



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ÀREA DE COOPERACIÓ AL
DESENVOLUPAMENT



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA DEL DISSENY

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**EVALUACIÓN DE UN SISTEMA
CALENTADOR SOLAR EN
QUETZALTENANGO**

Para la obtención del Grado en Ingeniería Eléctrica

Presentado por:

Nazaret de las Heras del Amo

Dirigido por:

Rubén Puche Panadero

Valencia, Septiembre de 2016

A mis padres

En primer lugar, me gustaría dar las gracias a Rubén por el apoyo y los consejos que me ha ofrecido en todo momento. Agradecer al Centro de Cooperación al Desarrollo por brindarme esta increíble oportunidad.

Agradecer a la Universidad de San Carlos por su acogida. Al ingeniero Erick, que ha hecho posible este proyecto. A los estudiantes que me han apoyado, en especial a Gerson. A todos los amigos que me llevo de Xela.

Doy las gracias a cada uno de mis profesores que desde siempre me han enseñado a amar el aprender. También a todas las personas que han pasado alguna vez por mi vida y me han enseñado algo nuevo, que hoy en día forma parte de mí.

Estos cuatro años han sido estupendos en gran parte gracias a todos mis compañeros y amigos, sobre todo a mi mitad, siempre en paralelo, Marcela.

Y todo esto es posible gracias a mi familia. A mis padres, que desde bien pequeña me enseñaron que la vida es una aventura y que hay que aprender al máximo. A Laura, que me ha acompañado en cada aventura, y a quien más he echado de menos en ésta tan enorme.

Por último, agradecer a mi guía y mi motor. Has hecho todo más fácil, más divertido y más bobito. Te quiero Marcos.

Resumen

Guatemala es un país con enorme potencial de energías renovables de todo tipo. Por lo tanto, el ahorro económico en energía es un objetivo claro entre la población. La Universidad de San Carlos facilita este ahorro a sectores de pobreza mediante diferentes líneas de proyectos. Dispone de una instalación de calentadores solares que da servicio al Hogar de Ancianas Marillac.

El objetivo del proyecto es crear una metodología para realizar una evaluación exhaustiva de esta instalación. Para ello se ha empleado un data logger diseñado a partir de Raspberry Pi , capaz de medir temperaturas y radiación.

Se han tomado medidas suficientes para realizar un balance energético que aporte información básica sobre la instalación. Con esto, se ha determinado que el rendimiento de la instalación es muy bueno. Se plantea seguir la metodología empleada para definir resultados más precisos.

Índice general

Resumen	I
Índice de figuras	VII
Índice de tablas	IX
DOCUMENTO I MEMORIA	1
1. Introducción	5
1.1. Objeto	5
1.2. Contexto	5
1.3. Objetivos	6
1.4. Procedimiento	7
2. Fundamentos teóricos	9
2.1. Enfoque teórico	9
2.2. Aplicación práctica	10
3. Desarrollo	15
3.1. Recursos disponibles	15
3.2. Solución adoptada	21
3.3. Mediciones	39
3.4. Cálculos	52
4. Análisis de resultados	55
4.1. Análisis de datos	55
4.2. Análisis de cálculos	58
4.3. Análisis general del proyecto	58
5. Conclusiones y desarrollos futuros	59
Bibliografía	61

DOCUMENTO II	PLIEGO DE CONDICIONES	1
1. Condiciones generales		5
1.1. Objetivo		5
1.2. Norma vigente		6
2. Condiciones técnicas		9
2.1. Condiciones a satisfacer por los componentes		9
2.2. Condiciones constructivas		10
2.3. Control de calidad		11
2.4. Condiciones de ejecución		11
2.5. Compra del material		11
3. Condiciones económicas		13
3.1. Mejoras del proyecto inicial		13
3.2. Pagos de los trabajos		13
4. Condiciones legales		15
4.1. Contrato		15
4.2. Adjudicación de la contrata		15
4.3. Arbitraje y jurisdicción		15
4.4. Impuestos		15
4.5. Rescisión del contrato		16
4.6. Derechos y deberes del contratista		16
5. Condiciones facultativas		17
DOCUMENTO III	PRESUPUESTO	1
1. Planteamiento del presupuesto		5
1.1. Introducción		5
1.2. Descripción del método presupuestario		5
2. Mano de obra		7
2.1. Introducción		7
2.2. Desglose de horas		7
2.3. Desglose de salarios		8
2.4. Coste total		8
3. Material y equipos		11
3.1. Introducción		11
3.2. Relación de compras		11

3.3. Recursos disponibles	11
3.4. Estimación de horas útiles	11
3.5. Coste total	12
4. Presupuestos parciales	15
5. Resumen	17
DOCUMENTO IV PLANOS	1
DOCUMENTO V APÉNDICES	1
Apéndice 1: Beca Meridies	5
Apéndice 2: Características técnicas	9
Célula fotovoltaica	9
Multímetro	12
Termómetro	34
Piranómetro	37
Apéndice 3: Esquema electrónico Raspberry Pi	39
Apéndice 4: Programas Python	41
Programa medida	41
Programa conversión	44
Apéndice 5: Mediciones	53
Radiación día 29 de Julio	53
Temperaturas depósito día 29 de Julio	53
Radiación día 30 de Julio	54
Temperaturas depósito día 30 de Julio	54
Radiación día 31 de Julio	54
Temperaturas depósito día 31 de Julio	55
Radiación día 1 de Agosto	55
Temperaturas depósito día 1 de Agosto	55
Radiación día 2 de Agosto	56
Temperaturas depósito día 2 de Agosto	56
Radiación día 3 de Agosto	56
Temperaturas depósito día 3 de Agosto	57
Radiación día 4 de Agosto	57
Temperaturas depósito día 4 de Agosto	57

Radiación día 5 de Agosto	58
Temperaturas depósito día 5 de Agosto	58
Radiación día 6 de Agosto	58
Temperaturas depósito día 6 de Agosto	59
Radiación día 7 de Agosto	59
Temperaturas depósito día 7 de Agosto	59
Apéndice 6: Tabla de cálculos	61

Índice de figuras

1.	Efecto termosifón	10
2.	Efecto pistón	10
3.	Circulación natural	11
4.	Calentador solar	12
5.	Fotografía de la instalación	13
6.	Termopar	16
7.	Célula fotovoltaica	17
8.	Multímetro digital	18
9.	Termómetro digital	18
10.	Piranómetro analógico	19
11.	Modelos de Raspberry Pi	23
12.	Hardware Raspberry Pi	24
13.	Escritorio Raspbian	25
14.	Relación Temperatura-Resistencia en los termopares	26
15.	Relación Temperatura-Medida en los termopares	27
16.	Fotografía durante el ensayo de la célula fotovoltaica	29
17.	Relación Radiación-Corriente en la célula fotovoltaica	30
18.	Relación Radiación-Medida en la célula fotovoltaica	31
19.	Diagrama de flujos programa lectura de datos	32
20.	Diagrama de flujos programa lectura de datos	34
21.	Menú de configuración de Raspbian	37
22.	Circuito en placa Board	38
23.	Adaptador	40
24.	Perforación de la tapadera	41
25.	Circuito de resistencias montado	42
26.	Instalando la célula fotovoltaica	42
27.	Central de datos en funcionamiento	43
28.	Central de datos en funcionamiento	43
29.	Dialogo Excel ventana 1	44
30.	Dialogo Excel ventana 2	45
31.	Dialogo Excel ventana 3	45

32.	Variación de Temperatura Ambiente Diaria	48
33.	Temperatura Inferior del Depósito Diaria	50
34.	Temperatura Superior del Depósito Diaria	50
35.	Radiación diaria	51
36.	Radiaciones mínima y máxima	56

Índice de tablas

1.	Ensayo termopares	26
2.	Ensayo termopares con Raspberry Pi	28
3.	Ensayo célula fotovoltaica	29
4.	Ensayo célula fotovoltaica con Raspberry Pi	30
5.	Conexiones SPI	40
6.	Mediana de la temperatura en el depósito por días	47
7.	Media de la radiación por días	47
8.	Temperatura ambiental media por horas	49
9.	Nomenclatura	52
10.	Parámetros para cálculos	54
11.	Resultados de rendimiento	54
12.	Ensayo célula fotovoltaica	55
13.	Horas de trabajo teórico	7
14.	Horas de trabajo práctico	8
15.	Salario por hora de trabajo	8
16.	Salario por hora de trabajo en quetzales	8
17.	Coste total de mano de obra	9
18.	Compras	11
19.	Recursos disponibles	12
20.	Horas de uso máximo	12
21.	Amortización para trabajo teórico	12
22.	Amortización para trabajo práctico	13
23.	Presupuesto parcial de trabajo teórico	15
24.	Presupuesto parcial de trabajo práctico	15
25.	Resumen del presupuesto en quetzales	17
26.	Resumen del presupuesto en euros	17
27.	Cálculos para el balance energético por horas	62

Documento I

MEMORIA

Índice de documento

1. Introducción	
1.1. Objeto	5
1.2. Contexto	5
1.3. Objetivos	6
1.4. Procedimiento	7
2. Fundamentos teóricos	
2.1. Enfoque teórico	9
2.1.1. Efecto Termosifón	9
2.1.2. Efecto Pistón	9
2.1.3. Circulación Natural	10
2.2. Aplicación práctica	10
2.2.1. Instalación De Calentadores Solares	10
2.2.2. Caso De Estudio	11
3. Desarrollo	
3.1. Recursos disponibles	15
3.1.1. Sensores	15
3.1.2. Aparatos De Medida	16
3.1.3. Data Logger	20
3.1.4. Gestión De Datos	20
3.2. Solución adoptada	21
3.2.1. Raspberry Pi	21
3.2.2. Ensayo De Sensores	25
3.2.3. Programación	30
3.2.4. Raspbian	36
3.2.5. Diseño Del Circuito	38
3.3. Mediciones	39
3.3.1. Instalación De La Central De Medidas	39
3.3.2. Gestión De Resultados	43
3.3.3. Resultados Obtenidos	46
3.4. Cálculos	52
4. Análisis de resultados	

4.1. Análisis de datos	55
4.1.1. Radiación	55
4.1.2. Temperatura Interna Del Depósito	57
4.1.3. Relación De La Radiación Con La Temperatura	57
4.2. Análisis de cálculos	58
4.3. Análisis general del proyecto	58

5. Conclusiones y desarrollos futuros

Bibliografía

1. Introducción

1.1. OBJETO

El proyecto que a continuación se desarrolla consiste en la evaluación de una instalación de calentadores solares ubicada en el Hogar de Ancianas Marillac, en 8a calle de la zona 10 de Quetzaltenango, Guatemala.

Se busca un método de medida de parámetros energéticos mediante tecnologías de bajo coste tales como Arduino o Raspberry Pi. A partir de parámetros como la temperatura del agua en diferentes puntos del depósito, la temperatura ambiental y la radiación que incide sobre el colector, se pretende obtener un valor de rendimiento mediante un balance energético, ya que actualmente no se tiene seguimiento de la acción de la instalación.

Para ello, se buscará tomar datos de estos parámetros cada cinco minutos, un periodo temporal suficiente para poder observar las variaciones. Se realizarán mediciones durante aproximadamente diez días debido a las limitaciones temporales a las que se ve sometido el proyecto por su contexto.

Este método de evaluación es extrapolable a otras instalaciones similares. Asimismo, los resultados obtenidos también son extensibles a instalaciones de idénticas características que se pueden encontrar próximas a la ciudad.

1.2. CONTEXTO

Este trabajo forma parte de un proyecto de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), promovido por el Instituto de Investigaciones de la División de Ciencias de la Ingeniería, perteneciente al Centro Universitario de Occidente (CUNOC), en la ciudad de Quetzaltenango. La relación de este proyecto y universidad con la Universitat Politècnica de València, así como con mi persona, viene a raíz de la colaboración del Centro de Cooperación al Desarrollo (CCD) de la UPV con el CUNOC. El Instituto propuso diferentes proyectos para la beca de cooperación Meridies, promovida y gestionada por el CCD. Se aporta más información sobre esta beca en el apéndice 1.

El caso que nos ocupa corresponde al proyecto "Evaluación de la operación de calentador de agua con energía solar" de código CUO1_GUA_16 (55112), dentro del marco de la beca Meridies ofrecida para el año 2016-2017 por el CCD.

Guatemala es un país con alta capacidad de generación de energía. Debido a su perfil irregular y a su elevado número de ríos, se utiliza mayoritariamente la energía hidráulica, que resulta muy económica. Pese a ello, en las zonas rurales, la pobreza y falta de recursos dificulta el acceso a la energía eléctrica, así como a otros bienes y necesidades básicas como el agua potable, la sanidad y la educación. Por ello, El Instituto de Investigaciones de Ingeniería desarrolla proyectos para facilitar el acceso y gestión de la energía. El presente proyecto es uno de tantos proyectos nacionales promovidos por esta institución con tales fines.

La ciudad de Quetzaltenango, también conocida como Xela, está ubicada en una meseta a 2400 metros de altura aproximadamente. Su clima es de templado a frío y siempre húmedo, distinguiéndose época seca de noviembre a mayo, y lluviosa el resto del año. A pesar de ello y debido a su ubicación y altura, la radiación es intensa. Durante la época de lluvias, el comportamiento climático es estable. Las mañanas resultan soleadas, con precipitaciones a mediodía, quedando las tardes nubladas y las noches frescas.

El Instituto inició un proceso de instalación de placas fototérmicas para el calentamiento de agua corriente en 2015. En la fecha de redacción del presente trabajo, dicho proceso se encuentra en desarrollo en 3 localizaciones: el Hospital de Parturientas de Totonicapan (localidad próxima), el Hogar de Ancianas de Marillac y, todavía en fase de pruebas, en el propio Módulo de Ingeniería de la Universidad. Esta última instalación se implementará, cuando finalice su período de pruebas, en una localización donde se precise apoyo social.

El Hogar de Ancianas Santa Luisa de Marillac, ubicado a las afueras de la ciudad, está gestionado por la Compañía Hijas de la Caridad San Vicente de Paúl y aloja a 38 ancianas y 17 trabajadoras.

1.3. OBJETIVOS

El objetivo principal del proyecto consiste en crear una metodología para la evaluación de instalaciones de calentadores solares, que incluya el reconocimiento inicial, estudio de recursos necesarios, diseño y producción de una central de datos, mediciones y gestión de datos, y por último cálculos, para poder extraer así conclusiones.

Como segundo objetivo importante se considera el diseño en sí de la central de datos. La selección del material necesario, los ensayos pertinentes y el conexionado, así como la programación necesaria para su puesta en marcha.

Otros objetivos que se pueden considerar más importantes en el informe de evaluación para la beca de cooperación, pero que para el proyecto que nos ocupa adquieren un nivel secundario, son los resultados a los cálculos que se realizarán en este proyecto. Entre ellos se encuentran el cálculo del rendimiento de la instalación, la valoración de la calidad de los aislamientos.

Por tanto, este proyecto se enfoca en crear una metodología de actuación y en el diseño y producción de la central de datos.

1.4. PROCEDIMIENTO

Para el cálculo de parámetros necesarios en nuestra evaluación, será necesaria la construcción de un sistema que recoja y guarde los datos medidos para su posterior tratamiento.

Se tomarán medidas de temperaturas del agua (en la parte superior e inferior del depósito, que serán diferentes debido al efecto pistón), temperatura ambiental y radiación. Estas medidas serán representadas gráficamente para facilitar su análisis.

Con los datos recogidos, se evaluará mediante un balance energético el rendimiento de la instalación. A partir de este rendimiento se pueden plantear mejoras o trabajos futuros.

2. Fundamentos teóricos

2.1. ENFOQUE TEÓRICO

Los fundamentos teóricos que justifican tanto ésta como la mayoría de instalaciones de calentadores solares son el *Efecto Termosifón* y el *Efecto Pistón*. Son fenómenos físicos basados en el comportamiento de los fluidos al variar su temperatura, y con ello su presión, en un sistema cerrado. Se trata de fenómenos básicos de la termofluidodinámica.

2.1.1. Efecto Termosifón

Al aumentar la temperatura de ciertos fluidos (como el agua), su volumen aumenta, reduciéndose así su densidad. El fluido menos denso busca ascender mientras el más denso pasa a ocupar el espacio inferior disponible. Por tanto, el fluido se ordena según su temperatura.

Este fenómeno es provocado por la diferencia de densidades en el fluido dentro del sistema.

Por ejemplo, en un depósito, como se observa en la figura 1, se encuentra a menor altura el fluido a menor temperatura. Ésta va aumentando gradualmente conforme se asciende.

2.1.2. Efecto Pistón

La diferencia de temperaturas del fluido genera a su vez una diferencia de presiones. Todo fluido tiende a trasladarse al volumen de menor presión. A este fenómeno, que genera la fuerza causante del movimiento del fluido, se le conoce como efecto pistón.

Este fenómeno se debe a la diferencia de presiones en el sistema, como se ve en la figura 2.

El efecto que se produce es comparable a una jeringuilla. al estirar del émbolo, la presión de la punta disminuye y absorbe, mientras que al empujarlo aumenta la presión y expulsa el fluido que contiene.

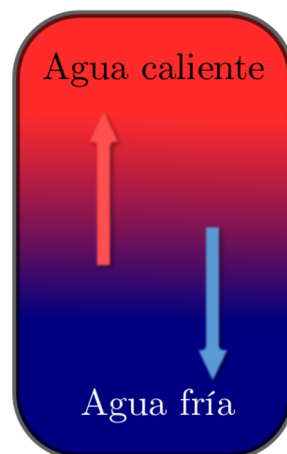


Figura 1: Efecto termosifón

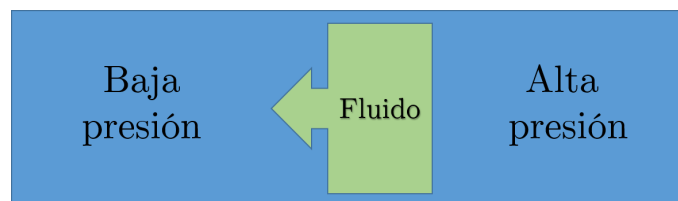


Figura 2: Efecto pistón

2.1.3. Circulación Natural

La suma de estos dos fenómenos en un sistema más complejo que un depósito, como es el caso de la figura 3, produce una circulación natural continua del fluido, siempre que el sistema sea cerrado (de volumen constante).

La velocidad del fluido dependerá de la diferencia de temperaturas que haya en el sistema. A mayor diferencia térmica, mayor diferencia de presiones y densidades, y por lo tanto mayor velocidad. A baja diferencia de temperatura, la circulación será muy lenta, pudiendo llegar a detenerse al ser la temperatura constante en todo el circuito o dejar de calentarse en la zona de menor altura, ya que en estos casos la presión sería constante en todo el sistema.

2.2. APLICACIÓN PRÁCTICA

2.2.1. Instalación De Calentadores Solares

Como se observa en la figura 4, una instalación de calentadores solares de agua está formada una placa termosolar y un depósito de agua. Ambas partes están conectadas en un circuito hidráulico cerrado. Es decir, el volumen de fluido en este circuito es constante y está aislado del medio físico que lo rodea. El agua se calienta al circular por el circuito, y se almacena caliente en el depósito.

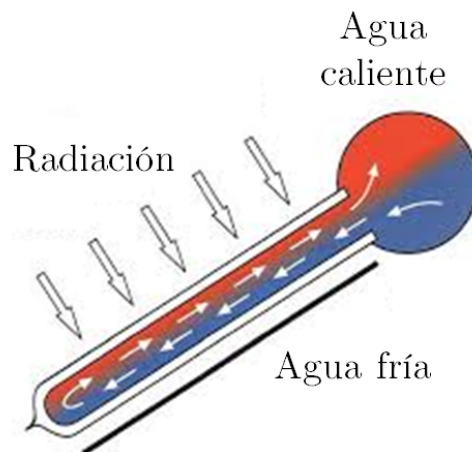


Figura 3: Circulación natural

La placa contiene en su interior un serpentín por el cual circulará el agua. Su diseño permite la incidencia de la radiación solar beneficiando el aumento de la temperatura en el serpentín.

El depósito está térmicamente aislado y dispone de un sistema para evitar los problemas que puede generar un aumento excesivo de la presión en su interior.

El agua fría entra por la parte más baja de la placa. Por el efecto termosifón, se crea una circulación natural. Al recorrer el serpentín, se va calentando por efecto de la radiación solar. Cuando llega a la parte más alta, su temperatura ha aumentado considerablemente en un día de radiación aceptable.

El agua caliente finalmente entra al depósito por su parte superior, ocupando el espacio cedido por el agua a menor temperatura que pasa al serpentín. Por efecto termosifón, el agua se ordena en el interior del depósito. Así, el fluido que pasa a continuación a la placa será el de menor temperatura, situado en la parte baja del depósito.

2.2.2. Caso De Estudio

En el documento IV PLANOS, se muestra en profundidad la estructura de la instalación que nos ocupa.

Dispon de un colector de 2104x885 mm (1.86 m^2), atravesado por un serpentín de 12.7 mm de diámetro. Está orientado hacia el sur con una inclinación de 20° . Fabricado con un armazón de madera de pino, se protege mediante una cubierta formada por una lámina metálica y con una tapadera de vidrio de 3 mm de grosor.

El depósito interior (que contiene el agua), tiene una capacidad de 30 galones (113.6 L), una altura de 686.8 mm y diámetro de 368.3 mm. Está perfectamente aislado

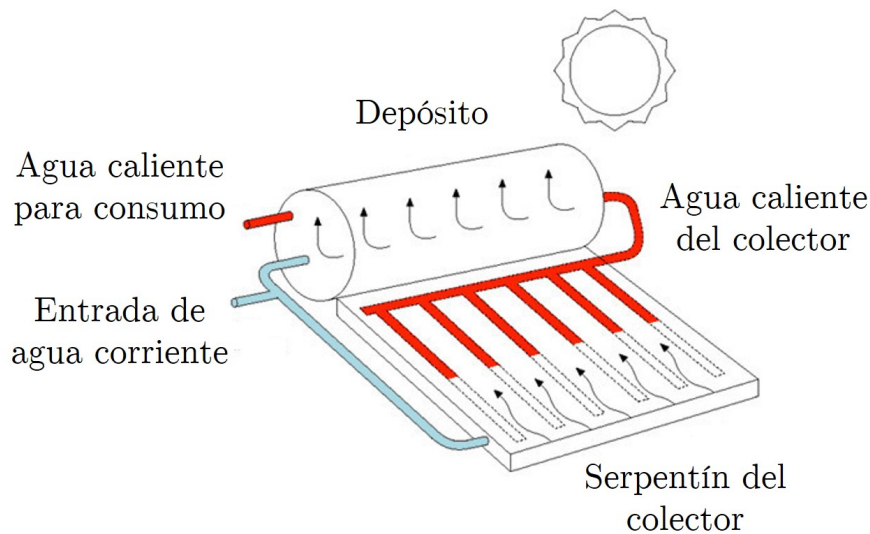


Figura 4: Calentador solar

gracias a un depósito externo de 900 mm de altura y 598.9 mm de diámetro. Además, se disponen de planchas de fibra de vidrio en forma de lana entre ambos depósitos, que ayudan a mejorar el aislamiento térmico.

Para protegerlo de elevadas presiones que se pueden dar por un fallo en la entrada de agua corriente o por una subida excesiva de temperatura del fluido, dispone de un pequeño tubo de escape en su tapa superior.

Tomando las medidas desde la tapadera superior del depósito exterior, la entrada de agua corriente (fría) se encuentra a 218.75 mm, la entrada del agua calentada en el colector a 282.25 mm, la salida de agua caliente para el consumo a 418.75 mm y, por último, la salida de agua fría, que pasa al colector para su calentamiento, a 872.52 mm. Todas las entradas y salidas se pueden aislar mediante llaves de corte independientes.

En realidad, el circuito que se estudiará no es cerrado. El objetivo de la instalación es abastecer de agua caliente. Por tanto, dispone de una salida en la parte de mayor altura del depósito, que suministra de agua caliente al consumidor. Para asegurar un volumen constante que garantice la circulación natural del agua, el depósito dispone de una entrada de agua corriente. Esta se encuentra también en la parte alta del depósito, ya que va unida a un flotador que la abre al bajar el nivel del depósito y la cierra al llenarse. Es un mecanismo sencillo que garantiza el correcto funcionamiento del sistema.

Para estudiar el proceso de calentamiento de agua se supone un sistema cerrado dado que la influencia del agua corriente (a menor temperatura) que entra por la parte superior del depósito, y la inestabilidad en el volumen de agua durante el consumo de agua caliente, se consideran despreciables frente a los volúmenes que maneja la instalación.

El agua corriente a temperatura ambiente (que entra por la parte superior del depósito) cae rápidamente a la menor altura de este por efecto termosifón. La variación de volumen se recupera casi simultáneamente al abrirse la entrada de agua corriente. Por tanto, únicamente provoca una desestabilización temporal de la velocidad de circulación del flujo.

Esta instalación está situada junto a otra de idénticas características sobre el techo del asilo. Se puede observar una fotografía en la figura 5 .



Figura 5: Fotografía de la instalación

3. Desarrollo

3.1. RECURSOS DISPONIBLES

Para la evaluación de la instalación se necesitan medir los datos, gestionarlos y analizarlos. Se dispone de sensores, lenguajes de programación y herramientas de gestión de datos que sirven para tales funciones.

Debido al contexto de la beca, los recursos materiales disponibles son muy limitados y los tiempos de espera para conseguir estos recursos son largos, llegando a bloquear en alguna ocasión el transcurso fluido de la realización del proyecto.

3.1.1. Sensores

El objetivo es medir la temperatura interna del depósito (en su parte superior e inferior), la temperatura ambiental y la radiación que incide sobre el colector. Con estas cuatro variables medidas y otras constantes de las que se disponen, se puede realizar el balance energético.

Las características de estos sensores se especifican en el apéndice 2.

3.1.1.1. *Termopares.*

Para ello, dispondremos de tres termopares idénticos:

- Termopar

Transductor formado por la unión de diferentes metales (en nuestro caso, hierro y cobre) que producen una pequeña diferencia de potencial dependiente de la temperatura. De la misma manera, su resistencia también varía con la temperatura de forma más considerable. Por tanto, nos ofrecerá resultados más exactos el trato del termopar como resistencia variable dependiente de la temperatura. Además, es sumergible en agua y capaz de soportar temperaturas de hasta 80 °C. Conectado a una manguera de EPR de una longitud de un metro, continente de tres cables elásticos de tierra, neutro y fase, con su código de colores correspondiente.

Podemos ver su apariencia en la figura 6.

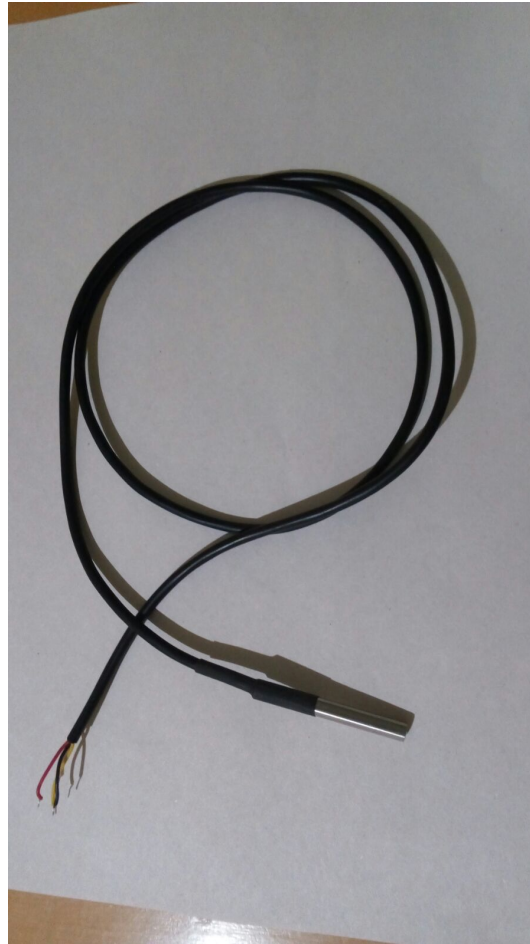


Figura 6: Termopar

3.1.1.2. Célula Fotovoltaica.

Por otra parte, para medir la radiación no se dispone de sensor como tal, pero sí de una célula fotovoltaica:

- Célula fotovoltaica

Célula fotovoltaica de silicio policristalino de 20 V y 3 W, con una corriente pico de 0.7 A en cortocircuito. Opera desde 40 °C hasta 85 °C. De la marca ZYTECH SOLAR, sus dimensiones son 274x209x18mm. Actualmente está descatalogada, y su versión más similar es la de 5 W.

En la figura 7 se observa la placa que se utilizará en el proyecto.

3.1.2. Aparatos De Medida

Además, se dispone de aparatos de medida para la calibración del material:

- Multímetro VOLTCRAFT M-3860M



Figura 7: Célula fotovoltaica

Multímetro profesional con pantalla LCD y lectura de 3 3/4 dígitos. Capaz de tomar 2.5 medidas por segundo, lee tanto en corriente continua como en alterna tensiones de hasta 999 V e intensidades de hasta 20 A, temperaturas de -10°C a 50°C con una humedad relativa de hasta el 75 %, continuidad y resistencias.

Su temperatura de trabajo es desde 0°C hasta 40°C . Utiliza una batería alcalina de 9 V. Sus dimensiones son 187x84x34 mm y pesa 305 g.

Se puede ver en la figura 8.

- Termómetro digital GTH 1160

Termómetro profesional con pantalla LCD y lectura de 3 1/2 dígitos. Tiene dos funciones con diferente rango de operación: en el modo 1, su rango va desde 50°C hasta 200°C , con una precisión de 0.1°C , mientras que en el modo 2, va de 50°C hasta 1150°C con una precisión de 1°C .

Su temperatura de trabajo va de 0°C hasta 45°C . Utiliza una batería de 9 V. Sus dimensiones son 106x67x30 mm y su peso 150 g.

Se puede observar en la figura 9.



Figura 8: Multímetro digital



Figura 9: Termómetro digital

- Piranómetro Daystar:

Medidor de radiación manual analógico. Al estar descatalogado hace años, se comentan sus características a partir de las especificaciones de la versión actual de la marca, el piranómetro DAYSTAR DS-05.

Está compuesto por una pequeña célula fotovoltaica policristalina ubicada en su parte superior. Ofrece una precisión de 25 W/m^2 y su rango de medida va de 0 W/m^2 a 1250 W/m^2 . Se alimenta con una batería de 9 V . Sus dimensiones son $6.5 \times 11.5 \times 2.5 \text{ cm}$, mientras que su peso es 140 g .

Se puede observar este piranómetro analógico en la figura 10.



Figura 10: Piranómetro analógico

Con todo esto, se puede proceder a ensayar los sensores que se utilizarán para medir y comparar las lecturas del data logger con los datos reales (medidos por estos aparatos) para hallar así su relación.

3.1.3. Data Logger

Para automatizar las medidas de los sensores, se han barajado diferentes opciones económicas como, por ejemplo, Arduino y Raspberry Pi. Estas tecnologías tienen la posibilidad de conectar entradas y salidas y gestionar internamente los datos. Se pueden conectar diferentes entradas de sensores para obtener así las medidas necesarias.

3.1.3.1. *Arduino.*

Arduino es una comunidad tecnológica que desarrolla placas electrónicas. Esta es la solución clásica a problemas similares al que se desarrolla en el presente proyecto. La comunidad se enfoca en acercar la electrónica a proyectos de diferente índole.

