UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

CONSTRUCCIÓN DE NUEVO CIRCUITO PARA COLECTORES SOLARES Y REPARACIÓN DE COLECTOR SOLAR PARA CIRCULACIÓN DE ACEITE

Trabajo de Titulación para optar al Título de Técnico Universitario en MECANICA INDUSTRIAL

Alumnos:
Sr. Matías Isaac Lizana Leal
Sr. Pablo Andrés Ovando Pérez

Profesor Guía:
Ing. José Carvallo Basaez

2016

RESUMEN

KEYWORDS: COLECTOR SOLAR TÉRMICO, BANCO DE PRUEBA, FLUIDO.

En este trabajo de título se habla sobre la construcción del nuevo circuito hidráulico para calentar el agua en los colectores solares térmicos, está pensado para mejorar los bancos de prueba de los Técnicos Universitarios e Ingenieros en Mecánica Industrial, en cuanto a las asignaturas de que estudien el comportamiento de un fluido en un sistema hidráulico, de la Universidad Técnico Federico Santa María, Sede José Miguel Carrera, Viña del Mar.

El sistema actual consta de un fluido que es suministrado por una llave de paso domiciliaria (agua potable), el cual recorre los cinco paneles solares o colectores dispuestos en serie. Cada colector posee internamente tuberías colocadas de forma paralela, las cuales reciben directamente el calor entregado por el sol. Sin embargo, existe uno de los cinco colectores, que no está conectado a los demás y se realizará una inspección para ver así si necesita alguna de reparación para que opere con un fluido distinto, con el fin de poder analizar el comportamiento entre dos líquidos.

Cada uno de los paneles posee una llave de bola para permitir el paso del fluido para uno o más colectores a la vez. A la salida de cada colector se dispondrá de una llave de paso lo que hace que el fluido se desvíe a una bomba independiente por cada panel, que es accionada por un motor monofásico, que se conecta a la entrada de cada panel, con el fin de que recircule por él para medir así la variación de la temperatura del fluido en cada uno de los colectores en función al tiempo que el líquido se encuentra dentro del circuito. En cuanto a los costos se refiere, se procurará de invertir lo menos posible, pero sin descuidar la calidad de los elementos que se utilizarán.

Al finalizar el circuito, el líquido hidráulico demostrativo puede ser libremente drenado al ambiente, ya que no es alterado químicamente, solamente se calienta.

El fluido calentado que recorre el circuito no está directamente enfocado para ser aprovechado de forma doméstica, sino que está orientado para fines pedagógicos lo que facilitará la comprensión del alumnado en los ramos que necesiten de un apoyo adicional para su mayor entendimiento práctico/teórico.

La nueva implementación de los primeros cinco colectores solares disponen la misma cantidad de componentes. Estos se utilizan para un circuito hidráulico, es decir, con agua. Mientras tanto existe un sexto colector solar que no está conectado a la red, pero necesita ser reacondicionado para instalarlo como un circuito distinto a los demás para poder ser utilizado como un colector solar de circulación con un líquido distinto,

para dar la posibilidad de poseer dos fluidos para finalmente poder establecer comparaciones en sus comportamientos frente a la transferencia de calor suministrada por energía directamente del sol.

Al finalizar el circuito, el fluido hidráulico es libremente drenado al ambiente verde cercano, ya que este no sufre ningún cambio químico, solamente es calentado y puede ser aprovechado como regadío de plantas.

Por otro lado el sexto colector solar utiliza un fluido distinto al agua como transportador de calor, por ende no puede ser drenado al ambiente. Sin embargo, lo más factible es utilizar aceite por efectos prácticos demostrativos. En el caso de utilizar aceite como fluido de alimentación para el colector independiente, se conocen métodos técnicos para aprovechar la mayor vida útil de un aceite, poder así no estar drenando y cambiando el aceite simplemente por una inspección visual, porque si bien el aceite pierde su color original por funcionamiento no quiere decir que esté este dañado y necesite ser cambiado. Es por esto que existen equipos técnicos calibrados para detectar la vida del aceite en tiempo real. Con esto se sabrá si es necesario un cambio de aceite al colector solar conociendo cuantificadamente, su vida útil. Con esto se mantiene un registro estable de la duración total del aceite y cuando debe ser cambiado aprovechando su mayor vida útil para poder minimizar de alguna manera contaminaciones por aceite, siendo finalmente almacenada en barriles de aceite de 200 [L].

En el primer capítulo se enfoca en el reconocimiento de la problemática del banco de prueba, analizar propuestas de mejora y soluciones. Finalmente explayar antecedentes generales del proyecto y en base a esto realizar cambios en los colectores solares.

En el segundo capítulo se analizaran costos con presupuestos para la mejora, se realizará una planificación de trabajo con procedimiento de trabajo y programación, indagando condiciones de riesgo en la evolución del proyecto. Al término de este capítulo se hace referencia a las recomendaciones de uso, manejo y forma de operar a los colectores solares.

Finalmente en el tercer capítulo, se reconocen aspectos técnicos de fluidos posibles para ser utilizado como medio transportador de calor para ser operado en colector solar independiente. Se realizan pruebas de funcionamiento de los colectores solares con mejora instalada.

ÍNDICE

RESUMEN

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

OBJETIVOS ESPECÍFICO

CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN DEL TEMA

1.1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

1.2. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS Y SOLUCIONES

1.3. ESTRUCTURA DE LOS COLECTORES SOLARES UBICADOS EN EL L.E.R.

1.4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS COLECTORES SOLARES

1.5. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1.5.1. Uso domiciliario

1.5.2. Uso industrial

1.6. CONDICIONES CLIMÁTICAS

1.7. SITUACIÓN ACTUAL

CAPÍTULO 2: PROPUESTA Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE MEJORA PARA CIRCUITO HIDRÁULICO Y PARA CIRCUITO OLEO HIDRÁULICO EN LOS COLECTORES SOLARES

2.1. NUEVO DISEÑO DE CIRCUITO HIDRÁULICO PARA COLECTORES CONECTADOS EN PARALELO

2.1.1. Circulación del fluido con diseño hidráulico propuesto

2.2. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE NUEVO CIRCUITO DE COLECTORES SOLARES

2.2.1. Herramientas necesarias para esta mejora

2.2.2. Lista de materiales para prevención de riesgos necesarios

2.2.3. Riesgos potenciales de la operación y sus medidas de control

2.2.4. Procedimiento de trabajo

2.3. DESCRIPCCIÓN TÉCNICA Y COSTOS DE ELEMENTOS PROPUESTOS DE LA MEJORA

2.3.1. Descripción del funcionamiento

2.3.2. Selección y descripción técnica de elementos normalizados
2.4. COSTOS TOTALES DE LA MEJORA DEL CIRCUITO PARA COLECTORES SOLARES Y REPARACION DE COLECTOR SOLAR PARA CIRCULACION DE ACEITE
2.4.1. Materiales entregados para la construcción de la mejora de los colectores solares térmicos
2.4.2. Construcción del nuevo circuito hidráulico de los colectores solares
2.4.3. Modo de operación de los colectores solares térmicos con la propuesta indicada

CAPÍTULO 3: SELECCIÓN DE FLUIDO PARA COLECTOR SOLAR TÉRMICO INDEPENDIENTE, EN BASE DE UN ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN FUNCIÓN DEL TIEMPO Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE COLECTORES SOLARES CON PROPUESTA DE MEJORA INSTALADA
3.1. RECONOCIMIENTOS DE ASPECTOS TÉCNICOS DE FLUIDOS PARA LÍQUIDO CALOtransportador PARA COLECTOR SOLAR INDEPENDIENTE
3.1.1. Aceite de pepita de uva
3.1.2. Aceite de oliva
3.1.3. Aceite de motor
3.1.4. Aceite de maravilla
3.1.5. Vaselina sólida
3.1.6. Parafina sólida
3.1.7. Agua domiciliara
3.2. ENSAYO DE TRANSFERENCIA DE CALOR PARA SELECCIÓN DE FLUIDO PARA COLECTOR SOLAR INDEPENDIENTE
3.2.1. Equipamiento utilizado en el ensayo
3.2.2. Plan de trabajo
3.3. PRUEBA DE ACEITE SAE-40 EN EL COLECTOR SOLAR TÉRMICO INDEPENDIENTE
3.4. ENSAYO DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN LOS COLECTORES SOLARES
3.4.1. Adquisición de los datos registrados por el equipo Tinytag Plus y Termocuplas ibutton DS1920 por medio de Software
3.4.2. Ensayo de transferencia de calor en colector solar térmico con agua domiciliaria y aceite

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
BIBLIOGRAFÍA
ANEXO A: MANTENIMIENTO A BOMBA DE CIRCULACIÓN DE FLUIDO

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Circuito hidráulico actual de los colectores solares térmico
Figura 1-2. Estructura colectores
Figura 1-3. Ubicación de los colectores solares
Figura 1-4. Estructura inicial frontal de los colectores solares
Figura 1-5. Esquema de colector solar para agua caliente sanitaria
Figura 1-6. Colector solar con acristalamiento
Figura 1-7. Colector solar de tipo serpentín
Figura 1-8. Colector solar de tipo tubos paralelos
Figura 1-9. Colector solar plano sin vidrio para piscinas
Figura 1-10. Colectores tubo vacío
Figura 1-11. Colectores plato parabólico
Figura 1-12. Colectores de canal parabólico
Figura 1-13. Centrales solares de torre
Figura 1-14. Radiación total horaria, promedio mensual para distintas orientaciones (azimut, AZ) e inclinaciones de superficies con unidades de [W/m2]
Figura 2-1. Tuberías PVC y válvula de bola para alimentación de circuito inicial de colectores
Figura 2-2. Situación inicial de tuberías de descarga del colector solar
Figura 2-3. Esquema de circuito hidráulico y óleo hidráulico del colector solar propuesto
Figura 2-4. Esquema de circuito de colectores solares con propuesta aplicada
Figura 2-5. Actualización de mejora en los colectores solares térmicos del banco de prueba
Figura 2-6. Estructura para sujetar estanque
Figura 2-7. Actualización de mejora en los colectores solares térmicos del banco de prueba
Figura 2-8. Estructura para sujetar estanque
Figura 2-9. Estructura sujetadora del estanque

Figura 2-10. Propuesta de mejora instalada en colectores solares y colector solar sin mejora
Figura 3-1. Placa calentadora
Figura 3-2. Pesa de gramaje
Figura 3-3. Picnómetro o botella de gravedad especifica
Figura 3-4. Termómetro digital portátil
Figura 3-5. Termocuplas Ibutton DS1920
Figura 3-6. Equipo Tinytag Plus
Figura 3-7. Iniciar adquisición de datos
Figura 3-8. Configuración de los adquisidores de datos
Figura 3-9. Gráfico de radiación solar respecto al clima del día 26 de Julio
Figura 3-10. Desplegar tabla y gráfico de datos registrados respecto a radiación solar del día 26 de Julio
Figura 3-11. Tabla de lectura de datos del día 26 de Julio para exportar información a Microsoft Excel
Figura 3-12. Adaptador de termocupla ibutton para conectar a PC
Figura 3-13. Termocupla ibutton sin ser programada
Figura 3-14. Configuración de los parámetros para el registro de datos
Figura 3-15. Valores programados y listos para activación de la termocupla ibutton
Figura 3-16. Opción para ver el gráfico obtenido por un historial de temperaturas adquiridas
Figura 3-17. Ejemplo de gráfico termocronologico guardado en la memoria interna del adaptador de otra medición independiente al proyecto
Figura 3-18. Fórmula para transformar de energía eléctrica a radiación solar en [W/m2]

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Simbología del circuito mecánico hidráulico y óleo hidráulico
Tabla 2-2. Riesgos potenciales y medidas de control
Tabla 2-3. Información técnica de los componentes empleados en la mejora
Tabla 2-4. Presupuesto nuevo diseño colectores solares
Tabla 2-5. Segundo presupuesto de materiales
Tabla 3-1. Propiedades de fluidos utilizados en ensayo de transferencia de calor
Tabla 3-2. Temperaturas en función del tiempo de los fluidos evaluados

Tabla 3-3. Segundo ensayo de transferencia de calor
Tabla 3-4. Datos de los ensayos de transferencia de calor día 29 de julio 2016
Tabla 3-5. Continuación datos ensayos de transferencia de calor del día 29 de julio 2016

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2-1. Distribución de tiempo para construcción de nuevo circuito hidráulico y oleo-hidráulico
Gráfico 3-1. Gráfico de tiempo vs temperatura de ensayo de transferencia de calor en aceites en la placa calentadora a 150°C
Gráfico 3-2. Tiempo vs temperatura de ensayo de transferencia de calor en aceite diluido en Diesel y agua
Gráfico 3-3. Temperatura ambiente
Gráfico 3-4. Radiación solar en el L.E.R.
Gráfico 3-5. Ensayo de transferencia de calor en colector de agua domiciliaria
Gráfico 3-6. Ensayo de estratificación en estanque de calor en colector de agua domiciliaria
Gráfico 3-7. Ensayo de transferencia de calor en colector con aceite Shell R2 SAE40 diluido en Diesel
Gráfico 3-8. Ensayo de estratificación en estanque de calor en colector de aceite Shell R2 SAE40 diluido en Diesel

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

%	: Porcentaje
$[\mu V]$	: Micro-voltio
°	: Grados
°C	: Grados Celsius
Atm	: Atmósfera
Bar	: Bar
cc	: Centímetro cúbico
cm	: Centímetro
Cst	: Centi Stokes
g/cm3	: Gramo por centímetro cúbico
h	: Horas
Hz	: Hercios
in	: Pulgada
kg	: Kilógramo
L	: Litro
L/min	: Litro por minutos
m	: Metro
min	: Minutos
ml	: Mili Litro
mm	: Mili metro
MW	: Mega Watt
Pa	: Pascal
rpm	: Revoluciones por minuto
V	: Voltio
W	: Watt
W/m2	: Watt por metro cuadrado

INTRODUCCIÓN

Este proyecto está enfocado en mejorar los colectores solares ubicados en el laboratorio de energía renovable (L.E.R.) de la Universidad Técnico Federico Santa María, Sede José Miguel Carrera, Viña del Mar. Este laboratorio es usualmente ocupado por los Técnicos Universitarios e Ingenieros en Mecánica Industrial tanto de la sede José Miguel Carrera y la Casa Central, en cuanto a las asignaturas de que estudien el comportamiento de un fluido en un sistema hidráulico de baja presión.

En las dependencias de la Universidad Técnico Federico Santa María, inicialmente se encuentran cinco colectores solares para todo el alumnado los cuales no dan abasto para las horas dispuesta de cada asignatura, este proyecto busca aumentar los ensayos que se pueden realizar con estos paneles y agregar un colector solar térmico independiente que funcione con otro fluido al laboratorio de energía renovable (L.E.R.). El proyecto nace por la necesidad de que un Profesional, ya sea Técnico o Ingeniero, debe poseer tanto conocimiento teórico como habilidades prácticas, por lo es necesario reforzar módulos de enseñanza a escala real y aplicados que permiten integrar conocimientos.

La finalidad de este proyecto tiene como objetivo aumentar los ensayos prácticos aplicados a los talleres de las asignaturas que vean el comportamiento de un fluido en circuito cerrado se refiere, mediante a la mejora del sistema hidráulico de los colectores solares térmicos existentes incorporando electrobombas para la recirculación del fluido, nuevos equipos para la medición de temperatura del fluido, temperatura ambiental y radiación solar en la zona de los colectores solares y la incorporación de un nuevo panel el cual transportara un fluido distinto al de los otros paneles solares.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Mejorar el banco de prueba de mecánica de fluido y transferencia de calor, a través de la incorporación de un nuevo circuito hidráulico para los colectores solares instalados en el laboratorio de energía renovable (L.E.R.), de la Universidad Técnico Federico Santa María, Sede José Miguel Carrera en Viña del Mar.

OBJETIVOS ESPECÍFICO

Identificar el circuito hidráulico y sus componentes iniciales en el banco de prueba de colectores solares para la asignatura de termo fluidos ubicados en el laboratorio de energía renovable (L.E.R.).

Diseñar circuito hidráulico para el colector solar térmico independiente y mejorar el diseño del circuito hidráulico para los cinco colectores solares térmicos.

Selección del fluido para el colector solar térmico independiente, en base de un análisis transferencia de calor en función del tiempo.

Realizar pruebas con los dos fluidos diferentes en sus respectivos colectores solares incorporando mediciones de radiación solar, tiempo, temperaturas y caudal.

CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN DEL TEMA

1. PRESENTACIÓN DEL TEMA

En este capítulo se enfocará en el reconocimiento de la problemática del banco de prueba, analizar propuestas de mejora y soluciones. Finalmente explayar antecedentes generales del proyecto y en base a esto realizar cambios en los colectores solares.

1.1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

Los colectores solares térmicos dispuestos en el Laboratorio de Energía Renovable (L.E.R.) presentan una red de suministro común haciendo que todos los colectores solares operen con el mismo caudal que entrega la red domiciliaria.

Estos colectores presentan el mismo circuito. El fluido entra en colector tocando los terminales de termocuplas antes, recorre los tubos paralelos, toca el terminal de la termocupla de salida y es descargado por una vía en común que tienen todos los colectores térmicos Figura 1-1. La medición de variación de temperatura se efectúa por medio de una termocupla tipo J a la entrada y otra a la salida, no poseen un acumulador o estanque que permite medir la estratificación en una masa determinada de fluido.

Al ser un simple tramo de entrada y salida del fluido, se hace imposible apreciar la capacidad de captación calorífica debido a que al finalizar el tramo este expulsa el líquido fuera del sistema.

En la bodega del L.E.R existe un colector solar en mal estado, y requiere restauración de sus componentes con fines de ser reutilizado para instalarlo en el banco de prueba sustituyendo a un colector solar que está incompleto.

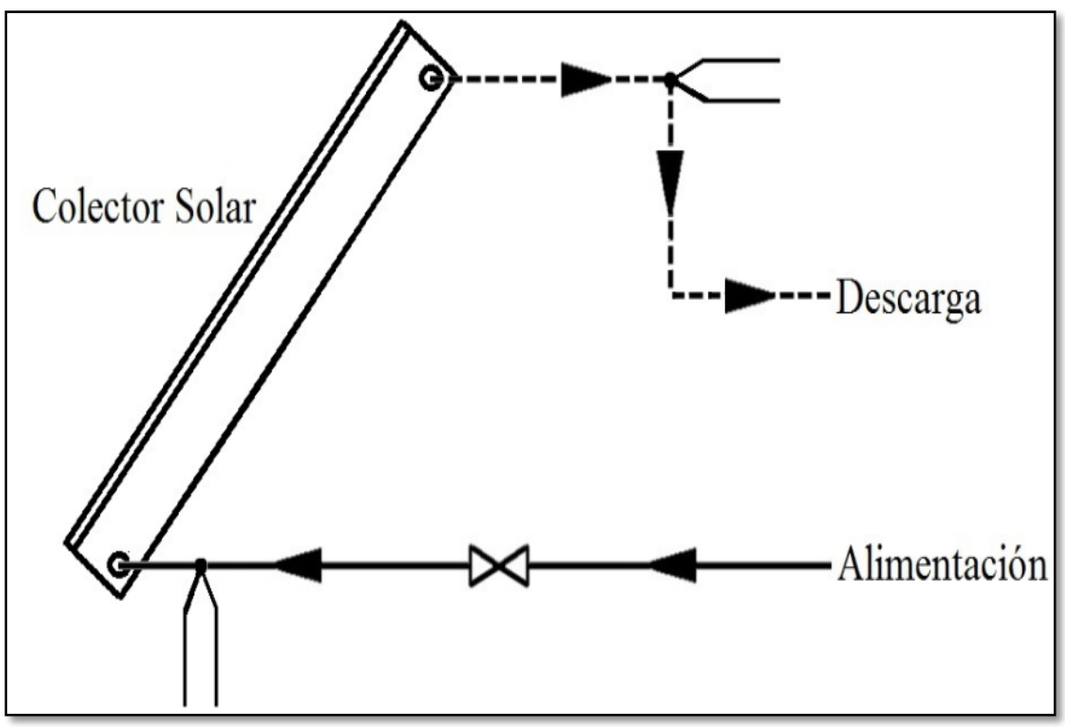
1.2. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS Y SOLUCIONES

Una propuesta para mejorar los talleres prácticos del alumnado es habilitar un nuevo panel solar por el cual circulará un fluido distinto al agua domiciliaria, como los demás colectores solares térmicos dispuestos en el Laboratorio de Energía Renovable (L.E.R.). Para examinar los colectores solares se dispone del permiso del encargado del sitio L.E.R Don Rafael Bolocco, en la inspección se encuentra con pernos de anclaje en mal estado, sin cubierta de vidrio, aislante térmico mal cortado, abolladuras en su

estructura, reflectantes rotos. Por lo que se debe reparar este colector para ser reutilizado e instalado en el banco de prueba junto a los demás colectores solares térmicos. Se propone la reparación de este para ser utilizado con otro fluido distinto al agua y poder así comparar entre dos líquidos con distintas características técnicas para apreciar diferencias en la captación calorífica entregada por el Sol.

Otra propuesta que se llevará a cabo es la modificación del circuito actual, Figura 1-1, incorporando una llave de bola en la parte de descarga del circuito para poder así cerrar el sistema y en efecto el fluido se dirigirá hacia un estanque y posteriormente a una bomba para la recirculación del fluido en el panel. Cabe destacar que en todos los paneles se cumple la misma propuesta de trabajo.

La ubicación de los paneles solares es en el Laboratorio de Energía Renovable (L.E.R.) es al aire libre, lo que expone al sistema a estar bajo condiciones de alto porcentaje polvo en suspensión, humedad durante la mañana y precipitaciones durante la época de invierno mayoritariamente. Debido a estas condiciones de trabajo se ha concluido utilizar bombas que cuya protección tengan que ver con los inconvenientes climáticos presentados anteriormente. Lo que resulta en la elección de una bomba con IP 42, que sus siglas numéricas representan resistencia al agua en todas las direcciones y protección total frente al polvo.



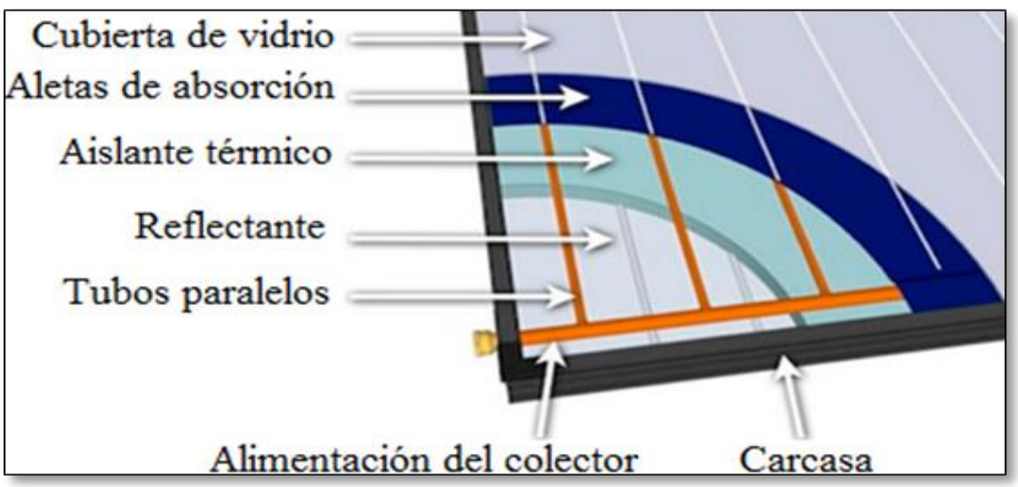
Fuente: Elaboración Propia. Para elaboración de proyecto 12-05-2016

Figura 1-1. Circuito hidraulico actual de los colectores solares térmico

1.3. ESTRUCTURA DE LOS COLECTORES SOLARES UBICADOS EN EL L.E.R.

El circuito hidráulico de los colectores solares térmicos actuales destaca en el calentamiento del agua bajo cinco colectores solares, los cuales tienen dos puntos en común, la alimentación y la descarga.

