma blanca	1 lt
18.	Silicón	2 tubos
19.	Papel periódico	¼ lb
20.	Mano de Obra x tiempo de construcción de un panel	5 días
21.	Fundente para plata	1u
22.	Tubo galvanizado de poste 1"	1u
	Total de 1 colector solar	

Materiales e insumos de reconstrucción de la caldera.

Ítem No.	Producto	Cantidad
24	Bomba de agua 1hp inox.	1u
25	Termostato rango 10°C on/off	1u
26	Cañuela poliuretano tubo 1"	40u
27	Cable gemelo #10	50m
28	Tubo 1" pvc agua caliente	5u
29	Tubo 1" cobre tipo m	5u
30	Codos 90° pvc agua caliente	6u
31	Codos 90° cobre	8u
32	Nudos (universales) 1" HG	14u
33	Nudos (universales) 1" cobre	1u
34	Válvulas check 1"	3u
35	Cinta de Aluminio para forrar cañuelas	4u
36	Fusible 110V 15A	1u
37	Trampa de Pelos para bomba	1u
38	Filtro de Carbón activado con vaso portador	1u
39	Sellador para tuberías roscables pvc	2u
40	Remaches 5/32	1 caja
41	Electrodos 6011	4 lbs.
42	Electrodos R60 (acero inox)	1 caja
43	Soldadora AC/DC	1u
44	Remachadora	1u
45	Alquiler de pluma para subir el tanque al 3er piso	1 hora
46	Medidor de TDS's	1u
47	Termómetro ambiental	1u
48	Anemómetro (medidor de velocidad del viento)	1u
49	Llaves de tipo bola 1" bronce	4u
50	Acoples 1" de soldable a roscable	4u
51	Equipo de filtrado por osmosis inversa + desincrustador electrónico	1 conjunto

Total de la inversión: \$ 14.802,76