La primera placa de Arduino apareció en el mercado en 2005 de mano del Instituto IVREA (Italia), con el fin de abaratar los costes en material del instituto. Hoy en día, la documentación para aprender las nociones sobre Arduino necesarias para llevar a cabo proyectos de esta índole, está disponible gratuitamente en su plataforma.

3.1.3.2. *Raspberry Pi.*

Raspberry Pi es una tecnología nueva y sencilla consistente en placas electrónicas, que dispone de gran cantidad y calidad de información en la red.

Nació en Reino Unido en 2012, con el objetivo de poner la tecnología digital al alcance de cualquiera. La desarrolla la Fundación Raspberry Pi, que ofrece en su web de forma libre y gratuita formación sobre el uso de esta herramienta.

3.1.4. Gestión De Datos

Para la gestión de datos hay dos opciones válidas de diferentes características:

3.1.4.1. *Thingspeak.*

Thingspeak es una página de gestión de datos online. Permite recoger datos, analizarlos y así poder actuar sobre ellos. Su objetivo es posibilitar la parametrización de cualquier variable en cualquier aparato y mantener una conexión online con objetos cotidianos.

Se trata de una página con una interfaz intuitiva para el usuario. En primer lugar, requiere registro para crear análisis propios. En nuestro caso, se usarían las funciones más básicas de la página, pero esta web ofrece servicios mucho más específicos y profesionales.

Esta es sin duda la opción más innovadora. Sin embargo, la plataforma web es bastante rígida y poco personalizable, lo que puede suponer un problema para la gestión del volumen de datos que se trabaja en el proyecto.

3.1.4.2. Microsoft Excel 2016.

Se trata de la herramienta comercial más conocida de gestión de datos, por su uso doméstico. Forma parte del paquete de programas Microsoft Office 2016, de la empresa Microsoft Co.

Su uso habitual va desde cálculos básicos y tablas de datos hasta funciones complejas e interrelacionadas. Es ideal para la gestión de grandes volúmenes de datos y completamente personalizable.

No es la opción más profesional, pero desde luego sí la más intuitiva y con opciones de cálculo y generación de gráficos más que suficientes para nuestro proyecto.

3.2. SOLUCIÓN ADOPTADA

3.2.1. Raspberry Pi

Finalmente, se escoge Raspberry Pi para el desarrollo del data logger. Se considera la solución óptima, debido a su bajo coste y sus características, teniendo en cuenta que al acabar el proyecto este material quedará a disposición del Instituto de Ingeniería del CUNOC.

En el momento de la búsqueda, se ofrece una amplia gama de placas de diferentes características y precio, que se pueden ver en la figura 11:

- Raspberry Pi Zero

La placa más pequeña y sencilla. Trabaja a 1 GHz con un único núcleo. Dispone de 512 MB de RAM y ranura para tarjeta SD. Se puede conectar a periféricos y potencia mediante una conexión mini HDMI y dos puertos micro USB (uno para alimentación y el otro para periféricos mediante USB *On-The-Go*). También dispone de una cabecera con 40 pines de conexión GPIO compatible con HAT. Se puede ver la placa en la figura 11(a).

- Raspberry Pi 1 Modelo A+

Una versión mejorada de la original Raspberry Pi Model A. Con 256 MB de RAM, es la variante de Raspberry Pi de menores prestaciones y de más bajo consumo (entre 0.5 W y 1 W). Solo dispone de un puerto USB y un mini HDMI para periféricos, un micro USB para su alimentación, y una entrada de sonido mejorada. En su mejora también se aumentó el número de pines GPIO a 40. Se ha sustituido la ranura para SD por una para micro SD. Se puede observar su aspecto en la figura 11(b).

- Raspberry Pi 1 Modelo B+

Revisión que sustituye a la Raspberry Pi Model B y es reemplazada por la Raspberry Pi 2 Model B. Es la variante de especificación mayor de Raspberry Pi.

Dispone de 512 MB de RAM, cuatro puertos USB, un puerto Ethernet de 100 Mb y ranura para Micro SD. Su cabecera GPIO alberga 40 pines. Se ha mejorado su eficiencia para el ahorro de energía y su sistema de sonido, así como en el modelo *Raspberry Pi 1 Modelo A+* visto anteriormente. Se puede ver su apariencia en la figura 11(c).

- Raspberry Pi 2 Modelo B

Sustituye al modelo *Raspberry Pi 1 Modelo B+*, visto anteriormente, teniendo así sus características mejoradas. Trabaja a 900 MHz con una CPU de cuatro núcleos ARM Cortex-A7. Tiene 1 GB de memoria RAM. Al igual que la versión anterior, dispone de Conector de audio e interfaces de cámara y pantalla. Se puede ver en la figura 11(d).

- Raspberry Pi 3 Modelo B

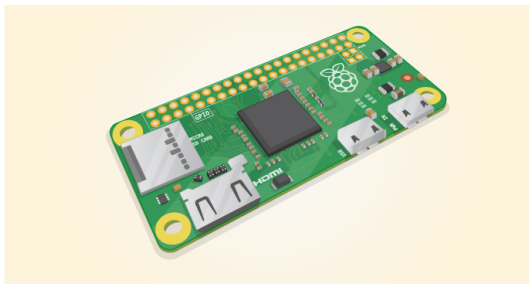
Es la tercera generación de Raspberry Pi y la de mejores especificaciones. Sustituye a la *Raspberry Pi 2 Modelo B*, incluyendo diversas mejoras. Trabaja a 1.2 GHz con una CPU de cuatro núcleos de 64 bits ARMv8. Dispone de conexión LAN inalámbrica y Bluetooth 4.1. *Low Energy (BLE)*. El resto de características son idénticas a su versión anterior. Es totalmente compatible con cualquier versión de Raspberry Pi y se recomienda para el uso educativo o para proyectos de mayores exigencias. Se puede observar su apariencia en la figura 11(e).

De entre esta oferta, seleccionamos la Raspberry Pi 3 Modelo B. La diferencia de precios entre esta versión de Raspberry Pi y versiones anteriores (de prestaciones inferiores pero suficientes para el desarrollo del proyecto), la multitud de posibilidades que ofrecen sus características que, aunque no se utilicen en el proyecto, resultan muy interesantes para la realización de proyectos futuros de la universidad, y la pronta entrega del producto (factor clave teniendo en cuenta la celeridad en la preparación del proyecto y que ninguna página de venta de Raspberry Pi hace entregas en República de Guatemala), fueron los factores que condicionaron esta decisión.

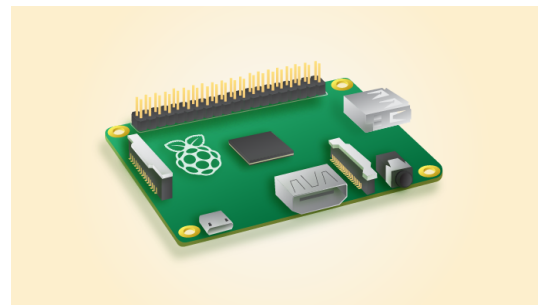
A continuación expondremos en mayor profundidad el aparato seleccionado, centrándonos en su *hardware* y en su *software* y definiendo las utilidades que nos servirán en el proyecto.

3.2.1.1. Hardware.

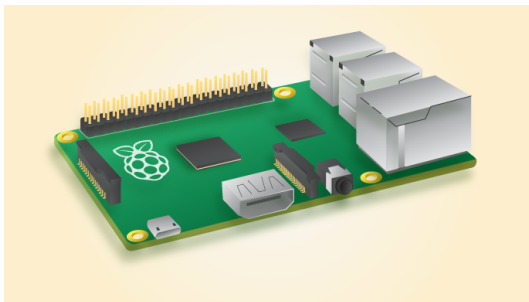
Como hemos visto anteriormente, la placa seleccionada es la Raspberry Pi 3 Modelo B. En la figura 12 se muestra la apariencia de la placa, destacando las partes que se utilizarán en el proyecto. Dispone de cuatro puertos USB para conexión de periféricos, un puerto Ethernet, un puerto HDMI, conexión de potencia mediante micro USB, conexiones para cámara y visualizador y 40 pines GPIO con posibilidad de conexión SPI (que se explicará en el próximo apartado).



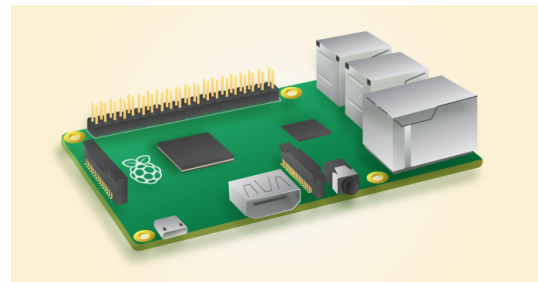
(a) Raspberry Pi Zero



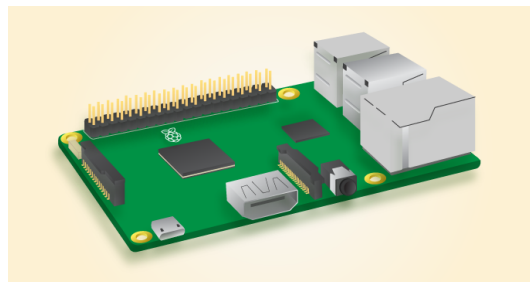
(b) Raspberry Pi Modelo A+



(c) Raspberry Pi 1 Modelo B+



(d) Raspberry Pi 2 Modelo B



(e) Raspberry Pi 3 Modelo B

Figura 11: Modelos de Raspberry Pi

La pieza más importante a conectar en la placa es la tarjeta micro SD, pues en ella se instalará el sistema operativo.

Entre los pines GPIO, se encuentran:

- Pines 1 y 17: salidas de tensión a 3.3 V.
- Pines 2 y 4: salidas de tensión a 5 V.
- Pines 9, 25 y 39: primera línea de toma de tierra.
- Pines 6, 14, 20, 30 y 34: segunda línea de toma de tierra.
- Demás pines: entrada y salida.

Para la lectura de entradas analógicas es necesario utilizar un adaptador que transforme a digital las señales de los sensores.

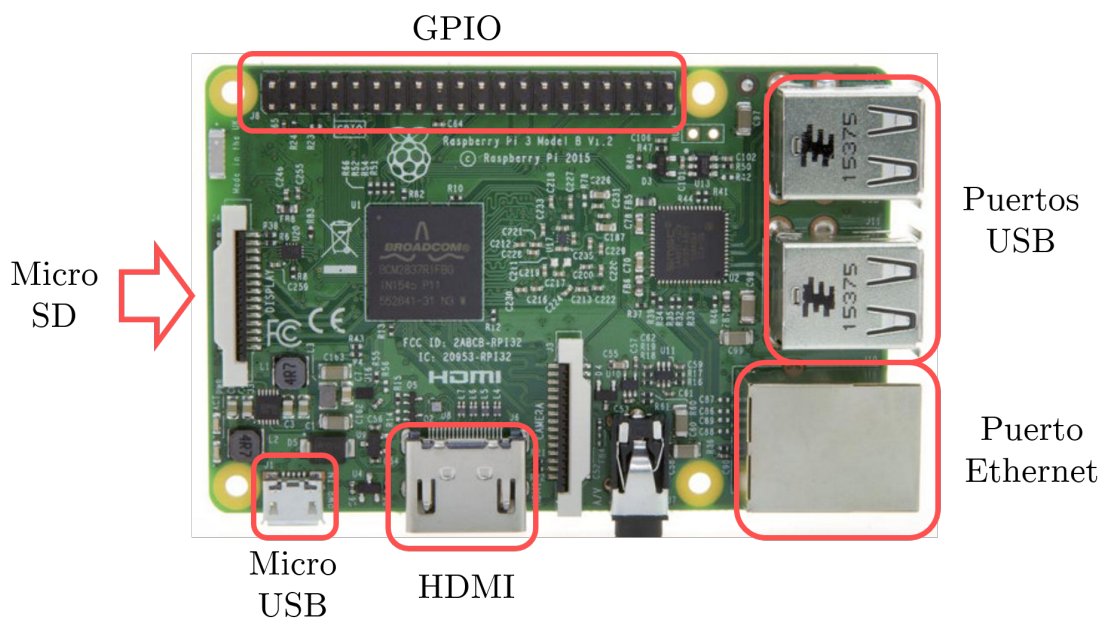


Figura 12: Hardware Raspberry Pi

En los puertos USB se conectarán ratón, y teclado durante la configuración de la placa, y una memoria *Flash* para guardar los datos durante las mediciones.

El puerto HDMI servirá para conectar un monitor durante el transcurso de las gestiones de configuración.

Se utilizará el puerto Ethernet para configurar vía Internet la hora de la Raspberry Pi. La placa no dispone de batería para el mantenimiento del reloj, y aunque se puede añadir, no se hará en este proyecto por no considerarse necesario. Por tanto, una vez se desconecte la potencia perderá el dato de la hora.

Por último, el puerto micro USB sirve para alimentar la placa. Para ello es necesario un transformador con salida de 5 V en corriente continua. Se utilizará un cargador de teléfono estándar.

En el apéndice 3 se encuentra un esquema electrónico de la Raspberry Pi con mayor nivel de detalles.

3.2.1.2. Software.

Se pueden utilizar variedad de sistemas operativos, pero existe uno específico para Raspberry Pi llamado Raspbian y basado en Linux. Este SO está disponible en la web, siendo libre y gratuito.

Este sistema operativo emula completamente el funcionamiento de cualquier ordenador convencional. Al encender la Raspberry Pi conectada a un monitor, se visualiza

un escritorio estándar con el único icono de la papelera de reciclaje, y un acceso al menú de inicio, como el de la figura 13.

Se distingue de otros SO por tener el acceso directo a la consola en la barra principal, visible en el escritorio.

Dispone de algunos programas preinstalados, como son *Python* y *Wolfram Mathematica*.

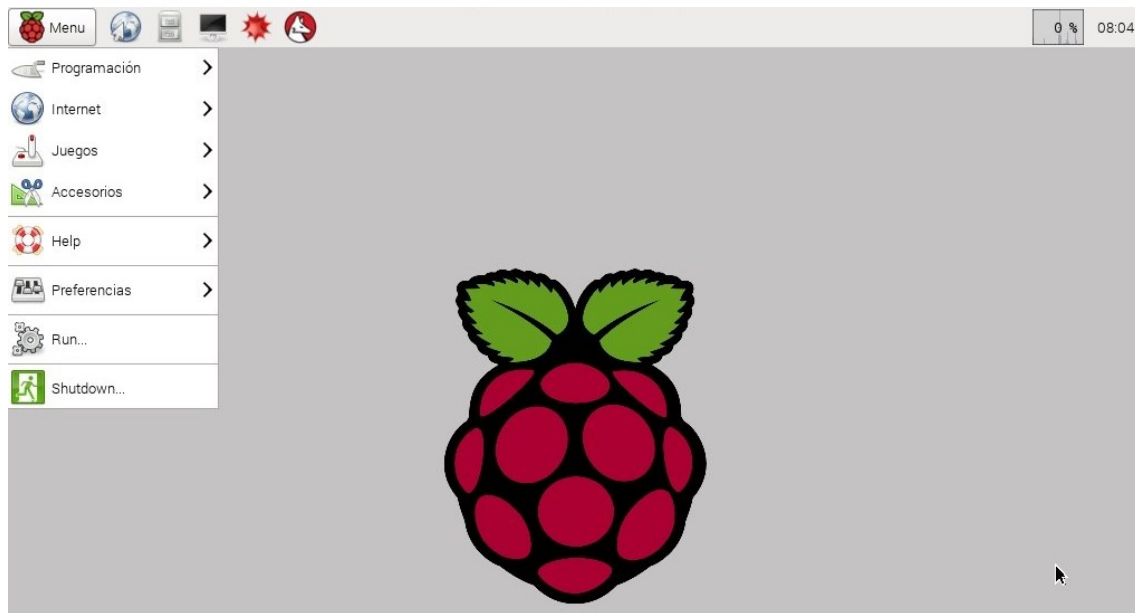


Figura 13: Escritorio Raspbian

3.2.2. Ensayo De Sensores

Para ser capaces de interpretar los datos captados por los sensores, se deberán ensayar y encontrar la relación entre estos datos y los parámetros que queremos cuantificar.

3.2.2.1. Ensayo De Termopares.

En primer lugar, se comprobará el correcto funcionamiento de los termopares. Para ello, se medirá su resistencia a diferentes temperaturas con un multímetro. Para alcanzar esas temperaturas, se utiliza un recipiente con agua. La temperatura del agua se mantendrá estable durante la medición. Se pueden tomar medidas en los valores de temperatura deseados, variando la temperatura del agua. Tomaremos como referencia la temperatura medida por el termómetro digital GTH 1160.

Trasladando los datos de la tabla 1 a la gráfica de la figura 14, se puede observar que existe linealidad entre la temperatura y la resistencia del sensor y que la relación es inversamente proporcional.

Temperatura [°C]	Termopar 1 [Ω]	Termopar 2 [Ω]	Termopar 3 [Ω]
11	4.71	4.65	4.66
13	4.69	4.58	4.60
15	4.57	4.50	4.51
17	4.49	4.43	4.43
19	4.36	4.32	4.31
21	4.28	4.22	4.22
23	4.19	4.15	4.13
25	4.07	4.05	4.02
27	4.01	3.97	3.96
29	3.93	3.84	3.84
31	3.80	3.71	3.70
33	3.73	3.69	3.68

Tabla 1: Ensayo termopares

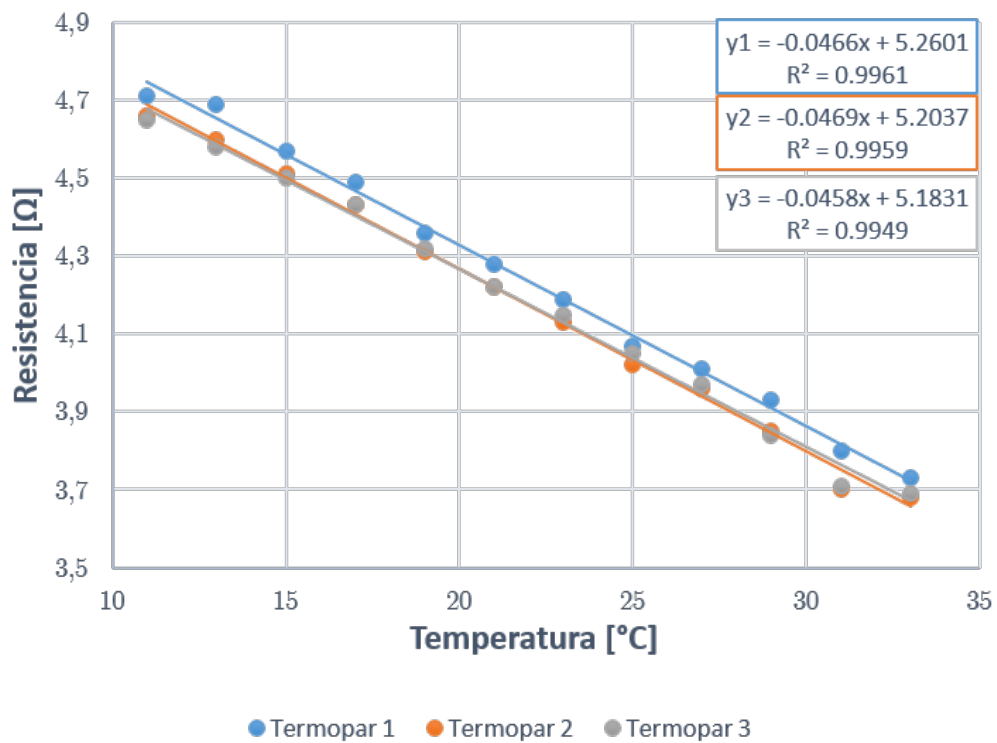


Figura 14: Relación Temperatura-Resistencia en los termopares

Por tanto, los sensores de temperatura funcionan correctamente. Se puede hallar el valor de esta relación, ligeramente diferente para cada sensor, a partir de la función que define la recta.

A continuación, se ensayan estos mismos sensores de forma similar conectados a la Raspberry Pi para analizar la relación entre los datos tomados por la placa y la temperatura. Al ser el sensor número 2 un recurso de última hora, se ensayó posteriormente. Al contrario que en el ensayo de medida de la resistencia, en este no se pueden obtener los mismos valores que se utilizaron anteriormente.

En un primer momento, se planteó hacer mediciones de temperatura ambiental y una única temperatura interna del depósito (la temperatura superior). A partir de esta temperatura y teniendo en cuenta que la distribución de temperaturas en un sistema cerrado se ordena en forma de gradiente, se podía hallar matemáticamente la temperatura inferior del depósito. Para ganar precisión por el bajo coste de un termopar más, finalmente se decidió tomar las tres medidas de temperatura que se han explicado.

Como se puede observar en la tabla 2, las temperaturas en que se toma valor para los sensores 1 y 3 son diferentes de las del sensor 2.

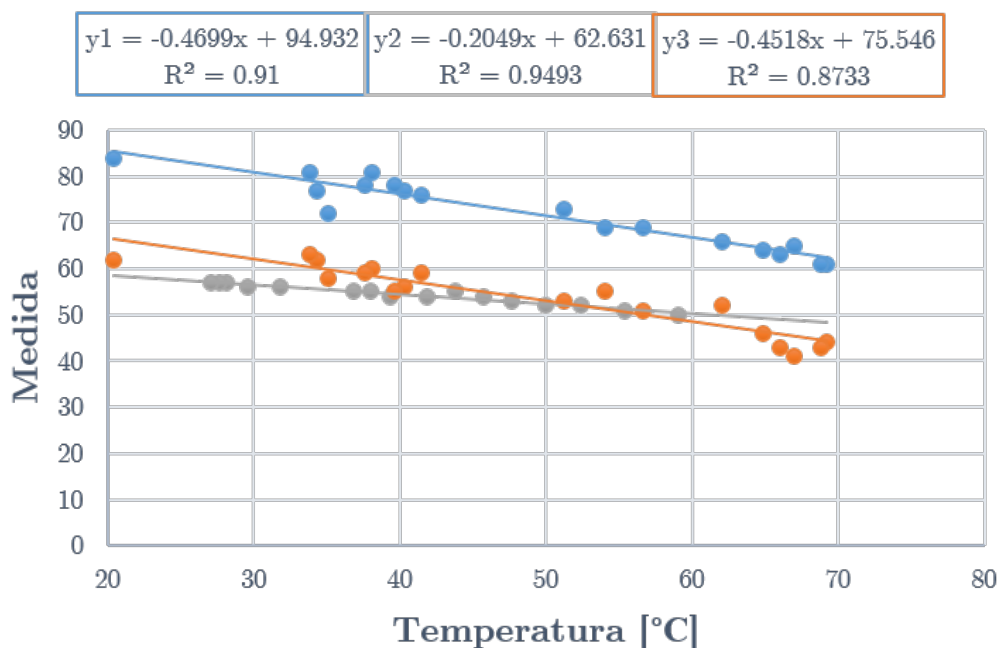


Figura 15: Relación Temperatura-Medida en los termopares

De la tabla 2 se pueden extraer las relaciones entre cada termopar y la temperatura que mide. Aunque primero se debe comprobar que, efectivamente, las medidas son coherentes y tienen una relación lineal, aunque su precisión es menor que en las medidas de resistencia. Además, se extrae la gráfica representada en la figura 15.

Temperatura [°C]	Sensor 1 [-]	Sensor 2 [-]	Sensor 3 [-]
20.4	84	-	62
27.1	-	57	-
27.6	-	57	-
28.1	-	57	-
29.6	-	56	-
31.8	-	56	-
33.8	81	-	63
34.3	77	-	62
35.1	72	-	58
36.8	-	55	-
37.6	78	-	59
38.0	-	55	-
38.1	81	-	60
39.3	-	54	-
39.6	78	-	55
40.3	77	-	56
41.5	76	-	59
41.9	-	54	-
43.8	-	55	-
45.7	-	54	-
47.7	-	53	-
50.0	-	52	-
51.2	73	-	53
52.4	-	52	-
54.0	69	-	55
55.4	-	51	-
56.6	69	-	51
59.1	-	50	-
62.1	66	-	52
64.9	64	-	46
66.0	63	-	43
67.0	65	-	41
68.8	61	-	43
69.2	61	-	44

Tabla 2: Ensayo termopares con Raspberry Pi

3.2.2.2. Ensayo De Célula Fotovoltaica.

En una célula fotovoltaica, la relación entre radiación e intensidad producida es una constante. Por lo tanto, se tomará medida de corriente en la placa para diferentes radiaciones y se calculará esta relación.

Para realizar este segundo ensayo se debes disponer del medidor analógico de radiación y de la placa en vacío. Se conectará el multímetro en su función de amperímetro para medir la corriente generada por la placa. En la figura se observa una fotografía de este ensayo. Es muy importante que ambas células se encuentren con la misma inclinación. Los resultados obtenidos se exponen en la tabla 3.

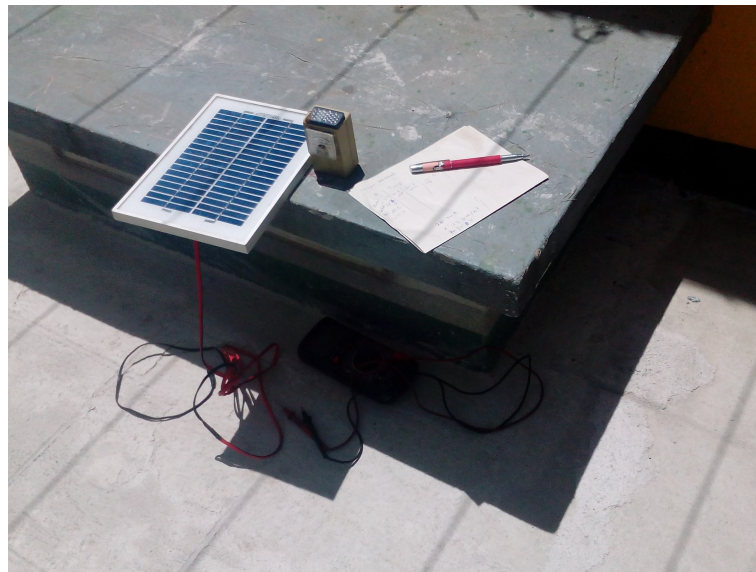


Figura 16: Fotografía durante el ensayo de la célula fotovoltaica

Radiación [W/m^2]	Corriente [mA]
0	0
63	11
188	47
250	65
625	153
875	275
938	285
1000	300
1125	326

Tabla 3: Ensayo célula fotovoltaica

Se comprueba así que el comportamiento de la placa es lineal. En la figura 17 se observa esta relación.

A continuación se tomarán los valores de radiación medidos por la Raspberry Pi para encontrar la relación entre éstos y la radiación. Estos resultados se encuentran en

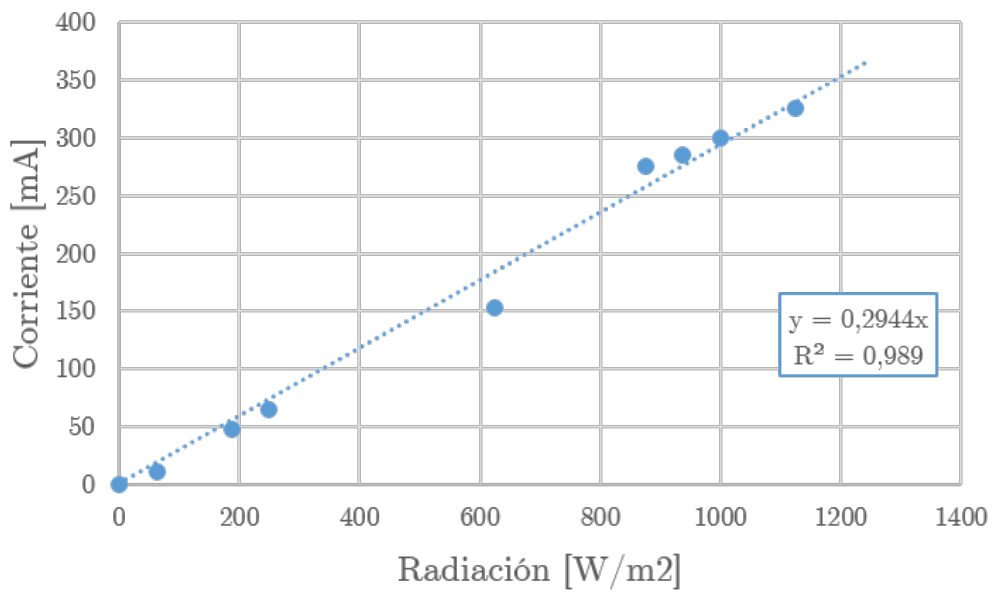


Figura 17: Relación Radiación-Corriente en la célula fotovoltaica

la tabla 4. El circuito diseñado para tomar estas medidas es el mismo que se utilizará para medir con la instalación operativa, y se explicará más adelante.

Radiación [W/m ²]	Medida [-]
0	0
100	18
200	31
300	53
400	69
500	80
600	92
700	108
800	119
900	128
1000	137
1100	151
1200	164

Tabla 4: Ensayo célula fotovoltaica con Raspberry Pi

3.2.3. Programación

3.2.3.1. Python.

Es un lenguaje de programación abierto libre, sencillo, dinámico y eficaz. Así como Raspberry Pi, dispone de entorno descargable libre y gratuito, y de tutoriales para distintos niveles de aprendizaje.

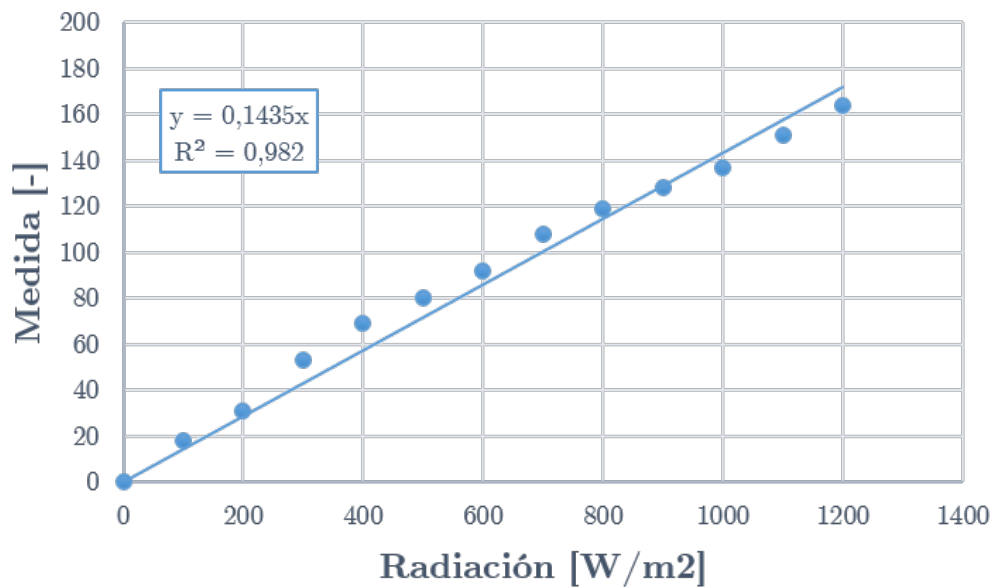


Figura 18: Relación Radiación-Medida en la célula fotovoltaica

Para programar en Python se utilizará un ordenador y la Raspberry Pi. Se dispone de un ordenador portátil personal ASUS R510J con CPU Intel Core i7-4720HQ trabajando a 3.6 GHz, con una memoria RAM de 8 GB y un disco duro con capacidad de 1 TB. Utiliza Windows 10 Education y la versión 3.5 de Python.