Principalmente los cinco paneles para circulación con agua están diseñados bajo las medidas 1.8 [m] de alto por 0.81 [m] de ancho. No obstante, los materiales utilizados para su construcción constan de una cubierta de vidrio, aletas de absorción con tinte negro (Para una mejor absorción del luz/calor), tubos de cobre en paralelos con tinte negro también, reflectante, aislante de fibra de vidrio para una mejor retención del calor absorbido por las aletas y por último su respectiva caja o carcasa, como se observa en la Figura 1-2.



Fuente: www.teknosol.cl/

Figura 1-2. Estructura colectores

- Aletas de absorción: Lámina delgada de cobre soldada a los tubos paralelos para la obtención de una mayor área de absorción de calor, lo que permite un aumento de temperatura aún más rápido en el fluido pasante por los tubos.
- Aislante térmico: Ayuda a la reducción de la pérdida de calor absorbida principalmente por las aletas del colector solar. Generalmente se utiliza lanilla de vidrio.

- Reflectante: Utilizado para la reflexión de los rayos de sol, de tal manera que éstos últimos se mantengan dentro del colector solar térmico.
- Alimentación: La alimentación será suministrada por una línea de agua potable ubicada en el L.E.R., lo que se utiliza agua como fluido transportador de calor.
- Carcasa: Estructura diseñada para almacenar todos los elementos que posee el colector solar en sí, además está capacitada para soportar el calor irradiado por el sol.
- Termocupla: Además de la construcción de la estructura, cada colector solar cuenta también con Termocuplas de tipo J en la parte superior y en la parte inferior. Estos específicamente son utilizados para la medición de la temperatura del fluido al ser conectados a un Pirómetro.

1.4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS COLECTORES SOLARES

Los colectores solares están ubicados en el sector de laboratorio de energía renovable (L.E.R.) de la Universidad Técnico Federico Santa María, Sede José Miguel Carrera en Viña del Mar Figura 1-3, están alojados en un banco de pruebas con una inclinación 33° con azimut 180° dirección al norte Figura 1-4.

Fuente: www.google.cl/maps/

Figura 1-3. Ubicación de los colectores solares

Fuente: Fotografía obtenida desde L.E.R.

Figura 1-4. Estructura inicial frontal de los colectores solares

1.5. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

La energía solar térmica es una de las aplicaciones prácticas con más futuro dentro del marco domiciliario e industrial para reducir la emisión de gases contaminantes y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles. Los elementos para el diseño, construcción e instalación de un colector solar son prácticamente sus únicos gastos, ya que estos como se mencionó anteriormente prescinden de combustibles fósiles y a su vez los gastos relacionados a la mantención de estos equipos son muy bajos con respectos a otros sistemas de calentamiento de agua tales como calderas, calentadores de flujo, calentadores de acumulación.

El funcionamiento básico de todos los sistemas solares térmicos se basa en los siguientes puntos:

- El sistema de captación: Los paneles solares son los encargados de captar la radiación solar y transmitir el calor al fluido que circule por este.
- El sistema de acumulación: Debido a que el agua calentada por los paneles solares no es ocupada en su totalidad en la mayoría de los casos se dispone de un estanque cuyo fin es acumular y mantener la temperatura del agua.
- El sistema hidráulico: Son los encargados de transportar el fluido de trabajo. En este punto entran las tuberías generalmente de cobre y las bombas o electro-bombas.

- El sistema de intercambio: Los intercambiadores de calor son ocupados para la transferencia de calor de un fluido a otro los cuales están a distinta temperatura, en el caso de los sistemas solares son ocupados como de protección de estos.
- El sistema de control: Estos sistemas se ven en los casos en que la circulación del fluido debe ser forzada por medio de una bomba o una electro-bomba, los cuales están encargados de poner en marcha o para dicha bombas.
- El sistema de energía auxiliar: En el caso de que la radiación térmica sea demasiado baja o la alta demanda de consumo suponga un problema se incorpora un sistema de energía auxiliar el cual es independiente al sistema solar, un ejemplo de esto sería el de una caldera la cual se ponga en marcha y caliente el agua a una temperatura prefijada anteriormente.

En la actualidad el uso de energías renovables como la solar en las empresas constructoras de casas es una mejora notoria el diseñan los nuevos hogares con la implementación de colectores solares térmicos, para las empresas industriales esto representa un ahorro económico y reducción de gases nocivos.

Dependiendo del uso que desee dar a esta energía solar existen dos campos de aplicación más comunes uso domiciliario e industrial.

1.5.1. Uso domiciliario

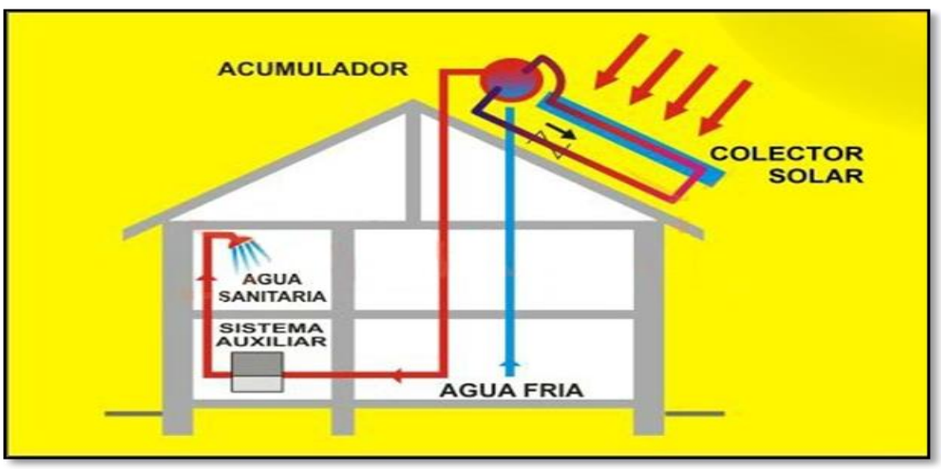
En la actualidad el agua caliente representa un gran consumo energético para una casa teniendo diversas aplicaciones como el aseo personal o la limpieza del hogar. Según estudio del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, más conocido como CONICET, el consumo medio típico de agua caliente sanitaria de una persona al día es de 40 litros, debido a este consumo el calentamiento de agua mediante energía solar, más allá de representar una energía ecológica se ha convertido en una alternativa económica atractiva y competitiva para muchos países, según dicho estudio.

Con respecto a estos datos, hoy en día los hogares pueden calentar el agua sanitaria de forma fácil, accesible, rentable y no contaminar con gases nocivos para el medio ambiente. Los avances tecnológicos permitieron fabricación de sistemas solares de mejor calidad y menor costo, volviéndose asequible para los consumidores.

Debido a estas cualidades la implementación de sistemas calentadores de agua por medio de la energía solar representan una atractiva propuesta para implementar en el hogar.

Una de las aplicaciones más comunes que se encuentra en los hogares es la energía solar fotovoltaica, debido a su bajo costo para generar electricidad en zonas aisladas, su principio básico es la transformación de la radiación emitida por el sol en electricidad por medio de paneles fotovoltaicos, la estimación de vida útil de estos paneles es de 25 años. Su instalación puede ser en zonas eriazas o los techos de las casa, deben ir orientados al norte con una inclinación general de 33° y libres de obstáculos para la captación de radiación del sol .Para su instalación deben ir acompañados con un regulador de carga, un inversor de corriente y baterías las cuáles serán las que acumulen la corriente. Un ejemplo de aplicación de estos paneles fotovoltaicos es en hogares donde no llega el tendido eléctrico, casetas en medio del campo, o simplemente para la reducción de consumo de electricidad.

Otra de las aplicaciones de la energía solar más comunes al momento de ser aplicada al uso domiciliario es la de los colectores solares. Este consiste de una carcasa y un serpentín dentro de ella, adherido a una placa de color negro, por el cual circula el fluido (en este caso agua), el aumento de temperatura del agua se produce por convección cuando el agua pasa por el serpentín. El agua hace este recorrido hasta llegar al receptor el cual podrá darle múltiples usos como agua para la ducha, agua para la lavadora, agua cálida para diversos usos. El hecho de que esta aplicación de la energía solar sea tan habitual en el uso domiciliario es su sencillez de instalación y mantenimiento, ya que requiere un colector solar (la cantidad de colectores variara dependiendo del consumo que se requiera) un acumulador o estanque y cañerías que permitan el traslado del fluido a la zona de aplicación. Como se ilustra en el ejemplo de la Figura 1-5.



Fuente: www.endesaeduca.com/

Figura 1-5. Esquema de colector solar instalado para agua caliente sanitaria

El sistema auxiliar es utilizado cuando la demanda de agua caliente sanitaria es demasiada para ser abastecida por el o los colectores solares, cuando halla baja radiación solar o simplemente para abastecer a elementos en que su funcionamiento sea completamente ocupando agua caliente como por ejemplo lavadora o lavaplatos. En algunos casos será necesaria la implementación de una bomba para la elevación del agua, ya sea porque la zona de aplicación está alejada del acumulador o por qué se necesita más presión de salida.

1.5.1.1. Colectores solares planos con acristalamiento

Los colectores solares planos son los colectores solares más comunes en la aplicación domiciliaria, pueden llegar a calentar el fluido hasta 70 [°C]. Estos colectores están conformados por:

- Carcasa: Es la que protege las tuberías y la que junto el acristalamiento permite formar un mini invernadero para producir el alza de temperatura. Esta puede ser de plástico, madera o metal.
- Acristalamiento: El cristal del colector solar debe ser lo más transparente posible para no estorbar la captación de radiación solar. Estos pueden ser de vidrio simple, doble o templado.
- Tubería: Generalmente se ocupa cobre ya que es un gran conductor de calor, puede ir montado en forma paralela o de serpentín.
- Aislante: Ocupado para que el calor absorbido no se disperse con facilidad, pude ser lana mineral o polietileno expandido.
- Medio transportador de calor: Estos variaran dependiendo del uso que se le desee dar al fluido y de las condiciones de trabajo. Las aplicaciones más comunes son aire, agua, agua y anticongelante.

Un buen colector solar plano debe cumplir los siguientes puntos:

- Poder permitir un montaje fijo y firme a una estructura.
- El acristalamiento debe presentar propiedades para resistir el clima atmosférico al cual será sometido.
- La selección de los materiales ocupados en el aislamiento y el colector deben poseer la más baja inercia térmica, para evitar que la captación de la radiación solar se distribuya por todo el colector en vez de solamente las tuberías y el fluido calo transportador.

- Presentar un rendimiento superior al 50 %.

Las causas más comunes en las pérdidas en los colectores solares planos son:

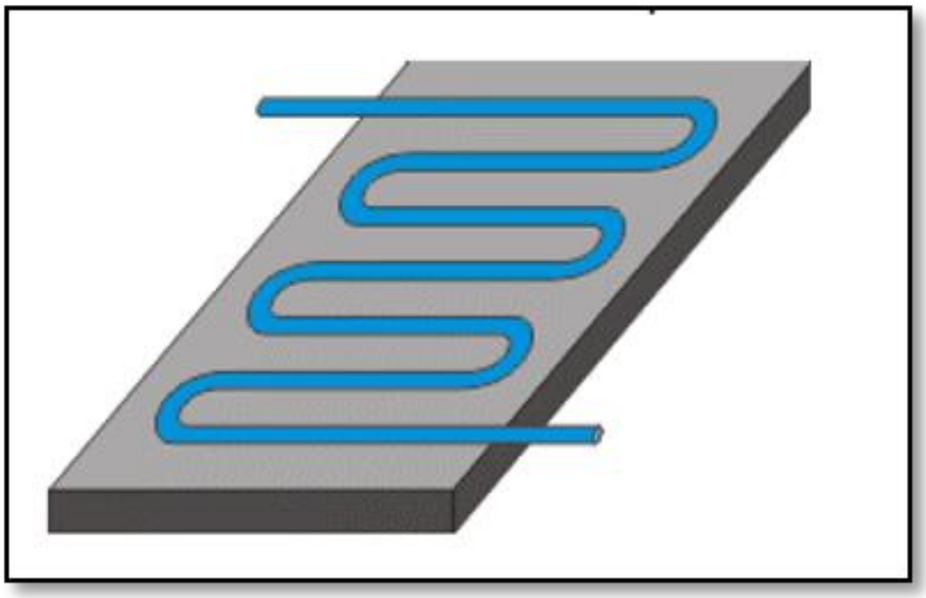
- Suciedad en el acristalamiento del colector solar.
- Pérdidas provocadas por la reflexión producida por el acristalamiento.
- Calentamiento del acristalamiento por absorción de luz y radiación.
- Pérdidas producidas por el mal montaje de las tuberías.
- Pérdidas de radiación térmica del colector por mal estado de la carcasa o acristalamiento.
- Conducción ineficaz debido a la absorbancia de calor del fluido seleccionado para el trabajo.
- Pérdidas por convección en la capa de aire entre el acristalamiento y la absorbancia.

Al igual que en toda máquina con funcionamiento térmico, su rendimiento debe medirse en función de la energía aprovechada y el total de energía aportada al sistema. En la Figura 1-6 se ilustra este tipo de colector solar.

Fuente www.teknosol.cl/

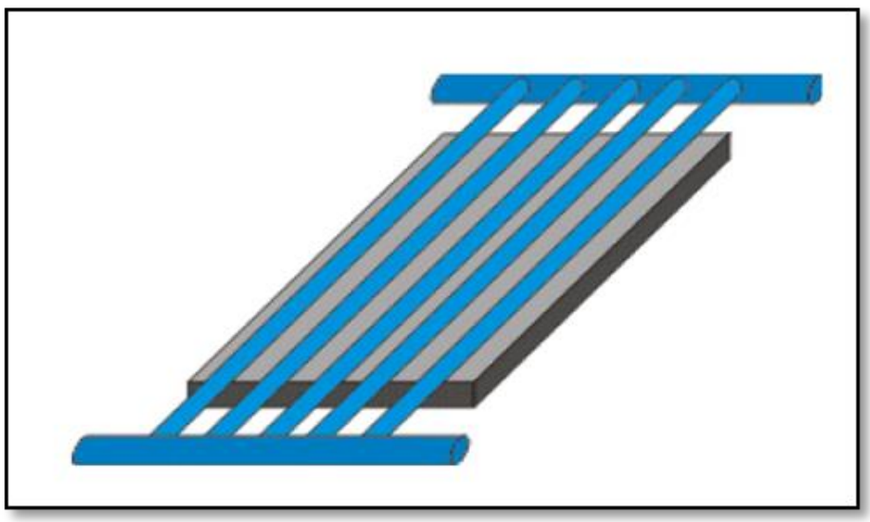
Figura 1-6. Colector solar con acristalamiento

Para los tipos de colectores solares mencionados anteriormente se puede aplicar dos variantes en el tipo de conducto, como se ilustra en la Figura 1-7, Figura 1-8:



Fuente: Elaboración propia a partir de los tipos de conductos

Figura 1-7. Colector solar de tipo serpentín

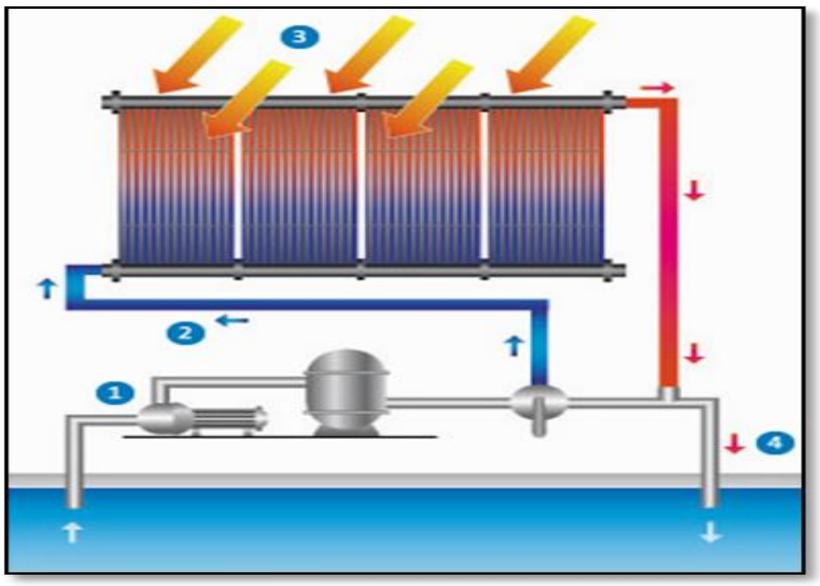


Fuente: Elaboración propia a partir de los tipos de conductos

Figura 1-8. Colector solar de tipo tubos paralelos

1.5.1.2. Colectores solares planos sin vidrio

Los colectores solares planos sin vidrio son el tipo de colectores solares más simples debido a su estructura que está compuesta por el serpentín y la carcasa, esto a su vez se traduce en un bajo costo de adquisición o de construcción. Su área de aplicación más común es en sistemas que requiera bajas temperaturas al calentar el agua, se ocupan en zonas donde halla climas templados con alta radiación solar. Las aplicaciones más comunes de estos colectores son por ejemplo la calefacción de piscinas y agua caliente sanitaria. Para la instalación de estos colectores solares es necesaria una gran superficie de absorción, ya que su desventaja principal son las altas pérdidas ya que no cuentan con aislación térmica.



Fuente www.proyectodeenergiarenovable.com/

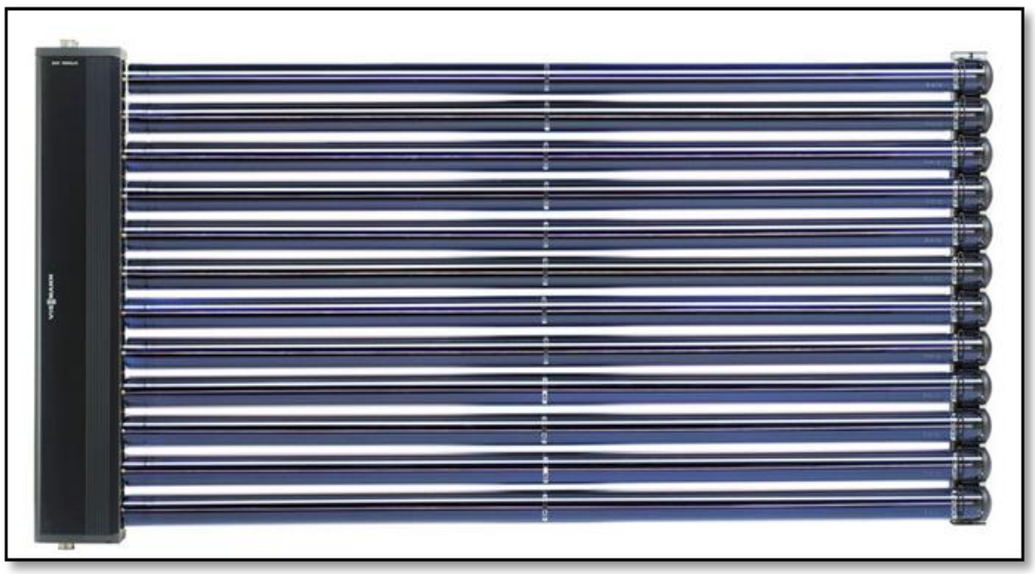
Figura 1-9. Colector solar plano sin vidrio para piscinas

Se puede apreciar un esquema de aplicación en piscina del colector solar plano sin vidrio en la figura 1-9. La absorción del fluido es realizada por una bomba, luego transcurre por un filtro para atrapar las partículas de suciedad que tenga el agua para después iniciar el recorrido por los tubos paralelos y terminar el transcurso hacia la tubería de descarga lograda así el aumento de temperatura del agua de la piscina.

1.5.1.3. Colectores de tubo de vacío

Los colectores solares de tubo al vacío son un tipo de colectores solares los cuales están conformados por colectores lineales en paralelo los que están alojados dentro de un tubo de vidrio al vacío, estos tubos generan un vacío de 0.001 [atm] para eliminar las perdidas por convección y un vacío de 6 [Pa] a 10 [Pa] para eliminar perdidas por conducción, las cañería que van por el interior de los tubos captan el calor y lo traspasan al fluido, en la Figura 1-10 se muestra este tipo de colectores solares. Sus principales aplicaciones son en sistemas que requieran para su funcionamiento temperaturas intermedias de agua caliente sanitaria y en lugares fríos pero con alta radiación solar. Este tipo de colector solar tiene como principales aplicaciones en el acondicionamiento de aire, uso domiciliario e industrial.

Unas de las ventajas que presenta este colector solar es su mejor captación de calor cuando la radiación solar difusa es desfavorable, manteniendo un rendimiento superior con respecto a los colectores solares planos con acristalamiento o sin acristalamiento. Por contraparte sus desventajas es su elevado precio de adquisición y mantención.



Fuente: www.archiexpo.es/

Figura 1-10. Colectores tubo vacío

1.5.2. Uso industrial

Cuando se utiliza el concepto de energía solar en la industria se asemeja el concepto de paneles fotovoltaicos, pero los sistemas térmicos de altas temperaturas están entrando fuertemente en las industrias que busquen reducir los gases contaminantes que producen.

La energía solar térmica puede ser aplicada en procesos industriales de forma similar al uso domiciliario. Según Soliclima, empresa Española dedica a la venta de equipos de energía solar, el 30 % del calor ocupado para operaciones industriales requiere una temperatura inferior a los 100 [°C], siendo posible la aplicación de los colectores solares de uso doméstico, en la industria.

Para la implementación de sistemas térmicos solares es necesario considerar aquellas empresas que tengan un consumo energético termal constante a lo largo del año.

Como se mencionó anteriormente es posible la aplicación de colectores solares de uso domiciliario en el rubro industrial, a su vez la aplicación de colectores solares que produzcan electricidad es aplicado ampliamente en la industria. Algunas de estas aplicaciones se describen a continuación.

1.5.2.1. Colectores plato parabólico o concentrador solar

Los colectores de plato parabólico consisten en unos espejos cóncavos parabólicos que concentran la radiación solar en un foco por el cual pasa un conducto o receptor que lleva el fluido transportador de calor, que puede ser aceite o salmuera, dependiendo del tiempo que el fluido sea expuesto a esta radiación se pueden alcanzar temperaturas de 300 [°C], luego este es conducido a una caldera que contenga agua, este fluido aumentara la temperatura del agua convirtiéndola en vapor. La energía producida por este vapor puede ser empleada en generar electricidad si esta previamente pasa por una turbina que esté conectada a un generador, a estos tipos de concentrador solar se denomina Plato-Stirling, como se aprecia en la Figura 1-11.

Los sistemas de Plato-Stirling pueden alcanzar una eficiencia del 20 % o más. Una de las desventajas de este sistema de captación de energía es el precio de adquisición, por contraparte una de sus ventajas es que la estructura puede concentrar la radicación solar en un área reducida.

Fuente: www.sitiosolar.com

Figura 1-11. Colectores de plato parabólico

1.5.2.2. Colectores de canal parabólico

Los colectores de canal parabólico se constituyen de un conjunto de espejos curvados, que concentran la radiación solar en una línea focal, Figura 1-12.

Cada colector es posicionado uno al lado del otro en una fila de 300 [m] a 600 [m], a su vez se instalan múltiples filas paralelas de colectores solares, debido a esto el área de trabajo de este tipo de colector solar debe ser extensa. Al igual que los colectores solares de plato parabólico estos poseen un motor conectado a un computador que los mueve en dos ejes para conseguir una mejor captación de la radiación solar.

En la línea focal se encuentra un receptor o tubo de metal el cual va embutido dentro de un tubo de cristal al vacío, para reducir perdidas por convección y los espejos curvados tienen una capa selectiva especial, para reducir perdidas por radiación solar. El fluido que ocupan estos colectores solares es generalmente aceite térmico y alcanza temperaturas de casi 400 [°C], y un intercambiador de calor transfiere el calor del aceite termal a un ciclo Rankine.

Fuente: www.energiasolartermica.biz/

Figura 1-12. Colectores de canal parabólico

1.5.2.3. Centrales solares de torre

Las centrales eléctricas termales solares de torre, se componen de centenares o incluso millares de grandes espejos ligeramente curvados con sistemas de seguimiento de dos ejes se instalan alrededor de una torre, como se aprecia en la Figura 1-13.