Python se creó en 1991 en Holanda por el desarrollador Tim Peters. Es un lenguaje multiparadigma que soporta orientación a objetos, programación imperativa y programación funcional, favoreciendo el código legible. Por ello, creó su propia filosofía en que la simplicidad y el orden imperaban en el código de programación. Posee una licencia de código abierto llamada *Python Software Foundation License*.

3.1.3.2. Programas.

La Raspberry Pi se puede programar en diferentes lenguajes (Python, C, C++, Java, Scratch y Ruby), pero la Fundación Raspberry Pi recomienda utilizar Python, ya que es el más sencillo y compacto, manteniendo todas las posibilidades con su programación. Es por ello que el programa de este proyecto se desarrolla en este lenguaje.

En primer lugar, se desarrolla un programa capaz de leer las señales de los sensores y guardar los datos leídos en un documento de texto en un USB insertado en la Raspberry Pi.

A continuación, se desarrolla un programa que lea este documento de texto y transforme los datos leídos en datos interpretables en medidas del sistema internacional (SI). Además, este último programa dejará el formato de la pila de datos listo para ser interpretado por la plataforma *Thingspeak* o el programa *Excel 2016*.

Durante el desarrollo de los programas es de vital importancia comentar los procesos que se llevan a cabo y la utilidad de las diferentes variables y funciones para facilitar la posterior lectura, corrección de errores y modificaciones.

Los programas, que se explican a continuación, se encuentran íntegros en el apéndice 4.

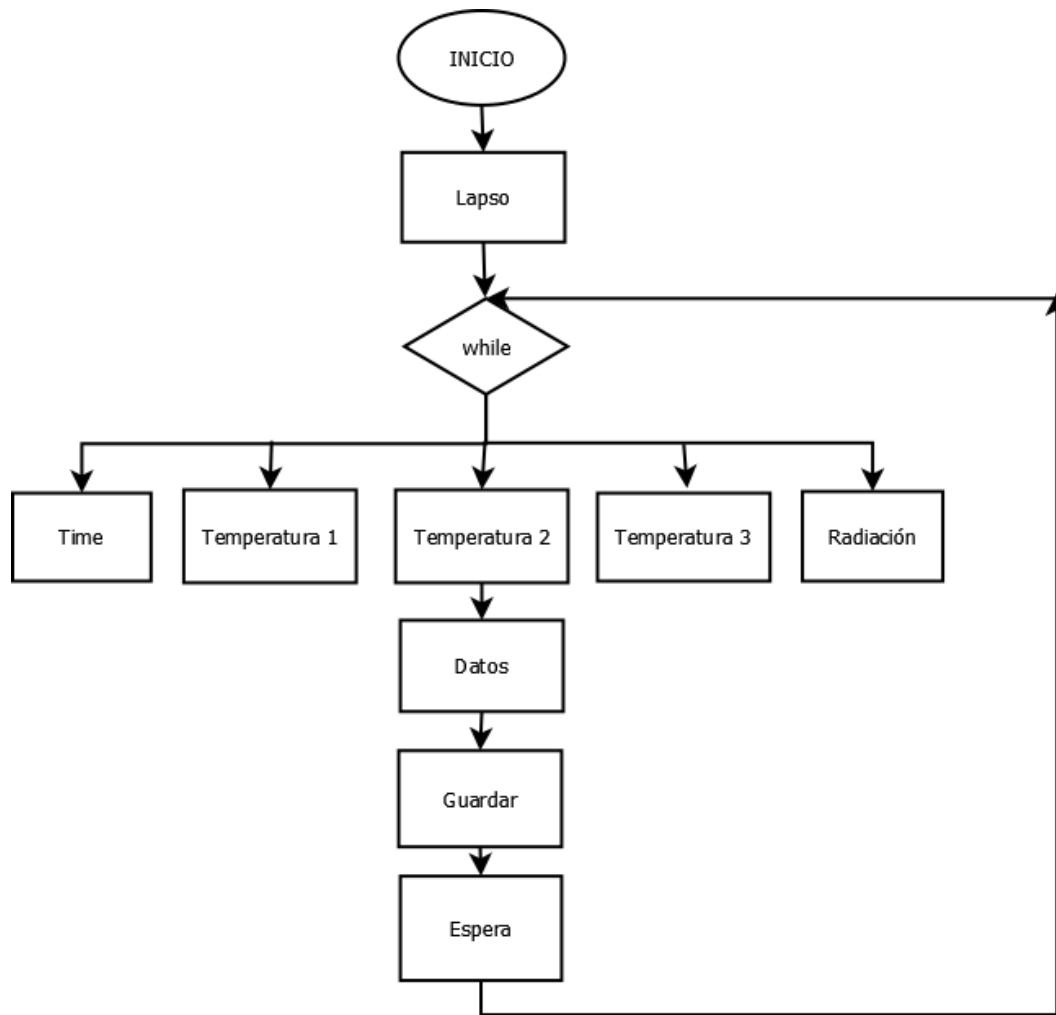


Figura 19: Diagrama de flujos programa lectura de datos

Programa de lectura de datos.

En la figura 19 se muestra el diagrama de flujo que sigue este programa.

Para tomar las medidas de temperaturas y radiación, se ha de tener en cuenta la frecuencia con la que se quiere tomar medidas. El programa será sencillo y compacto.

En primer lugar, se importan las librerías necesarias para desarrollar las funciones. A continuación, se define el periodo. También hay que definir un breve lapso de tiempo, ya que al ejecutar el programa de forma automática con el encendido de la Raspberry

Pi, y guardar los datos en una memoria extraíble, de no aportar este margen temporal la Raspberry Pi ejecuta el programa y busca guardar datos antes de detectar la memoria como periférico. En este caso, el programa da error.

A continuación, se configuran las entradas analógicas con las siguientes conexiones:

- Al pin 0 del adaptador se conectará el termopar que medirá temperatura ambiente.
- Al pin 2, el termopar que medirá la temperatura superior del depósito.
- Al pin 4, el termopar que medirá la temperatura inferior del depósito.
- Por último, al pin 6 del adaptador se conectará la célula fotovoltaica que medirá la radiación.

La primera función a definir será capaz de leer la entrada analógica de un sensor. A partir de esta, definimos una función diferente para cada sensor, que devuelva como resultado una cadena de caracteres.

Se define ahora la función que tomará el valor actual de tiempo. Una última función guardará un valor dado en el archivo sin sobrescribir información.

Por último, se desarrolla el programa principal. Este comenzará con la espera de un breve lapso para continuar con un bucle *while* infinito:

- Se guarda el tiempo en una variable.
- Se guarda cada valor medido en diferentes variables.
- Se guardan los cinco datos unidos en una nueva variable 'datos'.
- Se utiliza la función que guarda en un documento con esta variable 'datos'.
- Se espera el periodo temporal estipulado, en nuestro caso, 5 minutos.

Con esto obtenemos los datos que se exponen a continuación en el apartado 3.3.3. *Resultados obtenidos*. Estos datos son gestionados por el programa que se explica a continuación.

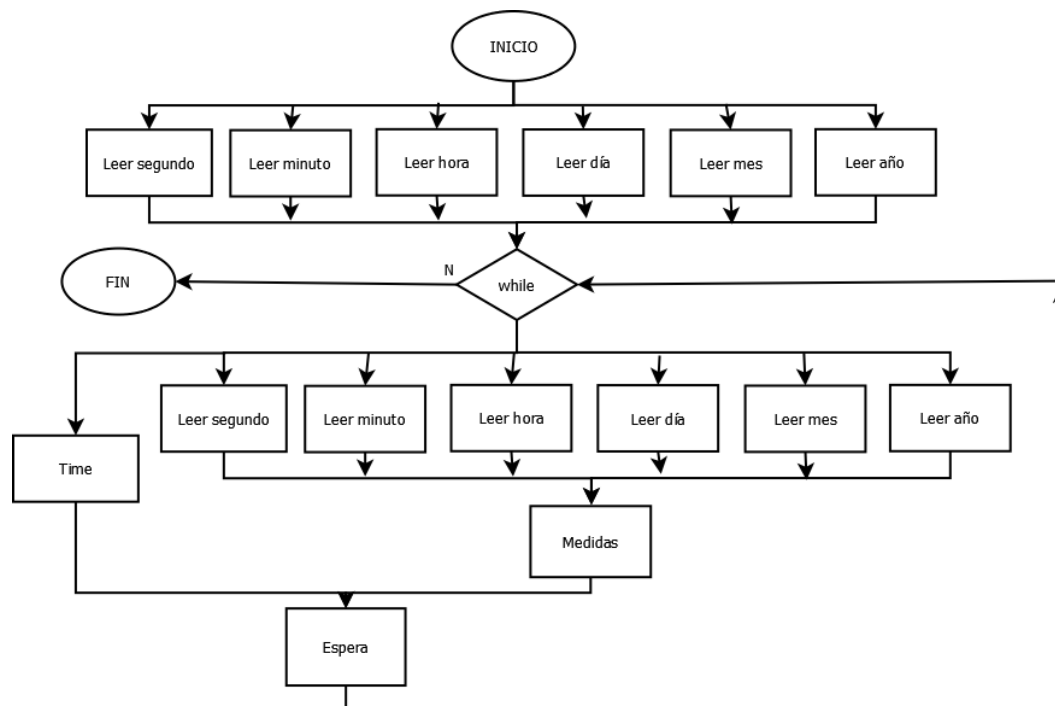


Figura 20: Diagrama de flujos programa lectura de datos

Programa de interpretación de datos.

En la figura 20 se muestra el diagrama de flujo que sigue este programa.

Para interpretar estos datos, lo primero a tener en cuenta es el formato que requiere *Thingspeak*. También, el formato en que se guardan los datos en el anterior programa. Por último, las calibraciones de los diferentes sensores, que convertirán los valores registrados por la Raspberry Pi en valores lógicos para los parámetros que se miden.

Cabe mencionar que la Raspberry Pi funciona sin reloj y al desconectar su potencia se bloquea la hora en la última guardada. De hecho, al volver a conectar, la próxima hora que guarde no será posterior a la última porque no guarda constantemente la hora en la memoria. Por tanto, se debe fijar la hora inicial y sumar cinco minutos a cada línea de datos.

En primer lugar, se deben definir las variables globales que se utilizarán durante el desarrollo del programa.

A continuación, se definen diferentes funciones, encargadas de leer los parámetros temporales de forma individual. Para ello, se abre el archivo de texto donde se almacenan los datos en modo lectura. Ubicando el marcador en la posición inicial de cada parámetro, se pueden leer el número de caracteres que lo compongan. A continuación, se cierra el archivo. Es importante guardar los resultados a devolver como números enteros que posteriormente se modificarán.

En esta primera lectura, se modificará el valor inicial del tiempo, ajustándolo al valor real de la primera línea de datos. Con tal fin se cambia el valor de minutos, horas, día, y mes, utilizando las variables globales i , j y k . El resultado de estas lecturas serán los valores temporales reales de la primera línea de datos, que se guardarán en diferentes variables globales. A partir de aquí se trabajarán con estas variables de la primera línea de datos, que servirán como referencia.

El siguiente paso será definir funciones similares que lean los datos tomados por la Raspberry Pi. Estas funciones devolverán cadenas de caracteres.

Las funciones para las tres temperaturas son sencillas de programar, ya que los datos medidos son siempre de dos cifras, pero la función que toma el dato de radiación es más compleja, ya que varía desde medidas de tres cifras hasta valor nulo.

Para definir esta función, debemos leer los caracteres de la línea. La longitud del parámetro que se busca dependerá de la longitud de la lectura efectuada, siendo siempre una unidad mayor al número de cifras leídas, puesto que se interpreta el salto de línea como un caracter.

La siguiente función a definir, se leerán y modificarán las medidas de las cuatro temperaturas y la radiación según las calibraciones, devolviendo una cadena de caracteres con los datos en unidades del sistema internacional y con el formato requerido por *Thingspeak* y también legible por *Excel 2106*.

De esta forma, quedan zanjada la gestión de las medidas. Para finalizar con la gestión de la fecha y hora, se definirá una función que limite minutos horas y días entre los márgenes comunes y ajuste los excesos en el siguiente parámetro, sin devolver ningún valor.

Por último, una función añadirá 0 delante de los valores temporales supuestos de dos cifras que sean menor que la decena y se representen solo con una. Así, el portal web de gestión de datos será capaz de interpretarlo correctamente. Y para finalizar, una función creará una cadena de caracteres con ambas fuentes de datos combinadas.

Una vez la gestión de datos se ha finalizado, se pasará a guardar estos en un documento (sin borrar lo anteriormente guardado).

Por último, se desarrollará el programa principal en un bucle *while*. Este bucle se detendrá cuando supere las 100000 posiciones de datos leídos. Es decir, dará error cuando finalice la lectura.

- En primer lugar, se obtiene un valor lógico del tiempo de la primera línea, ya modificado.
- A continuación, se suman cinco minutos a la variable global que los define.

- Se deja la variable encargada de sumar esos cinco minutos a 0.
- El tiempo quedará guardado en una nueva variable global.
- De idéntica forma, las medidas quedarán grabadas en otra variable.
- Se llamará a la función que une ambas variables en una cadena.
- Por último, se guardan estos datos en el documento creado a tal fin.
- Para la repetición del bucle, se tiene en cuenta la medida de la línea de datos generada y se sitúa el marcador en la posición donde iniciará la siguiente línea.
- El contador que se encarga de sumar cinco minutos volverá a tomar este valor.

Con esto, el programa devolverá un documento de texto con los datos ordenados.

3.2.4. Raspbian

Como se ha comentado anteriormente, Raspbian es el SO específico de Raspberry Pi. A continuación se tratará el modo de instalarlo y la configuración requerida para nuestro proyecto.

3.2.4.1. Instalación De Raspbian.

Este SO está disponible en la página web de Raspberry Pi de forma totalmente gratuita. Asimismo, en esta página se encuentra un tutorial sobre su instalación.

Será necesaria una tarjeta microSD de capacidad mínima de 4GB para la instalación. En primer lugar, se formatea la tarjeta mediante el programa *SDFormatter*, accesible desde la web de MicroSD y también gratuito. A continuación, se copia el archivo descargable tras haberlo descomprimido, y se inserta la tarjeta en la ranura para tal fin de la Raspberry Pi. Se conectan los periféricos necesarios (pantalla, ratón y teclado), y se da potencia a la placa.

A continuación se sucederán menús que nos permitirán instalar el SO. Este proceso durará varios minutos.

3.2.4.2. Configuración De Raspbian.

En primer lugar, se debe configurar la el SO de la Raspberry Pi. Para ello se utiliza el comando "*sudo raspi-config*" desde la consola. A continuación, aparecerá en la pantalla el menú mostrado en la figura 21.

En nuestro caso, las configuraciones a modificar son las siguientes:

- A continuación, se edita el archivo abierto dejando el texto ya existente y añadiendo el final del documento el siguiente texto:

```
fi
cd/home/pi2
su pi -c "python evcalentador.py" &
exit 0
```

- Se guarda el documento y se cierra. Al reiniciar, se ejecutará automáticamente el programa *evcalentador.py*, ubicado en el escritorio.

3.2.5. Diseño Del Circuito

Se necesita diseñar un circuito que conecte todos los aparatos a utilizar de forma que la Raspberry Pi sea capaz de leer las señales de los sensores. En la figura 22 se presenta este circuito.

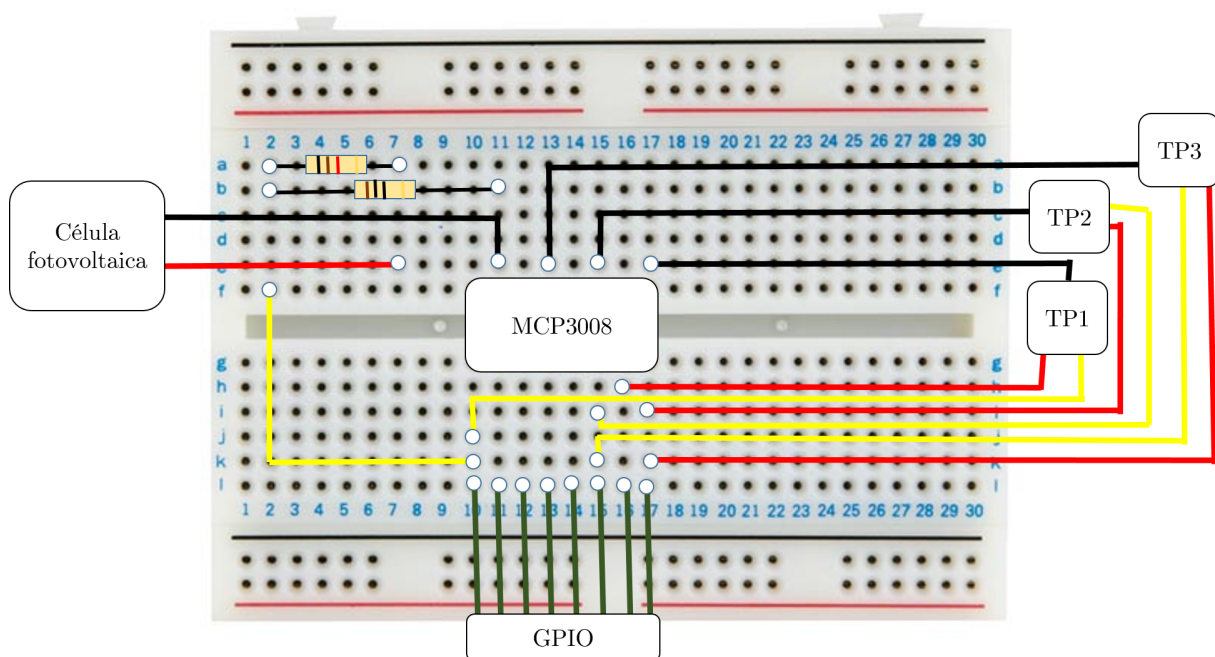


Figura 22: Circuito en placa Board

Para tomar medida de radiación, se procede a conectar la célula fotovoltaica en serie con una resistencia de 10Ω con la que tomaremos medidas y otra de 100Ω que reducirá la corriente y consumirá gran parte de la potencia generada por la placa.

El circuito tendrá entonces una resistencia total de 110Ω . La corriente oscilará según la radiación de 0 a 350 mA (máximo sobredimensionado). Por tanto, la tensión de las placas no alcanzará los 20 V. El voltaje máximo del circuito completo será de

38.5 V. Como las entradas de la Raspberry Pi no son capaces de leer más de 3.3 V, se conectan esta entrada entre los extremos de la resistencia de $10\ \Omega$. Quedará una tensión máxima de 3.5 V, que se asume como válida para nuestro fin. Se ha de tener en cuenta que esta tensión máxima no se llegará a dar, ya que la inclinación de la placa está optimizada para el mes de diciembre. Por tanto, la inclinación limitará notablemente la radiación en el periodo de medidas.

Todos estos valores se han obtenido aplicando la Ley de Ohm.

3.2.5.1. SPI.

Adaptador.

La Raspberry Pi no es capaz de leer por sí misma señales analógicas. Por tanto, para leer este tipo de entradas (las que nos ofrecen los sensores que se utilizarán), se necesita utilizar el bus de Interfaz Periférico en Serie (*Serial Peripheral Interface o SPI*). Éste se activa mediante una determinada conexión de los pines GPIO de la Raspberry Pi y la activación en su configuración (explicada en el apartado 3.3.4.4. *Configuración de Raspbian*). Además, para la lectura se precisa de un adaptador capaz de leer señales analógicas y transformarlas en digitales.

Seleccionamos el adaptador MCP3008, que dispone de ocho entradas o salidas y una resolución de 10 bits análogo-digitales. La comunicación con el dispositivo se logra usando una interfaz compatible con el protocolo SPI.

El dispositivo opera sobre un rango de tensión de 2.7 V a 5.5 V. Teniendo en cuenta que la Raspberry Pi trabaja a 3.3 V, es ideal para esta función. Además, su diseño permite el funcionamiento con corrientes desde 5 nA.

Se puede ver la disposición de sus patillas en la figura 23.

Conexiones.

En la tabla 5 se exponen las conexiones necesarias para su correcto funcionamiento.

3.3. MEDICIONES

Se toman medidas durante un periodo de diez días con el fin de obtener datos suficientes para extraer conclusiones. De estos, nueve son completos. Se trabajará con estos nueve días para tener ciclos de datos diarios completos.

3.3.1. Instalación De La Central De Medidas

Para obtener dichos datos a partir de estudiado anteriormente y teniendo en cuenta el contexto del proyecto, se procede a instalar la central de datos de la siguiente forma:

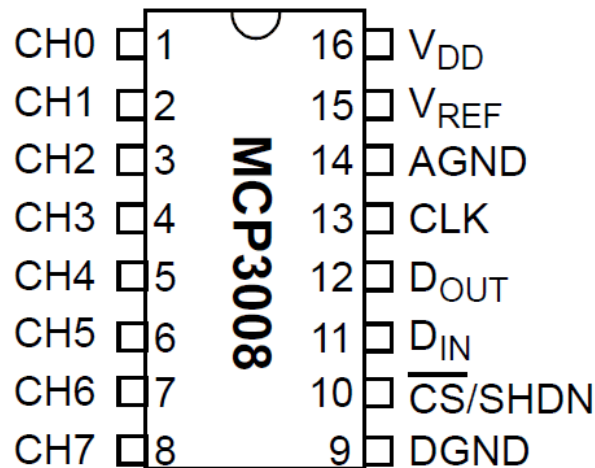


Figura 23: Adaptador

MCP3008		GPIO		
Tipo	Pin	Tipo	Pin	SPI
DGND	9	GND	39	-
CS/SHDN	10	GPIO8	24	CE0_N
D _{IN}	11	GPIO10	19	MOSI
D _{OUT}	12	GPIO9	21	MISO
CLK	13	GPIO11	23	SCLK
AGND	14	GND	25	-
V _{REF}	15	3V3	17	-
V _{DD}	16	3V3	1	-

Tabla 5: Conexiones SPI

Previamente a visitar el asilo para la instalación, se llevó a cabo la soldadura de dos de los tres termopares a diferentes cables reciclados disponibles en el laboratorio de la universidad con el fin de aumentar su longitud. Tanto en estos dos cables como en los de la célula fotovoltaica, se soldaron también terminaciones capaces de ser conectadas a una placa *board*. Esta soldadura se aisló y aseguró mediante cinta de aislamiento.

Una vez en la instalación, en primer lugar se requería una conexión eléctrica para dar potencia a la Raspberry Pi. Debido a que la instalación está sobre el techo de la edificación, no se dispone de puntos de luz accesibles. Por lo tanto, se utilizó un alargador conectado a un punto de luz de una habitación que, a través de un agujero en el techo de madera, alcanzaba el falso techo accesible desde las instalaciones termosolares. Para acceder a este falso techo fue necesario el uso de un frontal. Debido a que el tamaño del agujero era limitado, se instaló el enchufe para la conexión al punto de luz tras trazar el recorrido del cable. Para la sujeción de este al techo con el fin de evitar molestias en

la habitación, se utilizó una grapadora de pared, comprobando antes que su fuerza no era capaz de perforar el cable.

Una vez se disponía de toma de luz, se procedió a perforar la tapa del depósito interno para dar paso a los sensores. Para ello se desmontaron tanto la tapa externa como el aislamiento y la tapa interna. Se utilizó la toma de luz para conectar un taladro que perforaría la tapa. No fue necesario perforar en la tapa externa, ya que disponía de una abertura con tapón. Simplemente se retiró el tapón para dar paso. Este proceso se puede observar en la fotografía de la figura 24.



Figura 24: Perforación de la tapadera

Para sostener la central de datos durante las mediciones, se diseñó y construyó un soporte por parte de la universidad. Este soporte se instaló a una viga de madera cercana a la instalación mediante ocho tornillos.

El proceso más complejo fue la conexión de los sensores a la placa *board*, debido a que se iban asegurando al soporte para evitar fallos de conexión, y esto suponía realizar el conexionado con ambas placas sobre el soporte poco accesible. En la figura 25 se muestra el circuito de resistencias montado previamente a conectar el resto de cableado.

Para la instalación de la célula fotovoltaica sobre el colector (para mantener la misma inclinación) se utilizó silicona para fijar la placa. Cabe destacar que la superficie del colector oculta por la tapa era apenas del 3%. El proceso de instalación queda recogido en la imagen de la figura 26.

Para la instalación de los termopares, se midió la distancia a la que se buscaba sumergir cada uno y se fijó con silicona. También se utilizó silicona para tapar la

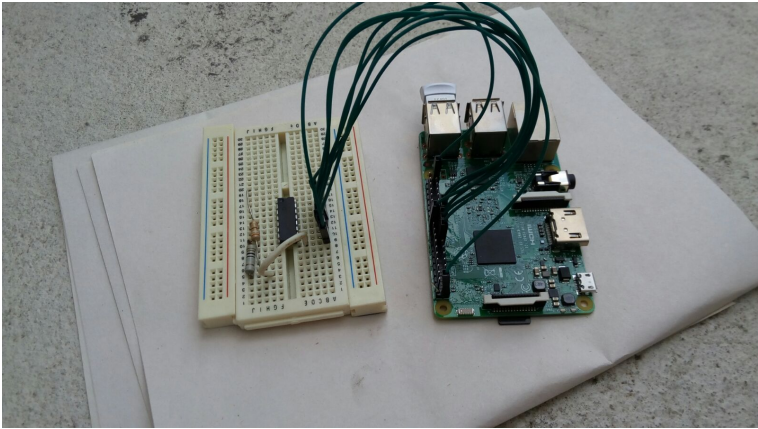


Figura 25: Circuito de resistencias montado



Figura 26: Instalando la célula fotovoltaica

abertura por la que pasaban los cables en el depósito exterior, así como para fijarlos en este punto. Esto se observa en la figura 27.



Figura 27: Central de datos en funcionamiento

Se buscó la catenaria en el recorrido de los cables y se aseguró con cinta de aislamiento en los puntos más bajos del cable que las gotas de agua de lluvia no alcanzasen la central de datos. Con todo esto, se pudo conectar la potencia en la Raspberry Pi y las mediciones comenzaron. En la figura 28 se muestra la central de datos instalada y en funcionamiento.

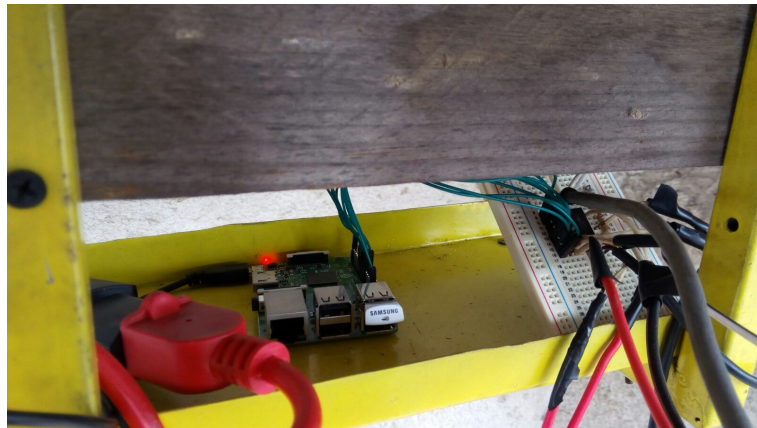


Figura 28: Central de datos en funcionamiento

3.3.2. Gestión De Resultados

Para gestionar los datos definitivos con el fin de analizar los resultados obtenidos, se utilizará finalmente la herramienta comercial de *Microsoft Office, Excel 2016*. Se procederá de la siguiente forma:

- En primer lugar, se separan los datos por días en diferentes documentos de texto. Se procede con cada archivo de texto de forma individual.

- Abriendo el programa *Excel 2016* desde el ordenador, se siguen los comandos Archivo>Abrir, y se selecciona el archivo .txt del día que se desee.
- A continuación, aparece un diálogo para configurar la importación de datos, como se ve en la figura 29.

Se selecciona la opción de tipo de archivo de datos delimitados, y se pulsa siguiente sin variar ningún otro valor predeterminado. (Figura 29)

En el siguiente diálogo, se seleccionan todos los tipos de separadores posibles, ya que se requieren todos en nuestro caso, así como la opción de 'Considerar separadores consecutivos como uno solo'. En 'Otro', se añade como separador el cierre de paréntesis ')'. Se puede comprobar que de esta manera el programa interpreta en diferentes columnas los distintos datos. (Figura 30)

En la última ventana de diálogo, en primer lugar se indica el formato de la fecha en la primera columna (AMD), y a continuación se señala que no es necesario importar la columna de los ceros, requisito para importar el .txt a Thingspeak. Con esto se finaliza. (Figura 31)

- Con los datos importados, se realiza una batida rápida para eliminar los puntos anómalos que alteran los resultados.
- Por último, se generan las gráficas de temperaturas del depósito y radiación, con sus líneas de tendencia de media variable.