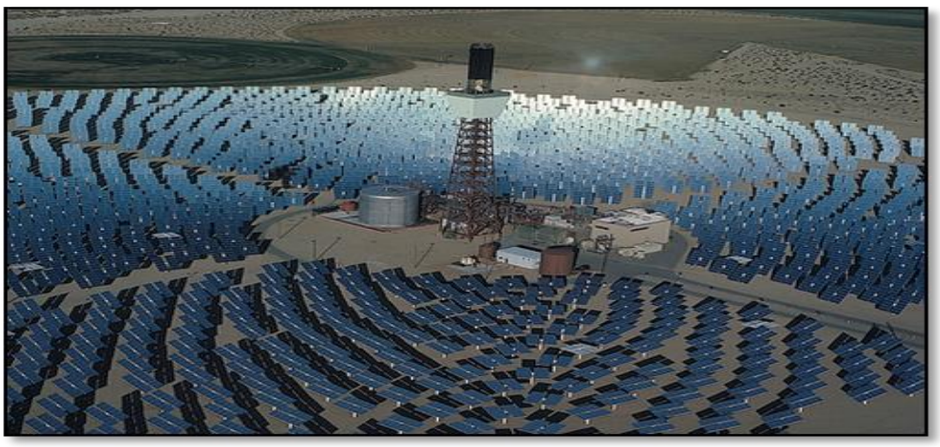
Los espejos anteriormente citados son llamados también helióstatos, estos están montados sobre unos motores los cuales pueden moverlos en dos ejes por medio de una computadora que calcula la posición ideal de cada helióstato para asegurar el máximo de aprovechamiento de radiación solar. Estos espejos apuntan a la cima de una torre ubicada al centro de todos ellos. Es allí donde está localizado el receptor, el cual se calienta hasta temperaturas de 1000 [°C] o más, dependiendo de las condiciones atmosféricas.

El fluido ocupados en esas centrales en por lo general aire caliente o sal fundida, el cual transporta el calor desde un generador de vapor; donde se produce vapor de agua sobrecalentado, el cual acciona una turbina y un generador eléctrico, al igual que en el caso de las centrales eléctricas de canal.

Las ventajas que presenta este tipo de aprovechamiento de la energía solar que reemplaza fuentes de energía como los combustibles fósiles o nucleares, presenta autonomía ya que es una energía inagotable. La desventaja que presenta esta aplicación de la energía solar es su alto costo de instalación.

Chile actualmente posee la central termo solar más grande Sudamérica ubicada en la Región de Atacama la cual fue nombrada “Atacama 1” esta posee 1 000 hectáreas en la que también se encuentran paneles fotovoltaicos, Atacama es el desierto con mayor

radiación solar en todo el mundo volviéndose así un lugar ideal para la aplicación de la energía solar. Actualmente la producción de energía que genera “Atacama 1” es de 110 [MW] por parte de la central termo solar y 100 [MW] por parte de los paneles fotovoltaicos, en lo que se refiere a almacenamiento puede garantizar 17,5 [h] de producción continua las 24 horas del día, durante todos los días del año.



Fuente: www.endesaeduca.com/

Figura 1-13. Centrales solares de torre

1.6. CONDICIONES CLIMÁTICAS

La Universidad Técnico Federico Santa María, sede José Miguel Carrera, se ubica entre de Viña del Mar y Quilpué, ambas ciudades corresponden a la región de Valparaíso de Chile, está ubicada a 33° Latitud Sur y a 78,38° Longitud Oeste, presenta propiedades climáticas de tipo mediterránea templada cálida con temperaturas moderadas debido a la cercanía al mar y con una estación seca prolongada durante el año. Según la Dirección Meteorológica de Chile, se pueden encontrar temperaturas relativamente altas durante todo el año.

La Universidad Técnico Federico Santa María gracias a un contrato con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), crea un manual sobre radiación solar a lo largo del país, llamado “Irradiancia solar en territorios de la República de Chile” el año 2008. El acopio de datos fue logrado gracias a la entrega de información de diversas entidades como la Armada de Chile, el Ministerio de Obras Públicas, Endesa y la Oficina Meteorológica de Chile.

La radiación total horaria, promedio mensual para distintas orientaciones (azimut, AZ) e inclinaciones de superficies con unidades de [W/m2], producida en la región de Valparaíso en el año de 2008 los meses de Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre registrada por el manual antes mencionado publicado por la Universidad Técnico Federico Santa María, es detallada en la figura 1-14.

LOCALIDAD: **VALPARAISO**
LATITUD: 33,03 [GRADOS] SUR

AZ	INCL	MARZO HORA SOLAR 6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
HORIZONTAL		10,1	117,3	243,3	371,4	482,3	557,5	584,2	557,5	482,3	371,4	243,3	117,3	10,1
180	23	9,3	115,7	244,5	380,1	501,1	585,1	615,1	585,1	501,1	380,1	244,5	115,7	9,3
al	33	8,7	112,2	238,7	373,2	494,2	578,6	608,9	578,6	494,2	373,2	238,7	112,2	8,7
NORTE	43	8,3	107,3	229,3	360,0	478,3	561,1	590,9	561,1	478,3	360,0	229,3	107,3	8,3
	90	5,7	69,3	147,7	230,3	304,1	355,4	373,8	355,4	304,1	230,3	147,7	69,3	5,7
-135 NO	90	5,7	62,4	119,3	166,2	198,0	262,0	328,9	366,7	359,2	303,4	212,9	112,8	26,9
135 NE	90	26,9	112,8	212,9	303,4	359,2	366,7	328,9	262,0	198,0	166,2	119,3	62,4	5,7
-90 O	90	5,7	62,4	119,3	166,2	198,0	215,3	220,7	289,3	319,8	296,1	223,4	126,7	36,8
90 E	90	36,8	126,7	223,4	296,1	319,8	289,3	220,7	215,3	198,0	166,2	119,3	62,4	5,7
-45 SO	90	5,7	62,4	119,3	166,2	198,0	215,3	220,7	215,3	209,1	212,8	172,9	103,0	28,5
45 SE	90	28,5	103,0	172,9	212,8	209,1	215,3	220,7	215,3	198,0	166,2	119,3	62,4	5,7
0 SUR	90	6,8	62,4	119,3	166,2	198,0	215,3	220,7	215,3	198,0	166,2	119,3	62,4	6,8

AZ	INCL	JUNIO HORA SOLAR 6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
HORIZONTAL				63,1	138,8	208,1	256,7	274,1	256,7	208,1	138,8	63,1		
180	23			65,1	143,5	217,5	270,7	290,1	270,7	217,5	143,5	65,1		
al	33			64,5	142,2	216,4	270,1	289,7	270,1	216,4	142,2	64,5		
NORTE	43			63,1	139,0	212,1	265,3	284,8	265,3	212,1	139,0	63,1		
	90			46,8	101,8	155,6	195,0	209,5	195,0	155,6	101,8	46,8		
-135 NO	90			36,3	78,2	124,1	164,5	189,6	189,8	161,4	111,1	54,0		
135 NE	90			54,0	111,1	161,4	189,8	189,6	164,5	124,1	78,2	36,3		
-90 O	90			36,3	77,4	111,9	134,1	141,7	151,9	138,2	100,7	50,8		
90 E	90			50,8	100,7	138,2	151,9	141,7	134,1	111,9	77,4	36,3		
-45 SO	90			36,3	77,4	111,9	134,1	141,7	134,1	111,9	77,4	39,1		
45 SE	90			39,1	77,4	111,9	134,1	141,7	134,1	111,9	77,4	36,3		
0 SUR	90			36,3	77,4	111,9	134,1	141,7	134,1	111,9	77,4	36,3		

AZ	INCL	SEPTIEMBRE HORA SOLAR 6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
HORIZONTAL			88,7	205,7	326,5	431,8	503,7	529,2	503,7	431,8	326,5	205,7	88,7	
180	23		89,0	209,4	338,1	454,1	535,1	564,2	535,1	454,1	338,1	209,4	89,0	
al	33		87,0	205,7	333,9	450,4	532,3	561,7	532,3	450,4	333,9	205,7	87,0	
NORTE	43		83,9	198,9	324,1	438,6	519,4	548,6	519,4	438,6	324,1	198,9	83,9	
	90		57,2	134,1	216,9	291,9	344,5	363,4	344,5	291,9	216,9	134,1	57,2	
-135 NO	90		48,2	104,0	151,5	185,5	256,8	318,0	349,2	335,4	275,6	185,2	89,5	
135 NE	90		89,5	185,2	275,6	335,4	349,2	318,0	256,8	185,5	151,5	104,0	48,2	
-90 O	90		48,2	104,0	151,5	184,5	202,9	208,6	268,2	290,5	261,6	188,7	97,6	
90 E	90		97,6	188,7	261,6	290,5	268,2	208,6	202,9	184,5	151,5	104,0	48,2	
-45 SO	90		48,2	104,0	151,5	184,5	202,9	208,6	202,9	184,5	183,1	142,7	76,8	
45 SE	90		76,8	142,7	183,1	184,5	202,9	208,6	202,9	184,5	151,5	104,0	48,2	
0 SUR	90		48,2	104,0	151,5	184,5	202,9	208,6	202,9	184,5	151,5	104,0	48,2	

AZ	INCL	DICIEMBRE HORA SOLAR 6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
HORIZONTAL		115,0	246,4	389,7	528,6	645,2	722,9	750,2	722,1	645,2	528,6	389,7	246,4	115,0
180	23	97,5	223,3	364,4	505,6	627,2	709,7	739,0	709,7	627,2	505,6	364,4	223,3	97,5
al	33	87,7	207,5	343,0	479,8	598,6	679,7	708,5	679,7	598,6	479,8	343,0	207,5	87,7
NORTE	43	83,9	188,8	316,1	445,5	558,5	636,0	663,6	636,0	558,5	445,5	316,1	188,8	83,9
	90	58,2	114,1	162,4	206,2	260,2	297,3	310,5	297,3	260,2	206,2	162,4	114,1	58,2
-135 NO	90	58,2	114,1	162,4	197,7	219,7	230,9	288,2	349,1	372,0	348,6	283,8	194,0	100,6
135 NE	90	100,6	194,0	283,8	348,6	372,0	349,1	288,2	230,9	219,7	197,7	162,4	114,1	58,2
-90 O	90	58,2	114,1	162,4	197,7	219,7	230,9	234,3	331,7	394,5	402,6	352,4	259,4	151,4
90 E	90	151,4	259,4	352,4	402,6	394,5	331,7	234,3	230,9	219,7	197,7	162,4	114,1	58,2
-45 SO	90	58,2	114,1	162,4	197,7	219,7	230,9	234,3	255,3	314,6	336,6	309,7	239,7	147,6
45 SE	90	147,6	239,7	309,7	336,6	314,6	255,3	234,3	230,9	219,7	197,7	162,4	114,1	58,2
0 SUR	90	91,4	146,5	180,8	197,7	219,7	230,9	234,3	230,9	219,7	197,7	180,8	146,5	91,4

Fuente: Irradiación solar en territorios de la República de Chile Edicion 2008

Figura 1-14. Radiación total horaria, promedio mensual para distintas orientaciones (azimut, AZ) e inclinaciones de superficies con unidades de [W/m2]

Los colectores solares térmicos que serán intervenidos por esta propuesta están ubicados con un azimut de 180° Norte y con una inclinación de 33°, lo que representa una mayor captación de radiación solar según lo registrado por manual de radiación solar publicado por la Universidad Técnico Federico Santa María .

1.7. SITUACIÓN ACTUAL

Inicialmente se dispone de seis colectores solares, cinco de ellos se encuentran operativos con sus respectivas conexiones, ya sea tuberías, termocuplas y válvulas de bola. Por otro lado existe a disposición un sexto panel solar, el cual se encuentra desconectado de los demás por fallas y fugas presente en su sistema.

El circuito de los colectores solares está conformado básicamente por tuberías de PVC que están conectadas en paralelo en cada colector a la entrada de alimentación y a la salida de descarga. Los colectores solares ubicados en el laboratorio de energía renovable (L.E.R.) disponen en la línea de entrada una válvula de bola que dependiendo de la posición en que se encuentre permitirá el paso del fluido (en este caso agua potable) al colector o guiara al fluido hacia el colector siguiente. Cuando el fluido comienza a circular por el colector solar esta pasa por una termocupla a la entrada y una a la salida, la cuales miden la variación de temperatura en función del tiempo en que se demora el fluido en circular por el colector solar, siendo el mismo tiempo para los cinco colectores solares. Cada colector solar tiene como un fin común descargar el fluido utilizado por la misma línea de descarga. El agua no es almacenada en ningún depósito luego de haber sido utilizada, sino que se aprovecha como riego para las plantas aleñadas al L.E.R., Figura 1-4.

Los compontes de los que se dispone actualmente en los colectores solares térmicos son:

- Válvula de bola ¾ [in].
- Termocupla tipo k.
- Colector solar con acristalamiento.

Actualmente con los elementos implementados en los colectores solares, los ensayos aplicables son los siguientes:

- Medición de flujo.
- Calculo de Reynolds.
- Perdidas en cañerías.
- Medición geométrica.
- Dibujo mecánico.
- Mediciones con equipos e instrumentos mecánicos.

Todos los colectores solares térmicos disponibles en el laboratorio de energía renovable (L.E.R.) disponen de los mismos elementos, por lo tanto los ensayos aplicables a estos serán los mismos

CAPÍTULO 2: PROPUESTA Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE MEJORA PARA CIRCUITO HIDRÁULICO Y PARA CIRCUITO OLEO HIDRÁULICO EN LOS COLECTORES SOLARES

2. PROPUESTA Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE MEJORA PARA CIRCUITO HIDRÁULICO Y PARA CIRCUITO OLEO HIDRÁULICO EN LOS COLECTORES SOLARES

El objetivo de este capítulo se analizaran costos con presupuestos para la mejora, se realizará una planificación de trabajo con procedimiento de trabajo y programación, indagando condiciones de riesgo en la evolución del proyecto. Al término de este capítulo se hace referencia a las recomendaciones de uso, manejo y forma de operar a los colectores solares.

2.1. NUEVO DISEÑO DE CIRCUITO HIDRÁULICO PARA COLECTORES CONECTADOS EN PARALELO

Los colectores solares en condiciones iniciales dispuestos en L.E.R poseen componentes para un recorrido básico, que a grandes rasgos se entiende por entrada a los colectores solares, calentamiento y expulsión del fluido. Este recorrido se puede aprovechar para pocos ensayos aplicables. La mejora de nuevos componentes escogidos con fundamentos técnicos contrarresta esta eventualidad para posibilitar una mayor gama de aplicaciones con un circuito cerrado.

Se analizan costos bajo un presupuesto con un listado de materiales para la mejora para una estimación clara del precio total de esta inversión.

Para una renovación de forma correcta, se realiza una planificación de trabajo que consta un procedimiento de trabajo bajo una programación viable respecto al tiempo, indagando condiciones de riesgo en la evolución de la mejora de los colectores solares.

Al término de este capítulo se hace referencia a las recomendaciones de uso, manejo y forma más óptima de operar a los colectores solares.

La propuesta del nuevo diseño va dirigida a una implementación de electrobombas para recirculación del fluido independiente para cada colector solar térmico, a la incorporación de válvulas check para el flujo del fluido en una sola dirección y se añade un estanque para cada colector.

El circuito hidráulico, como se mencionaba anteriormente, consiste en el ingreso de agua potable a través de una cañería de ¾ [in], como se muestra en la Figura 2-1, cuyo recorrido implica el ingreso del agua fresca a cada colector mediante un

sistema en paralelo, controlado por una válvulas de bola, entrando a cada colector solar y siendo conducido por los tubos paralelos del mismo hasta llegar finalmente a una línea de descarga. Tal como se muestra en la Figura 2-2.

Fuente: Fotografía tomada a colector solar dispuesto en L.E.R.

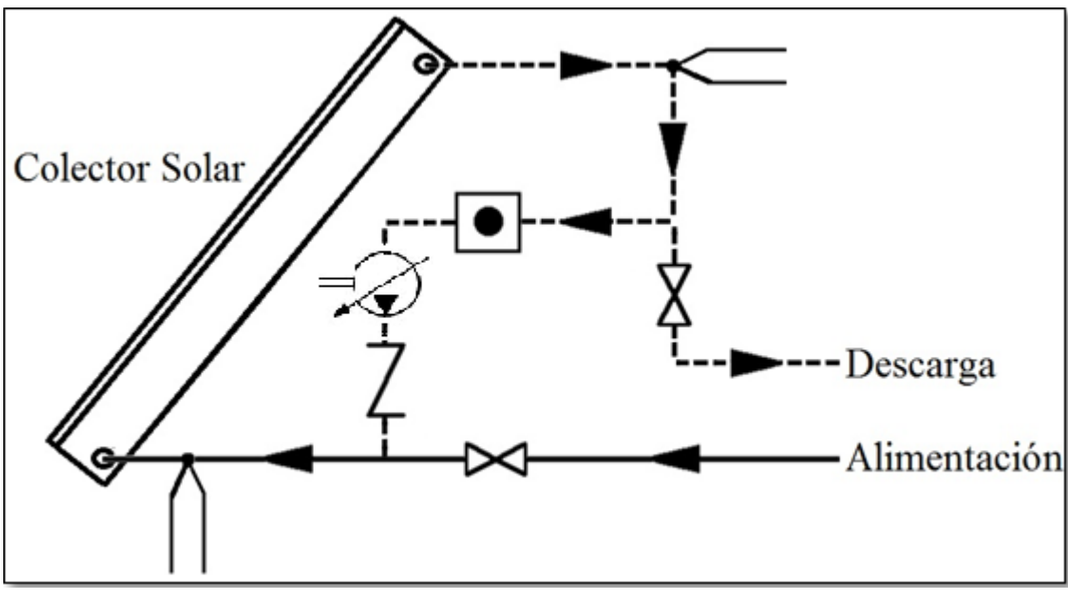
Figura 2-1. Tuberías PVC y válvula de bola para alimentación de circuito inicial de colectores

Fuente: Fotografía tomada a colector solar dispuesto en L.E.R.

Figura 2-2. Situación inicial de tuberías de descarga del colector solar

La Figura 2-3 muestra la nueva propuesta para el circuito hidráulico del colector solar y en la Tabla 2-1 se detalla la simbología ocupada, estas simbologías están bajo la norma ISO 4067/2 que expresa símbolos para instalaciones de fontanería – hidrosanitario.

Cabe destacar que también se implementa una electrobomba al colector solar térmico independiente, que opera con otro fluido, y se mantendrán los mismos componentes de mejora que el circuito hidráulico.



Fuente: Elaboración propia a partir de simbologías ISO4067/2

Figura 2-3. Esquema de circuito hidráulico y óleo hidráulico del colector solar propuesto

Los materiales utilizados para esta propuesta son los siguientes:

- Válvula de bola de ¾ [in]
- Válvula Check de ¾ [in]
- Electrobomba de recirculación unidireccional de caudal variable
- Estanque 25 [L]
- Termocupla tipo J
- Tuberías ¾ [in]
- Conexión en T ¾ [in]
- Unión en 90° ¾ [in]

En la Figura 2-3 se ilustra el nuevo circuito hidráulico, si la válvula de bola de ¾ [in] incorporada está cerrada se logra la recirculación del fluido por el sistema hidráulico, el fluido se acumula en el estanque, quedando así cebada la bomba. Una vez que la bomba sea puesta en marcha, el fluido será impulsado en una sola dirección gracias a la incorporación de la válvula check de ¾ [in].

Las electrobombas implementadas facilitan el transporte del fluido calor-transportador desde los colectores hasta el almacenamiento y así repetitivas veces. Accionados por un motor eléctrico incluido que suministran al fluido la energía necesaria para transportarlo por el circuito a una determinada presión.

La bomba que se utiliza es de tipo rotor sumergido, donde resalta lo silencioso, requieren un bajo mantenimiento y se montan en línea con la tubería y el eje horizontal. Con el paso del tiempo, las tuberías van cogiendo corrosión, por lo que la pérdida de carga aumenta con el tiempo, además los cálculos se realizan como si en la instalación sólo hubiese agua, mientras que muchas veces se añade anticongelante, por esta razón en la práctica la bomba que se elige debe estar un poco sobredimensionada.

Las electrobombas implementadas en esta propuesta presentan varias velocidades de trabajo y el fabricante lo indica en sus gráficas, siendo posible apreciar la variación temperatura dependiendo del caudal seleccionado. Cabe destacar que también se implementa una electrobomba al colector solar independiente y se mantendrán los mismos componentes de mejora que el circuito hidráulico.

Tabla 2-1. Simbología del circuito mecánico hidráulico y óleo hidráulico

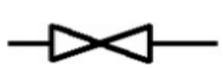
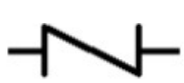
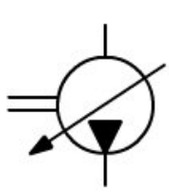
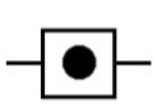
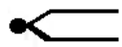
Simbología ISO	Elemento
	Llave de paso.
	Válvula Check.
	Bomba impulsora de fluido.
	Depósito acumulador.

Tabla 2-1. Simbología del circuito mecánico hidráulico y óleo hidráulico (Continuación)

	Termocupla.
	Tubería de agua fría.
	Tubería de agua caliente.
	Dirección de la corriente en el tubo.

Fuente: Instalaciones de Fontanería domésticas y comerciales 2ª edición ALBERT SORIANO RULL

En esta mejora se estima más conveniente utilizar cañerías de cobre tipo L en vez de PVC para poder dar más resistencia al circuito ya que el segundo elemento permite temperaturas como máximo de hasta 25°C y presiones de hasta 11,2 kg/cm^2, mientras que las cañerías de cobre resisten una presión de 325,62 kg/cm^2, además de ser más rígidas que las de PVC. Estas resistencias son extraídas del libro Instalaciones de fontanerías domésticas y comerciales.

El PVC o científicamente conocido como cloruro de polivinilo, ofrece una resistencia relativamente baja al calor, efecto que altera las propiedades físicas con temperaturas elevadas constantes a este económico plástico, lo cual puede producir deformaciones y/o alteraciones que afecten a las uniones del circuito, lo que resulta un esfuerzo mecánico considerable en codos, uniones de válvulas, uniones en las bombas, unión tipo T.

La mayor parte de la gama de PVC se recomienda para temperaturas bajas, no superiores a 60 [°C] o 65 [°C] (máximo hasta 80 [°C]), como por ejemplo para aguas residuales, refrigerantes, entre otros líquidos de trabajo en frío. Más allá de este punto el material se reblandece. Esto tiene consecuencias negativas para su estabilidad dimensional, sobre todo cuando el elemento en cuestión está sometido a cargas mecánicas de algún tipo. Ejemplo concreto del problema se produce en las tuberías de agua caliente o en paneles oscuros expuestos a la luz solar directa.

Es por esto que los colectores solares tienen tubos paralelos o serpentín con línea de cobre, para aguantar las altas temperaturas captadas por el sol y por ende

amplificarlas con los componentes internos del colector, ya sean aletas, reflectante térmico, lanilla de vidrio, etc.

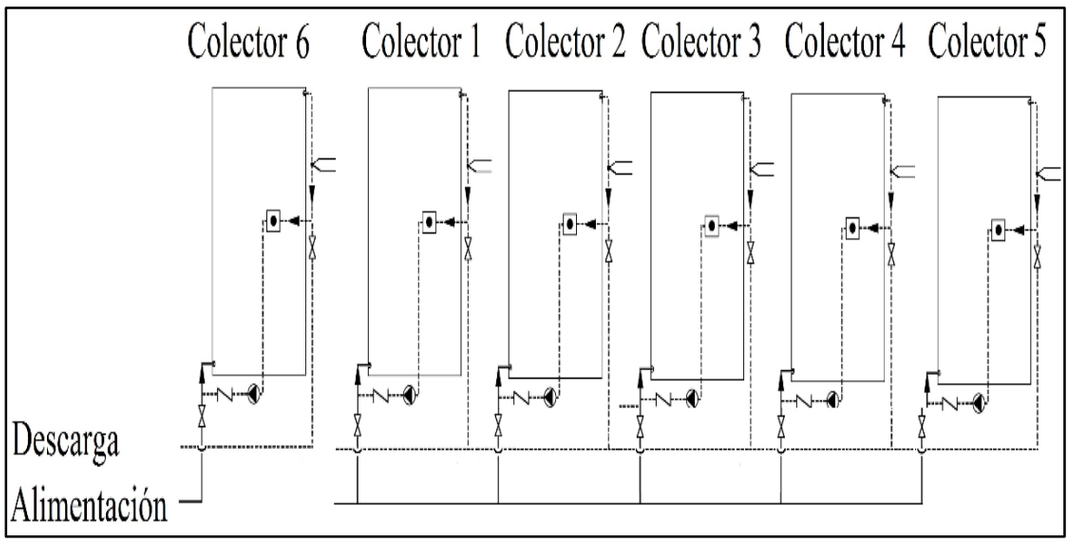
Por ende se sugiere implementar líneas con un material de mayor resistividad y conductividad a las temperaturas, de tal manera que el calor entregado por el serpentín al fluido se mantenga por mayor tiempo dentro de las tuberías del circuito exterior (llamamos circuito exterior a las líneas que están fuera del colector solar y circuito interior a las líneas "vivas" dentro del colector solar.), y retorne a la línea interior sin tanta pérdida calorífica.