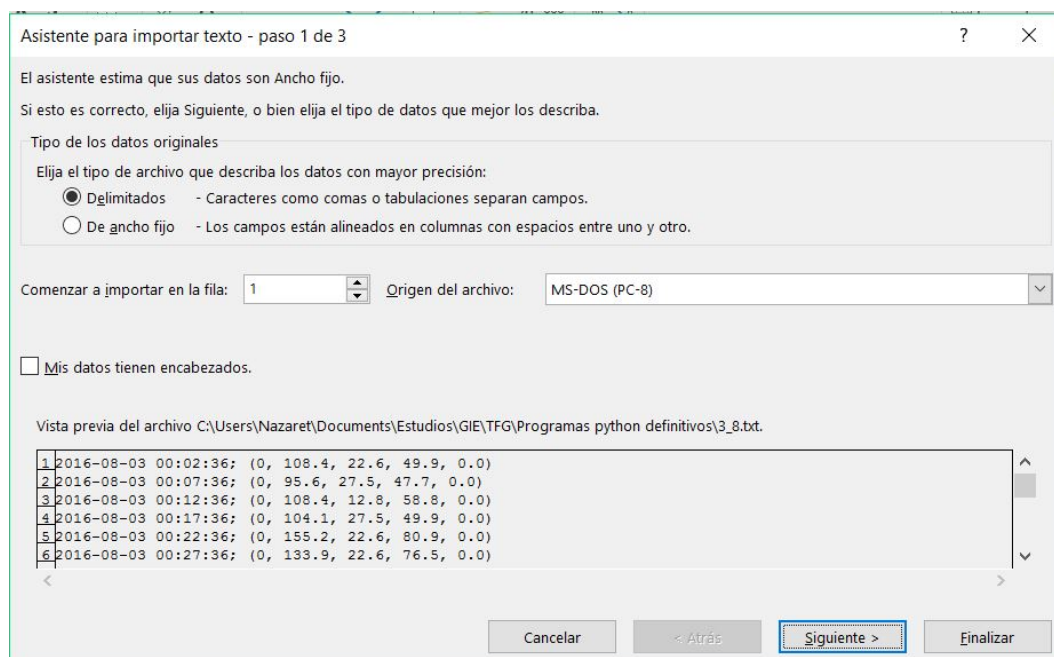


Figura 29: Dialogo Excel ventana 1

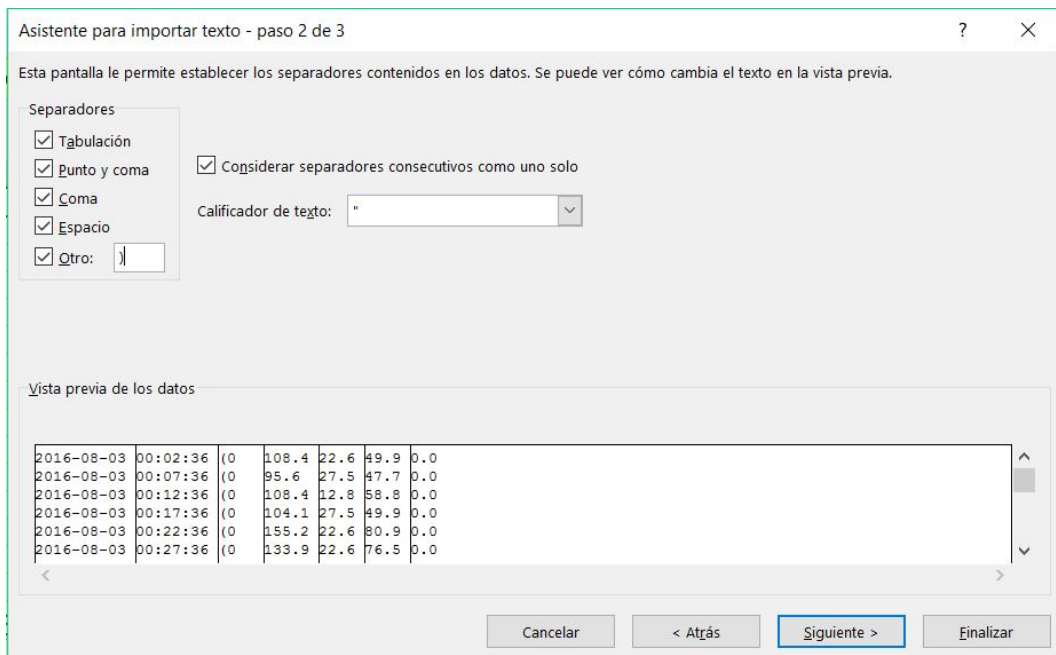


Figura 30: Dialogo Excel ventana 2

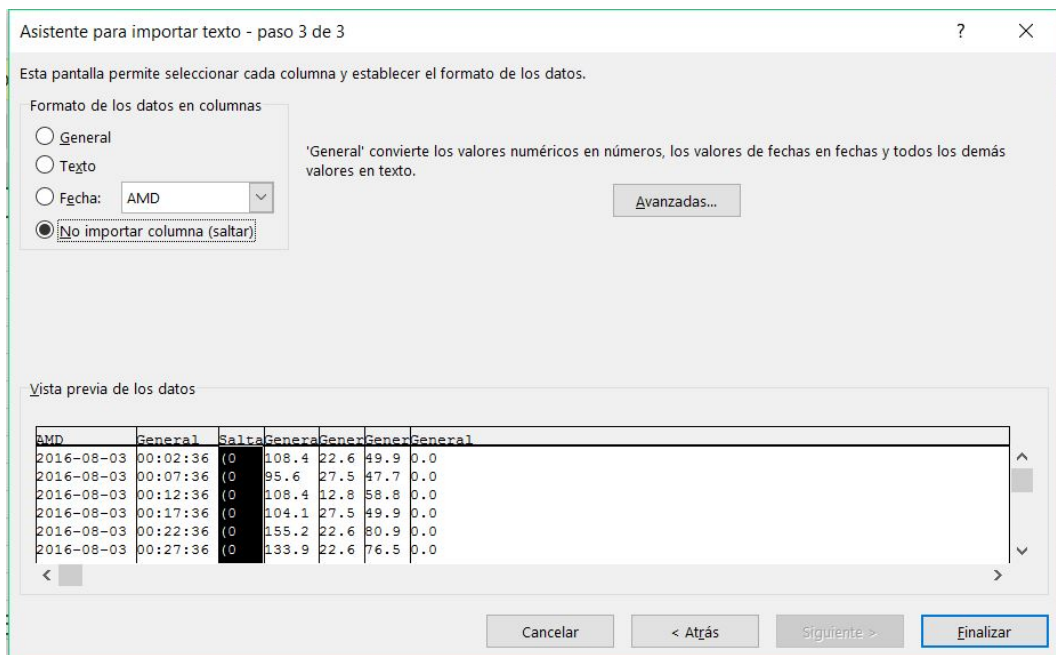


Figura 31: Dialogo Excel ventana 3

3.3.3. Resultados Obtenidos

Como se ha visto en el apartado *Programa de lectura de datos*, el resultado obtenido por medio de la Raspberry Pi es un documento de texto con las cuatro medidas de los sensores.

Estos datos se gestionan según se explica en el apartado *3.3.2. Gestión de resultados*, para obtener las figuras y tablas que a continuación se desarrollan.

Los datos representados a continuación tienen una característica común: están discretizados. Esto se debe a que las medidas obtenidas por la Raspberry Pi mediante los sensores se representan con números enteros. Al aplicar las relaciones alcanzadas en los ensayos, los números resultantes pueden ser reales, pero se repiten los mismos valores de forma escalada.

El conjunto total de datos se encuentra representado en el apéndice 5.

Para la representación de los diferentes datos, se emplearán dos parámetros estadísticos que facilitarán la representación y el análisis de los datos.

Mediana.

La mediana representa el valor de posición central en un conjunto de datos. Es decir, el valor que ocupa la posición media de los datos ordenados. Podemos calcular su posición, pero no su valor. El cálculo es diferente para conjuntos con un número de valores par (ecuación 1) o impar (ecuación 2).

La característica que nos lleva a utilizarla es que los puntos anómalos no alteran la información disponible en los datos.

$$M_e = x_{(n+1)/2} \quad (1)$$

$$M_e = (x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1})/2 \quad (2)$$

Media aritmética.

El media aritmética o promedio es el valor característico de un conjunto de números. Se halla sumando los valores y dividiendo entre el número de sumandos, como se aprecia en la ecuación 3.

A pesar de verse gravemente afectada por puntos anómalos, utilizaremos la media aritmética para comparar datos que no suelen tener estas corrupciones. Es muy útil porque representa con exactitud la identidad del conjunto de datos.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

3.3.3.1. Resultados Por Días.

En primer lugar, se exponen los resultados para cada día. Con esto se pretende comparar los parámetros de estudio en diferentes días.

Temperaturas superior e inferior del depósito.

En la tabla 6 se representan las temperaturas internas del depósito. Se trata de la mediana de la temperatura, tanto interna como externa, para cada día de mediciones. Se toma la mediana de los datos para que los puntos anómalos no produzcan resultados globales erróneos.

Día	Temperatura inferior [°C]	Temperatura superior [°C]
30 Julio	22.6	54.3
31 Julio	22.6	52.1
1 Agosto	27.5	56.5
2 Agosto	27.5	56.5
3 Agosto	27.5	56.5
4 Agosto	22.6	56.5
5 Agosto	22.6	54.3
6 Agosto	22.6	56.5
7 Agosto	22.6	54.3

Tabla 6: Mediana de la temperatura en el depósito por días

Radiación.

Para estudiar la radiación, se escoge representar en la tabla 7 la media aritmética del conjunto de valores de radiación perteneciente a las horas en que este valor no es nulo. Así se obtiene la radiación media diaria, fácilmente comparable entre jornadas.

Día	Radiación [W/m ²]
30 Julio	762.8
31 Julio	854.2
1 Agosto	757.3
2 Agosto	648.1
3 Agosto	1052.3
4 Agosto	798.7
5 Agosto	762.5
6 Agosto	738.1
7 Agosto	806.6

Tabla 7: Media de la radiación por días

3.3.2. Resultados Por Horas.

A continuación, para un estudio más en profundidad del comportamiento de los datos durante el transcurso diario, se representan los datos para un único día.

Teniendo en cuenta la estabilidad del clima, se genera un día modelo, creado a partir de los conjuntos de datos de cada día.

Esta opción es mejor que tomar un día cualquiera, ya que las alteraciones por nubes esporádicas solo afectarán levemente a los resultados.

Temperatura ambiental.

Los datos de temperatura ambiental presentan una disposición anárquica, por lo que no aportan información al proyecto.

Como se ha comentado anteriormente, el clima de la ciudad es muy estable, así como su temperatura, que se desarrolla según una curva diaria ya estudiada por las entidades climatológicas nacionales.

Para la época del año en que transcurren las mediciones, dicha curva toma los valores de la tabla 8, que se ve representada en la figura 32.

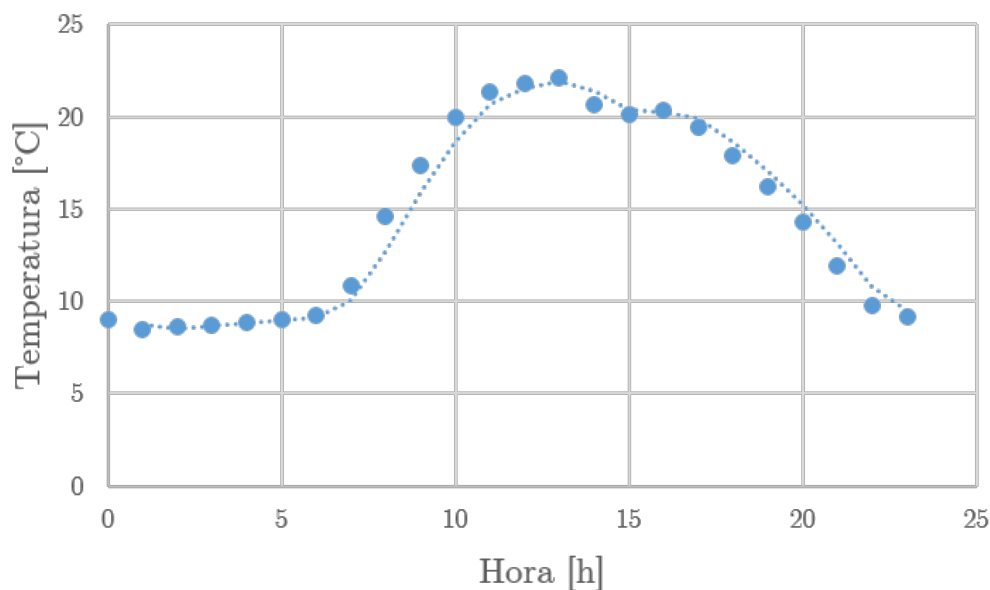


Figura 32: Variación de Temperatura Ambiente Diaria

Según estos datos, la temperatura media ambiental se situaría en un valor de 14.58 °C.

Temperatura inferior del depósito.

Para obtener un modelo diario del comportamiento de la temperatura inferior del depósito se utiliza la mediana.

Hora [h]	Temperatura [°C]
0	9.0
1	8.5
2	8.6
3	8.7
4	8.9
5	9.0
6	9.2
7	10.9
8	14.6
9	17.3
10	20.0
11	21.3
12	21.8
13	22.1
14	20.7
15	20.1
16	20.4
17	19.4
18	17.9
19	16.2
20	14.3
21	11.9
22	9.8
23	9.2

Tabla 8: Temperatura ambiental media por horas

En la figura 33 se simula el desarrollo diario de la temperatura del agua en el interior del depósito.

Temperatura superior del depósito.

Con la temperatura superior del depósito se opera de idéntica forma a la inferior. A partir del modelo diario generado por las medianas, se obtiene la representación de la figura 34.

Radiación.

Como se ha procedido en el apartado anterior, para los datos de radiación utilizaremos la media aritmética. Se genera un modelo por medio de todos los datos disponibles, a partir del cual se obtiene la curva de radiación de la figura 35.

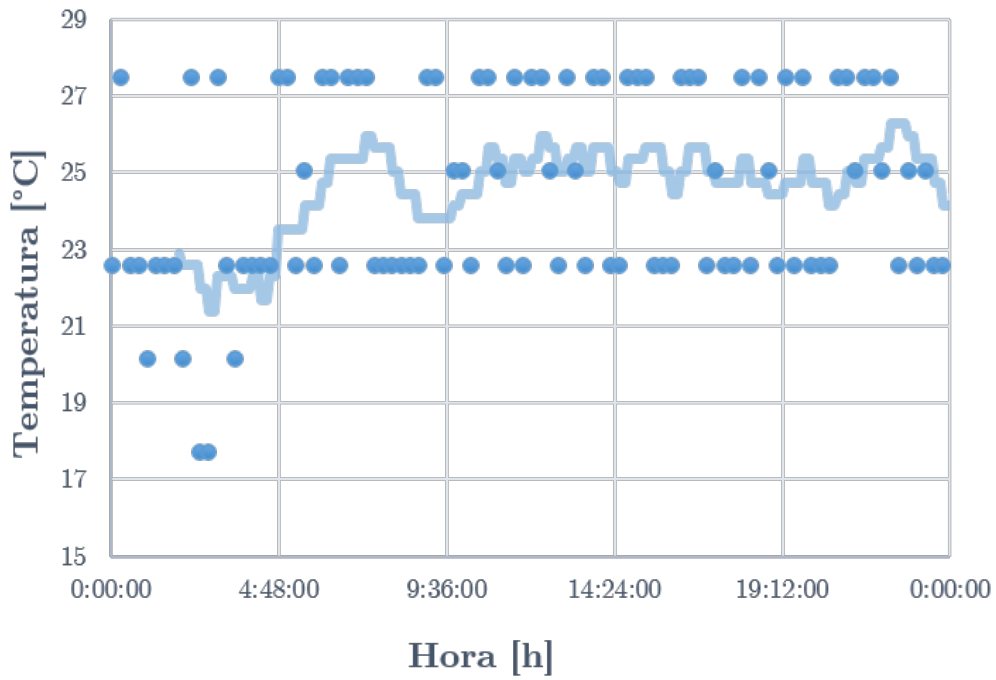


Figura 33: Temperatura Inferior del Depósito Diaria

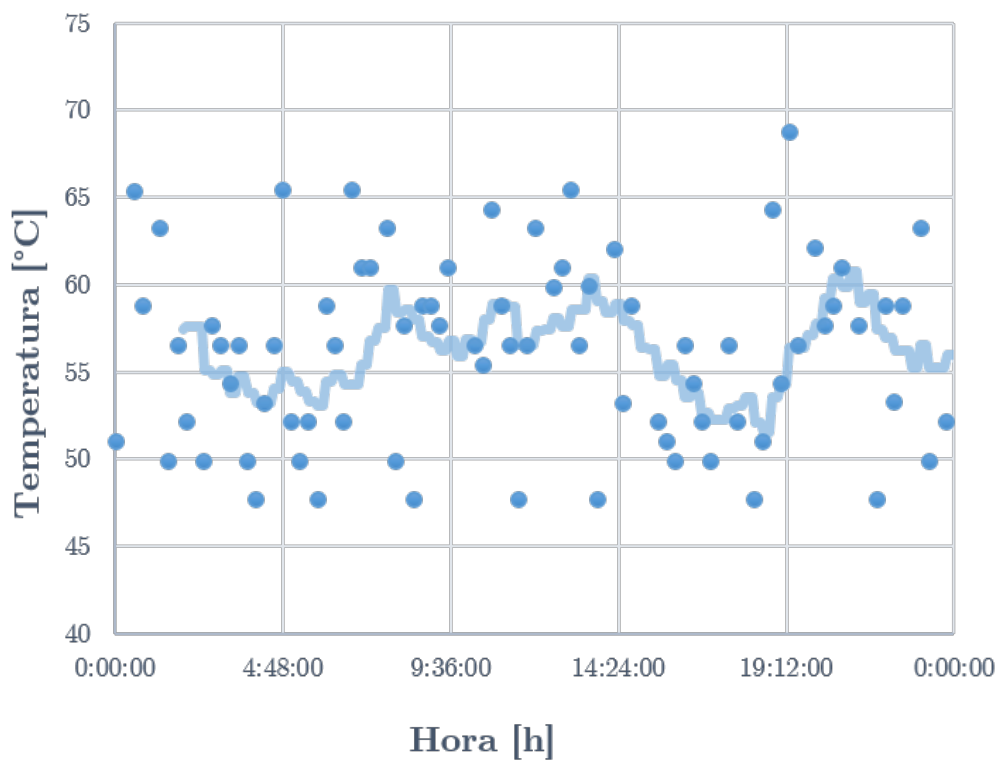


Figura 34: Temperatura Superior del Depósito Diaria

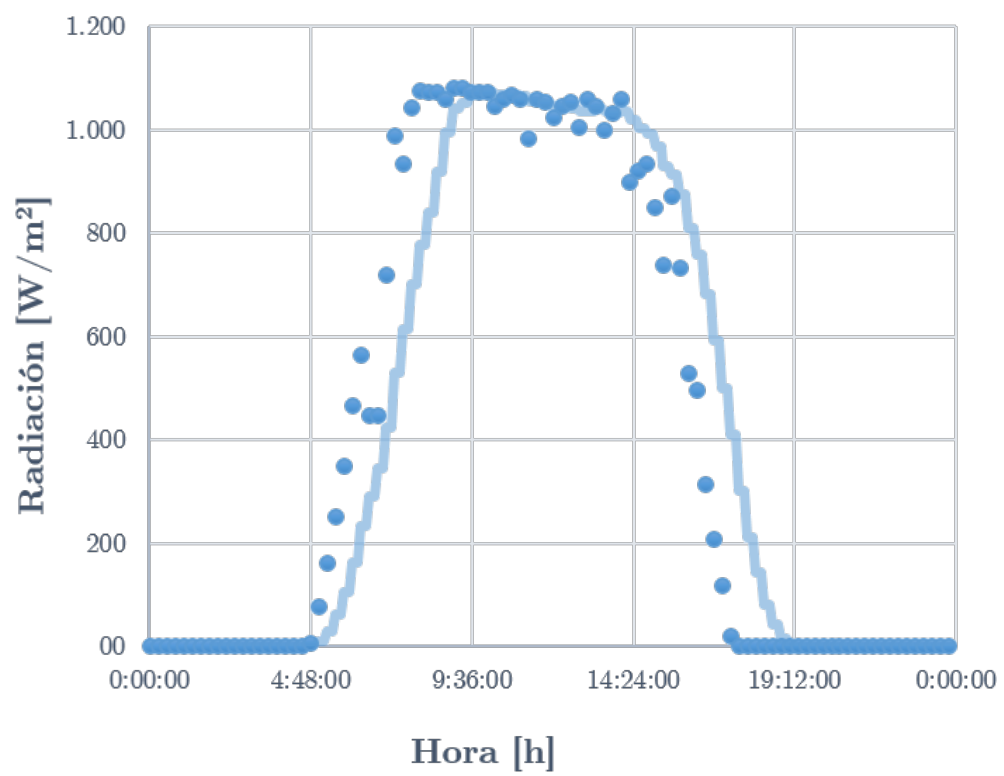


Figura 35: Radiación diaria

3.4. CÁLCULOS

A partir de los datos recopilados en el apartado anterior, se procede a realizar diferentes cálculos que servirán para entender mejor el funcionamiento de la instalación.

La nomenclatura de los datos a utilizar en los cálculos que a continuación se desarrollan queda reflejada en la tabla 9.

Parámetro	Símbolo
Área del colector	A
Calor	Q
Capacidad calorífica	C
Capacidad calorífica específica	c
Energía	E
Energía absorbida	E_{abs}
Energía generada	E_{gen}
Energía interna	U
Energía perdida	E_p
Incremento de temperatura	ΔT
Incremento de tiempo	Δt
Masa	m
Potencia	P
Radiación	rad
Rendimiento	η
Temperatura ambiental	t_{amb}
Temperatura máxima	t_{max}
Temperatura mínima	t_{min}
Trabajo	W

Tabla 9: Nomenclatura

Se calculará el rendimiento de la instalación. Para ello, es necesario llevar a cabo un balance energético.

Teniendo en cuenta que la energía absorbida por el colector es directamente proporcional a su potencia y al tiempo transcurrido (ecuación 4), y que su potencia dependerá del área de incidencia de la radiación y de la propia radiación (ecuación 5), se extrae la ecuación 6.

$$E = P \cdot \Delta t \quad (4)$$

$$P = A \cdot rad \quad (5)$$

$$E = A \cdot rad \cdot \Delta t \quad (6)$$

Por otra parte, la energía térmica se define como la diferencia entre el calor y el trabajo, según la ecuación 7.

Como el trabajo en la instalación es nulo, la energía sería equivalente al calor, que a su vez se define como la relación directamente proporcional entre la capacidad calorífica y el incremento de temperatura (ecuación 8). Se puede hallar la capacidad calorífica de nuestro volumen a partir de la masa del agua y la capacidad calorífica específica (ecuación 9). De esta forma, la energía se definiría también según la ecuación 10.

$$U = Q - W \quad (7)$$

$$Q = C \cdot \Delta T \quad (8)$$

$$C = m \cdot c \quad (9)$$

$$U = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (10)$$

De entre estos valores, no disponemos de forma directa del incremento de temperatura. Es sencillo de calcular mediante las temperaturas mínima y máxima del depósito y la temperatura ambiental, por medio de la ecuación 11.

$$\Delta T = \frac{t_{max} - t_{min}}{2} - t_{amb} \quad (11)$$

Con esto se procede a realizar el balance energético, igualando ambas ecuaciones energéticas y teniendo en cuenta las pérdidas (ecuación 12). El balance quedaría definido por la ecuación 13.

$$E = U + E_p \quad (12)$$

$$A \cdot rad \cdot \Delta t = E_p + m \cdot c \cdot \Delta T \quad (13)$$

Por otra parte, el rendimiento de la instalación queda determinado por la relación entre la potencia absorbida y la generada por la instalación. En nuestro caso, la energía térmica que calienta el agua del depósito y la energía producida por la radiación. Esto se refleja en la ecuación 14.

$$\eta = \frac{P_{abs}}{P_{gen}} \quad (14)$$

Para el cálculo de estos parámetros energéticos se utilizarán los valores extraídos de los modelos diarios de temperaturas y radiación, y algunos parámetros predeterminados que se exponen en la tabla 10.

Parámetro	Valor	Unidades
Área del colector	1.86	m ²
Capacidad calorífica específica	1	cal/g
Masa	113.6	kg

Tabla 10: Parámetros para cálculos

Estos cálculos se desarrollan en la tabla del apéndice 6. Los resultados globales consisten en la suma de las energías generadas y absorbidas durante al día. A partir de estas, se obtienen las pérdidas y el rendimiento diario. Los resultados están expuestos en la tabla 11.

Parámetro	Valor	Unidades
Energía generada	18.96	kW h
Energía absorbida	4.32	kW h
Energía perdida	14.64	kW h
Rendimiento	22.80	%

Tabla 11: Resultados de rendimiento

Por lo tanto, el rendimiento de la instalación es de un 22%.

4. Análisis de resultados

4.1. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos obtenidos y expuestos tanto en el apartado 3.3.3. *Resultados obtenidos* como en la 3.4. *Cálculos* serán a continuación objeto de análisis.

4.1.1. Radiación

Día	Amanecer	Atardecer
29 Julio	-	18:37
30 Julio	5:49	18:36
31 Julio	5:49	18:36
1 Agosto	5:49	18:35
2 Agosto	5:49	18:35
3 Agosto	5:50	18:35
4 Agosto	5:50	18:34
5 Agosto	5:50	18:34
6 Agosto	5:50	18:33
7 Agosto	5:51	18:33
8 Agosto	5:51	18:32
9 Agosto	5:51	-

Tabla 12: Ensayo célula fotovoltaica

En primer lugar, se puede observar en la tabla 12 las horas del amanecer y atardecer durante los días de mediciones. Comparando estas horas con la figura 35 vista anteriormente, se confirman de forma bastante aproximada estas horas.

Según los datos, la radiación comienza a incidir en la placa sobre las 5h de la mañana. Esto es menos de una hora antes de la salida del sol, con la primera claridad crepuscular. De forma contraria, debido a las nubes vespertinas y a la inclinación de la placa, la radiación deja de incidir sobre ella cerca de las 16.30h de la tarde, dos horas antes de la puesta de sol.

La figura 35 muestra una casi perfecta campana de radiación. Con una forma bien definida, el día comienza con una fuerte pendiente manteniendo la mañana soleada y con máxima radiación.

A primeras horas de la tarde, se contemplan inestabilidades en la radiación, producidas por frentes nubosos que diariamente precipitan durante un breve tiempo. Posteriormente, la tarde transcurre alternando claros con nubosidad, con radiación descendiente con una pendiente más suave hasta desaparecer.

Con respecto a la media de radiación durante en periodo de mediciones, se observa bastante uniformidad. Cabe destacar el día 3 de agosto como día de máxima radiación, con una media de 1052.3 W/m^2 , mientras que el día anterior, 2 de agosto, la radiación alcanzó su mínimo con un valor medio de 648.1 W/m^2 .

Probablemente esto se debió a que el día 2 las lluvias fueron más intensas, dejando el cielo de la siguiente jornada despejado. La comparativa entre estos extremos se encuentra en la figura 36.

Además de un descenso precoz de la radiación, se observan puntos de muy baja radiación de forma alterna, que indican intervalos nubosos.

Por otra parte, llama la atención la forma precipitada de la pendiente ascendente el día 3 de agosto, que indica que el cielo estaba despejado. Con esto, la teoría quedaría comprobada.

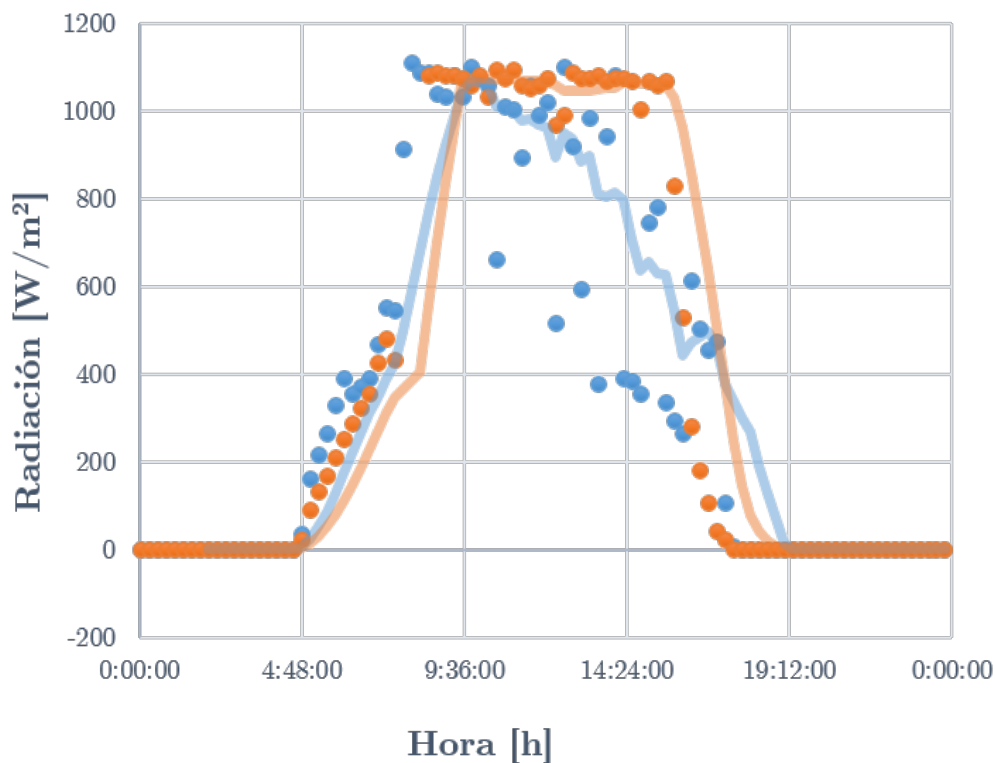


Figura 36: Radiaciones mínima y máxima

4.1.2. Temperatura Interna Del Depósito

4.1.2.1. *Temperatura Inferior.*

Se observa a simple vista el fenómeno de discretización de los datos, comentado anteriormente. A pesar de ello, la tendencia es clara. Se distingue una caída de temperatura alrededor de las 2 h, así como un marcado ascenso al amanecer. La temperatura se mantiene estable durante el día y desciende tiempo después de anochecer.

La mediana de temperatura de cada día se puede considerar estable, teniendo en cuenta la discretización de los datos. Se observa que es ligeramente superior a los 14.58 °C medios de temperatura ambiente. Esto se debe al efecto del calentador solar.

A pesar de ser esta la temperatura mínima del agua del depósito, su valor alcanza la máxima temperatura ambiental (22.1 °C).

4.1.2.2. *Temperatura Superior.*

Con respecto a la temperatura del fluido ubicado en la parte superior del depósito, en la figura 34 se observa que su distribución es desordenada. Esto se debe a que el sensor con el que se efectuaron estas medidas está dañado. Por este motivo, la tendencia que se observa en la figura no ofrece información útil.

No obstante, da una idea de las temperaturas que se manejan en el interior del depósito, lo que es suficiente para desarrollar los cálculos en el apartado 3.4. *Cálculos.*

Teniendo en cuenta que la temperatura dentro de un sistema cerrado (como se considera el depósito) tiene una distribución de temperaturas en forma de gradiente, con una pendiente constante, se puede aceptar como válido que la tendencia en las temperaturas superior del depósito sigue la misma trayectoria que en las temperaturas inferiores.

Lo que sí demuestra la relación entre la temperatura superior e inferior del depósito, validando así las medidas de temperatura superior, es la relación de estas por días en la tabla 6. Se observa que para los días de mayor temperatura inferior, la temperatura superior es también máxima. Estos son los días 1, 2 y 3 de agosto.

4.1.3. Relación De La Radiación Con La Temperatura

La temperatura ambiental (figura 32) se ajusta perfectamente a la campana de radiación diaria (figura 35).

En la figura 33 se observa de forma bastante clara la salida del sol con una subida de temperatura en el depósito. En cambio, al anochecer, la temperatura aun se mantiene constante por unas horas, hasta que termina cayendo debido a la falta de relleno con agua caliente.

Al descender la temperatura, también llega a un punto en que se mantiene constante, lo que indica que el aislamiento en el depósito es de buena calidad.

Además, el punto de máxima temperatura según la línea de tendencia de la figura 33 se da a la hora aproximada en que aumenta la radiación considerablemente, según la figura 35. Esto es, alrededor de las 8 h de la mañana.

Por otra parte y observando estas mismas figuras, se encuentra que el punto de mínima temperatura es precisamente a la hora en que la radiación lleva más tiempo siendo nula, alrededor de las 3 h.

4.2. ANÁLISIS DE CÁLCULOS

Tras el desarrollo del apartado I, se obtiene que el valor de rendimiento de la instalación es de 22.80%. Para este tipo de instalación, se trata de un rendimiento elevado. Esto se debe, en gran parte, a la calidad del aislamiento, como se ha comentado anteriormente.

Se ha de tener en cuenta que estos valores no son del mes de mayor radiación, por lo que la máxima radiación es todavía superior. Aunque en meses más desfavorables el valor descienda.

Al tratarse de una temporada de temperaturas templadas, la proporción de temperatura caliente será menor, ya que la temperatura deseada en el agua para el baño es menor, y el agua corriente con la que se mezcla (que estará a temperatura ambiente) será templada.

4.3. ANÁLISIS GENERAL DEL PROYECTO

Debido al contexto del proyecto, que suponía un marco con tiempo y recursos limitados e información técnica escasa, el resultado es muy satisfactorio.

Se buscaba un proyecto de bajo presupuesto, y gracias a tecnologías como Raspberry Pi se ha conseguido este objetivo. Además, estas tecnologías están ya a disposición de la universidad, por lo que han sido una inversión y no un gasto del proyecto.

También ha beneficiado a este objetivo de la Universidad de San Carlos el haber utilizado para el montaje gran cantidad de material reciclado.

El resultado ha sido un proyecto eficiente y económico.

5. Conclusiones y desarrollos futuros

Este proyecto se puede considerar parte de uno más grande que incluye, desde el estudio de viabilidad de una instalación de calentadores solares, hasta un estudio exhaustivo de los valores de diferentes parámetros de la instalación cada mes, pasando por en diseño y construcción de las instalaciones.

El proyecto que nos ocupa aporta la parte de metodología para la medición y análisis de resultados al proyecto global desarrollado por la Universidad de San Carlos.

Lo más interesante de este trabajo ha sido su aplicación real, que ayuda a reducir el consumo energético en una comunidad pobre, con el gasto que esto supone, así como sirve de antecedente para el estudio de diferentes instalaciones energéticas que pueden someterse a mejoras.

Como posibles trabajos futuros, cabe destacar la importancia que supondría para el proyecto global seguir las indicaciones que se han dado durante nuestro desarrollo para tomar medidas de los parámetros energéticos durante diferentes meses. Sobre todo, son de vital importancia el mes de mayor y menor radiación debido a la inclinación, así como los meses más fríos, en los que se requerirá mayor proporción de agua caliente.

De hecho, este proyecto de mediciones exhaustivas ya se ha planteado en la Universidad como respuesta a la finalización del que nos ocupa.

Por otra parte, sería muy recomendable el diseño de un manual breve y sencillo para dejar a disposición de la gerente del asilo, ya que este cargo cambia de persona periódicamente, perdiéndose la información acerca del funcionamiento de la instalación.

Por ello, la instalación se mantiene en desuso durante periodos de cambio de gerencia hasta que un encargado de la universidad visita el asilo para realizar mantenimiento y explica nuevamente la forma de uso de las instalaciones.

Este manual facilitaría la transmisión de información entre gerentes y garantizaría el funcionamiento de los calentadores, haciendo real el ahorro en el consumo energético.

Además, el desuso de las instalaciones puede provocar daños, debido a que no

5. Conclusiones y desarrollos futuros

hay renovación de agua ni uso de las tuberías y llaves. Incluso se podría producir contaminación en el agua del depósito al mantenerse estancada sin renovación durante largos periodos de tiempo.

Bibliografía

1. Greenpeace, URL: <http://www.greenpeace.org/>, último acceso 5 de septiembre de 2016
2. CMIC, URL: <http://www.cmic.org/>, último acceso 5 de septiembre de 2016
3. LAMB, Horace. Hydrodynamics. Cambridge University Press, 1895
4. USAC, URL: <https://www.usac.edu.gt/>, último acceso 5 de septiembre de 2016
5. ZYTECH, URL: <http://zytech.es/>, último acceso 5 de septiembre de 2016
6. Voltcraft, URL: <http://www.voltcraft.com/>, último acceso 5 de septiembre de 2016
7. Conrad, URL: <http://www.conrad.com/ce/>, último acceso 5 de septiembre de 2016
8. Go Green Solar, URL: <http://www.gogreensolar.com/>, último acceso 5 de septiembre de 2016
9. Raspberry Pi, URL: <https://www.raspberrypi.org/>, último acceso 5 de septiembre de 2016
10. Arduino, URL: <https://www.arduino.cc/>, último acceso 5 de septiembre de 2016
11. Thingspeak, URL: <https://thingspeak.com>, último acceso 5 de septiembre de 2016
12. Office 365, URL: <https://outlook.office365.com/>, último acceso 5 de septiembre de 2016
13. Python, URL: <https://www.python.org/>, último acceso 5 de septiembre de 2016
14. SD Card, URL: <https://www.sdcard.org/>, último acceso 5 de septiembre de 2016
15. Microchip, URL: <http://www.microchip.com/>, último acceso 5 de septiembre de 2016
16. Climate Data, URL: <http://es.climate-data.org/>, último acceso 5 de septiembre de 2016

17. Tu tiempo, URL: <http://www.tutiempo.net/>, último acceso 5 de septiembre de 2016
18. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, URL: <http://www.insivumeh.gob.gt/>, último acceso 5 de septiembre de 2016

Documento II

**PLIEGO DE
CONDICIONES**

Índice de documento

1. Condiciones generales	
1.1. Objetivo	5
1.2. Norma vigente	6
2. Condiciones técnicas	
2.1. Condiciones a satisfacer por los componentes	9
2.1.1. Termopares	9
2.1.2. Célula Fotovoltaica	9
2.1.3. Aparatos De Medida	9
2.1.4. Data Logger	9
2.1.5. Cableado	10
2.1.6. Ordenador Personal	10
2.1.7. Fuente De Alimentación	10
2.1.8. Software	10
2.2. Condiciones constructivas	10
2.2.1. Proceso De Soldadura	10
2.2.2. Montaje Eléctrico	11
2.3. Control de calidad	11
2.4. Condiciones de ejecución	11
2.5. Compra del material	11
3. Condiciones económicas	
3.1. Mejoras del proyecto inicial	13
3.2. Pagos de los trabajos	13
4. Condiciones legales	
4.1. Contrato	15
4.2. Adjudicación de la contrata	15
4.3. Arbitraje y jurisdicción	15
4.4. Impuestos	15
4.5. Rescisión del contrato	16
4.6. Derechos y deberes del contratista	16
5. Condiciones facultativas	

1. Condiciones generales

1.1. OBJETIVO

El objetivo del presente documento es establecer las condiciones y cláusulas de carácter obligatorio que definen el contrato para la ejecución del proyecto.

Abarca cuatro tipos básicos de condiciones:

- Condiciones técnicas: hacen referencia a los trabajos que hay que realizar, las características y calidad de los materiales, cuidados especiales y detalles concretos a tener presente durante la ejecución, y a los controles y ensayos de calidad preceptivos.
- Condiciones económicas: hacen referencia a las garantías, la formación de precios, las formas de abono y las indemnizaciones por incumplimiento.
- Condiciones legales: hacen referencia al perfil de contratista, la forma de adjudicación, el tipo de contrato, la obligatoriedad de suscripción de seguros de responsabilidad civil y otros asuntos relacionados.
- Condiciones facultativas: hacen referencia a los derechos y obligaciones de las partes y sus representantes en el momento de ejecutar el proyecto.

Con todas estas condiciones, se realizará una descripción detallada de la normativa legal a la que está sujeta el proyecto y la seguridad y calidad tanto del proceso de montaje como de la ejecución del mismo.

En el caso de que durante la instalación, montaje, puesta a punto o utilización del sistema surgiera algún contratiempo que no esté reflejado en el documento, es imprescindible que se consulte con el proyectista para darle solución.

Debido a que este es un proyecto educacional con el objetivo de la obtención del título de graduado en ingeniería eléctrica por parte del proyectista, algunos de los siguientes apartados no tienen sentido ya que el proyecto se ha realizado en un contexto de colaboración, sin suponer un coste a la parte contratante, aunque suponiéndolo para la entidad que brinda la beca.

1.2. NORMA VIGENTE

Se debe tener en cuenta que el proyecto se realiza para Guatemala, por lo que deberá cumplir su legislación. No obstante, debido al sector innovador en el que se sitúa el proyecto, todavía no se ha creado legislación nacional que le afecte. Por tanto, se utilizarán normas de la legislación española.

Estas normas son las siguientes:

Instalaciones de climatización, calefacción, A.C.S. y CTE

- RD 314/2006, de 17 de Marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

B.O.E. 28.03.06

- RD 1027/2007 de 20 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento Instalaciones Técnicas de los Edificios (RITE) y sus instrucciones Técnicas Complementarias.

B.O.E. 29.08.07

- RD 1371/2007, de 19 de Octubre, por el que se aprueba el documento básico "DB-HR Protección frente al ruido" del Código Técnico de la Edificación y se modifica el RD 314/2006 de 17 de Marzo por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

B.O.E. 23.10.07

- Corrección de errores del RD 1826/2009, de 27 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por del RD 1027/2007, de 20 de julio.

B.O.E. 25.05.10

- RD 238/2013, de 5 de Abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por RD 1027/2007, de 20 de julio.

B.O.E. 13.04.13

- Corrección de errores RD 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por RD 1027/2007, de 20 de julio.

B.O.E. 05.09.13

Seguridad y salud

- Corrección de errores RD 488/1997, de 14 de Abril, que establece las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.

B.O.E. 23.04.97

Seguridad en las máquinas

- RD 1495/86 de 26 de Mayo, que aprueba el Reglamento de Seguridad en las Máquinas.

B.O.E. 21.07.86

- Corrección de errores del RD 1495/86, del 21 de Julio.

B.O.E. 04.10.86

2. Condiciones técnicas

2.1. CONDICIONES A SATISFACER POR LOS COMPONENTES

2.1.1. Termopares

Para cumplir las especificaciones del proyecto, los termopares son sumergibles y capaces de medir temperaturas desde 0 a 100 °C.

2.1.2. Célula Fotovoltaica

La célula fotovoltaica no superará los 3 W y los 0.4 m² de área, para no entorpecer las medidas.

2.1.3. Aparatos De Medida

Los aparatos de medida estarán correctamente calibrados. Sus rangos de medida cubrirán las necesidades del proyecto, esto es:

- Medidas de temperatura de 0 a 100 °C.
- Medidas de resistencia de 0 a 1 kV.
- Medidas de tensión, tanto en ca como en cc, de -400 a 400 V.
- Medidas de intensidad, tanto en ca como en cc, de -50 a 50 A.
- Medidas de radiación de 0 a 1200 W/m².

2.1.4. Data Logger

La placa que actúe como *Data logger* estará alimentada por una fuente de alimentación de corriente continua de 5 V, conectada a red.

Será capaz de medir tres temperaturas y radiación simultáneamente cada periodo temporal de cinco minutos.

2.1.5. Cableado

Se utilizarán de preferencia mangueras de 4 mm² de sección, continentes de tres cables de 1.5 mm² con código de color negro, rojo y amarillo.

2.1.6. Ordenador Personal

El ordenador utilizado deberá contar con una CPU, un monitor, un ratón y un teclado. Debido a su utilización en el ámbito industrial, se deberán tener en cuenta las condiciones ambientales en las que dicho ordenador tendrá que trabajar, como son la temperatura, la humedad, la suciedad o exposición a elementos corrosivos.

La temperatura de trabajo de este elemento estará comprendida entre los 0 y los 60 °C.

El PC utilizado deberá tener las siguientes características técnicas como mínimo:

- Microprocesador Intel Core i7 a 3.6 GHz.
- Memoria RAM de 8 Gb.
- Espacio libre en disco duro de 5 Gb.
- Sistema operativo *Windows 10*.

2.1.7. Fuente De Alimentación

La fuente de alimentación a utilizar tendrá una salida de 5 V en corriente continua, con un diseño compacto y robusto. Su entrada será de 120 V en corriente alterna, a una frecuencia de 60 Hz.

2.1.8. Software

Para la realización, compilación de programas se utilizará el entorno para *Python*, *IDLE*, propio de la organización *Python Org.*.

2.2. CONDICIONES CONSTRUCTIVAS

2.2.1. Proceso De Soldadura

Para el proceso de soldadura se utilizará estaño de 0.8 o 1 mm de diámetro con cinco almas de resina y colofina desoxidante en su interior. La aleación será de un 60 % de estaño y un 40 % de plomo.

Para realizar la soldadura se utilizará un soldador que tendrá una potencia de entre 30 y 40 W y su temperatura máxima no superará los 190 °C.

Una vez completado el proceso de soldado se realizará una revisión visual de las soldaduras y se testearán las conexiones mediante un multímetro que mida su continuidad. Por último, se aplicará aislamiento a las soldaduras.

2.2.2. Montaje Eléctrico

El esquema eléctrico se montará sobre la placa *Board* utilizando los cables explicados en el apartado *3.3.1. Instalación de la central de medidas*, soldados a su vez a los sensores.

Los cables se sujetan al tejado que cubre el soporte de la placa mediante cinta de aislamiento y silicona.

La longitud de los cables será suficiente para generar con ellos una catenaria, que evite que se generen fuerzas de tracción que puedan desconectar los cables y minimice el peso de estos. Para asegurar que el agua de lluvia no alcance al data logger, se añadirán unas tiras de cinta de aislamiento en el punto de menor altura de los cables.

2.3. CONTROL DE CALIDAD

Como todos los elementos utilizados en la realización del proceso son elementos comerciales la tarea de verificar su calidad es del fabricante y por lo tanto no es de la competencia del contratista ni del proyectista.

De todos modos, en el momento del montaje se deberá comprobar que todos los elementos realizan su función correctamente para evitar que una mala función causara daños en otros elementos.

2.4. CONDICIONES DE EJECUCIÓN

El montaje de los dispositivos utilizados en este proyecto se ejecutará una vez se dispongan con seguridad de todos los elementos, materiales y herramientas necesarios y siempre que cumplan con los ensayos y verificaciones de los apartados anteriores.

2.5. COMPRA DEL MATERIAL

Para la adquisición de los materiales, se deben estudiar todos los proveedores disponibles, analizando y comparando sus precios y tiempos de recepción.

Debido a su contexto, se ha tratado de minimizar los costes, por lo tanto, se busca comprar los elementos al menor precio posible.

2. Condiciones técnicas

Cabe destacar la gran importancia que tienen los tiempos de espera y los retrasos en la recepción del material, que puede hacer que un producto menos económico resulte más rentable si se recibe a tiempo, ya que un retraso haría paralizar el proceso de montaje. Para evitar estos problemas es imprescindible tener una buena estrategia comercial tanto interior como con los proveedores y disponer del stock necesario.

3. Condiciones económicas

3.1. MEJORAS DEL PROYECTO INICIAL

Cualquier intento de mejora o perfeccionamiento realizado por el fabricante deberá ser consultado con el proyectista antes de ser realizado. En el caso de que el proyectista estudiara la mejora y considerara que es técnica y legalmente válida y resultara oportuno introducirla en el proyecto, se deberían renegociar las condiciones del contrato.

3.2. PAGOS DE LOS TRABAJOS

En este apartado del pliego se establecen las condiciones a seguir por el contratista, el proyectista y el contratante.

- Si el pago se produce entre los siete días naturales posteriores a la recepción definitiva del prototipo, inclusive con antelación a los mismos, el importe no sufrirá recargo alguno.
- Cuando el pago se efectúa entre seis y treinta días naturales después de la recepción del producto definitivo por parte del contratante, el producto sufre un recargo del 3 % sobre el precio inicial previsto.
- Si se efectúa el pago entre los treinta uno y sesenta días posteriores a la recepción definitiva, este sufre un recargo del 5 % sobre el importe establecido.
- Para un aplazamiento del pago entre los sesenta uno y noventa un días tras la recepción definitiva, el producto sufre un recargo del 7 % sobre el precio final.
- Si se retrasase el pago entre los noventa uno y trescientos días naturales seguidos después de la entrega del producto, el precio de este sufriría un recargo del 35 % sobre el presupuesto inicial.
- En caso de que el contratante optara por pagar a plazos, debe comunicarlo con anterioridad y establecerse a priori el número de plazos y el intervalo de tiempo entre cada pago fraccionado, sufriendo cada plazo un recargo en función del tiempo transcurrido y de acuerdo con los puntos anteriores.

3. Condiciones económicas

- En caso del incumplimiento del pago en el término de tiempo escogido por el cliente, el fabricante tendrá derecho a demandarle ante los tribunales.

4. Condiciones legales

4.1. CONTRATO

El contrato se realizará por escrito. Deberá cumplir todos los requisitos legales y estar firmado por todas las partes implicadas, se deberá especificar en él el precio inicial de fabricación del producto y el coste de unidad del producto. En el caso que procediera, a estas tarifas se les podría aplicar recargos establecidos en los apartados anteriores del Pliego de Condiciones. Además, deberán aparecer todas aquellas cláusulas que deban cumplir alguna de las partes.

4.2. ADJUDICACIÓN DE LA CONTRATA

Los trabajos de fabricación, montaje, instalación, programación y comprobación de los dispositivos que componen el sistema se adjudicarán siguiendo los criterios que considere oportunos la empresa contratante.

4.3. ARBITRAJE Y JURISDICCIÓN

En el caso de producirse algún desentendimiento entre las dos partes y de éstas no ponerse por ellas mismo en acuerdo, se nombraría a un técnico por cada una de las partes, encargados de llegar a un entendimiento.

Si este acuerdo no se lograra de este modo, se recurrirá a los tribunales de justicia para que aplicaran la jurisdicción.

4.4. IMPUESTOS

Se exigirá a la contrata que esté al corriente de los pagos de impuestos, tasas y contribuciones necesarios para el desarrollo de sus actividades empresariales.

Para la comercialización del proyecto se añadirá un impuesto sobre el precio del mismo correspondiente al impuesto sobre el valor añadido (I.V.A.) que está estipulado actualmente en un 10 % en la República de Guatemala, país de ejecución del proyecto.

En el caso de que este impuesto fuera modificado en un futuro por la administración del Estado, se deberá adaptar este impuesto para cumplir con dicha modificación.

4.5. RESCISIÓN DEL CONTRATO

La única causa de rescisión del contrato será producida por el retraso excesivo y sin previo aviso de la entrega del producto del contratista al contratante.

4.6. DERECHOS Y DEBERES DEL CONTRATISTA

El contratista debe conocer las leyes referentes a su actividad profesional, así como las normas de seguridad que deben cumplir todos los elementos del proyecto para su correcto cumplimiento y las especificaciones de los circuitos hidráulicos, eléctricos y electrónicos presentes.

Ha de realizar las pruebas necesarias para asegurarse del buen funcionamiento de la integración de los circuitos y los propios dispositivos, ofreciendo una buena calidad del proceso finalizado.

Los permisos de carácter obligatorio deberán obtenerse por parte de la empresa contratante, quedando la empresa contratista al margen de todas las consecuencias derivadas de las mismas.

Cualquier retraso producido por el proceso de fabricación por causas ajenas a la empresa contratista debidamente justificadas serán aceptadas por el contratante, no teniendo el contratante derecho alguno a la reclamación. Si fuesen causas no justificadas se abonará un importe del 10 % del de fabricación.

Los elementos fabricados cumplirán con los requisitos especificados en el proyecto y cualquier modificación exigida deberá tener efecto después de la aprobación del proyectista.

La empresa contratante deberá ceder la información necesaria para que el contratista realice la fabricación y la programación de una forma rápida y precisa. Además, deberá entregarle por escrito las especificaciones del proyecto y los planos de los elementos y esquemas que componen dicho proyecto.

El trabajo de la parte contratista tiene fin cuando se comprueba el correcto funcionamiento del proyecto y es puesto en marcha.

No será competencia del proyectista el comprobar el cumplimiento de las comprobaciones especificadas por parte de la empresa instaladora.

5. Condiciones facultativas

El objetivo de este proyecto es dar las indicaciones necesarias para evaluar una instalación de calentadores solares.

En la implantación del proyecto se seguirá la metodología que en él se desarrolla para tomar medidas y gestionar los datos recabados. Esto servirá a modo de ejemplo para futuras mediciones y ayudará a tener ordenes de referencia.

Documento III

PRESUPUESTO

Índice de documento

1. Planteamiento del presupuesto	
1.1. Introducción	5
1.2. Descripción del método presupuestario	5
2. Mano de obra	
2.1. Introducción	7
2.2. Desglose de horas	7
2.3. Desglose de salarios	8
2.4. Coste total	8
3. Material y equipos	
3.1. Introducción	11
3.2. Relación de compras	11
3.3. Recursos disponibles	11
3.4. Estimación de horas útiles	11
3.5. Coste total	12
4. Presupuestos parciales	
5. Resumen	

1. Planteamiento del presupuesto

1.1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto consiste en la valoración del total de los costes involucrados en la generación y realización del proyecto.

Por tanto, mostrará un análisis económico del proyecto, desglosado en presupuestos parciales, teniendo en cuenta el coste de la mano de obra y los materiales y equipos necesarios, formando el conjunto de estos presupuestos un resumen o presupuesto total.

Algunos de los equipos y material utilizado para el proyecto se encontraba disponible en el Instituto de Investigaciones de Ingeniería, por lo que de estos materiales y equipos no se han contemplado gastos de adquisición, sino amortizaciones.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO PRESUPUESTARIO

El proyecto está compuesto por parte de diseño y otra de ejecución. Se realizará un presupuesto parcial parra cada una de las partes y un presupuesto total con la suma de ambas. Por último, se añadirá el IVA vigente.

Los precios aplicados son reales del momento de la compra del material. Todas las compras han transcurrido entre los meses de Mayo y Agosto de 2016. Los precios de equipos disponibles son estimados.

Para el desarrollo del presupuesto se utilizará la moneda local: el quetzal (Q). Sin embargo, se dispondrá de una copia del resumen o presupuesto global en euros (€).

2. Mano de obra

2.1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se desarrollará el coste de la mano de obra, diferenciando aquella dedicada a la parte teórica del proyecto y la dedicada al trabajo de campo.

Para ello, es necesario conocer el número de horas trabajadas y el coste de la hora de trabajo. Esto es sencillo debido al contexto del proyecto.

2.2. DESGLOSE DE HORAS

A continuación se describen las horas destinadas a recursos humanos empleados para la realización del proyecto. Se separan horas dedicadas a la realización del proyecto y a ejecución del mismo, así como las de la autora del proyecto y diferentes personas involucradas en su desarrollo.

La oferta de la beca Meridies consistía en un proyecto de 5 horas diarias, de lunes a viernes durante cinco meses, lo que suponen un total de 500 h. Los tiempos del resto de personal son valores estimados, así como la división de estas 500 h entre trabajo teórico y práctico.

En primer lugar, se desarrollarán las horas de trabajo teórico en la tabla 13.

Concepto	Horas
Proyectando	400
Tutor UPV	15
Tutor USAC	15
Estudiantes	0

Tabla 13: Horas de trabajo teórico

A continuación, se desarrollarán las horas de trabajo de campo en la tabla 14.

Concepto	Horas
Proyectando	100
Tutor UPV	0
Tutor USAC	15
Estudiantes	40

Tabla 14: Horas de trabajo práctico

2.3. DESGLOSE DE SALARIOS

A continuación se desarrollan los diferentes salarios de las personas involucradas en el proyecto.

La beca Meridies incluye un reporte económico para costear la estancia. Se toma este valor como salario de la proyectista. Este reporte supone una cuantía de 2200€ para una estancia de tres meses.

En la tabla ?? se desglosan los salarios de cada participante en el proyecto, en las unidades en que se cobran.

Concepto	Salario/Hora
Proyectando	4.40 €
Tutor UPV	14.00 €
Tutor USAC	Q90
Estudiantes	Q0

Tabla 15: Salario por hora de trabajo

Como se ha comentado anteriormente, el presupuesto se realizará en quetzales. El cambio a fecha 4 de septiembre de 2016 es 1 € = Q 8.43. En la tabla 16 se unifican los salarios en quetzales.

Concepto	Salario/Hora
Proyectando	Q37.09
Tutor UPV	Q118.02
Tutor USAC	Q90
Estudiantes	Q0

Tabla 16: Salario por hora de trabajo en quetzales

2.4. COSTE TOTAL

Con esto, se puede calcular el coste total que supondría la mano para ambas partes del proyecto. Se especifica en la tabla 17.

Concepto	Parte teórica			Parte práctica		
	Horas	Salario	Total	Horas	Salario	Total
Proyectando	400	37.09	14 836.80	100	37.09	3 709.00
Tutor UPV	15	118.02	1 770.30	0	118.02	0
Tutor ESAC	15	90.00	1 350.00	15	90	1 350.00
Estudiantes	0	0	0	40	0	0
		TOTAL:	Q17 957.10		TOTAL:	Q5 059.00

Tabla 17: Coste total de mano de obra

3. Material y equipos

3.1. INTRODUCCIÓN

A continuación se describe la metodología para el cálculo de costes por material y equipos. En el caso de material, se trata de un coste directo, mientras que para los equipos se debe calcular la amortización según el tiempo de uso.

3.2. RELACIÓN DE COMPRAS

Para el desarrollo del proyecto se disponían de algunos materiales y equipos, mientras han sido necesarias las compras de otros. En la tabla 18 se presenta la relación de compras.

Elemento	Cantidad	Coste unitario	Total
Raspberry Pi	1	353.64	353.64
Placa Board	1	35	35
Cable conexionado	8	0.50	4
Adaptador analógico-digital	3	53.32	156.96
Termopar	3	30	90
TOTAL:			Q639.6

Tabla 18: Compras

3.3. RECURSOS DISPONIBLES

A continuación se desglosan los precios estimados del material y equipos que ofrece la USAC y la proyectista.

3.4. ESTIMACIÓN DE HORAS ÚTILES

A continuación, en la tabla 20 se estiman las horas de uso previstas para cada elemento, para así calcular las amortizaciones.

3. Material y equipos

Elemento	Cantidad	Coste unitario	Total
Célula fotovoltaica	1	126.45	126.45
Juego de herramientas	1	407.79	407.79
Multímetro	1	395.00	395.00
Piranómetro	1	743.00	743.00
Termómetro y sonda	1	1 457.00	1457.00
Cables	7	5	35
Ordenador Portátil Personal	1	15 174.00	15 174.00

Tabla 19: Recursos disponibles

Elemento	Horas de uso	Horas de vida
Raspberry Pi	400	10 000
Placa Board	350	2 000
Cable conexionado	350	2 000
Adaptador analógico-digital	350	2 000
Termopar	380	380
Célula fotovoltaica	380	10 000
Juego de herramientas	20	20 000
Multímetro	20	10 000
Piranómetro	30	10 000
Termómetro y sonda	30	10 000
Cables	350	10 000
Ordenador Portátil Personal	400	10 000

Tabla 20: Horas de uso máximo

3.5. COSTE TOTAL

A partir de los apartados desarrollados anteriormente, se puede desarrollar una estimación de las amortizaciones de los elementos. Se desarrollan la tabla 21 para trabajo teórico y la tabla 22 para trabajo de campo.

Elemento	Precio/ hora	Horas	Total
Ordenador Portátil Personal	1.517	400	606.96
TOTAL:			Q606.96

Tabla 21: Amortización para trabajo teórico

Elemento	Precio/ hora	Horas	Total
Raspberry Pi	0.035	400	14.15
Placa Board	0.018	350	6.30
Cable conexionado	0.002	350	0.70
Adaptador analógico-digital	0.078	350	37.47
Termopar	0.237	380	90
Célula fotovoltaica	0.013	380	4.81
Juego de herramientas	0.020	20	0.41
Multímetro	0.040	20	0.79
Piranómetro	0.074	30	2.23
Termómetro y sonda	0.146	30	4.37
Cables	0.004	350	1.23
TOTAL:			Q162.46

Tabla 22: Amortización para trabajo práctico

4. Presupuestos parciales

A partir de toda la información recabada anteriormente, se pueden desarrollar los presupuestos parciales, especificados en las tablas 23 y 24.

Elemento	Cuantía	Unidades
Mano de obra	17 957.10	Q
Materiales y equipos	606.96	Q
TOTAL	18 564.06	Q

Tabla 23: Presupuesto parcial de trabajo teórico

Elemento	Cuantía	Unidades
Mano de obra	5 059.00	Q
Materiales y equipos	162.46	Q
TOTAL	5 221.46	Q

Tabla 24: Presupuesto parcial de trabajo práctico

5. Resumen

Finalmente, haciendo una estimación, se añade un 5 % en concepto de imprevistos o medios auxiliares, y sobre la suma total se aplica el Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA) en vigor (10 % actualmente en la República de Guatemala), llegando a un presupuesto final (tabla 25).

Elemento	Cuantía	Unidades
Presupuesto neto de mano de obra	23 016.10	Q
Presupuesto neto de equipos	769.42	Q
Presupuesto neto previo	23 785.52	Q
Imprevistos/Medios auxiliares	1 189.28	Q
Presupuesto neto final	24 974.80	Q
IVA (+10 %)	2 497.48	Q
TOTAL	27 472.28	Q

Tabla 25: Resumen del presupuesto en quetzales

Por último, y para mejor comprensión de este presupuesto, se realizará la transformación del resumen a euros en la tabla 26.

Elemento	Cuantía	Unidades
Presupuesto neto de mano de obra	2 730.26	€
Presupuesto neto de equipos	91.27	€
Presupuesto neto previo	2 821.53	€
Imprevistos/Medios auxiliares	141.08	€
Presupuesto neto final	2 962.61	€
IVA (+10 %)	296.26	€
TOTAL	3 258.87	€

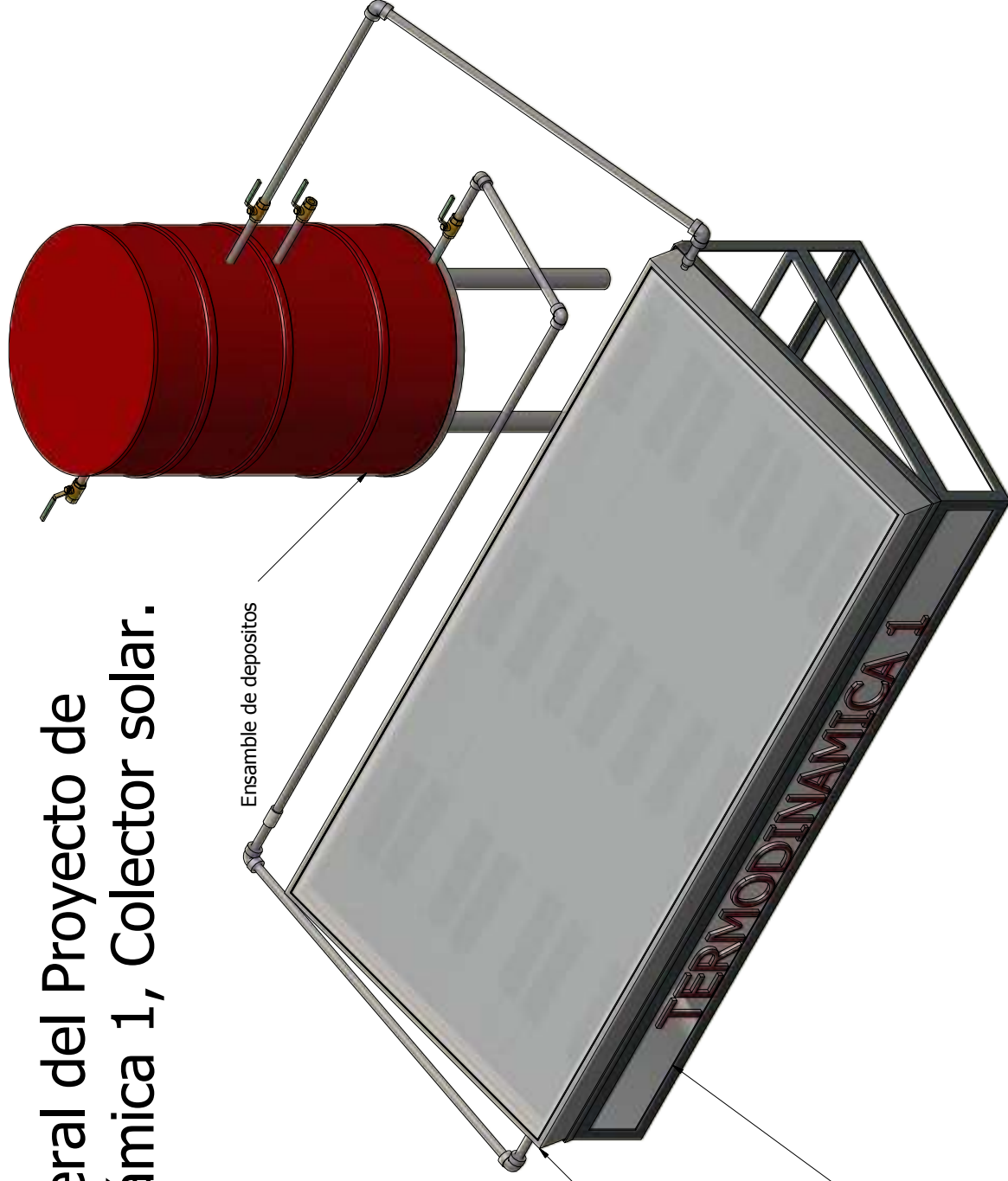
Tabla 26: Resumen del presupuesto en euros

De esta forma, el presupuesto total estimado para la realización del presente trabajo es de VEINTISIETE MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y DOS QUETZALES CON VEINTIOCHO CENTAVOS.