2.1.1. Circulación del fluido con diseño hidráulico propuesto

La alimentación por agua del circuito es suministrada por una llave de paso ubicada en el laboratorio de energía renovable (L.E.R.). Éste fluido puede circular por los cinco colectores a la vez o solamente por uno gracias a una válvula de paso total de bola dispuesta a cada entrada de cada colector solar, al final de la red de suministro se encuentra un manómetro con el cual se puede verificar la presión inicial del fluido al entrar a los colectores solares.

Una vez ya con fluido dentro del colector éste sube por los tubos paralelos para luego decantar en el estanque, debido a que la válvula de bola implementada se encuentra cerrada. Con ésta válvula se puede elegir entre descargar el fluido o hacer que el líquido recircule por el colector. La válvula de bola que permite la alimentación al colector solar se debe cerrar para lograr el circuito cerrado.

La bomba al estar ubicada por debajo del estanque se auto ceba. El fluido es impulsado hacia una válvula check para la recirculación de éste. A su vez el colector número seis, el cual circula otro fluido, se implementará el mismo procedimiento del circuito hidráulico propuesto para los paneles conectados en paralelo. La Figura 2-4 ilustra los seis colectores solares térmicos dispuestos en el laboratorio de Energía Renovable (L.E.R.).



Fuente: Elaboración propia a partir de simbologías ISO 4067/2 y simbología de fontanería

Figura 2-4. Esquema de circuito de colectores solares con propuesta aplicada

A continuación se mencionan los ensayos aplicables a los colectores solares con la incorporación de los nuevos elementos:

- Medición de flujo.
- Calculo de Reynolds.
- Perdidas en cañerías.
- Medición geométrica.
- Dibujo mecánico.
- Mediciones con equipos e instrumentos mecánicos.
- Comparación de absorbancia entre agua y aceite.
- Comparación de estratificación de fluidos en el estanque.
- Verificación de velocidad y temperatura.
- Contraste de absorción de calor de los fluidos bajo a los caudales entregados por la bomba.
- Medición con termómetro digital DS1920 para toma de datos continua no presencial.
- Rendimiento de los colectores.

2.2. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE NUEVO CIRCUITO DE COLECTORES SOLARES

Primero que todo no se debe olvidar la seguridad ante cualquier tipo de eventualidad laboral. Por lo que son muy importantes resaltarlas en un procedimiento de trabajo

Se realiza un procedimiento de trabajo para definir un orden de acciones básicas para que el trabajo de mejora de estos colectores solares sea seguro.

Con una planificación de trabajo se tratan de evitar pérdidas materiales y/o humanas, además de canalizar bien el tiempo se tiende a organizar mejor.

2.2.1. Herramientas necesarias para esta mejora

- Juego de llaves punta corona de 10 [mm] a 32 [mm]
- Martillo de metal
- Soplete
- Balón de gas
- Llave ajustable Stilson pico de loro
- WD40
- Sierra con cuchilla Bimetal
- Soldadora
- Esmeril Angular
- Lima

2.2.2. Lista de materiales para prevención de riesgos necesarios

- Mascarilla respiratoria con filtro
- Guantes de cuero
- Overol
- Calzado de seguridad
- Antiparras

2.2.3. Riesgos potenciales de la operación y sus medidas de control

Para evitar riesgos potenciales al momento de construir el nuevo circuito hidráulico de los colectores solares térmicos se detallan los posibles riegos en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2. Riesgos potenciales y medidas de control

Riesgos	Medidas de control
Corte por	Utilice los guantes de cuero y overol para disminuir el riesgo de corte en el cuerpo
Golpeado por	Mantenga sus EPP en buen estado para por si alguna eventualidad de golpeteo, ya sea con algún martillo o apretamiento
Electrocutado por	Ponga atención al manipular herramientas y equipos eléctricos, materiales metálicos, sobre todo en condiciones de humedad alta.
Quemado por	Verifique que no existan fugas en las cañerías de los colectores, podrían salpicar encima de una persona. Al manipular el soplete procure utilizar guantes de cuero.

Fuente: Elaboración propia a partir de recomendaciones preventivas por memoristas

2.2.4. Procedimiento de trabajo

Con el fin de realizar la construcción del nuevo circuito hidráulico de los colectores solares de manera expedita y minimizando los riegos posibles se detalla el plan de trabajo para la implementación de nuevos componentes a la mejora.

2.2.4.1. Inspección de los seis colectores solares

- Revisar visualmente el estado de los tubos paralelos en los colectores solares térmicos, observar si tiene desgastes excesivos, corrosión, revisar la fibra de vidrio, pernos de sujeción, estado de las carcasas, cubierta de vidrio, aletas de absorción y reflectantes.

2.2.4.2. Inspección del circuito de tuberías

- Revisar visualmente el estado de las tuberías. Indagar acerca de desgastes o malas posturas de acoplamiento entre tuberías, terminales en 90°, válvulas de bola.
- Revisar el sello de teflón en cinta de las válvulas de bola.
- Revisar además funcionamiento correcto de Termocuplas, ya que se encuentran en postura al aire libre.

2.2.4.3. Inspección de estructura

- Revisar el estado de las soldaduras entre vigas, soportes de los colectores, notar si es necesario reforzar alguna soldadura.
- Revisar si la estructura cuenta posee una oxidación preocupante.

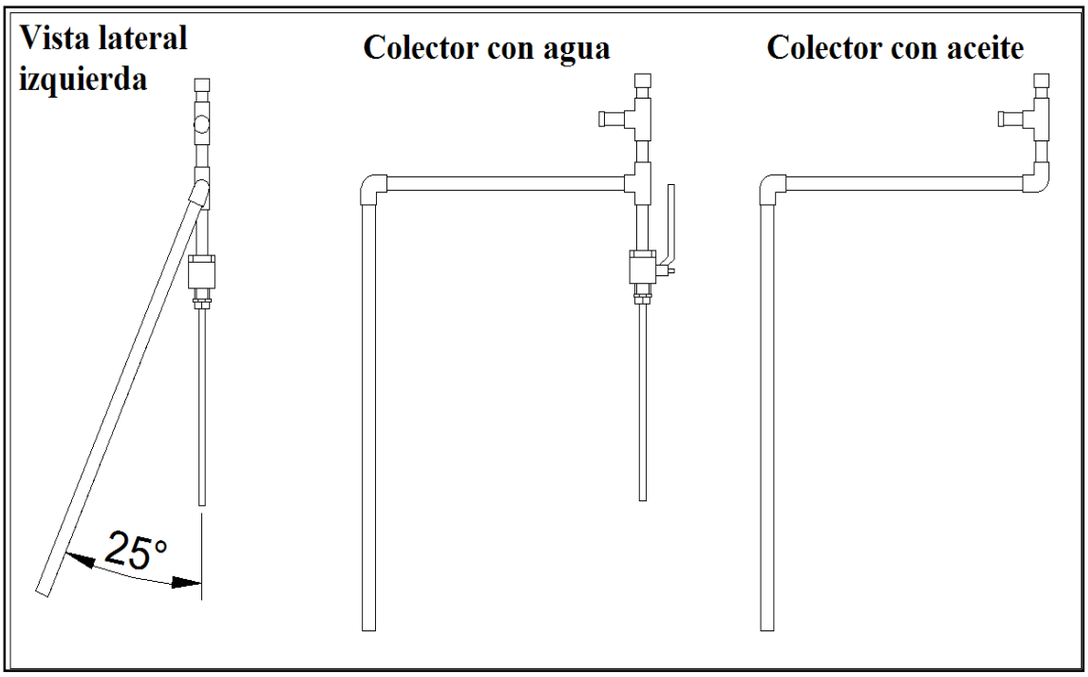
2.2.4.4. Preparación de materiales

- Se deben preparar los materiales y herramientas en la zona de trabajo.

2.2.4.5. Agregar nuevas tuberías y componentes para el circuito de descarga

- Desoldar las T de la parte superior del circuito de tuberías. Agregar conexión en 90° de ¾ [in] que permita agregar después 30 [cm] de tubería de forma horizontal para tener más espacio para agregar los demás componentes.
- Soldar 30 cm de tubería después del codo con soldadura de estaño para cañerías.
- Agregar al final de la línea una T, de tal forma de poder conectar la Termocupla.
- Por el otro lado de la T, conectar 20 [cm] más de cañería de cobre de forma vertical y agregar una válvula de bola de ¾ [in], cerciorándose de incluir teflón en cinta por ambos lados. Para el colector independiente se ocupa una conexión en 90° de ¾ [in], en vez de una conexión T y una válvula de bola de ¾ [in] con motivo de que el fluido en este colector no puede ser descargado al medio ambiente.
- Proceder a conectar un codo después de la válvula y soldar 30 [cm] de cañería de cobre.

En la Figura 2-5 se esquematiza lo anteriormente señalado y en los planos “Circuito hidráulico colector de agua 1” y “Circuito hidráulico colector independiente 1” adjuntos se detalla las dimensiones y elementos necesarios para cada colector solar.



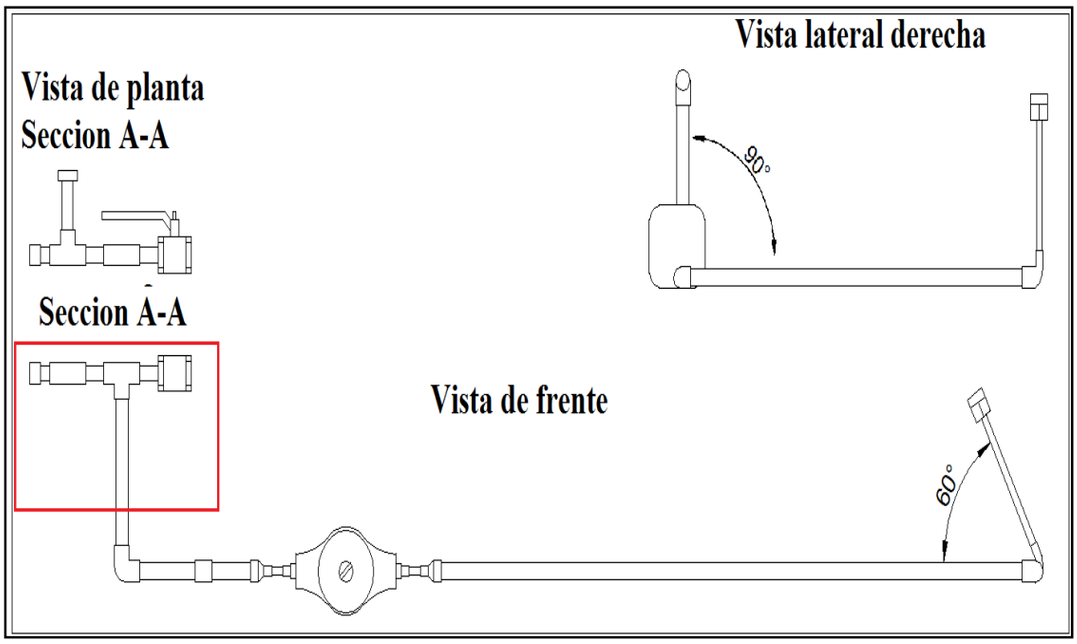
Fuente: Elaboración propia en software Autodesk Autocad

Figura 2-5. Nuevo circuito hidráulico salida del colector solar

2.2.4.6. Agregar nuevas tuberías y componentes para el circuito de entrada

- Desconectar la línea común de alimentación completa entre todos los colectores solares.
- Desconectar válvula de bola de ¾ [in] del circuito, procurarse de limpiar bien la zona en donde presenta teflón en cinta.
- Proceder a soldar por medio de estaño la tubería de cobre de30 [cm].
- Incluir una T en la misma línea, incluyendo teflón en cinta para sellar.
- A un lado de la T agregar 30 [cm] más de cañería de forma horizontal con teflón en cinta.
- Agregar una válvula de bola de ¾ [in] al final del tramo.
- Finalmente soldar otros 20 [cm] de cañería para unirse a la línea de alimentación común entre los colectores.

En la Figura 2-6 se esquematiza lo anteriormente señalado y en los planos “Circuito hidráulico colector de agua 2”, “Circuito hidráulico colector de agua 3” y “Circuito hidráulico colector independiente 2” adjuntos se detalla las dimensiones y elementos necesarios para cada colector solar.



Fuente: Elaboración propia en software Autodesk Autocad

Figura 2-6. Nuevo circuito hidráulico entrada del colector solar

2.2.4.7. <u>Complementar circuito con componentes mecánicos paralelamente a la línea de alimentación y de descarga</u>

- Antes de la Termocupla de entrada, se encuentra una T, donde una parte va dirigida directamente a la válvula que permite el fluido de alimentación del colector. Por el otro lado de la T se debe conectar una válvula de bola Check con sus respectivos sellos con teflón en cinta.
- Antes de la válvula Check se implementa la Bomba unidireccional caudal variable.
- La alimentación de la bomba será el fluido que viene de la parte superior del colector, pasando por un estanque anteriormente.
- Se conecta un estanque de 25 [L] a la bomba. Donde la otra parte del estanque se conecta con la línea que quedó desocupada en la otra vía en donde se conectó la T, al lado de la Termocupla de descarga respectivamente.

En la Figura 2-6 en la vista de frente se observa lo anteriormente descrito y en la Figura 2-9 se observa los estanques sujetados en la parte trasera de la estructura en que están apoyados los colectores solares.

2.3. DESCRIPCCIÓN TÉCNICA Y COSTOS DE ELEMENTOS PROPUESTOS DE LA MEJORA

Este sistema de mejora a los colectores solares propone una serie de elementos de gasfitería y electromecánicos, tales como electrobombas, termocuplas, dispositivos analizadores de temperatura, etc.; Los cuales conformarán un nuevo tramo a los circuitos. Estos nuevos elementos están incorporados en el nuevo circuito hidráulico como se aprecia en los planos adjuntos de esta tesis.

2.3.1. Descripción del funcionamiento

Este sistema de mejora a los colectores solares propone una serie de elementos mecánicos y eléctricos, tales como una electrobomba, los cuales conformarán un nuevo tramo al circuito del fluido, ya sea para el agua o bien para el aceite.

Este sistema es de fácil manejo y funcionamiento, donde el operador no necesita gran capacidad de control, solamente se deben abrir o cerrar llaves de paso, pero sí debe tener precauciones, porque si bien el sistema se encuentra completamente sellado hay que tener conocimiento que se está trabajando con fluidos que alcanzan temperaturas perjudiciales al contacto, por lo tanto se sugiere operar con guantes de protección para poder realizar alguna medición de temperatura, abrir o cerrar llaves de paso, drenar los depósitos.

2.3.2. Selección y descripción técnica de elementos normalizados

En la Tabla 2-3 se nombran los materiales que se utilizan para la mejora del nuevo circuito para los colectores solares y se detallan los atributos técnicos para un buen entendimiento de los elementos propuestos. La totalidad de los elementos existen en el mercado y pueden ser comprados directamente en cualquier casa comercial que posea equipamiento de gasfitería.

Tabla 2-3. Información técnica de los componentes empleados en la mejora

Elemento	Peso	Material	Terminal	Medidas	Modelo	Observaciones	Otros
Llave de paso	0.44 [kg]	Acero Zincado	Hi-Hi	¾ [in]	Bola	Manilla acero Zincado	-
Válvula Check	0.35 [kg]	Bronce	Hi-Hi	¾ [in]	Unidire-ccional	Filtro desmontable	-
Electro-bomba	3.2 [kg]	Hierro fundido	HE-HE	Q= 50 [L/min] P1= 32 [W] P2= 45 [W] P3= 68 [W]	F PN10	- Rotor con alambrado de cobre - 6 [m] de elevación máxima	IP42
Termopar	-	Ni-Cr-Al	-	Grado termopar = -200 [°C] a 1250 [°C]	Tipo K	No usar con sulfuros, atmosferas conmutantes	Rango -200 [°C] a 1250 [°C]
Tubería	2.5 [kg]	Cobre	-	¾ in	M y K	L= Agua, gas M= Solo para agua. K=Condiciones severas, servicios y aplicaciones industriales.	-
Bidón	2 [kg]	Plástico	-	Diámetro estanque 44 [cm] Diámetro entrada 29 [cm]	Bidón 25 [L]	Bidón con llave Almacenamiento de agua, aceites, fluidos con baja viscosida.	Color Natural
Conexión T	0.5 [kg]	Bronce	SO-SO-SO	¾ [in]	Tipo T	Soldar con pasta y estaño	-
Unión 90	0.4 [kg]	Bronce	SO-SO	¾ [in]	Codo 90	Soldar con pasta y estaño	-

Fuente: Elaboración propia a partir de especificaciones técnicas de recursos en casa comercial SODIMAC

2.4. COSTOS TOTALES DE LA MEJORA DEL CIRCUITO PARA COLECTORES SOLARES Y REPARACION DE COLECTOR SOLAR PARA CIRCULACION DE ACEITE

En la Tabla 2-4 se detalla cantidad, el precio unitario y el precio total de los elementos que abarcan esta mejora. El presupuesto es entregado el día 15 de Diciembre del año 2015 al jefe de carrera de Mecánica Industrial Don José Carvallo Basaez.

Tabla 2-4. Presupuesto nuevo diseño colectores solares

Materiales	Cantidad	Precio unitario ($)	Precio total ($)
Tubería de cobre ¾ [in]	21 [m]	6 m a 24660	24 m a 98640
Válvula de bola de paso total ¾ [in] (acero zincado) HI-HI	6	2560	15360
Pasta para soldar con estaño 250 [g]	1	1670	1670
Estaño para cañerías ½ [kg]	2 rollos	7000	14000
Teflón Premium ¾ [in] de 50 [m]	1	2500	2500
Unión en 90° cobre ¾ [in] SO-SO	20	800	14400
Unión T cobre ¾ [in] SO-SO-SO	12	3800	45600
Balón de gas licuado 5 [kg]	1	17000	17000
Soplete para gas licuado	1	30000	30000
Electrobombas para flujos (agua, aceite), caudal de 50 [L/min]	6	65000	390000
Válvula de retención (Check ¾ [in])	6	3390	40680
Bidón con llave (25 [L])	6	12990	77940
Corta tubo para fierros	1	5500	5500
Perfil Tubular Cuadrado 20 [mm] x 20 [mm] x 2 [mm] x 6 [m]	4	3500	14000
Terminal ¾ [in] HE-SO	12	900	10800
Terminal ¾ [in] HI-SO	12	900	10800
Terminal 1 [in] HI-SO	4	1500	6000
Acople 1 [in] x ¾ [in] SO-SO	4	1500	6000
Soldadura 1/8 [in]	2 [kg]	3000	6000
		Precio total	806890
		Precio total + 20%	968268

Fuente: Elaboración propia a partir de precios de recursos en casa comercial SODIMAC

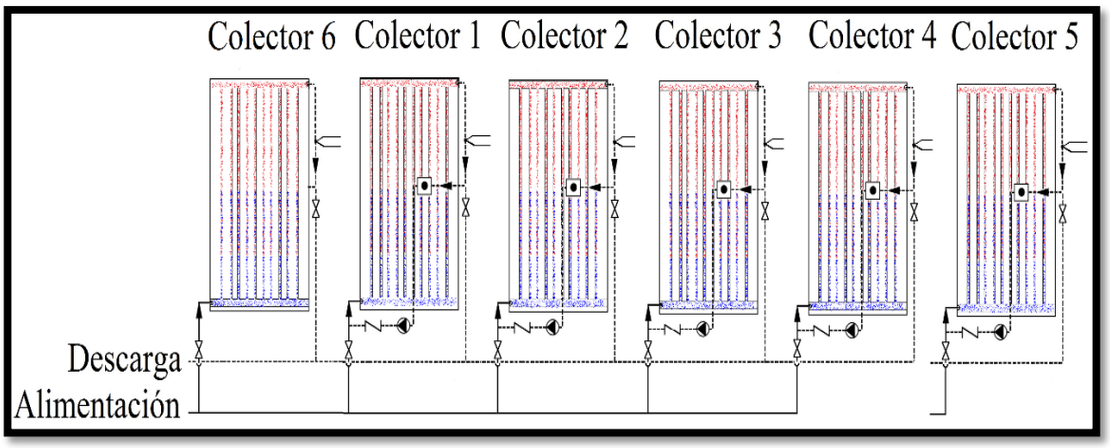
2.4.1. Materiales entregados para la construcción de la mejora de los colectores solares térmicos

Los materiales para la mejora del circuito hidráulico de los colectores solares fueron entregados el día 10 de Junio del año 2016. Todo los materiales y herramientas son proporcionados a los alumnos memoristas sin problemas, a excepción de las electrobombas presentadas en el presupuesto, ya que se solicitan seis con un caudal de 50 [L/min], HE-HE de ¾ [in], con potencia variable de 93 [W], 67 [W] y 46 [W]; Y la Universidad Técnico Federico Santa María, sede José Miguel Carrera, Viña del Mar informa que no es necesario comprarlas, ya que se cuenta con electrobombas disponibles en su bodega, pero solamente cuentan con cinco de ellas.

Las electrobombas de bodega son donadas al proyecto de tesis, pero las características son distintas a lo que inicialmente se solicitaba en el presupuesto. Cuatro electro-bombas con selectoras de potencias de trabajo de 68 [W], 45 [W], 32 [W], caudal fijo de 34 [L/min], tipo HE-HE de ½ [in] y otra electro-bomba con selectora de potencias de trabajo de 93 [W], 67 [W] y 46 [W], tipo HE-HE de ¾ [in] y un caudal fijo de 50 [L/min], como se solicitaba inicialmente.

Debido a lo señalado anteriormente, la propuesta de mejoramiento del recorrido del circuito hidráulico e implementación de electro-bombas independientes para cada colector solar térmico, solamente se proporcionarán a cinco de ellos. El sexto colector solar que se propone reparar no llevará mejoras por falta de recursos, pero a la vez se aprovecha este hecho para realizar comparaciones entre cómo funcionaban los colectores solares inicialmente, es decir, sin la mejora propuesta, y con la mejora instalada. Sin embargo, se realiza una visita el sector L.E.R el mes de Junio de 2016 para verificar el banco a restaurar. Se encuentra el colector solar proyectado para reparar sin ningún desperfecto, es decir, había sido restaurado por Miguel Cubillos apoyo académico del L.E.R., por lo que no es necesario realizar ninguna reparación a éste último.

En la Figura 2-5 se expresa el cambio en un bosquejo simple, donde “Colector 5” se trata del colector solar térmico independiente que trabaja con aceite como transportador de calor.



Fuente: Elaboración propia bajo simbologías ISO 4067/2 y de fontanería

Figura 2-7. Actualización de mejora en los colectores solares térmicos del banco de prueba

Se propone instalar la electro-bomba HE-HE de 3/4 [in] a un colector solar térmico para uso con agua potable dispuesto en el banco de prueba, para simplemente dejar los demás disponible para implementar las cuatro bombas HE-HE 1/2 [in], incluyendo el de ciclo independiente, y poder así no tener diferencias de calor por distinto flujo entre los dos fluidos diferentes.

Por este motivo se realiza un nuevo presupuesto de materiales para ajustarse a este percance, el cual es detallado en la Tabla 2-5. Los materiales detallados en este nuevo presupuesto son entregados el día 15 de Junio de 2016.