Documento IV

PLANOS

Vista General del Proyecto de Termodinámica 1, Colector solar.



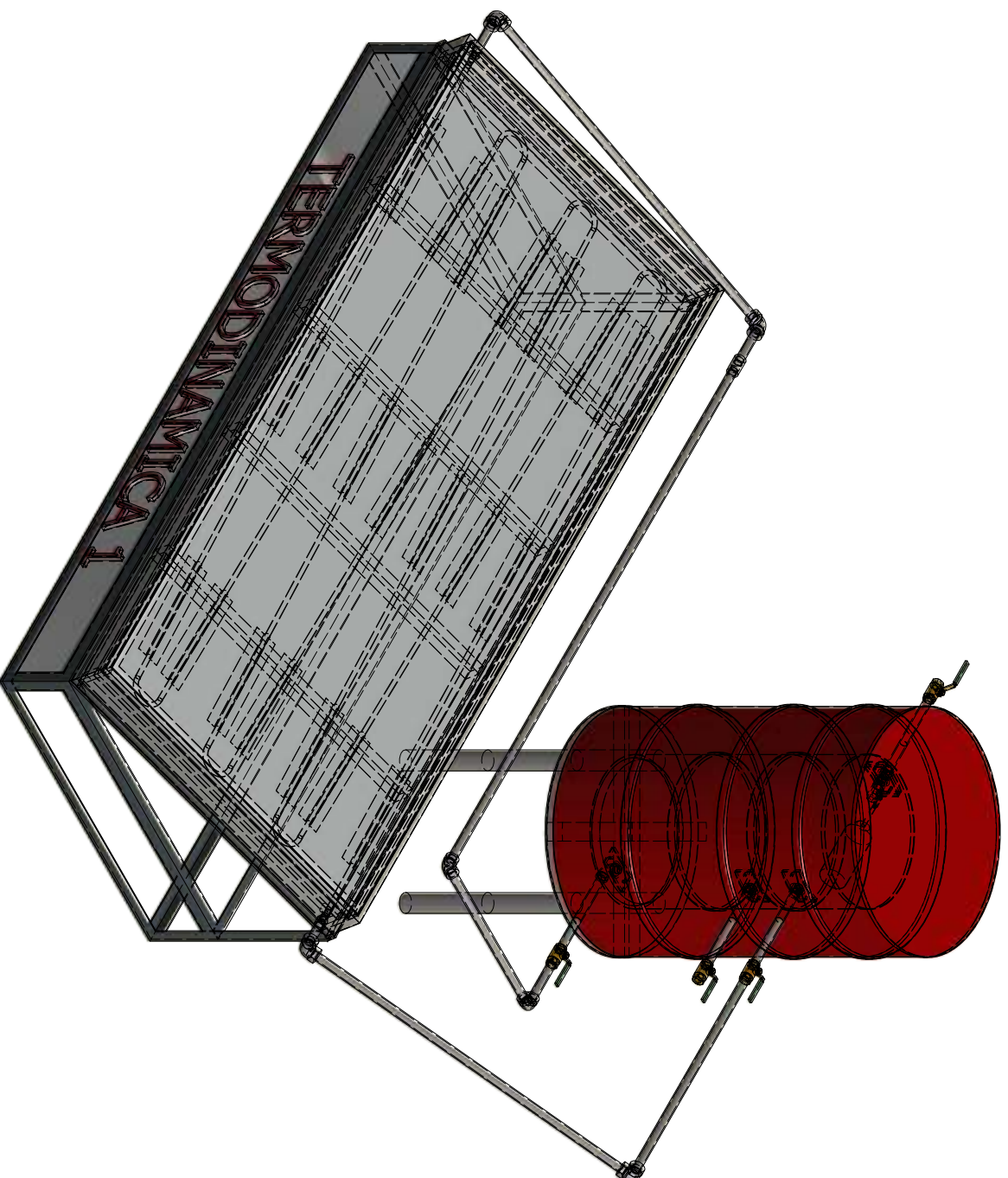
Ensamble de depositos

Colector

Base del Colector.



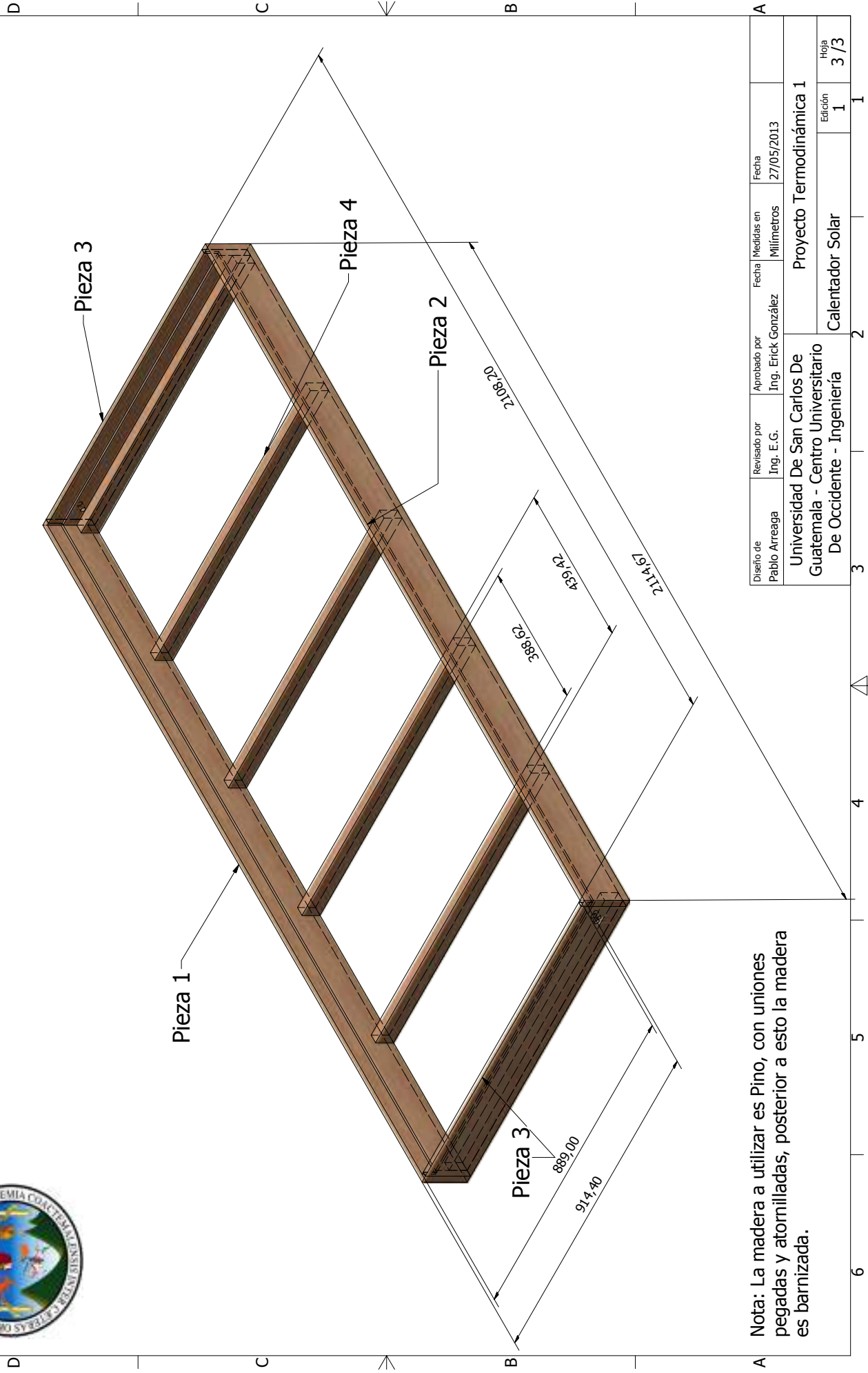
Diseño de Pablo Arreaga	Revisado por Ing. E.G.	Aprobado por Ing. Erick González	Fecha Medidas en Milímetros	Fecha 27/05/2013
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1	
			Edición 1	Hoja 1 / 1



Diseno de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Medidas en	Fecha		
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González	Millimetros	27/05/2013			
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería				Proyecto Termodinámica 1		Edición	Hoja
				Calentador Solar		1	2 / 2



ENSAMBLE DEL ARMAZÓN DE MADERA

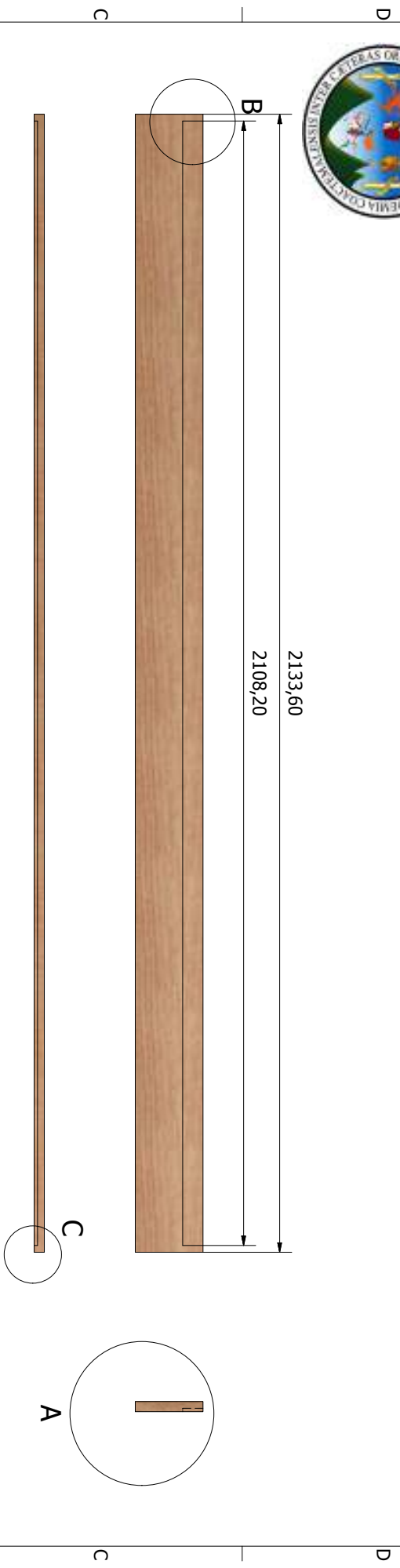


A Nota: La madera a utilizar es Pino, con uniones pegadas y atornilladas, posterior a esto la madera es barnizada.

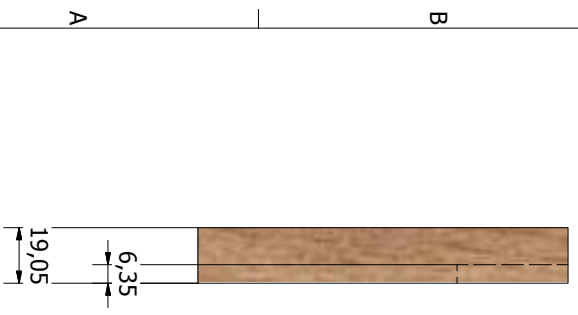
Diseño de Pablo Arreaga	Revisado por Ing. E.G.	Aprobado por Ing. Erick González	Fecha 27/05/2013	Medidas en Milímetros	Fecha
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
			Edición 1	Hoja 3 / 3	



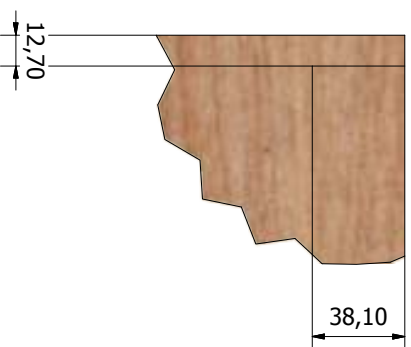
ARMAZÓN DE MADERA (PIEZA 1)



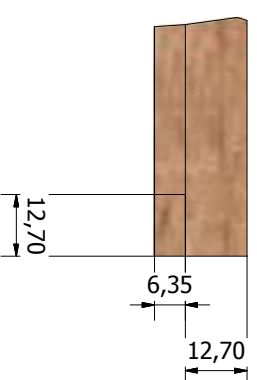
Vista ampliada:A



Vista ampliada:B

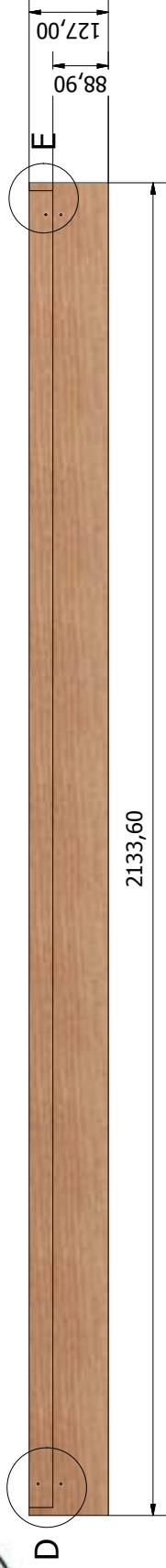


Vista ampliada:C

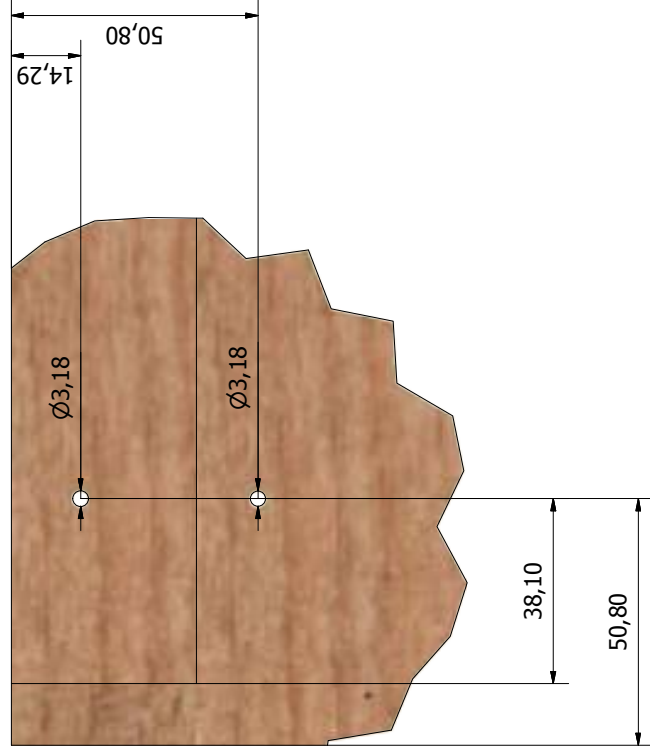


Disño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Medidas en	Fecha
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González	27/05/2013	Milímetros	
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
Calentador Solar			Edición		
			1		
			Hoja		
			4 / 4		

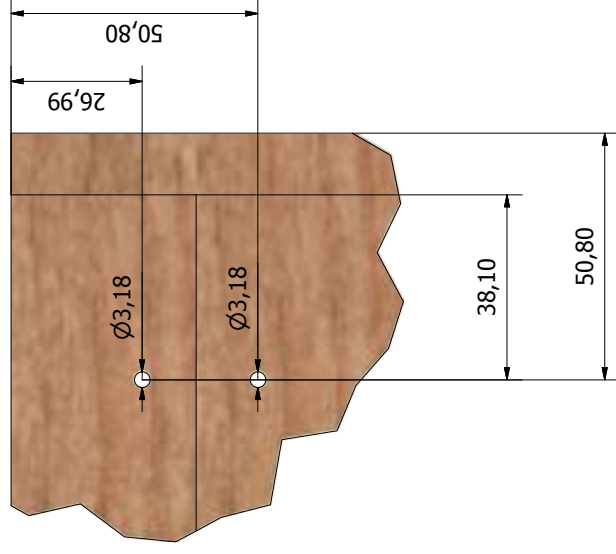
ARMAZÓN DE MADERA (PIEZA 2)



Vista ampliada:D



Vista ampliada:(Escala 1: 1)

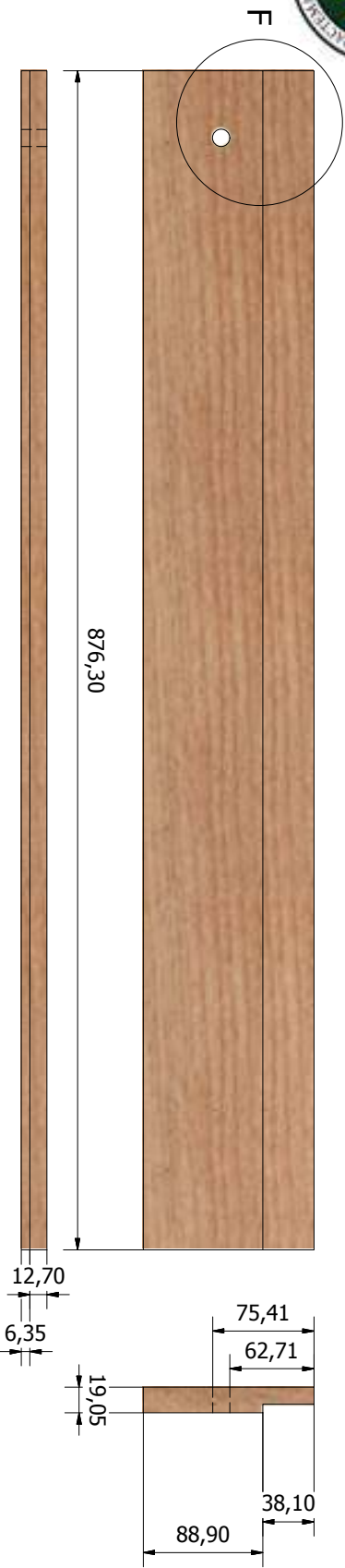


Nota: Las medidas que no aparecen son iguales a las de la pieza 1, la única variante de esta pieza son los agujeros que van pasados en todas las piezas. Los agujeros se hacen se hacen con el propósito de que el vidrio pueda "respirar" y evitar que se empañen.

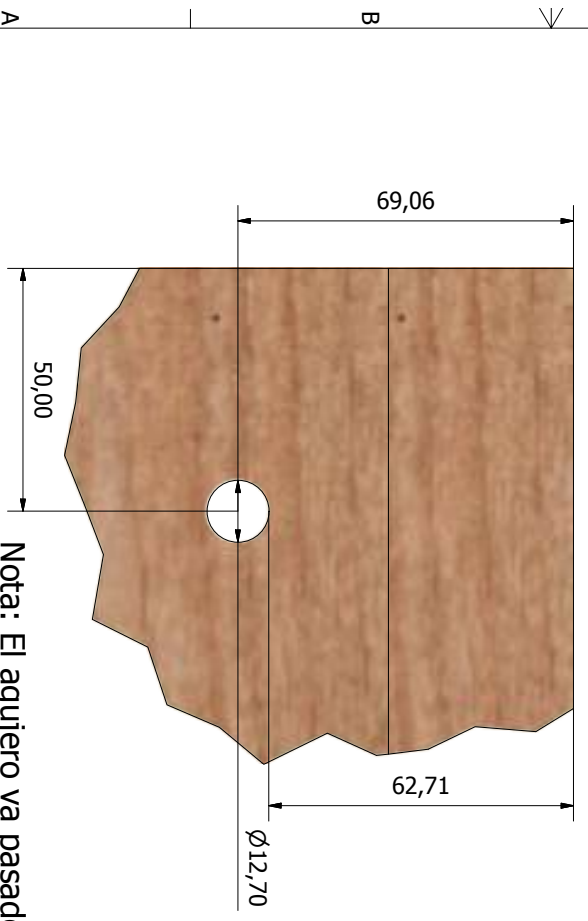
Diseño de Pablo Arreaga	Revisado por Ing. E.G.	Aprobado por Ing. Erick González	Fecha Medidas en Milímetros	Fecha 27/05/2013
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1 Calentador Solar	
			Edición 1	Hoja 5/5



ARMAZÓN DE MADERA (PIEZA 3)



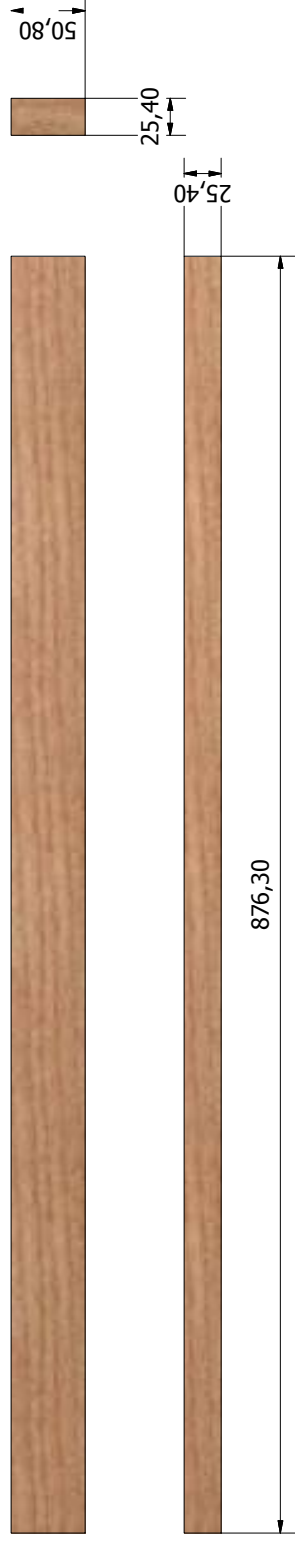
Vista ampliada:F



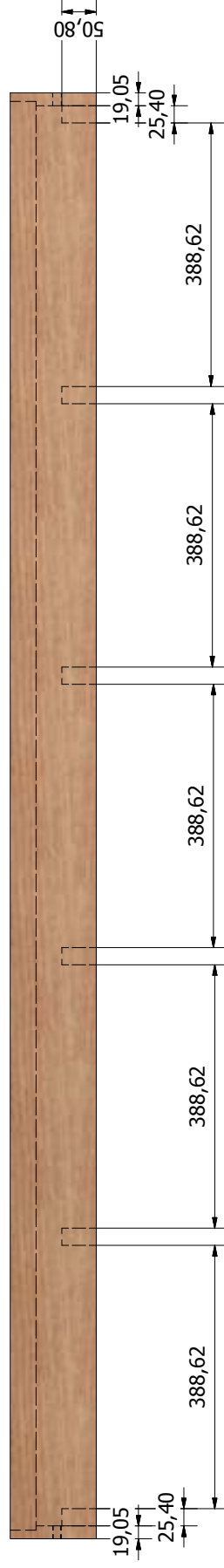
Nota: El agujero va pasado en todos los elementos, y es por donde saldrá el tubo de cobre.

Diseño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Medidas en	Fecha
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González	27/05/2013	Milímetros	
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
Calentador Solar			Edición		
			1		
			Hoja		
			6 / 6		

ARMAZÓN DE MADERA (PIEZA 4)



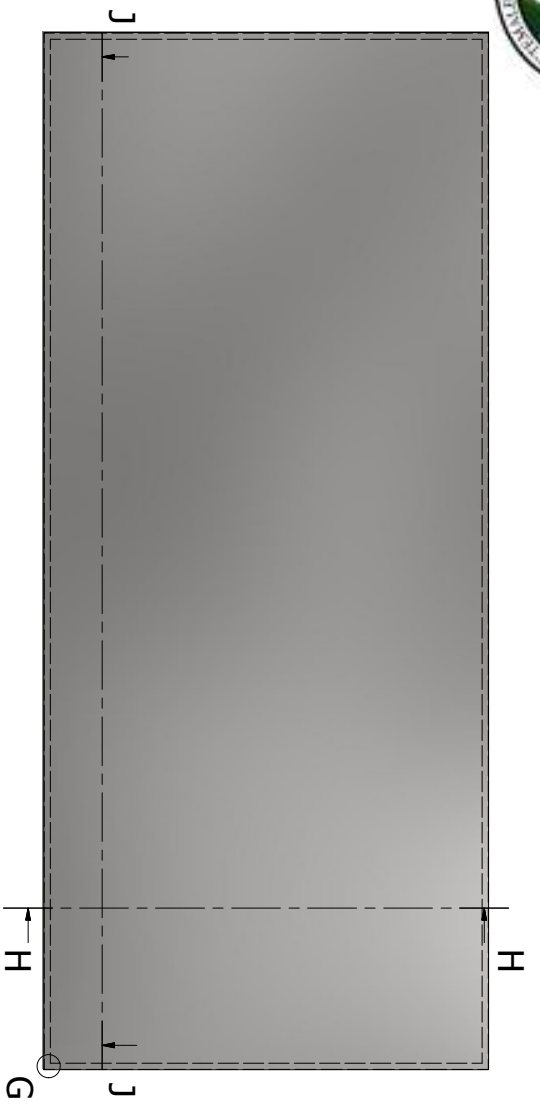
Colocación de la Pieza 4



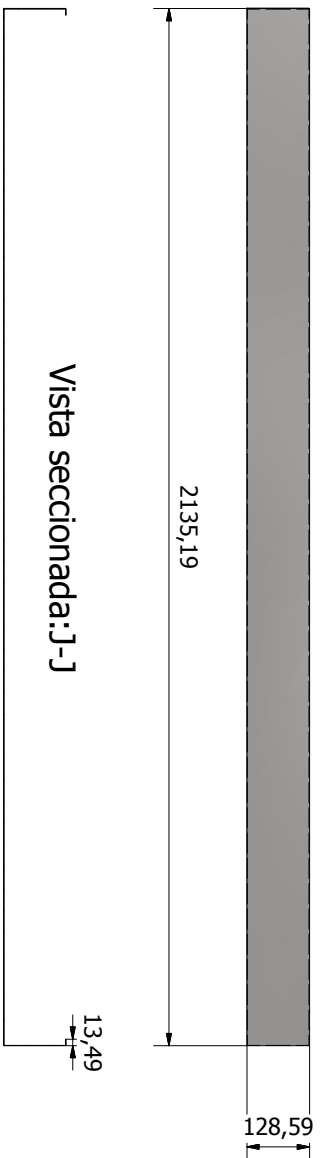
Diseño de Pablo Arreaga	Revisado por Ing. E.G.	Aprobado por Ing. Erick González	Fecha 27/05/2013
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Fecha 27/05/2013
Calentador Solar			Medidas en Milímetros
Proyecto Termodinámica 1			Edición 1
			Hoja 7 / 7



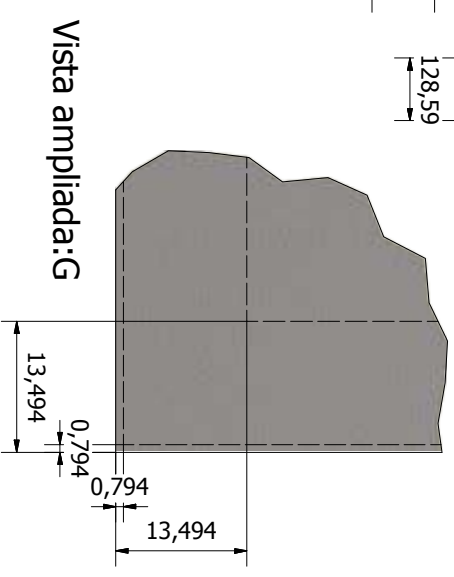
RECUBRIMIENTO DE LAMINA DE CALIBRE .794



Vista seccionada:H-H



Vista seccionada:J-J

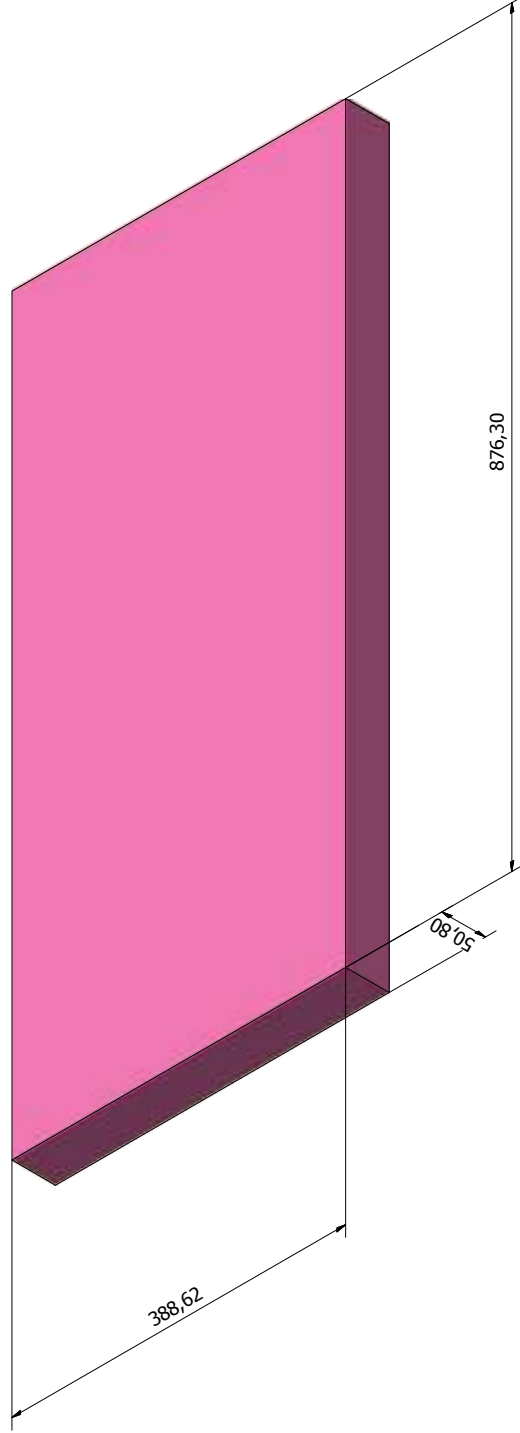


Vista ampliada:G

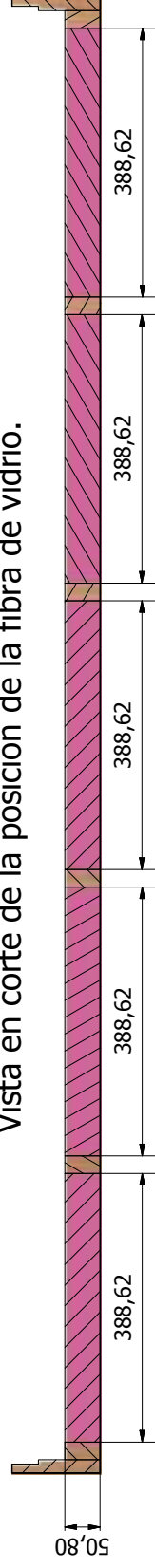
Nota: Esta lamina recubre todo el cuerpo de madera y fijada con tornillos por todas las piezas de madera. El acercamiento G muestra el grosor de la lamina y la pestana que se forma por la parte de arriba del colector, esta se observa en las vistas en corte (J-J) y (H-H).

Diseño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Medidas en	Fecha
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González	27/05/2013	Milímetros	
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
Calentador Solar			Edición		
			1		
			Hoja		
			8 / 8		

PLANCHAS DE FIBRA DE VIDRIO



Vista en corte de la posición de la fibra de vidrio.

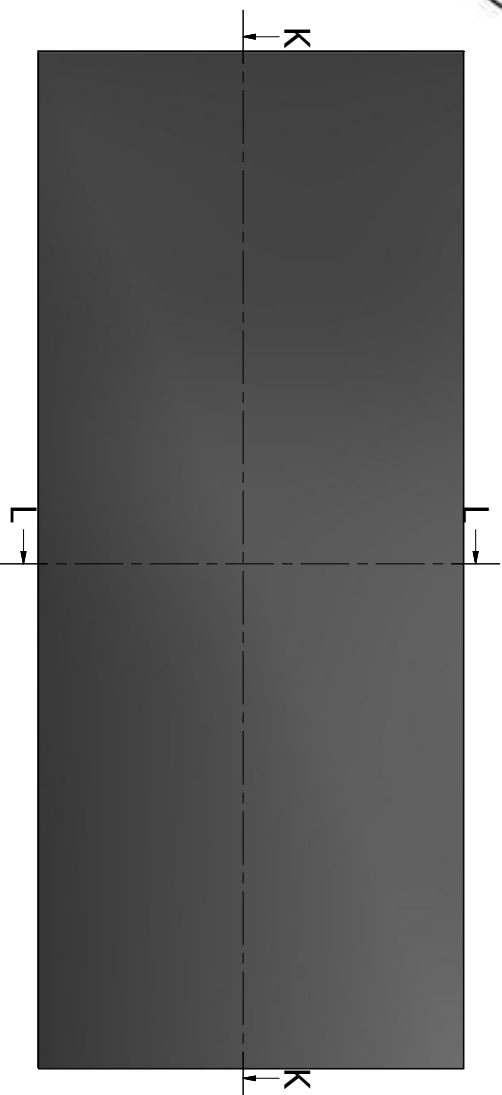


Nota: La fibra de vidrio es en forma de lana y va rellenando los espacios entre la pieza 4 de madera, como se muestra en la sección en corte. Esta servirá como aislamiento térmico.

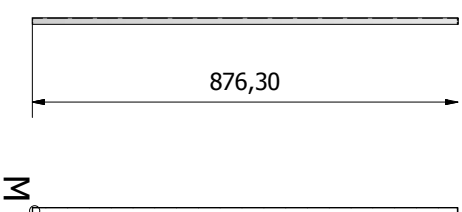
Diseño de Pablo Arreaga	Revisado por Ing. E.G.	Aprobado por Ing. Erick González	Fecha Medidas en Milímetros	Fecha 27/05/2013
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1	
			Edición 1	Hoja 9/9



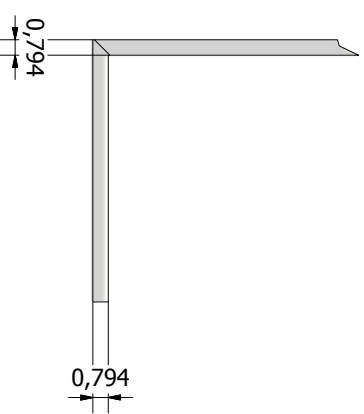
LAMINA ABSORBEDORA CALIBRE .794



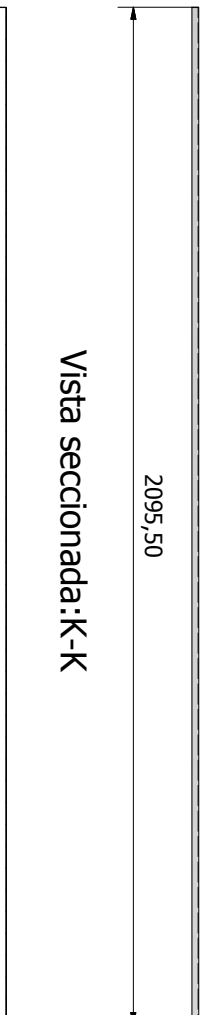
Vista seccionada:L-L



Vista ampliada:M



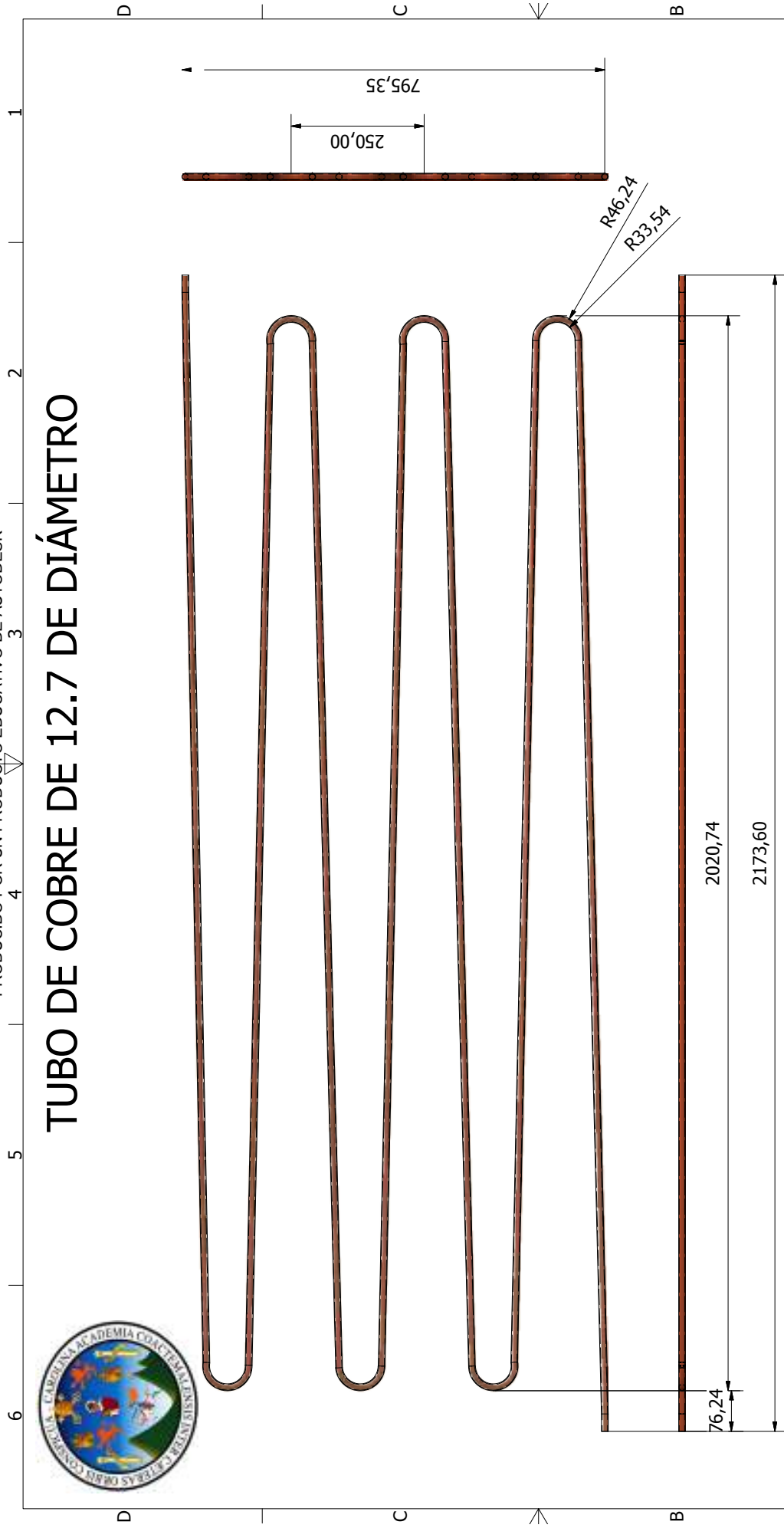
Vista seccionada:K-K



Nota: Esta plancha va sobre las piezas numero 4, atornilladas en donde sea necesario al igual que la pestana que se describe en el acercamiento M. Se pintara de color negro de preferencia mate, junto con el tubo de cobre y bridas descritas mas adelante. Las vistas (K-K) y (L-L), representan una vista en corte.

Diseno de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Medidas en	Fecha
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González	27/05/2013	Milímetros	
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
			Calentador Solar		
			Edición 1		
			Hoja 10 /10		

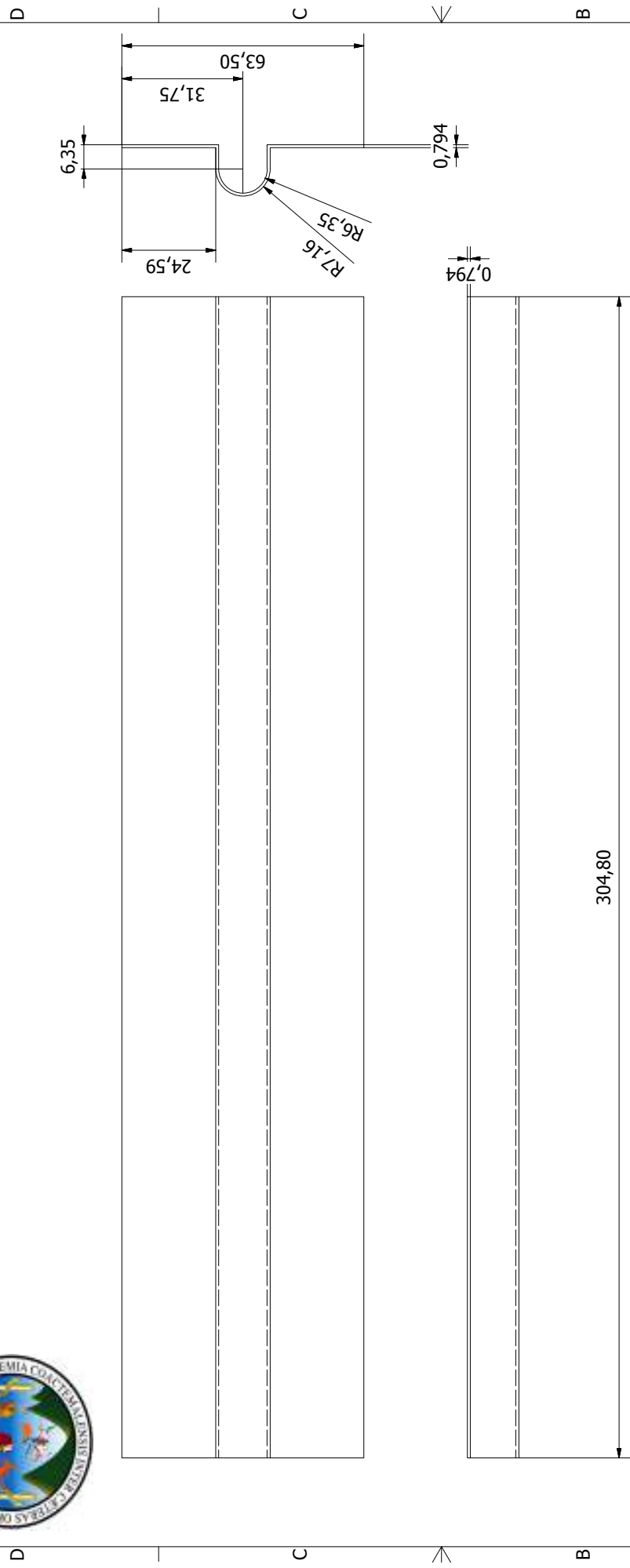
TUBO DE COBRE DE 12.7 DE DIÁMETRO



Nota: El tubo va insertado en los orificio de la pieza 3 de madera y sobre la lamina absorbidora. Las medidas son referenciales, pero hay que tomar en cuenta el largo de 2173,60mm como mínimo. Respetar el 2020,74mm para que pueda quedar un pequeño espacio entre los laterales de madera y el borde del tubo. Las medidas de radios del tubo al igual que la desnivel de 250,00mm son referenciales y pueden ser modificadas. Tomar en cuenta el desnivel de tubos ya que es indispensable para el buen funcionamiento del sistema. El tubo va pintado de color negro de preferencia mate al igual que la lamina absorbidora e ira asegurado con las bridas que se representan en el siguiente plano.

Diseño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Medidas en	Fecha
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González	27/05/2013	Milímetros	27/05/2013
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
			Calentador Solar		
			Edición 1		
			Hoja 11 / 11		

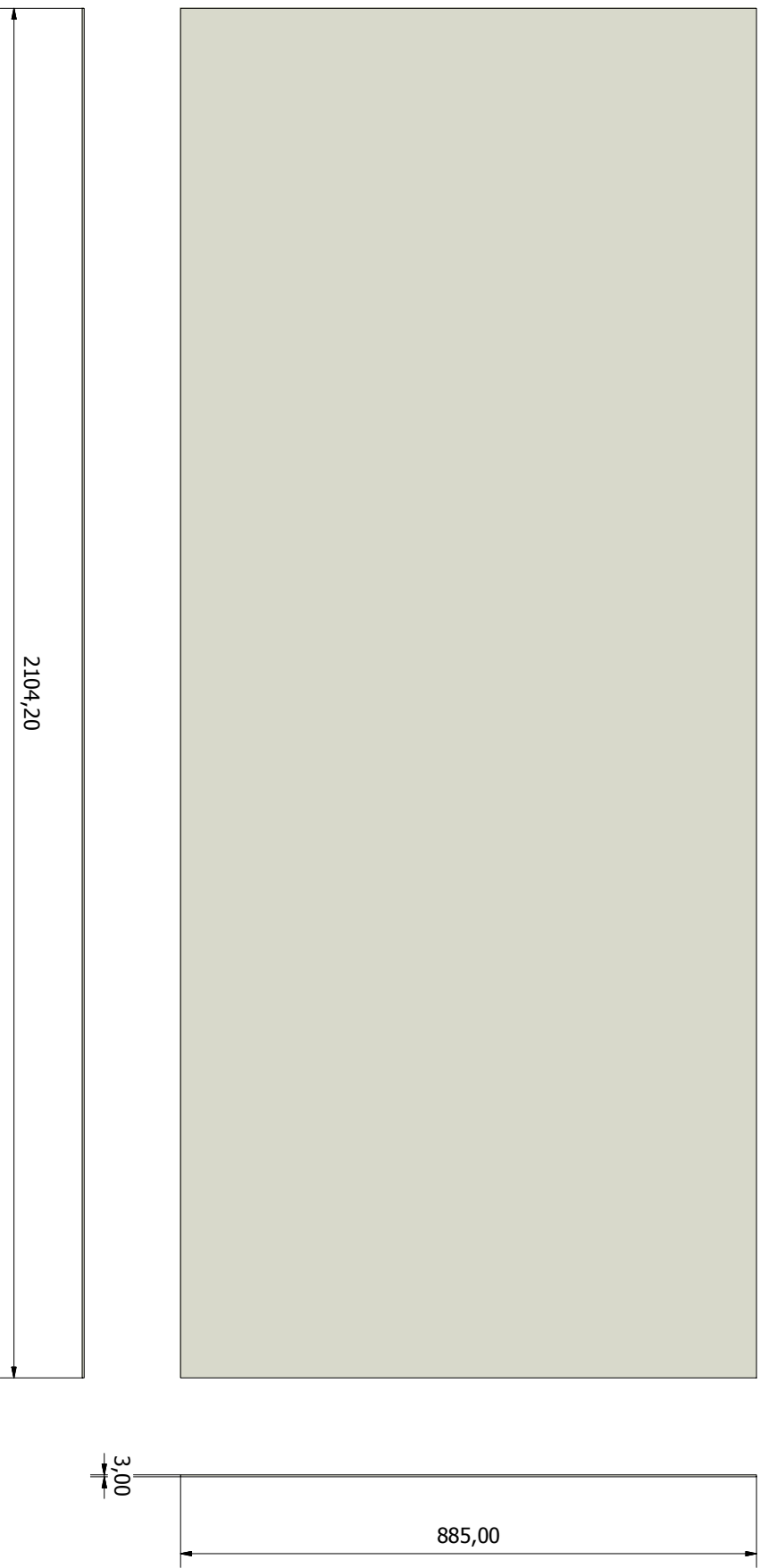
BRIDAS DE LAMINA DE CALIBRE .794



Nota: Las bridas van sobre el tubo de cobre y remachadas con la lamina absorbadora. Estas se hacen con un molde especial. Se ajustan con remaches tipo pop de 3,172mm diámetro y 12,7mm de largo. Se colocan 4 de cada lado no importando la posición, pero tratando de dejar lo mas ajustado el tubo de cobre a la lamina absorbadora. Al igual que la lamina absorbadora y el tubo de cobre, las bridas se pintan de color negro de preferencia mate.

Diseño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Medidas en	Fecha
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González	27/05/2013	Milímetros	27/05/2013
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
			Calentador Solar		
			Edición 1		
			Hoja 13 / 13		

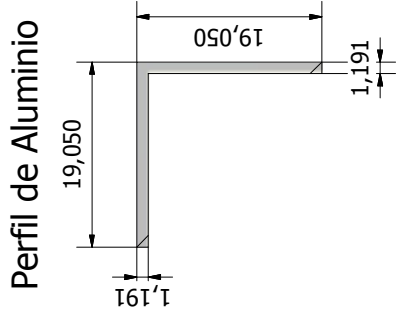
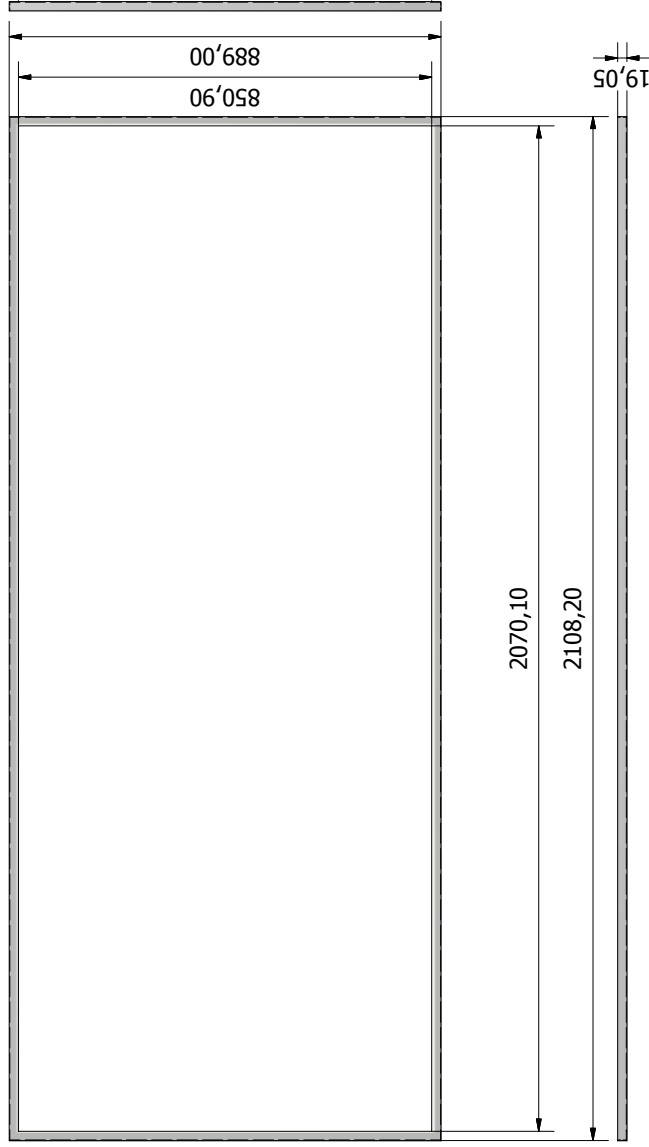
VIDRIO DE 3mm



Nota: El vidrio se coloca sobre el desnivel que tiene la madera, quedando un espacio entre la madera y el vidrio de 2mm a 4mm que será relleno de silicón. Este espacio se da con la finalidad de dar margen a la dilatación térmica y evitar la ruptura del vidrio.

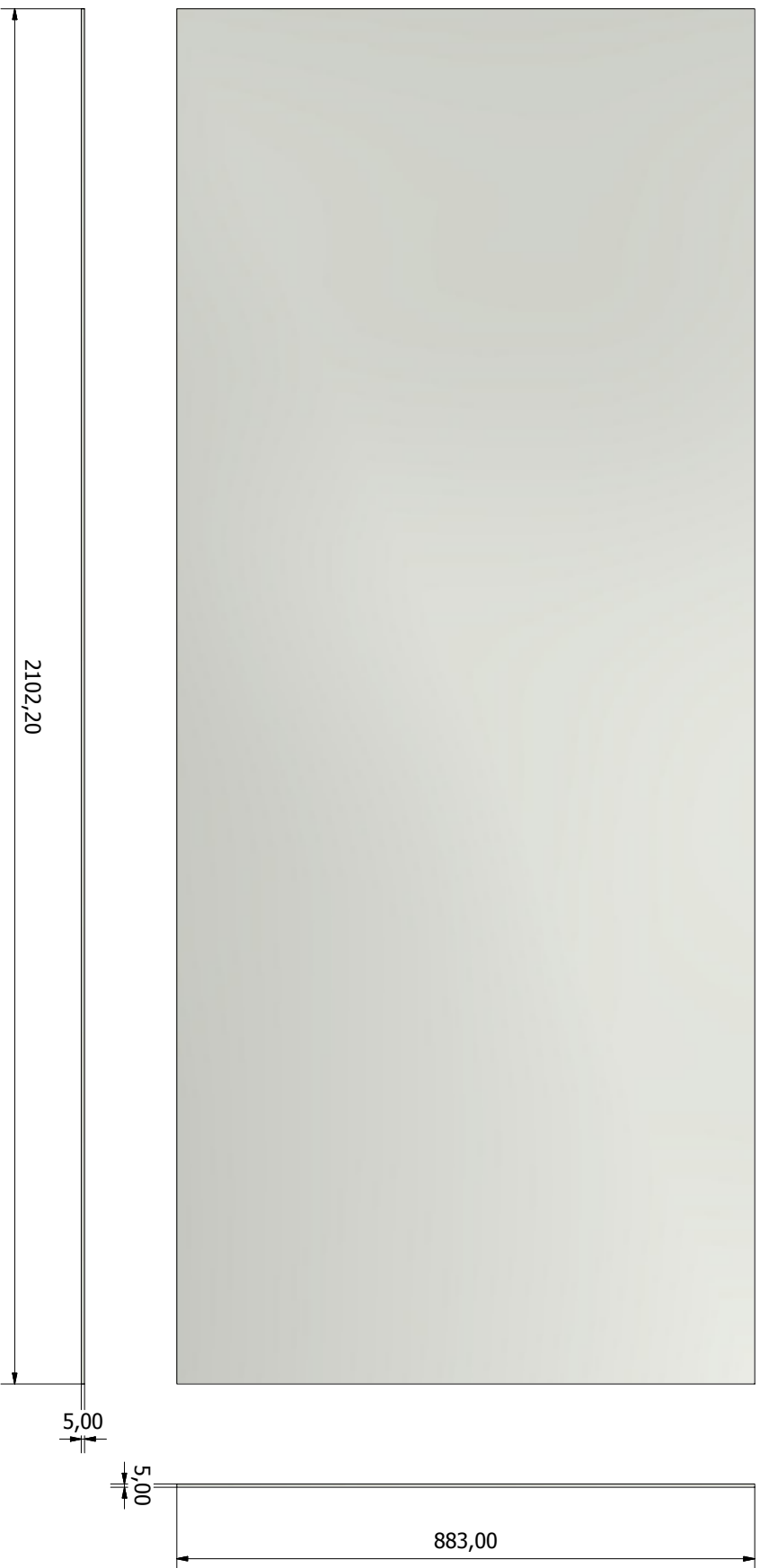
Diseño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Medidas en	Fecha
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González	27/05/2013	Milímetros	
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
			Calentador Solar	Edición 1	
				Hoja 14 / 14	

ANGULAR DE ALUMINIO DE 19,05x19,05x1,191 PARA BASE DEL VIDRIO DE 5mm



6	5	4	3	2	1
D	C	B	A		
Diseño de Pablo Arreaga			Revisado por Ing. E.G.	Aprobado por Ing. Erick González	Fecha 27/05/2013
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1 Calentador Solar		
3			2	Edición 1	Hoja 15/15
6	5	4	3	2	1

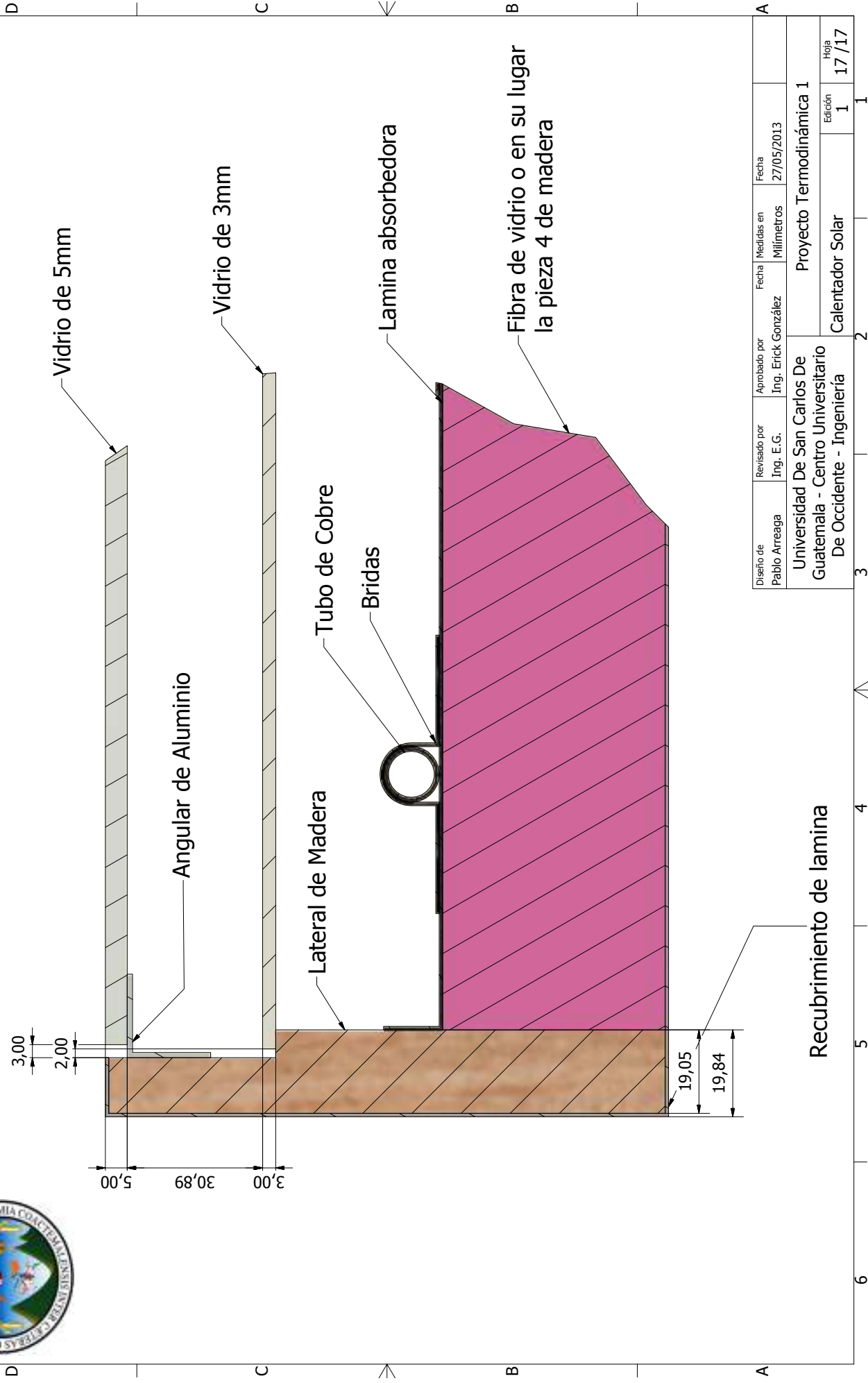
VIDRIO DE 5mm



Nota: El vidrio se coloca sobre el perfil de aluminio, quedando un espacio entre la madera y el vidrio de 2mm a 4mm que será relleno de silicón. Este espacio se da con la finalidad de dar margen a la dilatación térmica y evitar la ruptura del vidrio.

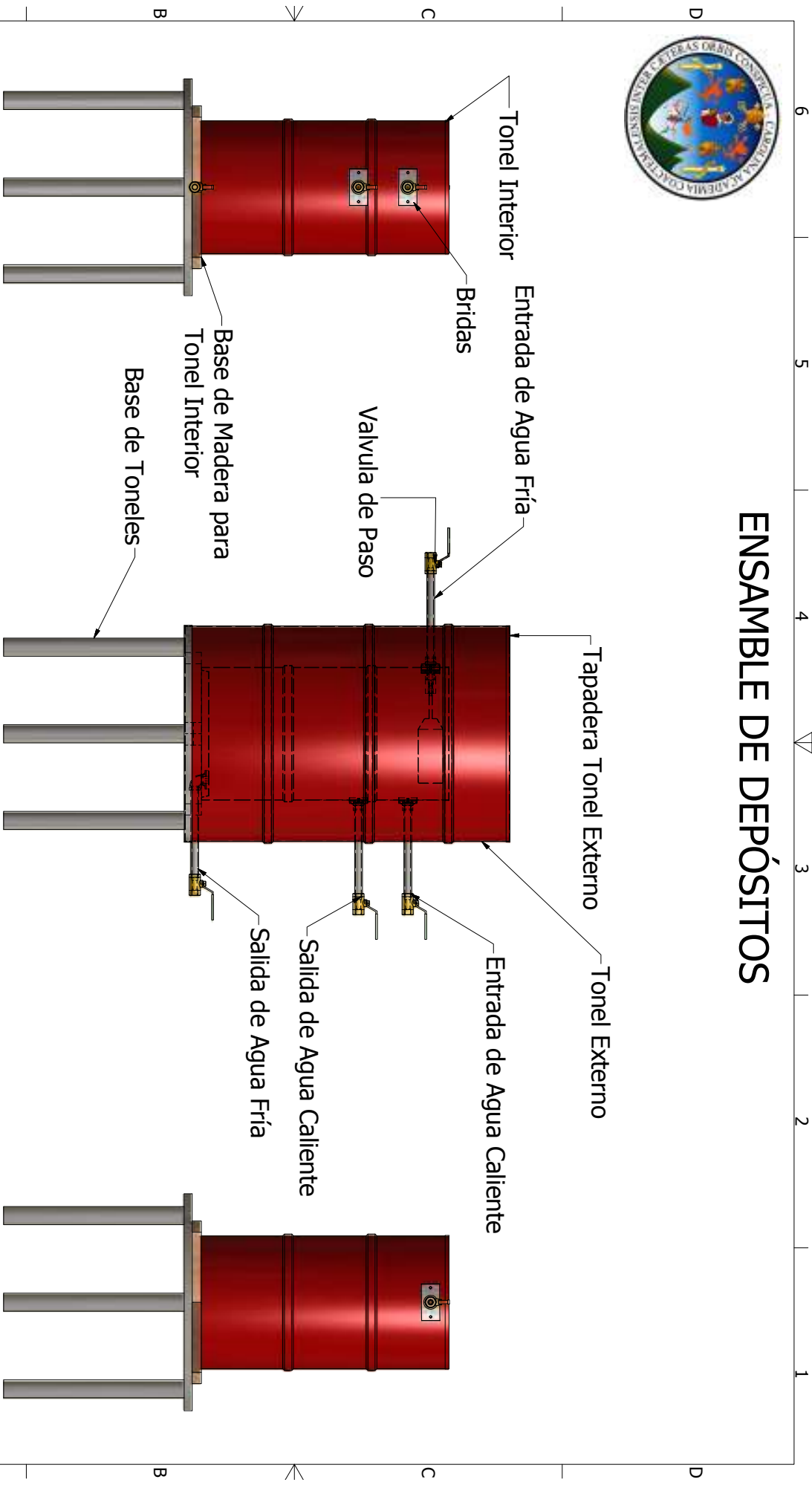
Diseno de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Medidas en	Fecha
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González	27/05/2013	Milímetros	
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
			Calentador Solar		
			Edición 1		
			Hoja 16 /16		

VISTA EN CORTE DEL COLECTOR



Diseño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Medidas en	Fecha
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González	27/05/2013	Milímetros	
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
			Calentador Solar		
			Edición 1		
			Hoja 17 / 17		

ENSAMBLE DE DEPÓSITOS



Nota: Todos los toneles son con boca ancha y con cincho de cierre hermético. Se recomienda poner un soporte igual al de la base de madera en la parte superior. Entre el espacio que queda entre toneles se debe de llenar con fibra de vidrio igual a la que se utilizo en el colector, para poder mantener la temperatura del agua. La base del tonel es solamente referencial.