Tabla 2-5. Segundo presupuesto de materiales

Materiales	Cantidad	Precio unitario ($)	Precio total ($)
Tubería de cobre ½ [in]	2 [m]	2090	4180
Terminal de bronce ½ [in] SO/HI	8	550	4400
Unión Americana de bronce ½ [in] SO/HI	5	6190	30950
Union Americana de bronce ½ [in] x ¾ [in] HE/HE	2	6790	13580
Union de 90° de bronce ½ [in] x ¾ [in] SO/SO	5	1090	5450

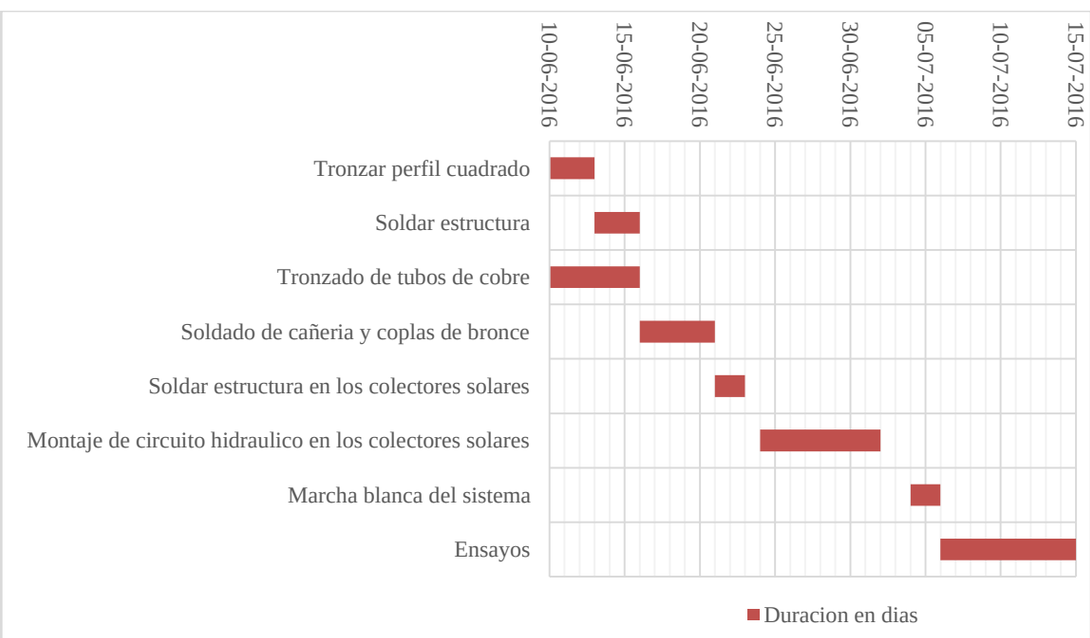
Tabla 2-5. Segundo presupuesto de materiales (continuación)

Union recta de bronce ½ [in] x ¾ [in] SO/SO	8	550	4400
Tapa-gorro de bronce ¾ [in] HI	2	1590	3180
		Precio total	66140
		Precio total + 20 %	79368

Fuente: Elaboración propia a partir de precios en casa comercial SODIMAC

2.4.2. Construcción del nuevo circuito hidráulico de los colectores solares

Para la construcción de la propuesta anteriormente mencionada se crea una carta Gantt, una vez que han llegado los materiales solicitados, para distribuir el tiempo en que se va a trabajar el taller de Mecánica Industrial de la Universidad Técnico Federico Santa María, sede José Miguel Carrera, Viña del Mar. En el Gráfico 2-1 se ilustra el plan de trabajo llevado a cabo.

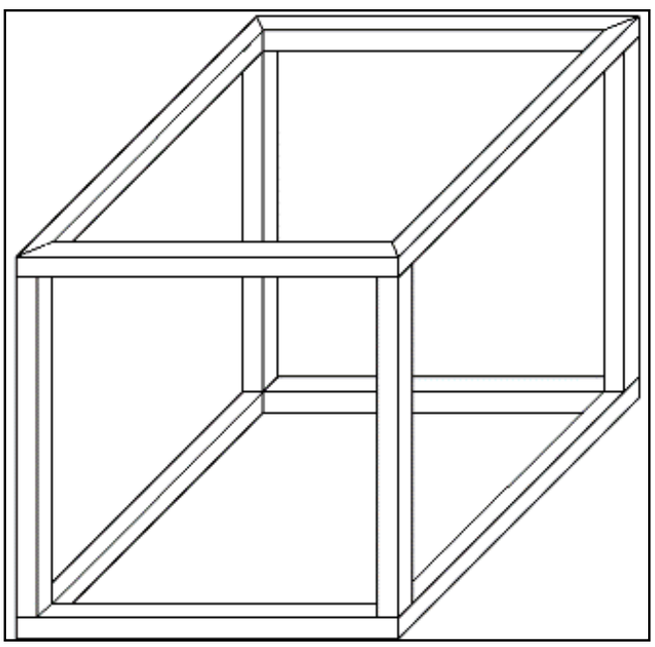


Fuente: Elaboración propia realizado en software Microsoft Office Excel

Gráfico 2-1. Distribución de tiempo para construcción de nuevo circuito hidráulico y oleo-hidráulico

A continuación se detalla cómo se realiza cada actividad dentro del plazo establecido por la carta Gantt, cada actividad esta supervisada por los Profesores Rodolfo Mancilla, y Gonzalo Arancibia, encargados como apoyo docente del departamento de Mecánica de la Universidad Técnica Federico Santa María, Sede Viña del Mar.

- Tronzado de estructura para sujetar estanque de 20 [L]: Para el tronzado de material se ocupa la cierra de cinta dispuesta en el taller de Mecánica Industrial. En el plano 1 se detalla las dimensiones de la estructura para sujetar el estanque de 20 [L].
- Para soldar la estructura que sujeta el estanque en los colectores solares, el taller de Mecánica Industrial facilita una máquina de soldar, guantes y mascara para soldar. Las piezas de 34 [cm] son soldadas en sus extremos para formar un cuadrado, sobre este cuadrado se soldán 4 piezas de 33 [cm] en cada extremo del cuadrado después se suelda otro cuadrado, de forma que queda un cubo Figura 2-7.



Fuente: Elaboración propia realizado en software Autodesk Autocad

Figura 2-8. Estructura para sujetar estanque

El cubo de perfil cuadrado es soldado en la estructura de apoyo de los colectores solares térmicos en la parte trasera Figura 2-8.

Fuente: Fotografía tomada a sujetadora en L.E.R.

Figura 2-9. Estructura sujetadora del estanque

- Una vez terminado el montaje de las cañerías en los colectores solares se procede a probar los colectores solares para verificar el correcto funcionamiento de estos, comprobando que no existen fugas o fallas en el funcionamiento de las electrobombas o en algún otro punto del sistema hidráulico de los colectores que operan con agua domiciliaria Figura 2-9.

- Se realizan ensayos de medición de temperatura en distintos puntos del circuito hidráulico en función del caudal entregado por el electro-bomba, estratificación en ambos fluidos con el Data Logger y con el termómetro digital DS1920, dichos ensayos se detallaran en el Capítulo 3.

Fuente: Fotografía tomada a instalación final a colectores solares térmicos en L.E.R.

Figura 2-10. Propuesta de mejora instalada en colectores solares y colector solar sin mejora

2.4.3. Modo de operación de los colectores solares térmicos con la propuesta indicada

Debido a la propuesta anteriormente mencionada, el circuito hidráulico de colectores solares térmicos es modificado, por lo cual es necesario indicar las posiciones de las válvulas de paso para que funcionen de manera correcta.

Si se desea ocupar los colectores solares térmicos de modo entrada y salida del fluido se deben seguir los siguientes pasos:

- Abrir las válvulas de bola de paso total dispuestas a la salida de los colectores solares o del colector que se vaya a ocupar.
- Abrir red de suministro de agua domiciliaria.
- Abrir la válvula de bola de paso total dispuesta a la entrada del colector solar (se podrán abrir las cuatro válvulas dispuestas en la entrada de los colectores solares térmicos dispuestos en el laboratorio de energía renovable (L.E.R.) dependiendo de cuantos colectores se vayan a ocupar).
- Realizar las mediciones pertinentes con el termómetro digital portátil (Data Logger) o un termómetro digital DS1920.

En caso de ocupar los colectores solares para recirculación del fluido se debe seguir los siguientes pasos:

- Cerrar las válvulas de bola de paso total dispuestas a la salida de los colectores solares o del colector que se vaya a ocupar.
- Cerrar las válvulas de paso de los estanques.
- Abrir red de suministro de agua domiciliaria.
- Abrir las válvulas de bola de paso total dispuestas a la entrada del colector solar (se podrán abrir las cuatro válvulas dispuestas en la entrada de los colectores solares térmicos dispuestos en el laboratorio de energía renovable (L.E.R.) dependiendo de cuantos colectores se vayan a ocupar).
- Llenar los estanques con la cantidad de agua domiciliaria con que se realizara el ensayo.
- Cerrar la válvula de bola de paso total dispuesta a la entrada del colector solar.
- Abrir las válvulas de paso de los estanques.
- Conectar la electro-bomba y seleccionar la potencia de trabajo.
- Realizar las mediciones pertinentes con el termómetro digital portátil (Data Logger) o un termómetro digital DS1920.

Para operar el colector solar térmico independiente se deberá seguir las siguientes indicaciones:

- Identificar que el estanque del colector posea una cantidad de fluido suficiente del para ser operado. En caso de faltar aceite cerrar la válvula de paso del estanque y llenar el estanque son la cantidad necesaria para realizar el ensayo.
- Abrir válvula del estanque.
- Conectar la electrobomba y seleccionar la potencia de trabajo.
- Realizar las mediciones pertinentes con el termómetro digital portátil (Data Logger) o un termómetro digital DS1920 antes de realizar cualquier ensayo.
- Operar cuidadosamente los ensayos aplicables a los colectores solares.

CAPÍTULO 3: SELECCIÓN DE FLUIDO PARA COLECTOR SOLAR TÉRMICO INDEPENDIENTE, EN BASE DE UN ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN FUNCIÓN DEL TIEMPO Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE COLECTORES SOLARES CON PROPUESTA DE MEJORA INSTALADA

3. SELECCIÓN DE FLUIDO PARA COLECTOR SOLAR TÉRMICO INDEPENDIENTE, EN BASE DE UN ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN FUNCIÓN DEL TIEMPO Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE COLECTORES SOLARES CON PROPUSTA DE MEJORA INSTALADA

En este capítulo se reconocerán aspectos técnicos de fluidos posibles para ser utilizado como medio transportador de calor para ser operado en colector solar independiente. Se realizan pruebas de funcionamiento de los colectores solares con mejora instalada.

3.1. RECONOCIMIENTOS DE ASPECTOS TÉCNICOS DE FLUIDOS PARA LÍQUIDO CALOTRANSPORTADOR PARA COLECTOR SOLAR INDEPENDIENTE

Se realiza reconocimiento de aspectos técnicos y evaluaciones mediante ensayos para elección de fluido distinto transportador de calor para ser operado en colector solar independientemente a los demás conectados en paralelo. Además se realizan pruebas de funcionamiento de los colectores solares con la mejora instalada en condiciones climáticas invernales, es decir, se pone a prueba los colectores solares en temperaturas más críticas encontradas en el año.

En disposición, existe un quinto colector solar térmico que se requiere de un funcionamiento independiente de los demás colectores solares ya instalados en el Laboratorio de Energía Renovable (L.E.R.). A diferencia de los otros colectores solares térmicos, el colector solar que se instalara trabajara independiente a la red de suministro de fluido, con el motivo de que este trabaje con otro fluido calor-transportador con el fin de analizar el comportamiento de dos fluidos distintos sometidos a las mismas condiciones de trabajo.

Un líquido calor-transportador es el fluido que circula por los circuitos de los paneles solares térmicos. En estos sistemas, el fluido se calienta debido a la radiación solar que es captada a través del serpentín o por los tubos paralelos.

Los líquidos más comúnmente utilizados como calor-transportador son los siguientes:

1. Agua
2. Mezcla de agua y anticongelante
3. Combinación de líquidos orgánicos sintéticos
4. Aceites de silicona
5. Aceites minerales

El tipo de fluido seleccionado para la instalación depende de las condiciones climatológicas, la longitud y latitud del lugar donde se encuentra el proyecto. De esta decisión dependerá la eficiencia en el aprovechamiento de la energía renovable, así como la duración sin dañarse del panel térmico. En zonas donde, una época del año, se experimenten temperaturas bajas, es muy importante incluir anticongelante en el líquido calor-transportador.

En los casos en los que se incluya un anticongelante dentro de este fluido, es importante tener en cuenta las características de estos glicoles:

- Toxicidad: Los inhibidores de corrosión que incluyen son extremadamente tóxicos, por lo que es vital tomar precauciones para evitar que este líquido pueda entrar en contacto con el depositado en los acumuladores de agua caliente sanitaria.
- Viscosidad: Los elementos que componen este fluido hace que su textura sea más densa que el agua, dificultando el movimiento de estos líquidos a través de los circuitos de la instalación.
- Dilatación: Como todos los materiales, estos fluidos se dilatan con el calor. La característica especial a considerar de ellos es que esta dilatación es muy superior a otros líquidos, por lo que es importante tenerlo en cuenta en la fabricación de las instalaciones para evitar que la presión los destruya.
- Inestabilidad: La mayoría de estos anticongelantes pierden su estabilidad al alcanzar los 120º. Si la instalación se encuentra en un lugar en el que se pueda llegar a esta temperatura, es importante elegir un anticongelante preparado para ello, ya que de lo contrario podría entrar en un estado peligroso en el que se convertiría en extremadamente corrosivo, que podría afectar a la vida de los elementos de la instalación.
- pH: Entre 5 y 9 normalmente a temperatura estándar.
- Salinidad: Este es un factor importante a vigilar, ya que podría causar la aparición de depósitos salinos que también podrían dañar los paneles solares y el resto de la instalación. Como referencia, se suele tomar 0,5 gramos por litro de líquido como máximo permitido.

- Punto de ebullición: Idealmente la temperatura a la que el fluido comienza a hervir es inferior a la del agua podría verse como una ventaja, porque significa que absorbería más energía.
- Calor específico: Para absorber más energía, tarda también más en perderla o entregarla, por lo que la ventaja anterior se anularía al no transferir todo el calor absorbido.

Cada clase de fluido calor-transportador tiene sus propias características diferenciadoras, por ejemplo la capacidad de absorber y ceder calor viene determinada por una propiedad llamada calor específico.

Es importante analizar bien la situación del entorno donde se instalará el mecanismo con el fin de seleccionar correctamente el tipo a utilizar.

Para seleccionar el segundo fluido calor-transportador se realiza un ensayo de transferencia de calor en el laboratorio de Minería de la Universidad Técnica Federico Santa María, Sede Viña del Mar, bajo de la tutela de la profesora Beatriz Cancino Madariaga.

Los fluidos que serán evaluados en el ensayo de transferencia de calor serán los siguientes:

- Aceite de pepita de uva.
- Aceite de oliva.
- Aceite de motor SAE-40.
- Aceite de maravilla.
- Vaselina sólida.
- Parafina sólida.
- Agua domiciliara.

A continuación los fluidos anteriormente nombrados se analizan detenidamente para conocer sus aplicaciones principales y propiedades físicas.

3.1.1. Aceite de pepita de uva

El aceite esencial de uva ha sido utilizado durante cientos de años debido a sus propiedades medicinales, y las investigaciones contemporáneas han corroborado que este aceite en efecto contiene propiedades que pueden producir grandes beneficios a la salud, principalmente por su gran cantidad de ácidos grasos esenciales y antioxidantes.

Este aceite posee una densidad de 0.926 [g/cm3] a 20 [°C] y no es tóxico para la salud.

3.1.2. Aceite de oliva

Es el zumo del aceite más natural. Para ello, se eligen las olivas de la mejor calidad recién recogidas del árbol, a las que se les somete a procedimientos mecánicos de presión o por medios físicos para extraer el preciado “oro líquido”.

Su punto de fusión es de 0 [°C] a -9 [°C], su punto de inflamación y de ignición es más de 250 [°C], su densidad a 20 [°C] es de 0.92 [g/cm3].

3.1.3. Aceite de motor

El aceite SAE-40 es un tipo de aceite mineral, se utiliza para lubricar motores de automóviles previniendo la aparición de depósitos, sedimentos y barnices, impide el desgaste y la corrosión bajo diversas condiciones de trabajo. Esto quiere decir que el aceite está apto para soportar temperaturas normales y elevadas. Se adapta a varios tipos de vehículos.

El grado SAE que presenta este aceite es de 40 y una viscosidad a 40 [°C] cSt de 140. Su punto de inflamación es de 250 [°C] y su densidad a 15 [°C] es de 0.89 [g/cm3].

3.1.4. Aceite de maravilla

Suele ser considerado como un aceite menos saludable, pero lo cierto es que aunque se encuentre en una menor posición que el aceite de oliva en cuanto a sus diferentes beneficios nutricionales, la realidad es que es una excelente fuente de grasas cardiosaludables.

Su punto de fusión es de -16 [°C] a -18 [°C], su punto de inflamación es mayor a 285 [°C]. Este aceite comienza a emanar humo a la temperatura de 200 [°C] y su densidad a 20 [°C] es de 0.93 [g/cm3].

3.1.5. Vaselina sólida

La vaselina sólida es un derivado del petróleo; en concreto, procede una mezcla de refinados sólidos del petróleo, que hoy en día se utiliza como jabón, aceite perfumado, uso veterinario, entre otras.

No es soluble al agua, por lo que permite impermeabilizar ciertos elementos, creando barreras protectores que impide que la humedad en sectores de uso. Tiene un punto de fusión bastante bajo, aunque no es fijo ya que depende de en qué proporción se hayan mezclado los distintos derivados del petróleo que la componen.

Presenta un punto de fusión entre los 48 [°C] y 55 [°C], un punto de inflamación a los 150 [°C] y consta de una densidad de 0.9 [g/cm3] a 20 [°C].

3.1.6. Parafina sólida

La parafina se compone de hidrocarburos. Se extrae principalmente del petróleo crudo. Se puede extraer también de la cera de abeja y de las plantas.

El aceite de parafina líquida es un aceite mineral que se presenta en dos formas, ya sea aceite de parafina líquida pesado o aceite de parafina líquida ligero.

El producto a altas temperaturas tiende a emanar CO, CO2 y humo, por lo que se recomienda no elevar demasiada su temperatura por los gases nocivos para la salud.

El producto es inodoro, mientras que su punto de inflamación fluctúa entre los 220 [°C] a los 280 [°C], su densidad a los 20 [°C] es de 0.9 [g/m3].

3.1.7. Agua domiciliara

Se denomina agua potable al agua que se puede consumir o beber sin que exista peligro para nuestra salud. El agua potable no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar nuestra salud.

Por eso, antes de que el agua llegue a nuestras casas, es necesario que sea tratado en una planta potabilizadora. En estos lugares se limpia el agua y se trata hasta que está en condiciones adecuadas para el consumo humano.

La densidad del agua potable es igual a 1 [g/cm3] a 40 [°C] y a nivel del mar. Su punto de ebullición es de aproximadamente 100 [°C] y su punto de fusión de 0 [°C]

Los fluidos anteriormente mencionados no presentan ningún grado de peligro al contacto con la piel, excepto cuando alcanzan temperaturas elevadas. Se recomienda utilizar guantes de goma cuando estos fluidos tengan una temperatura elevada para evitar quemaduras de primer y segundo grado.

En caso de fugas de aceite se aconseja utilizar arena para poder limpiar el área afectada por el derrame del aceite. Prevenga que se extienda entrando en desagües, zanjas o ríos utilizando arena, tierra o barreras apropiadas. En la Tabla 3-1 se adjunta un cuadro de propiedades de los fluidos utilizados para este ensayo.

Tabla 3-1. Propiedades de fluidos utilizados en ensayo de transferencia de calor

Calor-transportador	Densidad	Punto de ebullición	Punto de fusión	Punto de inflamación
Aceite de pepita de uva.	0.926 [g/cm3]	216 [°C]	desconocido	desconocido
Aceite de oliva.	0.92 [g/cm3]	180 [°C]	0 [°C] a -9 [°C]	250 [°C]
Aceite de motor SAE-40.	0.88 [g/cm3]	315 [°C]	desconocido	250 [°C]
Aceite de maravilla.	0.93 [g/cm3]	160 [°C]	-16 [°C] a -18 [°C]	285 [°C]
Vaselina sólida.	0.90 [g/cm3]	[g/cm3] 343 [°C]	48 [°C] a 55 [°C]	199 [°C]
Parafina sólida.	0.90 [g/cm3]	350 [°C]	55 [°C]	220 [°C] a 280 [°C]
Agua domiciliara.	1 [g/cm3]	100 [°C]	0 [°C]	210 [°C]

Fuente: Elaboración propia basada en datos obtenidos en www.ufsquimicos.com

3.2. ENSAYO DE TRANSFERENCIA DE CALOR PARA SELECCIÓN DE FLUIDO PARA COLECTOR SOLAR INDEPENDIENTE

El ensayo para selección de fluido calor-transportador es llevado a cabo en el laboratorio de minería el día jueves 26 de noviembre del 2015 bajo la supervisión de la profesora Beatriz Cancino Madariaga.

3.2.1. Equipamiento utilizado en el ensayo

Para realizar este ensayo se ocuparon distintos elementos y equipos, los cuales se describen a continuación:

3.2.1.1. Placa calentadora

Para realizar el aumento de temperatura se utiliza una placa calentadora marca Thermo Scientific type 2200, el tamaño de la placa es de 12”x12” construida de

aluminio para la transición uniforme del calor, las temperaturas son controladas por un termostato analógico con control de mando y puede alcanzar temperaturas que van de 38 [°C] a 371 [°C]. En la Figura 3-1 se ilustra la placa calentadora utilizada para este ensayo.

Fuente: www.thomassci.com/Equipment/Hot-Plates/

Figura 3-1. Placa calentadora

3.2.1.2. Balanza de gramaje

Con la finalidad de medir el aumento de temperatura de la misma cantidad de masa de los distintos fluido se utiliza una pesa Shimadzu UX220H la cual pude pesar como máximo 220 [g] con una precisión de 0,001 [g]. En la Figura 3-2 se ilustra la pesa de gramaje mencionada anteriormente.

Fuente: www.ssi.shimadzu.com/products/

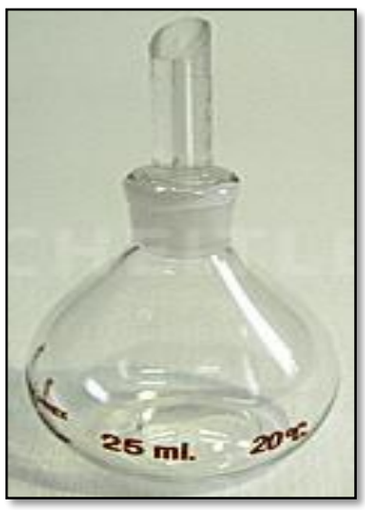
Figura 3-2. Pesa de gramaje

3.2.1.3. Pocillos

Para logra el aumento de temperatura a través de la placa calentadora se utilizaron pocillos de aluminio, los cuales tiene una capacidad máxima de 150 [g].

3.2.1.4. Picnómetro

Instrumento utilizado para la medición de masa de los distintos fluidos, con capacidad máxima de 25 [ml]. En la Figura 3-3 se ilustra el picnómetro utilizado en este ensayo.



Fuente: www.scheitler.com.ar/Productos/picnometros/

Figura 3-3. Picnómetro o botella de gravedad específica

3.2.1.5. Termómetro digital portátil:

También conocido como Data Logger, es utilizado para medir la temperatura de cada fluido en su respectivo pocillo una vez que la placa calentadora alcanza la temperatura de 155 [°C]. Para realizar el ensayo se utilizan dos Data Logger con cuatro entradas para termocuplas tipo J en cada uno. En la Figura 3-4 se ilustra el termómetro digital portátil.

Fuente: http://www.directindustry.es/prod/

Figura 3-4. Termómetro digital portátil

3.2.1.6. Cronometro

Instrumento utilizado para medir el tiempo que transcurre entre cada medición de temperatura de los fluidos, una vez comenzado el ensayo.

3.2.2. Plan de trabajo

- Se lavan todos los pocillos de aluminio utilizando jabón desengrasante, cerciorarse de no dejar ningún residuo ya que puede alterar el ensayo.
- Se pesa el pocillo en un la balanza digital y se tara.
- Con el picnómetro se llena el pocillo con 100 [ml] de cada fluido. Se procura lavar siempre el picnómetro después de cada extracción de los fluidos.
- En el caso de la vaselina sólida y de la parafina sólida se manipula la muestra hasta lograr dejar 100 [g] en los pocillos.
- Una vez que cada pocillo posee 100 [ml] y 100 [g] respectivamente, se procede a llevar las muestras a la placa calentadora. Se coloca una termocupla tipo J en contacto con cada pocillo para medir el aumento gradual en el tiempo de cada fluido.
- Se mantienen las muestras dispuestas en la parrilla eléctrica durante 50 minutos, ajustando una temperatura de 155 [°C] en la placa calentadora, realizando la medición de temperatura de los fluidos en los pocillos cada 1 minuto.

- Se realiza la medición de temperatura para todos los pocillos al mismo tiempo, por lo que no hay ninguna variación de tiempo entre las muestras.
- Se disponen de dos termómetros digitales portátiles de cuatro entradas de tipo K por cada uno, lo que facilita tomar la medición para todos en el mismo tiempo.

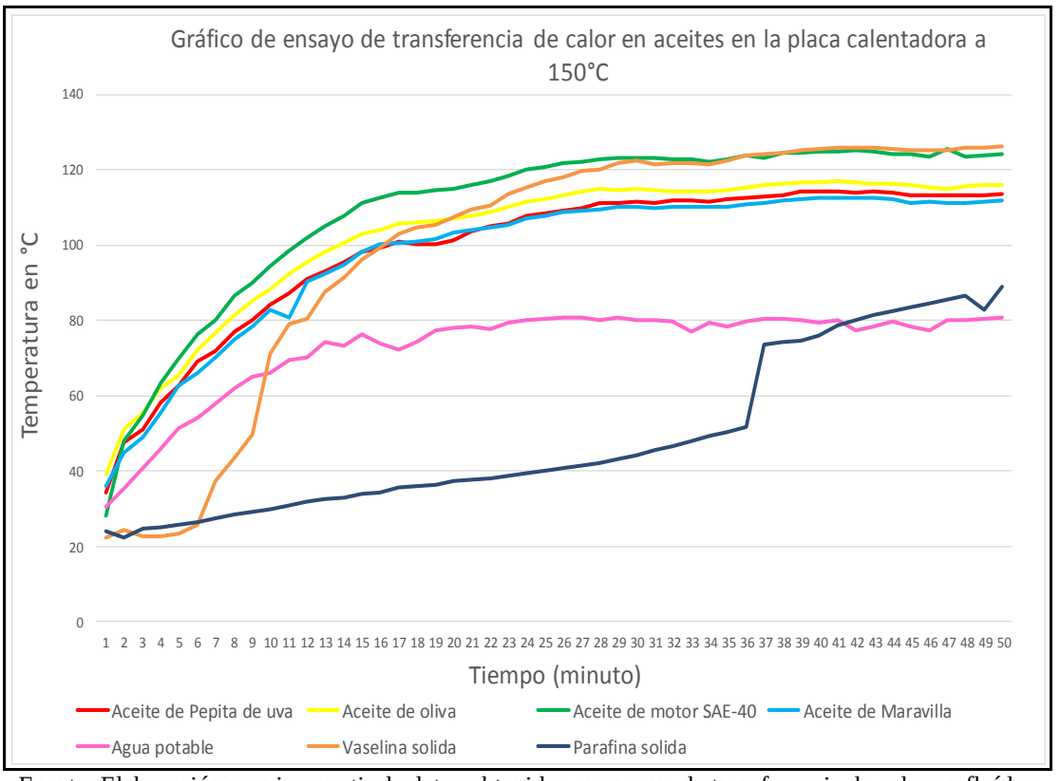
3.2.3. Datos obtenidos del ensayo de transferencia de calor

En la tabla 3-2 se registra los datos medidos con los termómetros digitales portátiles cada 1 minuto con la placa calentadora a 150°C y en el Gráfico 3-1 se ilustra el aumento de temperatura en los fluidos en función de los datos registrados en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2. Temperaturas en función del tiempo de los fluidos evaluados

Tiempo (min)	Temperatura en °C						
	Aceite de Pepita de uva	Aceite de oliva	Aceite de motor SAE 40	Aceite de Maravilla	Agua potable	Vaselina solida	Parafina solida
1	34,4	39,1	28,3	36	30,5	22,3	24
2	47,5	51	48	45	35,4	24,3	22,3
3	51,1	55,3	54,7	48,9	40,9	22,5	24,6
4	58,3	61,9	63,3	55,4	45,8	22,7	25,2
5	62,5	65,3	69,7	62,7	51,3	23,4	25,9
6	69	72,1	76,2	66,1	54,1	25,8	26,5
7	71,9	76,5	80,2	70	57,9	37,2	27,4
8	76,9	81,6	86,5	74,8	62	43,5	28,4
9	80	85,2	89,8	78,3	64,9	49,5	29,2
10	84	88,1	94,5	80,8	66,2	71,1	30
11	87,3	92,4	98,6	82,8	69,4	79,1	31
12	90,9	95,6	102	90,3	70,2	80,3	31,8
13	93,2	98,3	104,9	92,4	74,1	87,6	32,6
14	95,6	100,4	107,6	94,9	73,3	91,4	33
15	98,2	102,9	111,2	98	76,4	96	33,9
16	99,3	104,1	112,4	100,2	73,9	99,3	34,2
17	100,9	105,6	113,8	100,5	72,1	103,1	35,8
18	100,3	106	114	100,9	74,3	104,7	36,1
19	100,2	106,5	114,5	101,7	77,5	105,5	36,4
20	101,2	106,9	114,8	103,2	78	107,3	37,2
21	103,7	107,8	116	104,1	78,2	109,5	37,7
22	104,9	108,9	117	104,5	77,7	110,4	38
23	105,6	110,1	118,2	105,3	79,3	113,6	38,7
24	107,7	111,5	119,9	106,9	80	115,1	39,4
25	108,5	112,2	120,6	107,7	80,4	117	40,1
26	109,2	113,2	121,6	108,6	80,6	118	40,7
27	109,9	114,1	122,2	109	80,8	119,6	41,4
28	111,1	114,8	122,8	109,5	80,1	120,1	42,2
29	111,3	114,7	123	110	80,7	121,7	43,1
30	111,4	114,8	123	110	79,9	122,3	44,2
31	111,1	114,6	123	109,8	80,2	121,4	45,5
32	111,7	114,1	122,9	110	79,7	121,6	46,5
33	111,7	114,2	122,6	110	77	121,7	47,8
34	111,4	114,2	122,2	110	79,5	121,3	49,3
35	112,1	114,6	122,6	110,1	78,4	122,3	50,3
36	112,4	115,2	123,9	110,7	79,8	123,8	51,6
37	112,9	115,9	123,2	111,1	80,4	124,1	73,5
38	113,1	116,3	124,4	112	80,3	124,6	74,4
39	114,1	116,5	124,5	112,1	80,1	125,1	74,5
40	114,2	116,6	124,9	112,4	79,3	125,6	76
41	114,2	116,9	124,9	112,4	80,2	125,8	78,6
42	113,9	116,7	125	112,5	77,5	125,8	80,2
43	114,3	116,4	124,8	112,5	78,2	125,7	81,5
44	114	116,2	124,3	112,3	79,7	125,6	82,6
45	113,1	116	124	111,3	78,5	125,3	83,4
46	113,2	115,2	123,6	111,5	77,5	125	84,6
47	113,2	115	125,5	111,3	80,1	125,2	85,4
48	113,1	115,5	123,5	111,3	80	125,8	86,7
49	113,1	115,8	123,7	111,6	80,3	125,7	82,9
50	113,6	116	124,2	111,9	80,6	126,22	89,1

Fuente: Elaboración propia basado en temperaturas obtenidas por ensayo de transferencia de calor en fluídos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en ensayo de transferencia de calor en fluídos

Gráfico 3-1. Gráfico de tiempo vs temperatura de ensayo de transferencia de calor en aceites en la placa calentadora a 150°C

3.2.4. Observaciones del ensayo de transferencia de calor

Los siete fluidos anteriormente mencionados fueron evaluados bajo las mismas condiciones de trabajo, cada fluido presento un comportamiento distinto uno de otro, siendo uno solo el que presentó mejores propiedades mecánicas para la propuesta presentada, que consiste en contrarrestar la absorción de calor de dos fluidos distintos en las mismas condiciones de trabajo.

Al apreciar el gráfico se nota una gran diferencia entre el agua potable y los demás fluidos, donde claramente la parafina sólida posee la menor incorporación y retención de calor que los demás fluidos.

Claramente, el aceite de motor SAE-40 junto con la vaselina sólida presenta un alto índice de incorporación de calor. Sin embargo, al situarse en el minuto 9 del proceso se puede encontrar una temperatura de 50 [°C] en la vaselina sólida, lo que en comparación con el aceite de motor que se encuentra ya a una temperatura aproximadamente de 90 [°C]. No obstante la temperatura máxima tiende ser mayor por 1,22 [°C] más en la Vaselina Sólida, llegando a un pick máximo de 126,22 [°C], mientras que la del aceite de motor solamente llega a un pick de 125 [°C]. A pesar de

esto, esta diferencia de temperaturas máximas es poco notoria a nivel práctico, por lo que la comparación final y post-elección del fluido transportador de calor para el quinto colector solar se toma en cuenta la capacidad de transferencia de calor en menor tiempo posible.

La información obtenida una vez realizado el ensayo de transferencia de calor indica que el aceite SAE-40 es el fluido que presenta mejores propiedades en absorción de calor en un tiempo determinado y bajo las mismas condiciones de trabajo, por lo cual este aceite será el fluido calor-transportador ocupado para el colector solar térmico que operara independiente a los demás colectores solares térmicos ubicados en el laboratorio de energía renovable (L.E.R.) de la Universidad Técnico Federico Santa María, sede José Miguel Carrera, Viña del Mar.

3.3. PRUEBA DE ACEITE SAE-40 EN EL COLECTOR SOLAR TÉRMICO INDEPENDIENTE

El día Martes 05 de Julio del 2016 se realiza la marcha blanca del colector solar independiente, se suministra 20 [L] de aceite Shell R2 SAE-40 al estanque de dicho colector solar. Esta prueba revela que la viscosidad del aceite Shell R2 SAE40 es demasiado elevada lo que impide un fluir rápido por el sistema hidráulico. Debido a este inconveniente se decide diluir el aceite Shell R2 SAE40 en Diesel en una proporción de 1 [L] de aceite y 150 [cc] de Diesel.

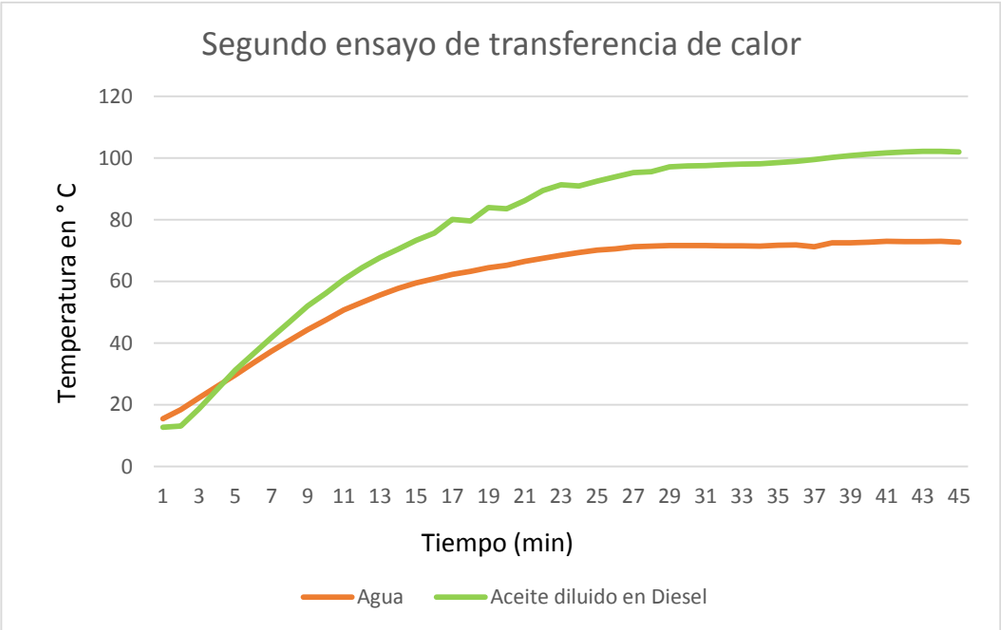
El aceite Shell R2 SAE40 es diluido en Diesel en una proporción de 1:0.15, por lo cual es necesario realizar un nuevo ensayo de transferencia de calor. Este ensayo será realizado el día miércoles 06 de Julio de 2016, bajo la supervisión del apoyo docente de la Sra. Karim Progaska Sáez.

En la Tabla 3-3 se registra los datos medidos con los termómetros digitales portátiles cada 1 minuto y en el Gráfico 3-2 se ilustra el aumento de temperatura en los fluidos en función de los datos registrados en la Tabla 3-3, este ensayo tiene una duración de 45 min.

Tabla 3-3. Segundo ensayo de transferencia de calor

Tiempo (min)	Agua	Aceite diluido en Diesel
	Temperatura en °C	
1	15,5	12,7
2	18,4	13,1
3	22,3	18,7
4	26	25
5	29,7	31,2
6	33,6	36,6
7	37,3	41,8
8	40,9	46,9
9	44,3	52
10	47,5	56,2
11	50,7	60,6
12	53,2	64,4
13	55,6	67,7
14	57,7	70,4
15	59,5	73,3
16	60,9	75,7
17	62,3	80,1
18	63,2	79,6
19	64,4	83,9
20	65,2	83,5
21	66,5	86,2
22	67,5	89,4
23	68,5	91,3
24	69,4	90,9
25	70,1	92,5
26	70,5	93,9
27	71,2	95,3
28	71,4	95,6
29	71,6	97,1
30	71,6	97,4
31	71,6	97,5
32	71,5	97,8
33	71,5	98
34	71,4	98,1
35	71,7	98,5
36	71,8	98,9
37	71,2	99,5
38	72,5	100,2
39	72,5	100,8
40	72,7	101,3
41	73	101,7
42	72,9	102
43	72,9	102,2
44	73	102,2
45	72,7	102

Fuente: Elaboración propia basado en datos de segundo ensayo de transferencia de calor en agua y aceite diluido en petróleo.



Fuente: Elaboración propia para proyecto, basado en datos de segundo ensayo de transferencia de calor.

Gráfico 3-2. Tiempo vs temperatura de ensayo de transferencia de calor en aceite diluido en Diesel y agua

El ensayo de transferencia de calor demuestra que el aceite sigue presentando mejores propiedades de transferencia de calor que el agua domiciliaria, por cual se determina ocupar el aceite Shell R2 SAE40 diluido en Diesel en una proporción de 1:0.15.

3.4. ENSAYO DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN LOS COLECTORES SOLARES

Una vez seleccionado el fluido que circulara por el colector solar independiente, se procese a detallar como realizar ensayos de absorción de calor, estratificación en los estanques y disipación de calor, con equipos de termocupla tipo J con Data Logger (registro de temperatura cada un segundo, con una máxima cantidad de registros de temperatura de 10.000 datos), termocupla ibutton DS1920 (registro de mediciones de 1 segundo, 1 minuto, 5 minutos, 10 minutos y 1 hora, los datos son traspasados a un computador con el programa OneWireViewer) Figura 3-5, y con los datos adquiridos por Tinytag Plus Figura 3-6.

Fuente: Fotografía tomada a Termocuplas electrónicas

Figura 3-5. Termocuplas Ibutton DS1920

Fuente: Fotografía tomada a equipo Tinytag Plus

Figura 3-6. Equipo Tinytag Plus

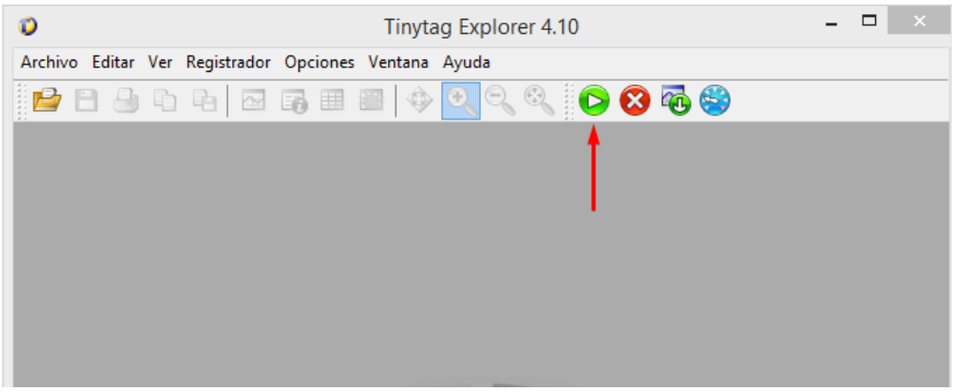
Los ensayos deben ser realizados a partir de las 10:00 am hasta las 16:00 pm. Se determina este horario para aprovechar la mayor luz del día en esta temporada de invierno. Si se llegase a hacer más tarde se tendría menor captación solar y las sombras de los árboles aledaños al Laboratorio de Energía Renovable (L.E.R.) obstruirían la radiación solar en los colectores ocupados en este Trabajo de Titulo. A continuación se detalla el método de toma de datos en colectores antes mencionados.

- Colocar las termocupla de contacto de los adquisidores de datos Tinytag Plus en la entrada y salida del o de los colectores solares térmicos, se deberá conectar el adquisidor de datos al computados y traspasar los datos con el programa Tinytag Explorer 4.8, estos datos son representados en gráficos por dicho programa.
- Colocar las Termocuplas ibutton DS1920 en la entrada y salida de los colectores solares en contacto directo con las cañerías de cobre, los datos serán extraídos con el programa OneWireViewer una vez es conectado al computador, estos datos son representados en gráficos por dicho programa.
- Medición de estratificación y disipación del calor en los estanques es realizada con las termocuplas Tipo J los datos serán registrado en formato Microsoft Excel una vez es conectada la tarjeta SD al computador, estos datos son registrados solo como números en un archivo Excel, estos datos se pueden representar en un gráfico con dicho programa.

3.4.1. Adquisición de los datos registrados por el equipo Tinytag Plus y Termocuplas ibutton DS1920 por medio de Software

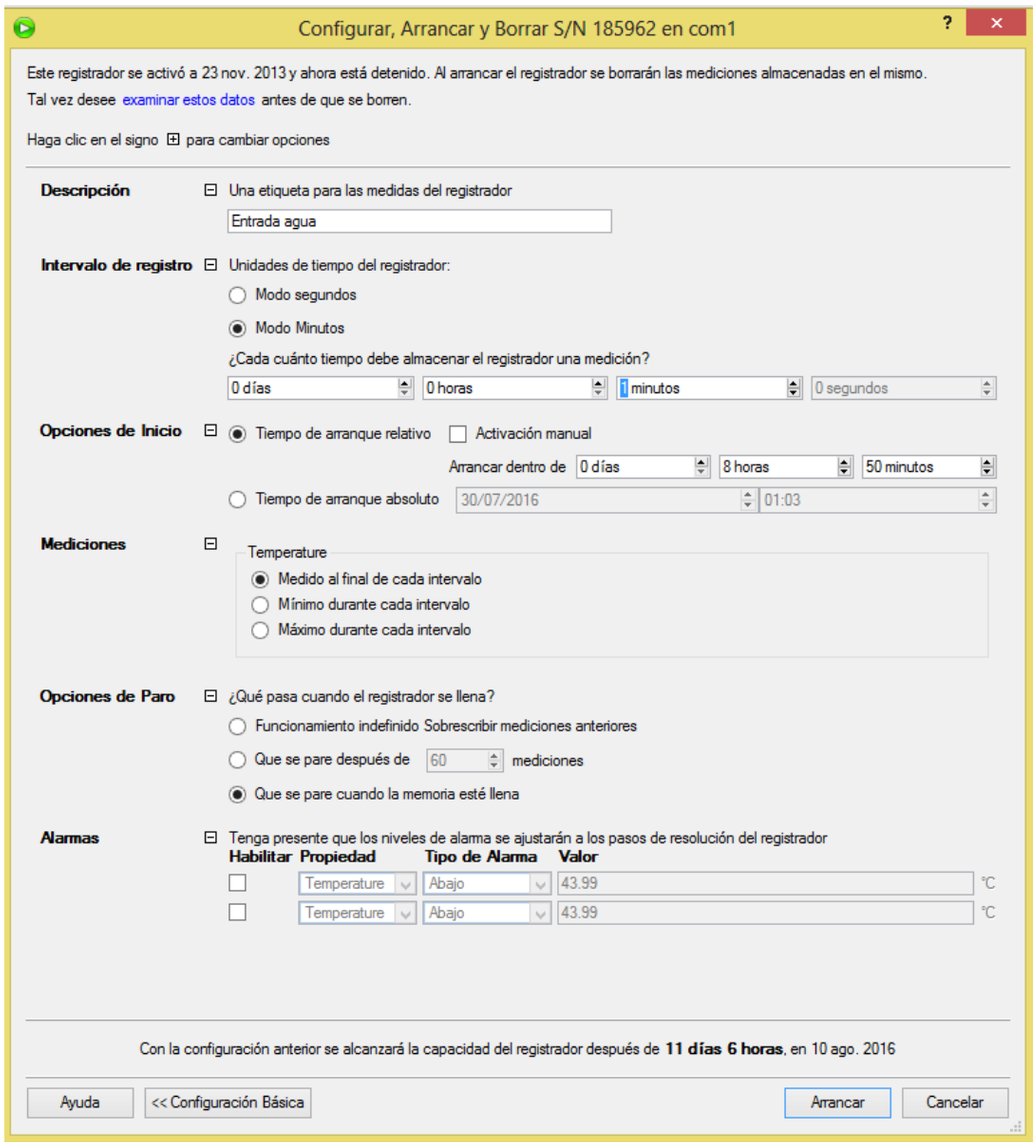
Para ver los datos registrados por los adquisidores de datos Tinytag Plus se necesita el software Tinytag Explorer, a continuación se describe como programar los adquisidores e importar los datos a Microsoft Excel.

- Para iniciar la adquisición de datos se debe dar click en el círculo verde con una flecha en el medio Figura 3-7, se desplegará una ventana donde se dará la opción de configurar el adquisidor de datos Figura 3-8.
- Terminados los ensayos con este equipo, se debe conectar los adquisidores de datos al PC y abrir Tinytag Explorer, se da click en la tabla con un círculo verde para graficar los datos Figura 3-9 y para ver los datos se da click en la tabla Figura 3-10.
- Para exportar los datos a Microsft Excel se deben seleccionar los datos, click derecho y seleccionar copiar Figura 3-11, se abre una plantilla Excel y se pegan los datos seleccionados.



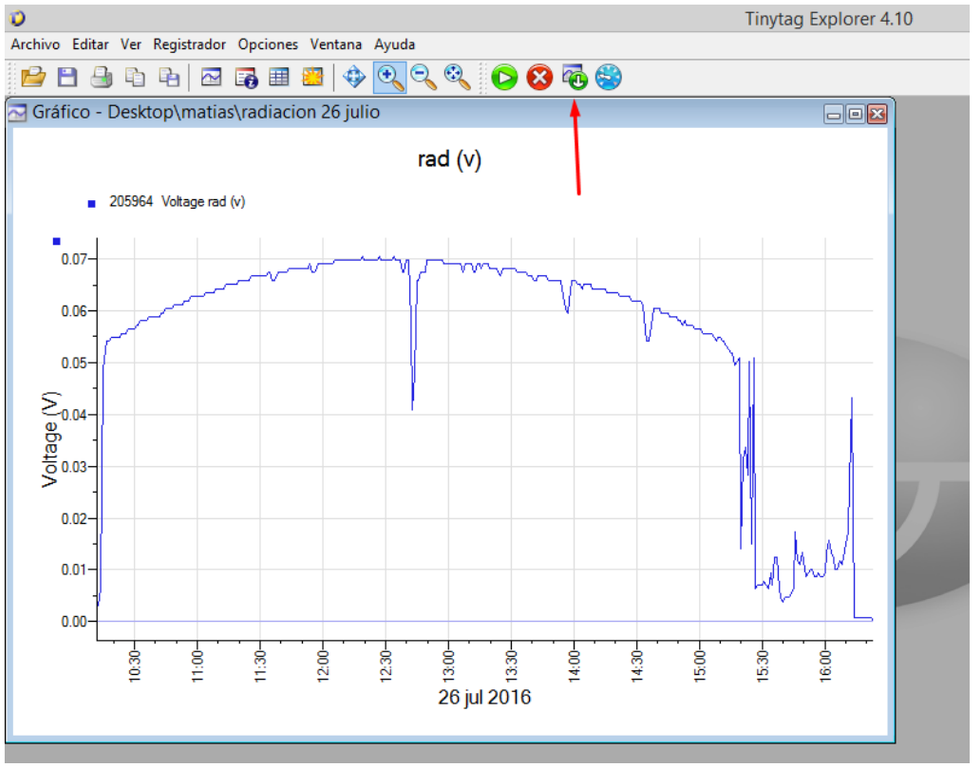
Fuente: Menú inicial de software Tinitag Explorer 4.10

Figura 3-7. Iniciar adquisición de datos



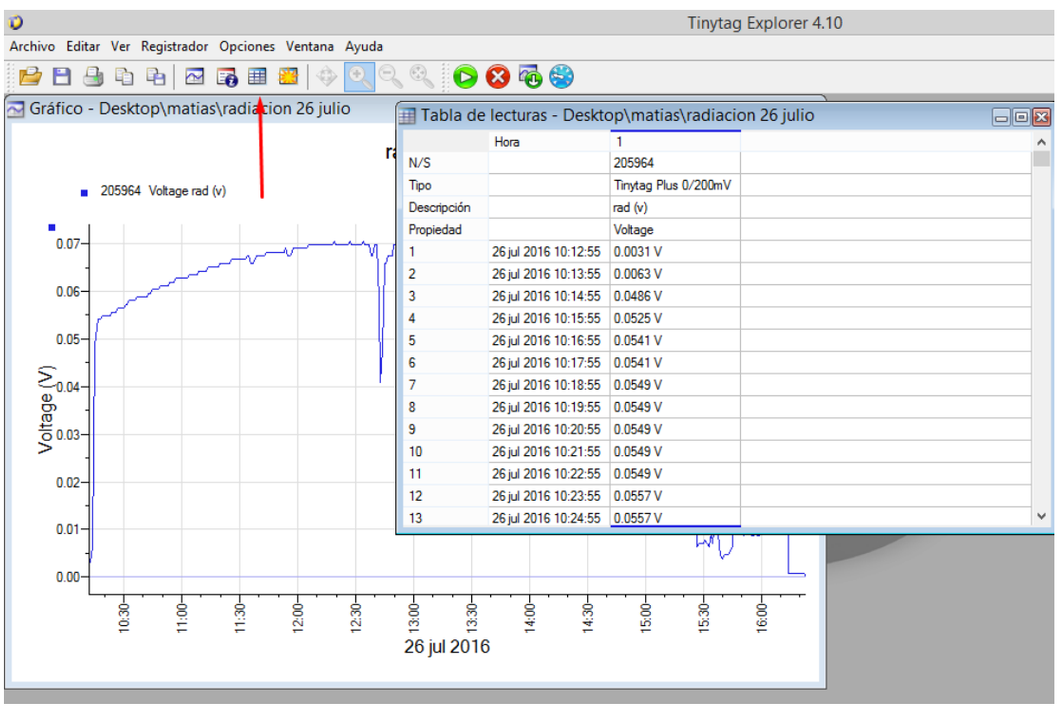
Fuente: Menú de configuración Tinitag Explorer 4.10

Figura 3-8. Configuracion de los adquisidores de datos



Fuente: Gráfico generado a partir del software Tinytag Explorer 4.10

Figura 3-9. Gráfico de radiación solar respecto al Clima del día 26 de Julio



Fuente: Tablas de lectura de datos registrados por el equipo Tinytag Plus en Software Tinitag Explorer 4.10

Figura 3-10. Desplegar tabla y gráfico de datos registrados respecto a radiación solar del día 26 de Julio

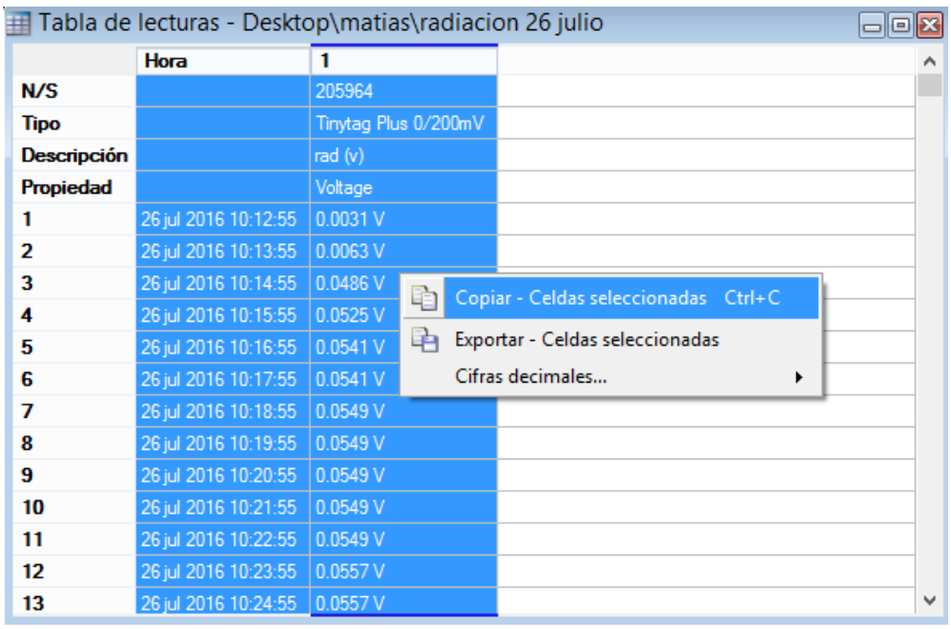


Tabla de lecturas - Desktop\matias\radiacion 26 julio

	Hora	1
N/S		205964
Tipo		Tinytag Plus 0/200mV
Descripción		rad (v)
Propiedad		Voltage
1	26 jul 2016 10:12:55	0.0031 V
2	26 jul 2016 10:13:55	0.0063 V
3	26 jul 2016 10:14:55	0.0486 V
4	26 jul 2016 10:15:55	0.0525 V
5	26 jul 2016 10:16:55	0.0541 V
6	26 jul 2016 10:17:55	0.0541 V
7	26 jul 2016 10:18:55	0.0549 V
8	26 jul 2016 10:19:55	0.0549 V
9	26 jul 2016 10:20:55	0.0549 V
10	26 jul 2016 10:21:55	0.0549 V
11	26 jul 2016 10:22:55	0.0549 V
12	26 jul 2016 10:23:55	0.0557 V
13	26 jul 2016 10:24:55	0.0557 V

Copiar - Celdas seleccionadas Ctrl+C
Exportar - Celdas seleccionadas
Cifras decimales...

Fuente: Tabla de lectura de datos realizada por software Tinytag Plus 4.10

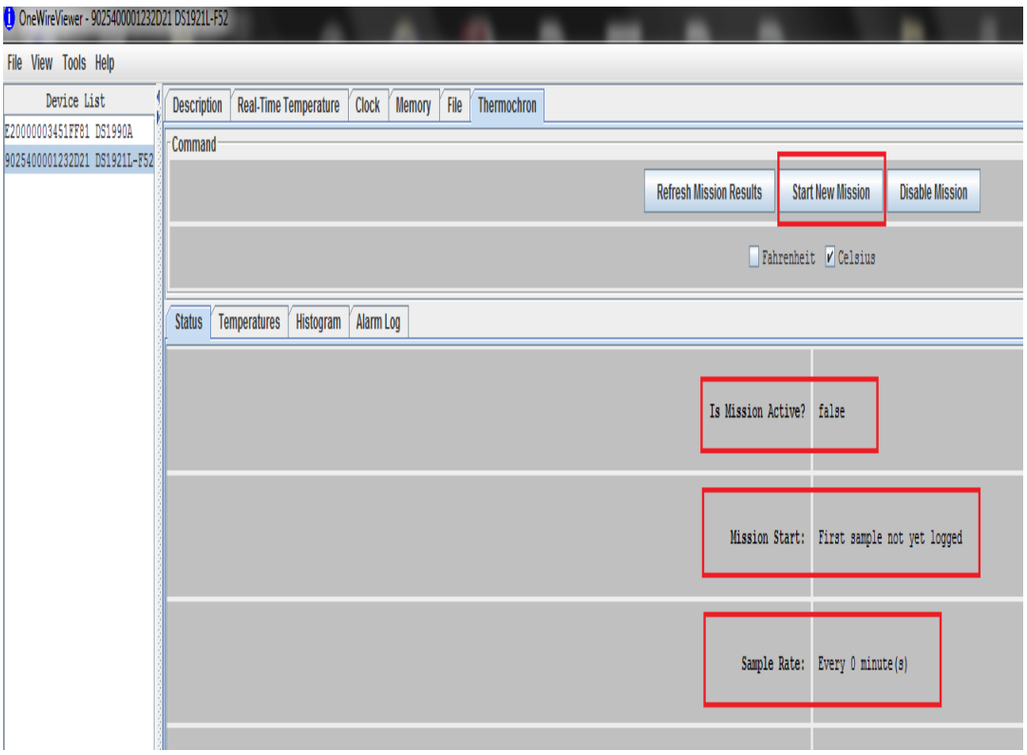
Figura 3-11. Tabla de lectura de datos del día 26 de Julio para exportar información a Microsoft Excel

Para ver los datos registrados por las termocuplas ibutton DS1920 se necesita el software OneWireViewer, a continuación se describe como programar las termocuplas.

- Se conecta la termocupla ibutton DS1920 al PC con un adaptador Figura 3-12, en los cuadros rojos se observa que la termocupla no está configurada Figura 3-13.
- Se da click en start new mission y se configura los rangos de las mediciones Figura 3-14, la Figura 3-15 se observa que la termocupla esta activada.
- Dando click en Temperatures Figura 3-16 se ejemplifica como se realiza automáticamente el gráfico de temperatura Figura 3-17.

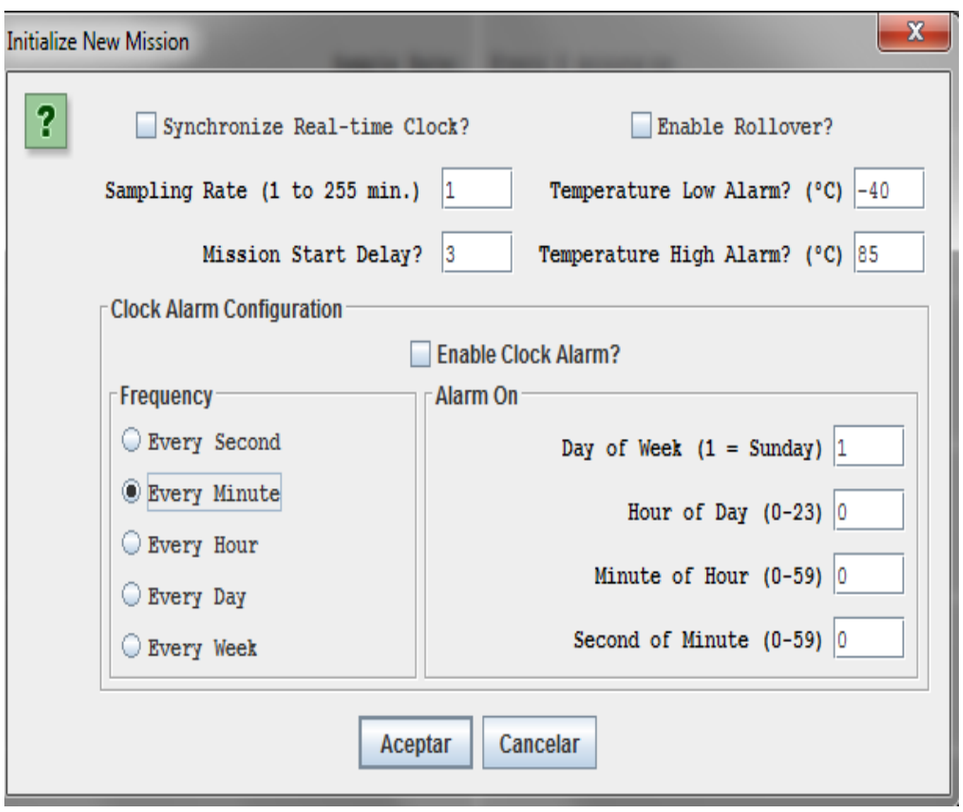
Fuente: Fotografía tomada a adaptador de Termocupla ibutton

Figura 3-12. Adaptador de Termocupla ibutton para conectar a PC



Fuente: Menú principal de Software OneWireViewer

Figura 3-13. Termocupla ibutton sin ser programada

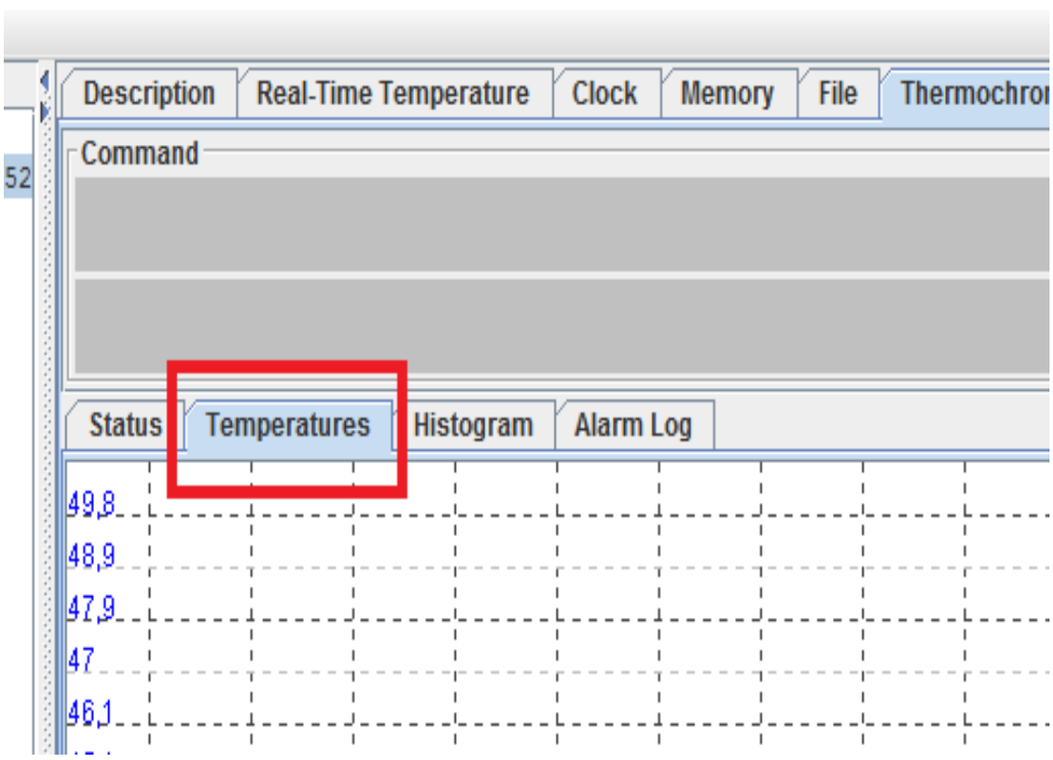


Fuente: Menú de programación de valores en OneWireViewer

Figura 3-14. Configuración de los parametros para el registro de datos

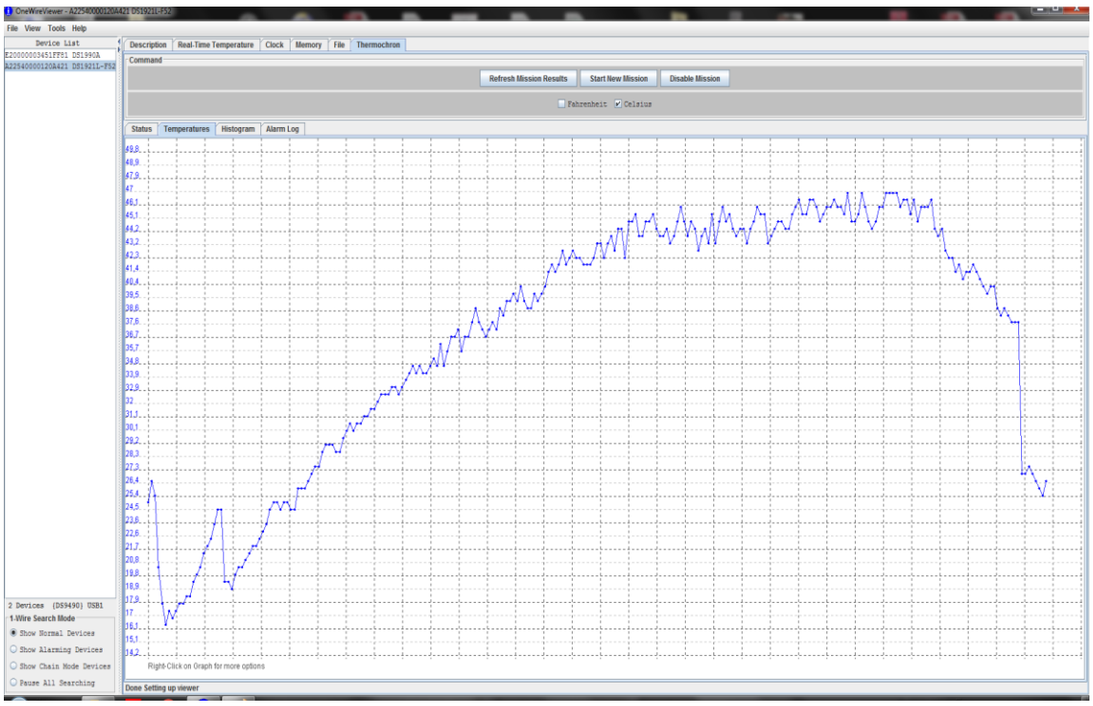
Fuente: Estado de software OneWireViewer ya programado

Figura 3-15. Valores programados y listos para activación de la termocupla ibutton



Fuente: Elaboración propia a partir de tabla de termocronología de software OneWireViewer

Figura 3-16. Opción para ver el gráfico obtenido por un historial de temperaturas adquiridas



Fuente: Elaboración por software OneWireViewer respecto a los datos obtenidos por Termocuplas ibutton

Figura 3-17. Ejemplo de gráfico termo cronológico guardado en la memoria interna del adaptador de otra medición independiente al proyecto

3.4.2. Ensayo de transferencia de calor en colector solar térmico con agua domiciliaria y aceite

Realizada la selección del fluido del colector solar térmico independiente y detallado como realizar las mediciones de transferencia de calor, se realizan las pruebas pertinentes en dichos colectores solares con los adquisidores de datos Tinytag Plus. Los ensayos se realizan desde el día 29 de Julio del 2016, desde las 10:30 am hasta las 16:30 pm, en la Tabla 3-4 y la Tabla 3-5 se adjunta la temperatura de ambiental de la zona, la temperatura de la entrada y salida del aceite Shell R2 SAE40 diluido en Diesel, la temperatura de la entrada y salida del agua domiciliaria las mediciones son realizadas cada 1 minuto pero se adjuntan las mediciones cada una diez minutos, en el Gráfico 3-3 la temperatura ambiente, en el Gráfico3-4 se adjunta la radiación solar en la zona del L.E.R., en el Gráfico 3-5 adjunta el ensayo de transferencia de calor en colector de agua domiciliaria, en el Gráfico 3-6 se adjunta los datos de la estratificación en el estanque de agua, en el Gráfico 3-7 adjunta el ensayo de transferencia de calor en el aceite Shell R2 SAE40 diluido en Diesel, en el Gráfico 3-8 se adjunta los datos de la estratificación en el estanque del aceite Shell R2 SAE40 diluido en Diesel.

Los ensayos de medición de radiación solar y de estratificación del agua y aceite Shell R2 SAE-40 diluido en Diesel se realiza el día viernes de 29 de Julio del 2016, dichos ensayos son llevados a cabo con los adquisidores de datos Tinytag Plus. Los adquisidores Tinytag Plus entregan los datos la radiación solar en Voltio [V], pero para ser ocupados en ensayos de transferencia de calor deben están las unidades de Watt por metro cuadrado [W/m2], primero se transforma de Voltio [V] a Micro-voltio [μV] y luego se ocupa la siguiente fórmula Figura 3-18 para transformar de energía eléctrica a radiación solar.

$$1[\mu V] * \frac{[\frac{W}{m^2}]}{100\ [\mu V]}$$

Fuente: Pedro Sarmiento M. (2008) Energía solar aplicaciones e ingeniería (cuarta edición)

Figura 3-18. Fórmula para transformar de energía eléctrica a radiación solar en [W/m2]

Se puede apreciar que el aceite Shell R2 SAE40 diluido en Diesel no logra absorber la temperatura deseada, ya que no supera la temperatura promedio lograda por el agua durante el ensayo, aun así es posible apreciar la variación de absorción de calor entre dos fluidos distintos.

Tabla 3-4. Datos de los ensayos de transferencia de calor día 29 de julio 2016

N° de dato	Hora	Radiacion (W/m2)	Temperatura ambiente en °C	Entrada del aceite Shell R2 SAE40 diluido en Diesel	Salida del aceite Shell R2 SAE40 diluido en Diesel	Entrada del aceite Shell R2 SAE40 diluido en Diesel en el estanque	Salida del aceite Shell R2 SAE40 diluido en Diesel en el estanque
1	10:31:41	533,33	13 °C	15 °C	20 °C	13 °C	11 °C
11	10:41:41	549,02	13 °C	16 °C	58 °C	23 °C	12 °C
21	10:51:41	564,71	14 °C	19 °C	52 °C	35 °C	14 °C
31	11:01:41	580,39	15 °C	33 °C	37 °C	33 °C	29 °C

Tabla 3-5. Datos de los ensayos de transferencia de calor día 29 de julio 2016 (Continuación)

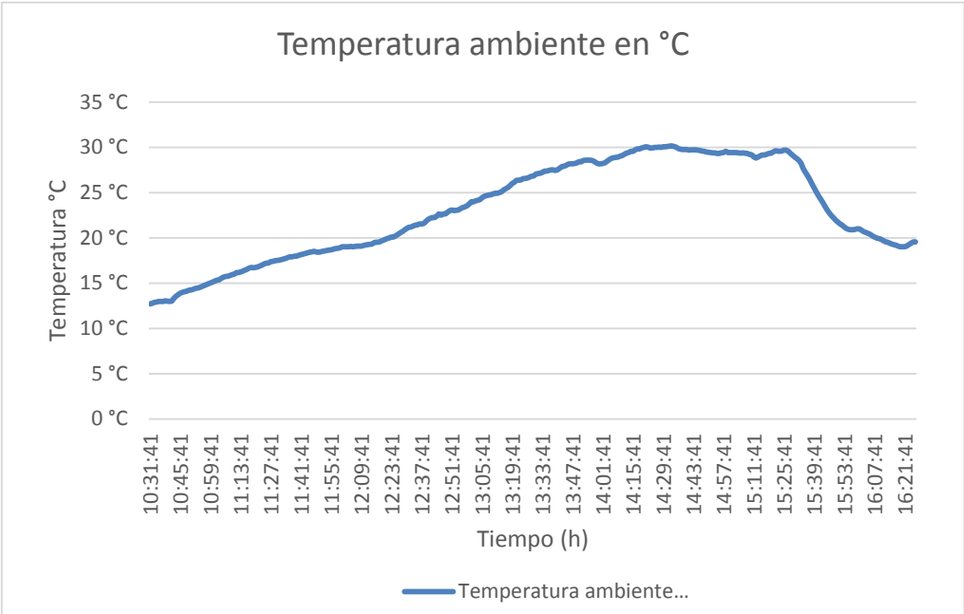
41	11:11:41	596,08	16 °C	43 °C	46 °C	36 °C	32 °C
51	11:21:41	611,76	17 °C	48 °C	50 °C	39 °C	35 °C
61	11:31:41	619,61	18 °C	52 °C	54 °C	43 °C	38 °C
71	11:41:41	619,61	18 °C	55 °C	57 °C	45 °C	41 °C
81	11:51:41	627,45	19 °C	57 °C	59 °C	46 °C	43 °C
91	12:01:41	658,82	19 °C	59 °C	61 °C	48 °C	44 °C
101	12:11:41	611,76	19 °C	60 °C	62 °C	48 °C	44 °C
111	12:21:41	619,61	20 °C	61 °C	63 °C	48 °C	45 °C
121	12:31:41	619,61	21 °C	61 °C	63 °C	48 °C	46 °C
131	12:41:41	494,12	22 °C	62 °C	64 °C	49 °C	45 °C
141	12:51:41	627,45	23 °C	62 °C	64 °C	50 °C	47 °C
151	13:01:41	611,76	24 °C	62 °C	64 °C	49 °C	46 °C
161	13:11:41	603,92	25 °C	62 °C	64 °C	51 °C	47 °C
171	13:21:41	611,76	26 °C	63 °C	65 °C	51 °C	48 °C
181	13:31:41	611,76	27 °C	63 °C	65 °C	51 °C	48 °C
191	13:41:41	658,82	28 °C	64 °C	66 °C	51 °C	49 °C
201	13:51:41	564,71	28 °C	64 °C	66 °C	52 °C	49 °C
211	14:01:41	619,61	28 °C	65 °C	66 °C	54 °C	50 °C
221	14:11:41	588,23	29 °C	65 °C	67 °C	53 °C	50 °C
231	14:21:41	556,86	30 °C	65 °C	67 °C	53 °C	50 °C
241	14:31:41	525,49	30 °C	65 °C	66 °C	53 °C	50 °C
251	14:41:41	549,02	30 °C	65 °C	66 °C	52 °C	49 °C
261	14:51:41	525,49	29 °C	64 °C	66 °C	52 °C	49 °C
271	15:01:41	533,33	29 °C	63 °C	65 °C	51 °C	48 °C
281	15:11:41	509,8	29 °C	63 °C	64 °C	52 °C	48 °C
291	15:21:41	172,55	30 °C	62 °C	63 °C	49 °C	46 °C
301	15:31:41	454,9	29 °C	58 °C	58 °C	46 °C	44 °C
311	15:41:41	117,65	25 °C	53 °C	52 °C	41 °C	38 °C
321	15:51:41	78,43	22 °C	47 °C	47 °C	38 °C	35 °C
331	16:01:41	86,27	21 °C	43 °C	43 °C	34 °C	31 °C
341	16:11:41	360,78	20 °C	40 °C	39 °C	32 °C	30 °C
351	16:21:41	101,96	19 °C	38 °C	38 °C	30 °C	28 °C

Fuente: Elaboración propia a partir de ensayos de transferencia de calor día 29-07- 2016

Tabla 3-5. Continuación datos ensayos de transferencia de calor del día 29 de julio 2016

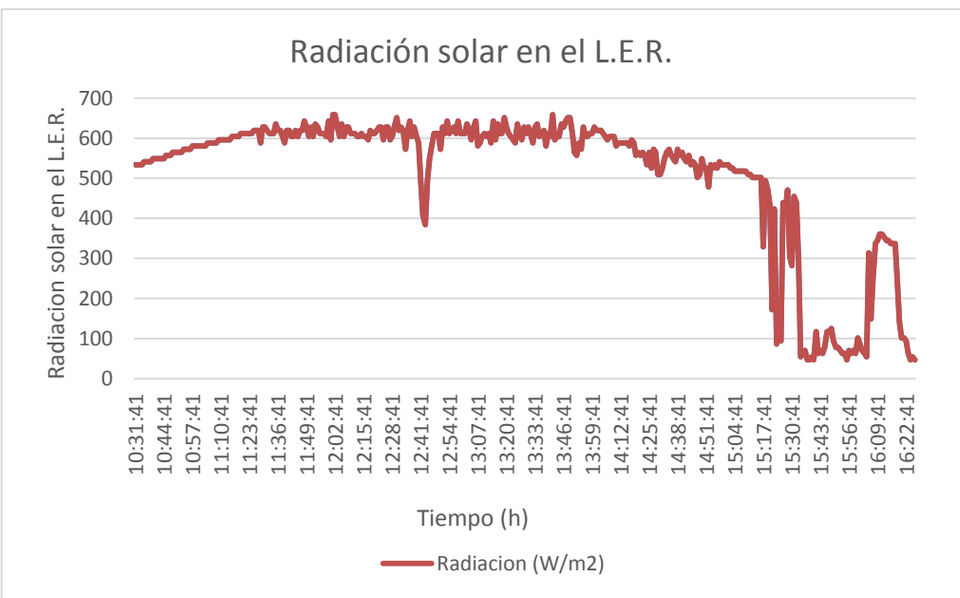
Numero de dato	Entrada agua domiciliaria	Salida de Agua domiciliaria	Entrada agua domiciliaria estanque	Salida agua domiciliaria estanque
1	18 °C	12 °C	14 °C	13 °C
11	12 °C	30 °C	17 °C	11 °C
21	12 °C	44 °C	24 °C	10 °C
31	13 °C	42 °C	31 °C	11 °C
41	14 °C	45 °C	33 °C	12 °C
51	17 °C	48 °C	37 °C	17 °C
61	23 °C	53 °C	39 °C	24 °C
71	27 °C	58 °C	41 °C	28 °C
81	30 °C	62 °C	44 °C	30 °C
91	31 °C	64 °C	46 °C	31 °C
101	32 °C	65 °C	48 °C	32 °C
111	33 °C	66 °C	48 °C	34 °C
121	34 °C	65 °C	49 °C	34 °C
131	35 °C	66 °C	49 °C	35 °C
141	36 °C	67 °C	49 °C	36 °C
151	38 °C	65 °C	50 °C	38 °C
161	39 °C	67 °C	49 °C	39 °C
171	40 °C	68 °C	51 °C	39 °C
181	42 °C	69 °C	52 °C	40 °C
191	42 °C	68 °C	53 °C	41 °C
201	42 °C	68 °C	52 °C	41 °C
211	44 °C	70 °C	53 °C	42 °C
221	45 °C	70 °C	54 °C	43 °C
231	45 °C	69 °C	53 °C	44 °C
241	45 °C	67 °C	55 °C	43 °C
251	46 °C	66 °C	54 °C	45 °C
261	47 °C	66 °C	53 °C	44 °C
271	47 °C	64 °C	52 °C	45 °C
281	47 °C	63 °C	53 °C	46 °C
291	46 °C	61 °C	52 °C	45 °C
301	45 °C	49 °C	49 °C	44 °C
311	45 °C	37 °C	48 °C	42 °C
321	44 °C	34 °C	44 °C	40 °C
331	42 °C	31 °C	41 °C	37 °C
341	40 °C	30 °C	39 °C	36 °C
351	38 °C	32 °C	37 °C	33 °C

Fuente: Elaboración propia a partir de ensayos de transferencia de calor día 29-07- 2016



Fuente: Elaboración propia para ensayos de transferencia de calor día 29-07- 2016

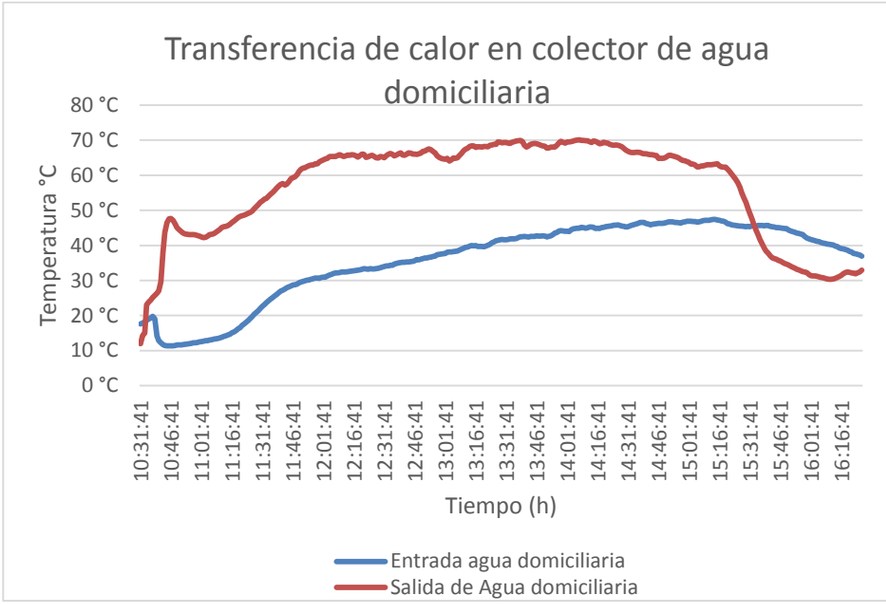
Gráfico 3-3. Temperatura ambiente



Fuente: Obtenido por termocuplas ibutton a traves del software OneWireViewer el día 29 de Julio de 2016

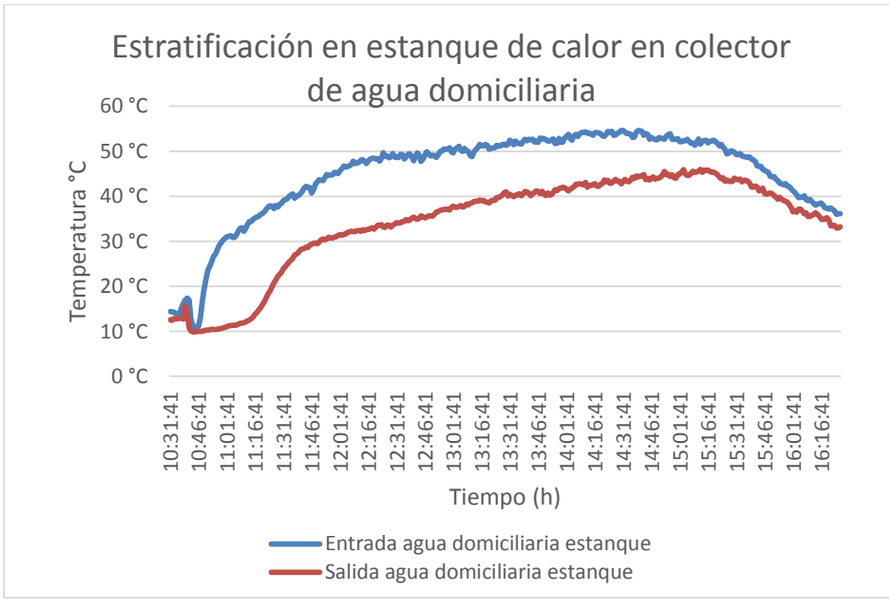
Gráfico 3-4. Radiación solar en el L.E.R.

En el Grafico 2-4 se aprecia una variación de radiación solar entre las 12:31 pm y 12:43 pm, debido a el paso de una nube en la zona del L.E.R., mientras que a partir de las 15:10 pm se produce una irregularidad importante de la radiación solar captada producida por la sombra generada por los arboles aledaños al L.E.R.



Fuente: Elaboración propia para ensayos de transferencia de calor día 29-07- 2016

Gráfico 3-5. Ensayo de transferencia de calor en colector de agua domiciliaria

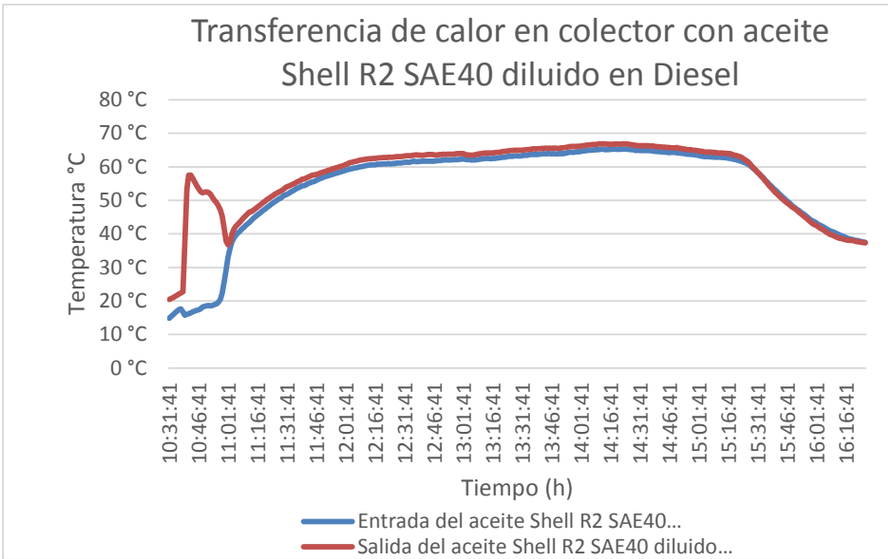


Fuente: Elaboración propia para ensayos de transferencia de calor día 29-07- 2016

Gráfico 3-6. Ensayo de estratificación en estanque de calor en colector de agua domiciliaria

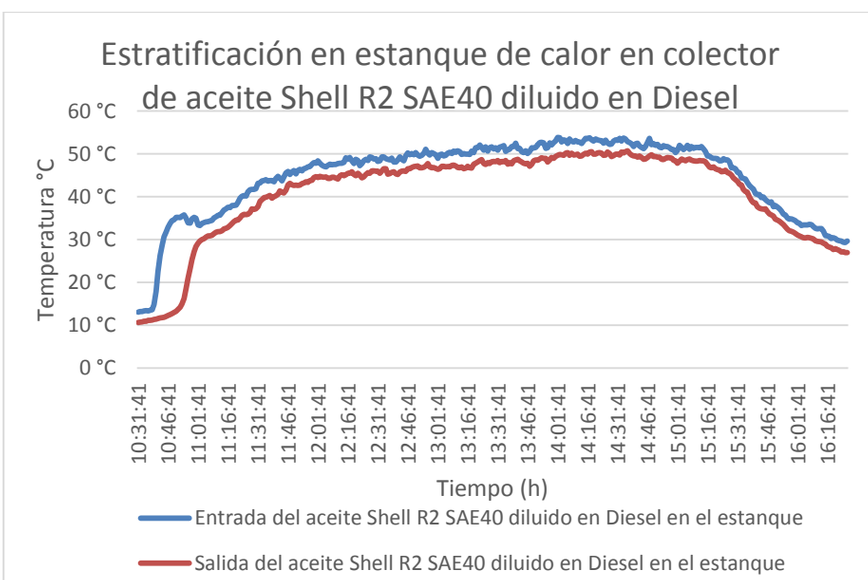
En el Grafico 3-5 se aprecia después de las 15:40 pm se produce una baja de temperatura importante en la salida del colector de agua domiciliaria esto es debido a que la sombra generada por los arboles aledaños al L.E.R. cubre dicho colector solar. El

Grafico 3-6 muestra que la estratificación del estanque del colector de agua domiciliaria que la parte superior del estanque posee 12°C más que en parte inferior durante prácticamente todo el ensayo.



Fuente: Elaboración propia para ensayos de transferencia de calor día 29-07- 2016

Gráfico 3-7. Ensayo de transferencia de calor en colector con aceite Shell R2 SAE40 diluido en Diesel



Fuente: Elaboración propia para ensayos de transferencia de calor día 29-07- 2016

Gráfico 3-8. Ensayo de estratificación en estanque de calor en colector de aceite Shell R2 SAE40 diluido en Diesel

En el Grafico 3-7 se aprecia que entre las 10:30 am y 11:00 am la temperatura de salida del aceite es muy mayor que el de entrada, se debe a que el colector esta expuesto al sol antes de que se comience el ensayo, ya que alrededor de las 10:30 am el colector de agua domiciliaria está completamente expuesto al Sol. El Grafico 3-8 muestra que la estratificación del estanque del colector independientemente fue homogénea durante todo el ensayo, registrando una variación de temperatura entre la entrada del estanque y la salida de este de 4°C.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de los ensayos de transferencia de calor presentados en este Trabajo de Titulo, se concluye que los colectores solares térmicos ubicados en el Laboratorio de Energía Renovable L.E.R. de la Universidad Técnico Federico Santa María, Sede José Miguel Carrera, Viña del Mar, una vez modificado el circuito hidráulico e implementado los nuevos equipos de medición de temperatura y radiación solar, es posible llevar a cabo laboratorios prácticos durante la época de Otoño e Invierno.

Inicialmente la mejora del nuevo circuito de los fluidos iba dirigida a los seis colectores solares del banco de prueba, incluyendo la propuesta de reparación del sexto colector solar dispuesto en el L.E.R. Sin embargo, a causa de la falta de electro-bombas entregadas por parte de la Universidad Técnico Federico Santa María, Sede José Miguel Carrera, Viña del Mar, y por la restauración del colector solar en mal estado que se encuentra en el mes de Junio, no es posible cumplir estos objetivos que sin duda eran importantes en el Trabajo de Título, pero no un aspecto crítico en la finalidad del proyecto.

Actualmente se encuentran seis colectores solares térmicos operativos; Cinco de ellos se encuentran con la propuesta instalada, cuatro de ellos operan con agua como fluido transportador de calor, uno con aceite, y el otro restante se trata del colector solar reparado, el cual se utiliza para sustituir el colector solar que se encontraba incompleto en el banco de prueba, quedando montado pero sin la mejora propuesta por falta de insumos para no extender más el presupuesto asignado a este proyecto. El tramo o el circuito hidráulico que realiza este último es de función sencilla, es decir, el fluido entra al colector solar, pasa por los tubos paralelos y es descargado en el área verde aledaña a la zona de descarga. A este último no se le aplica la mejora para poder hacer una comparación de efectividad de calentamiento de fluido sin poseer un estanque y un tramo cíclico respecto a los que poseen la mejora.

Al realizar las primeras puestas en marcha de los colectores, evidencian un constante aumento de temperatura del fluido, ya sea para los colectores de agua como también el de aceite, con este método de recirculación del fluido de manera cíclica, a diferencia de la situación inicial. Por lo que el objetivo de mejora de componentes a los colectores solares se cumple con éxito.

El aceite Shell R2 SAE40 es diluido en una proporción de 1:0.15 en Diesel, debido a que su viscosidad inicial es demasiado elevada y la electro-bomba implementada no es capaz de elevar el fluido. Los ensayos de transferencia de calor y

estratificación en agua domiciliaria y aceite de los colectores solares térmicos demuestran que el primer fluido presenta mejores características en cuanto a la absorción y retención de calor.

Se incorpora nuevos equipos para la medición de calor de manera continua no presencial, por cual se adquieren termocuplas ibutton DS1920, para la medición de temperatura entre -55°C a 100°C por contacto directo, pilas de ½ AAA de 32[V] para la operación de los adquisidores de datos Tinytag Plus los cuales pueden medir radiación solar, temperatura ambiente, medición de temperatura con termocuplas sumergibles o por contacto directo.

Es debido a esto que se puede concluir que la integración del nuevo circuito hidráulico y un nuevo colector solar térmico independiente para la circulación de aceite propuesto en este Trabajo de Titulo permite la incorporación de nuevos ensayos de transferencia de calor y la implementación de nuevos equipos para medición continua no presencial, lo cual permite ensayos de transferencia de calor más sofisticados a los colectores solares térmicos para la adquisición de datos en la zona del L.E.R. de la Universidad Técnico Federico Santa María, Sede José Miguel Carrera, Viña del Mar.

BIBLIOGRAFÍA

1. PEDRO SARMIENTO M. (2008) Energía solar aplicaciones e ingeniería (Cuarta edición) Valparaíso-Chile: Ediciones Universitarias de Valparaíso Pontifica Universidad Católica de Valparaíso.

2. CNE, PNUD, UTSM (2008) Irradancia solar en territorios de la republica de chile (Primera edición) Santiago de Chile: Editado por Comisión Nacional de Energía, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Global Environment Facility, Universidad Técnica Federico Santa María.

3. MONTEVERDE M., CIPPONERI M., ANGELACCIO C., GIANNUZZI L. (2013) Origen y calidad del agua para consumo humano: salud de la población residente en el área de la cuenca Matanza-Riachuelo del Gran Buenos Aire Buenos Aires-Argentina: Editorial Salud.

4. ALBERT SORIANO Rull (2009) Instalaciones de fontanería domésticas y comerciales (Segunda edición) Madrid-España: Editorial S.A.MARCOMBO.

ANEXO A: MANTENIMIENTO A BOMBA DE CIRCULACIÓN DE FLUIDO

Especificaciones Técnicas de la bomba

La bomba WRS20/4-130 de procedencia China utilizada en el montaje de la mejora del circuito hidráulico y oleo-hidráulico está hecha en base a hierro fundido. Está diseñada para ser aplicada a sistemas de fluidos calientes, generalmente agua a baja presión.

No presenta fugas en sus componentes. Al ser catalogada como IP42 recibe el beneficio de ser una bomba con protección contra cuerpos extraños con diámetros mayores a 1 [mm] y protección contra gotas de agua que caen inclinado (15° respecto de la vertical).

La bomba se destaca por admitir fluidos en el rango de 0° C hasta aproximadamente 150° C con presiones máximas de trabajo a 10 [Bar].

La temperatura ambiente permisible para un funcionamiento óptimo de la bomba es de 40 °C.

Posee un motor con alimentación monofásica de 220/230 [V] a 50 [Hz], que ofrece un control manual de tres potencias, las cuales son de 68 [W], 45 [W] y 32 [W], que a la vez trabaja a 1450 [rpm], 1900 [rpm] y 2200 [rpm].

La altura máxima alcanzada por esta bomba es de 4 [m] y tiene una capacidad de caudal máximo de 30 [L/min].

Respecto a la conexión, presenta salidas HE-HE de ¾ [in] de 10 hilos por pulgada de paso normal (BSW).

Se sugiere que el mantenimiento de estas bombas se realice anualmente, ya que se estima unas 50 [h] de trabajo al año y además como se menciona anteriormente, poseen protección contra cuerpos extraños, lo que le posibilita una duración más prolongada de sus componentes mecánicos internos.

Fuente: Elaboración propia

Figura Electrobomba WRS20/4-130

Herramientas y materiales necesarios para realizar mantenimiento preventivo a la bomba

- Llave Allen hexagonal número 6 [mm] métrica.
- Destornillador tipo Phillips o cruz PH3.
- Químico disolvente de suciedad y corrosión.
- Llave tipo corona métrica de 9 [mm].
- Brocha de 2 [in].
- Grasa con naturaleza de aceite mineral.
- Llave francesa.
- Balde de 20 L vacío.

Procedimiento de trabajo para Mantenimiento preventivo de la bomba

- Soltar las coplas americanas unidas entre la tubería y la bomba con una llave francesa. Para el caso del colector de aceite, disponer de un balde de 20 L como método preventivo para evitar derrames de aceite en el suelo.
- Proceder a limpiar e inspeccionar visualmente la bomba para notar averías presentes.
- Soltar pernos tipo Allen métricos número 6 [mm] que sostienen las dos partes de la bomba (Impulsor y motor).
- Utilizar llave tipo corona métrica de 9 [mm] para destrabar impulsor con eje y proceder a extraerlo.
- Realizar limpieza al impulsor con químico disolvente de partículas de suciedad.
- Ajustar impulsor con el eje.
- Insertar en las carcasas los pernos Allen métricos engrasados, para poder extraerlos fácilmente para la próxima mantención.
- Destapar caja de conexiones eléctricas con destornillador PH3 insertándolo en tornillos fijadores.
- Revisar O-ring de sello de la tapa. Cambiar si es se encuentra roto.
- Revisar apriete de conexiones eléctricas.
- Con una brocha proceder a limpiar los bornes de conexión.
- Revisar si Racor de sujeción se encuentra ajustando el cable con la caja para prevenir desconexiones de los cables internos de la partida del motor monofásico.
- Finalmente tapar caja de conexiones eléctricas con sus respectivos tornillos.
- Cebar bomba y probar funcionamiento.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ACEITE

Las especificaciones técnicas del aceite Shell R2 SAE-40 son extraídas de la página www.shell.cl/helix.

- Viscosidad SAE ASTM D445 a 40°C 140 cSt y a 100°C 14,5 cSt.
- Índice de viscosidad ASTM D2270 de 102 cSt.
- Densidad a 15°C 0,895 kg/l.
- Punto de chispa ASTM D92 250°C.
- Punto de fluidez ASTMD97 -9 °C.

Las cifras presentadas representan un valor promedio de resultados obtenidos en laboratorio y son suministrados como referencia y no como límites exactos de una especificación.