Entrada de agua fría: Proveniente del sistema de abastecimiento de agua.

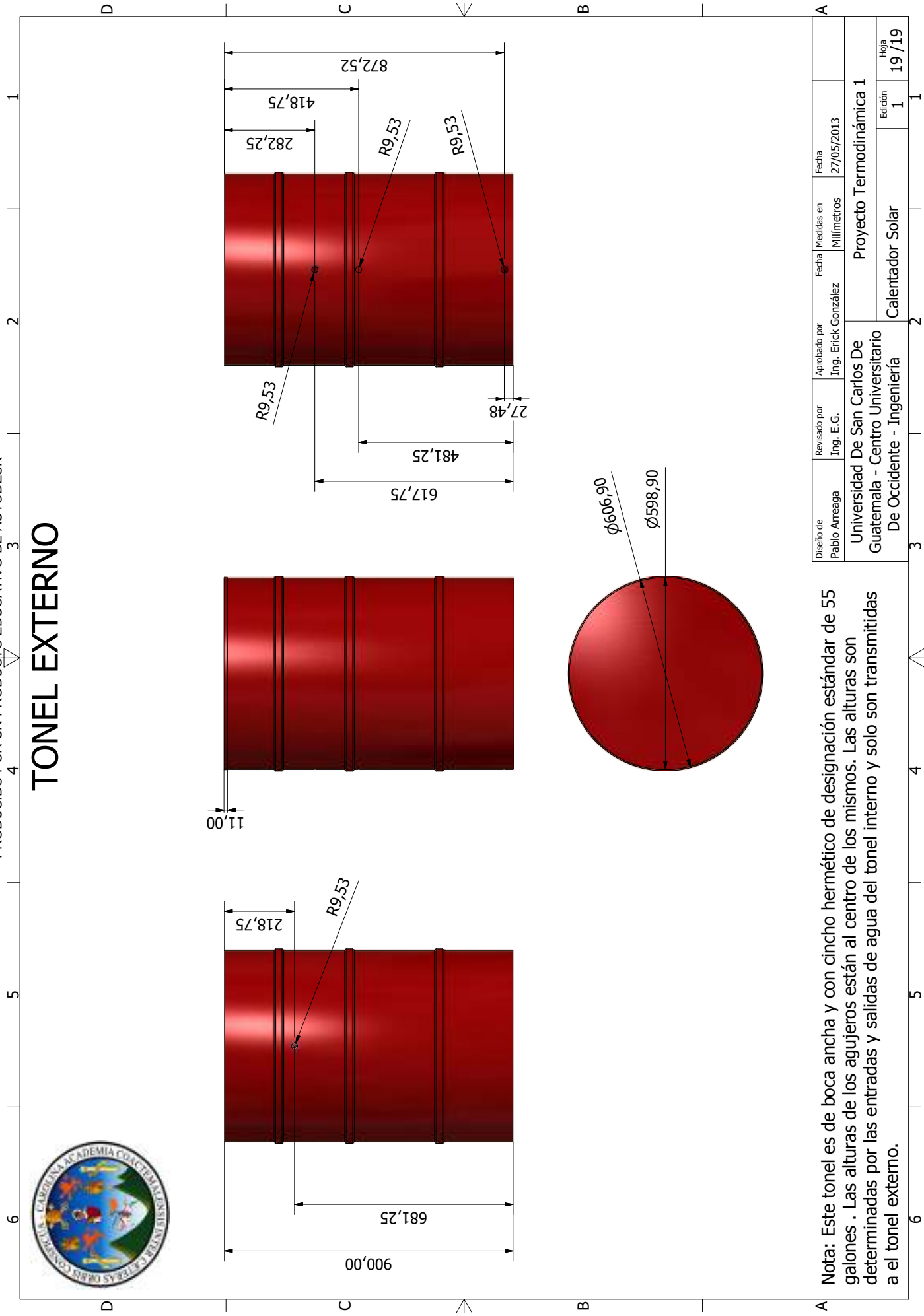
Entrada de agua caliente: Proveniente del colector.

Salida de agua caliente: Ira hacia donde sea requerida el agua caliente.

Salida de agua fría: Ira hacia el colector para ser calentada.

Disño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Medidas en	Fecha
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González	27/05/2013	Milímetros	
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
			Calentador Solar		Edición
					1
					Hoja
					18 /18

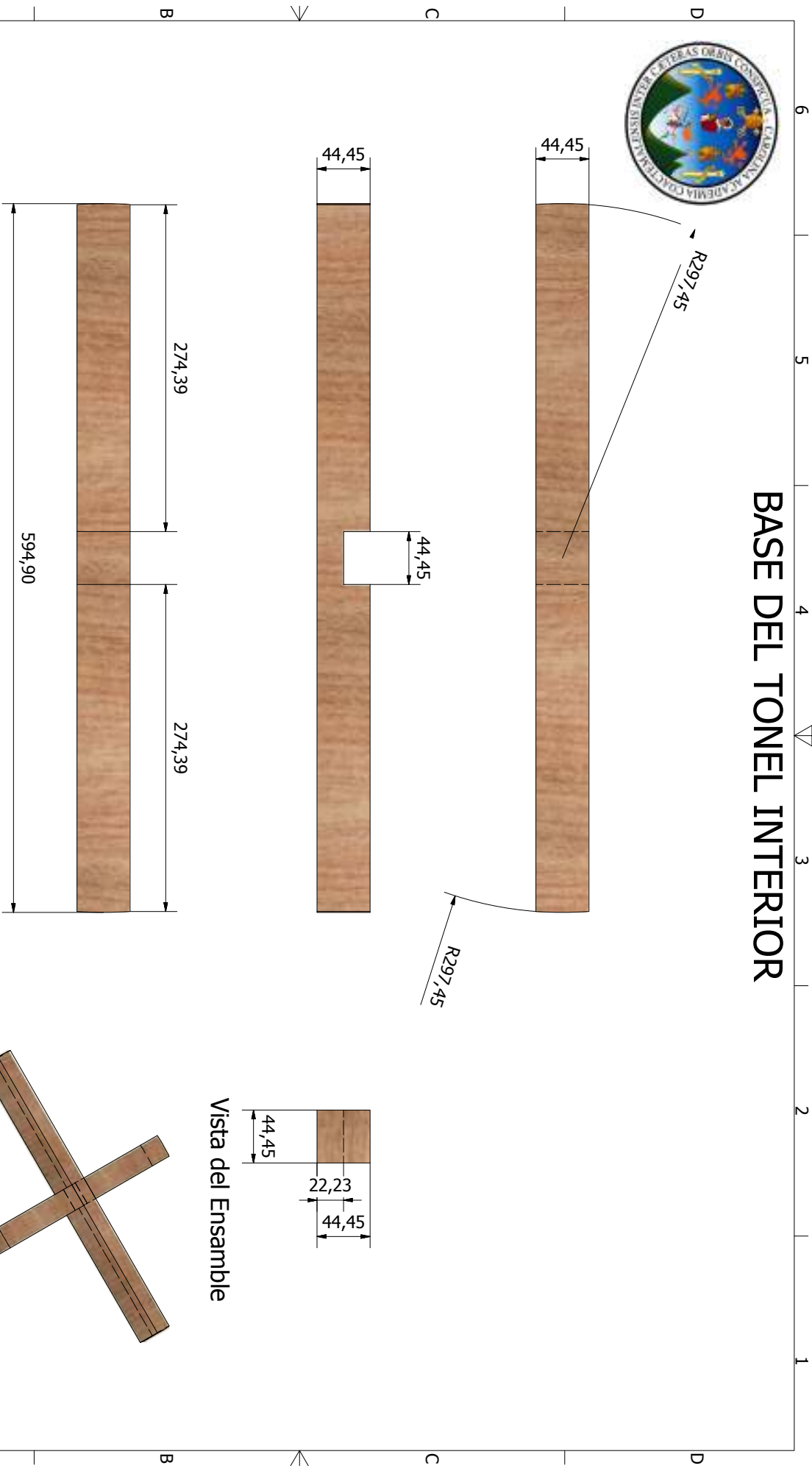
TONEL EXTERNO



Nota: Este tonel es de boca ancha y con cincho hermético de designación estándar de 55 galones . Las alturas de los agujeros están al centro de los mismos. Las alturas son determinadas por las entradas y salidas de agua del tonel interno y solo son transmitidas a el tonel externo.

Diseño de Pablo Arreaga	Revisado por Ing. E.G.	Aprobado por Ing. Erick González	Fecha 27/05/2013
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería		Medidas en Milímetros	
Proyecto Termodinámica 1		Fecha	
Edición 1		19/19	
Calentador Solar		Hoja	

BASE DEL TONEL INTERIOR

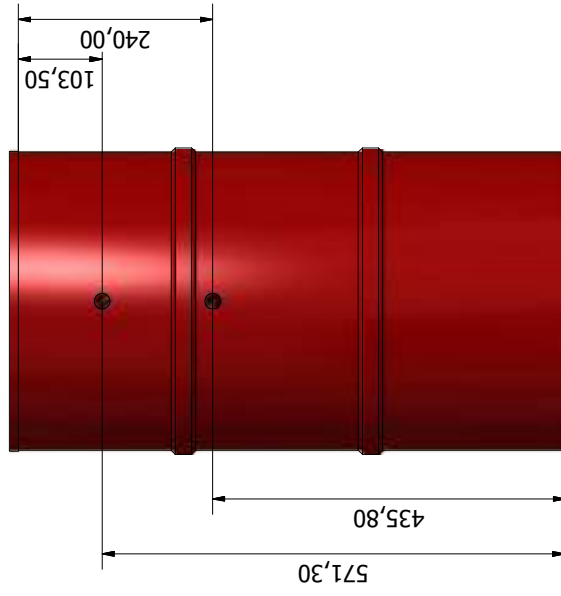
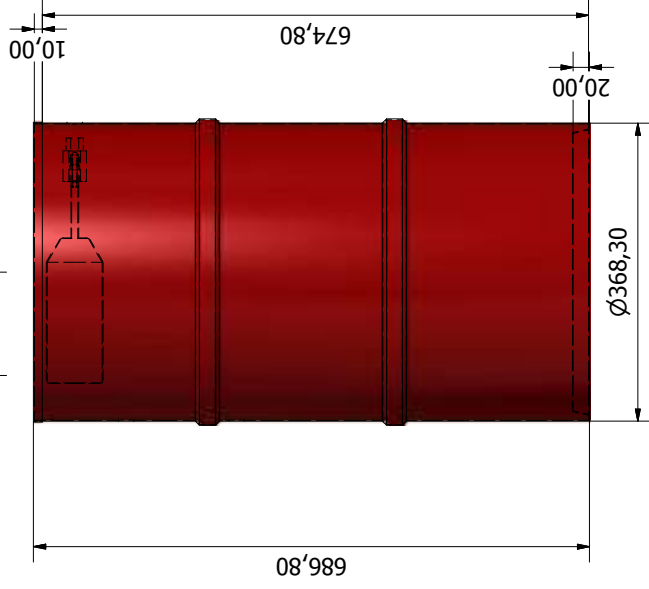
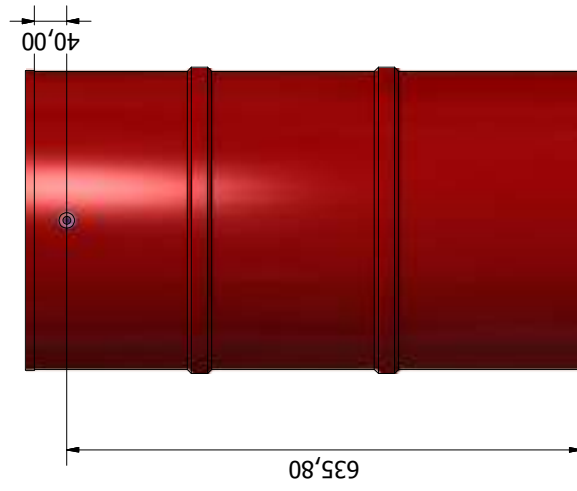
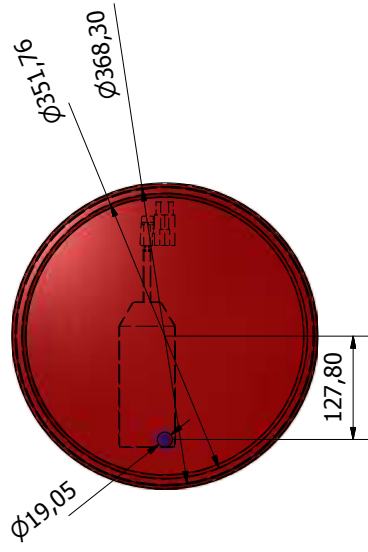


Vista del Ensamble

Nota: Esta base esta compuesta de dos reglas como se muestra en la vista del ensamble, se pegan con goma para madera. En el borde tienen un pequeño redondeo para que sea mas adaptable al tonel exterior. Se colocara dentro del tonel exterior por sobre cual ira el tonel exterior, contemplando la entrada de agua fría que se coloca en el tonel interno.

Diseño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Medidas en	Fecha
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González		Milímetros	27/05/2013
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
Calentador Solar			Edición		
			1		
			Hoja		
			20 /20		

TONEL INTERNO

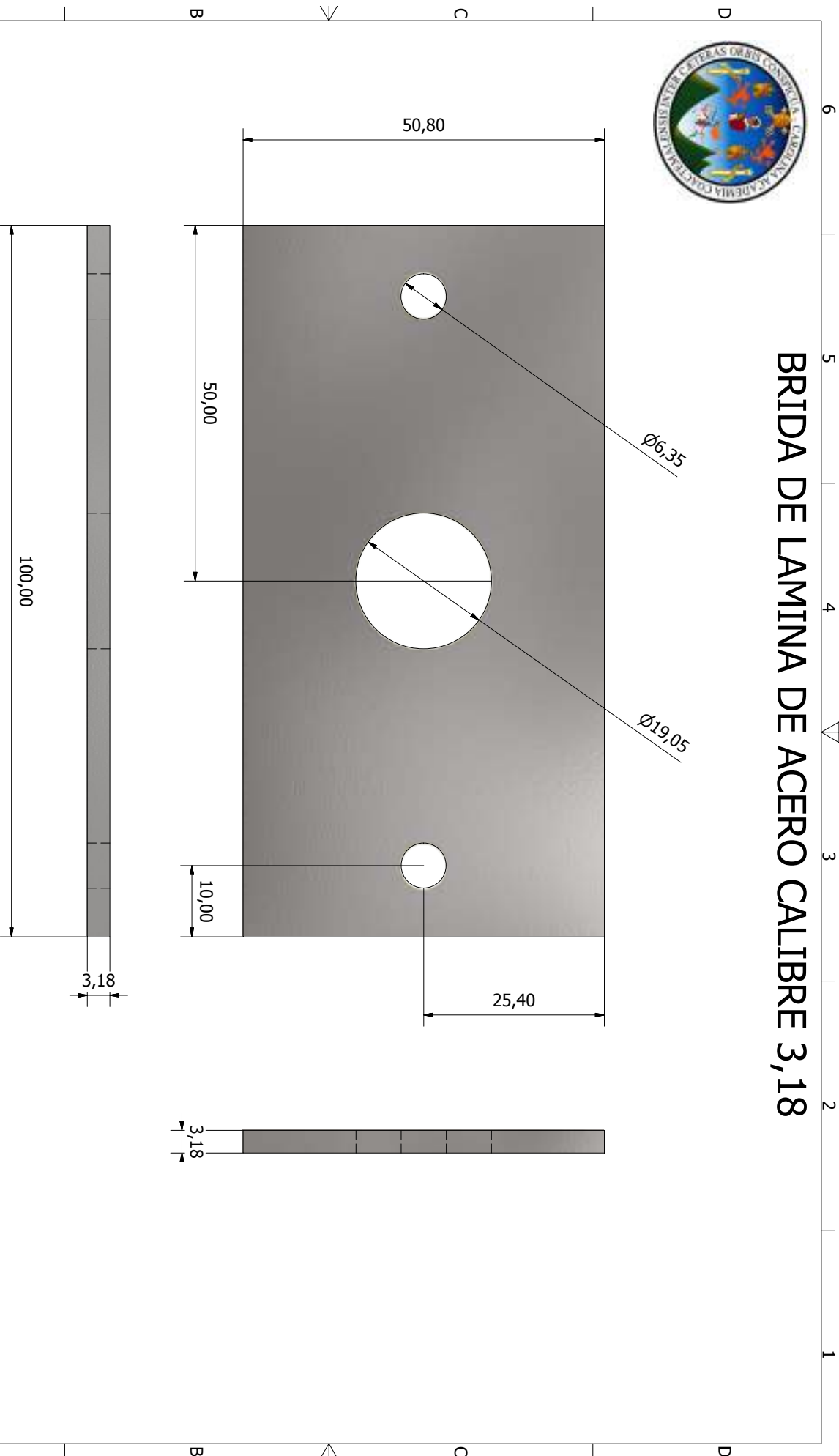


Diseno de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Medidas en	Fecha
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González	27/05/2013	Milímetros	27/05/2013
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
			Calentador Solar		Hoja
					Edición
					1
					21 / 21

Nota: Este tonel es de boca ancha y con cincho hermético de designación estándar de 30 galones. Las alturas de los agujeros están al centro de los mismos.

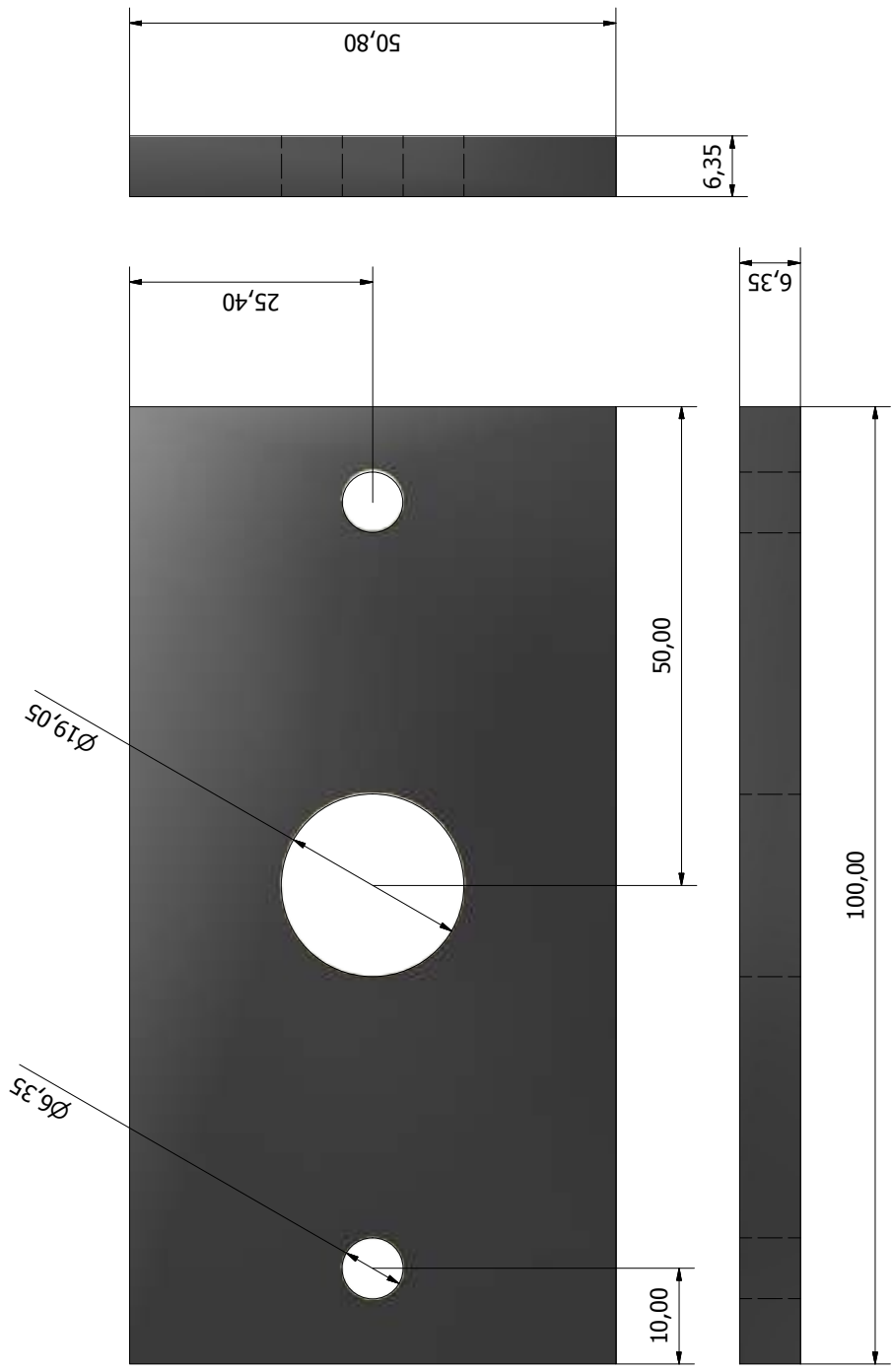


BRIDA DE LAMINA DE ACERO CALIBRE 3,18



Diseno de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Medidas en	Fecha
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González	27/05/2013	Milímetros	
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
			Calentador Solar		
			Edición		
			1		
			Hoja		
			22 /22		

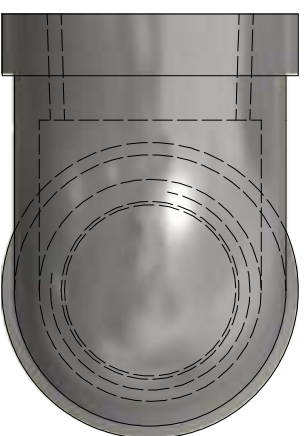
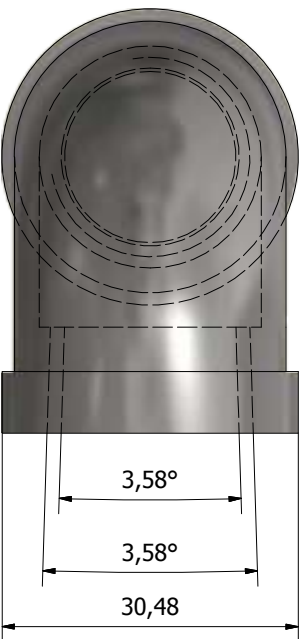
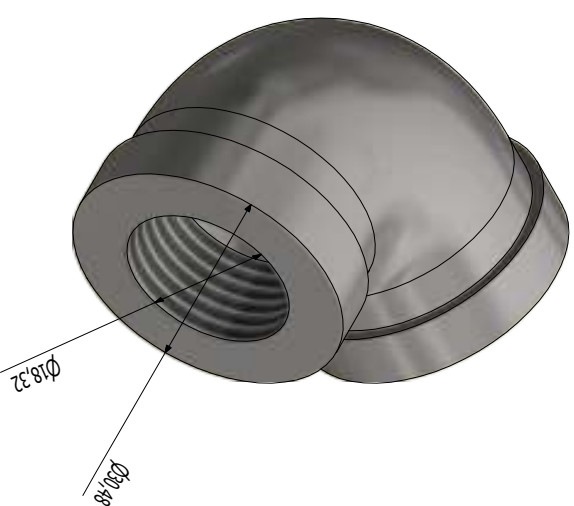
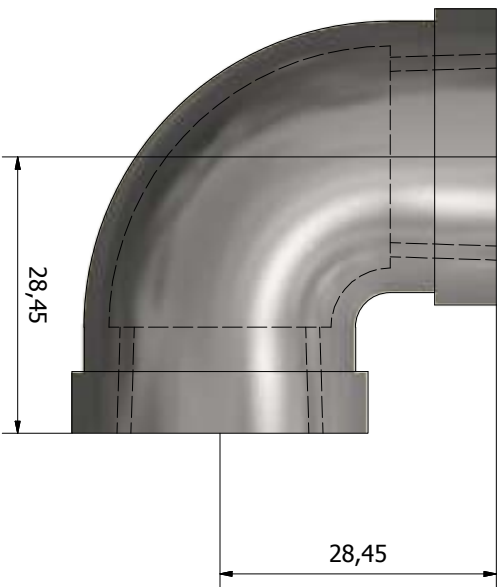
BRIDA DE GOMA



Diseño de Pablo Arreaga	Revisado por Ing. E.G.	Aprobado por Ing. Erick González	Fecha Medidas en Milímetros	Fecha 27/05/2013
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1	
			Edición 1	Hoja 23 / 23



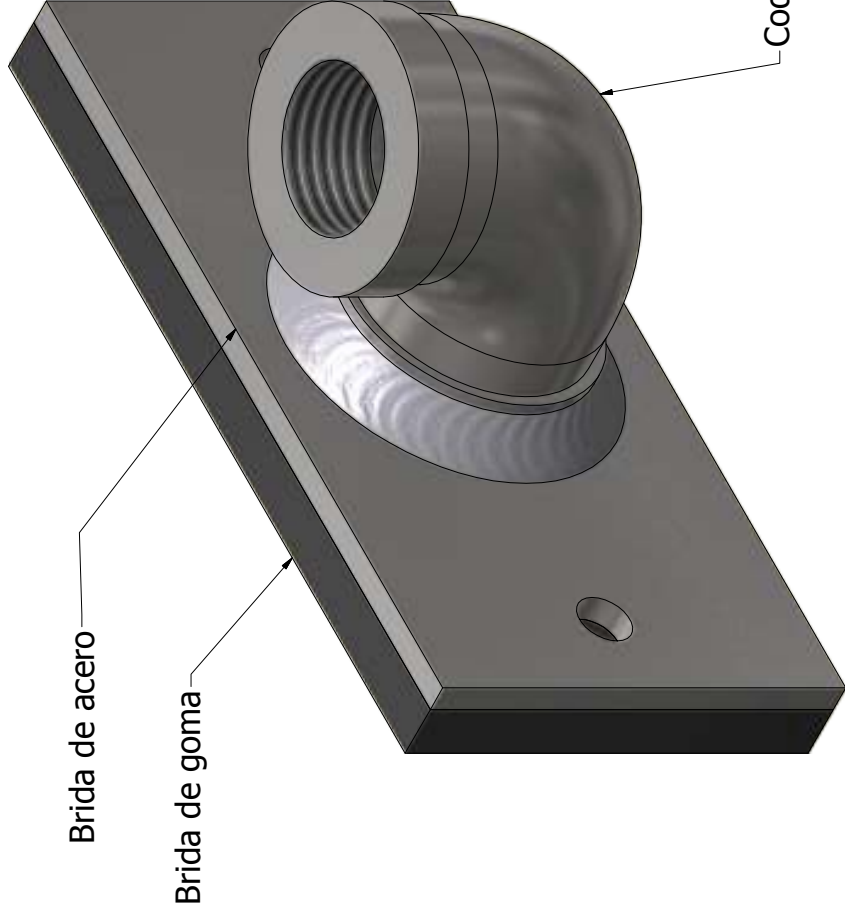
CODO DE 90 GRADOS ROSCADO



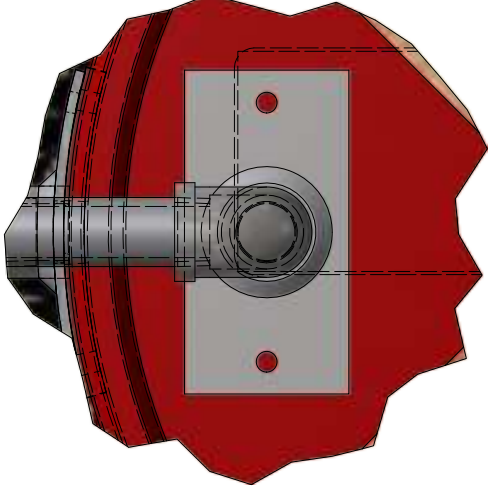
Nota: Este es un codo de 90 grados de la designación de tubería que se utilizara, en nuestro caso utilizamos tuberías de .5in.

Disño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Medidas en	Fecha
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González	27/05/2013	Milímetros	
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
Calentador Solar			Edición		
			1		
			Hoja		
			24 /24		

ENSAMBLE DE SALIDA DE AGUA HACIA EL COLECTOR



Vista de Instalación del fondo del tonel interno

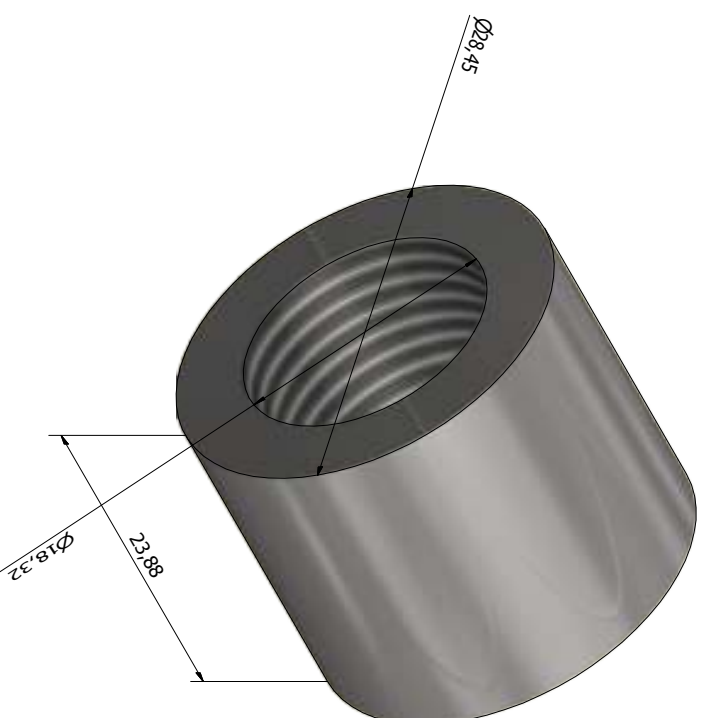


Nota: Esta compuesto por una brida de goma, una de acero y un codo roscado de 90 grados soldado con la brida de acero en todo el contorno del mismo. Este ensamble es para la salida de agua fría hacia el colector, esta ubicada en el agujero por debajo del tonel interno, para la instalación se puede consultar la hoja 21 en donde describe la ubicación del agujero.

Diseño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Medidas en	Fecha
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González	27/05/2013	Milímetros	27/05/2013
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
			Edición	Hoja	
			1	25 / 25	



MEDIO ACOPLAMIENTO ROSCADO

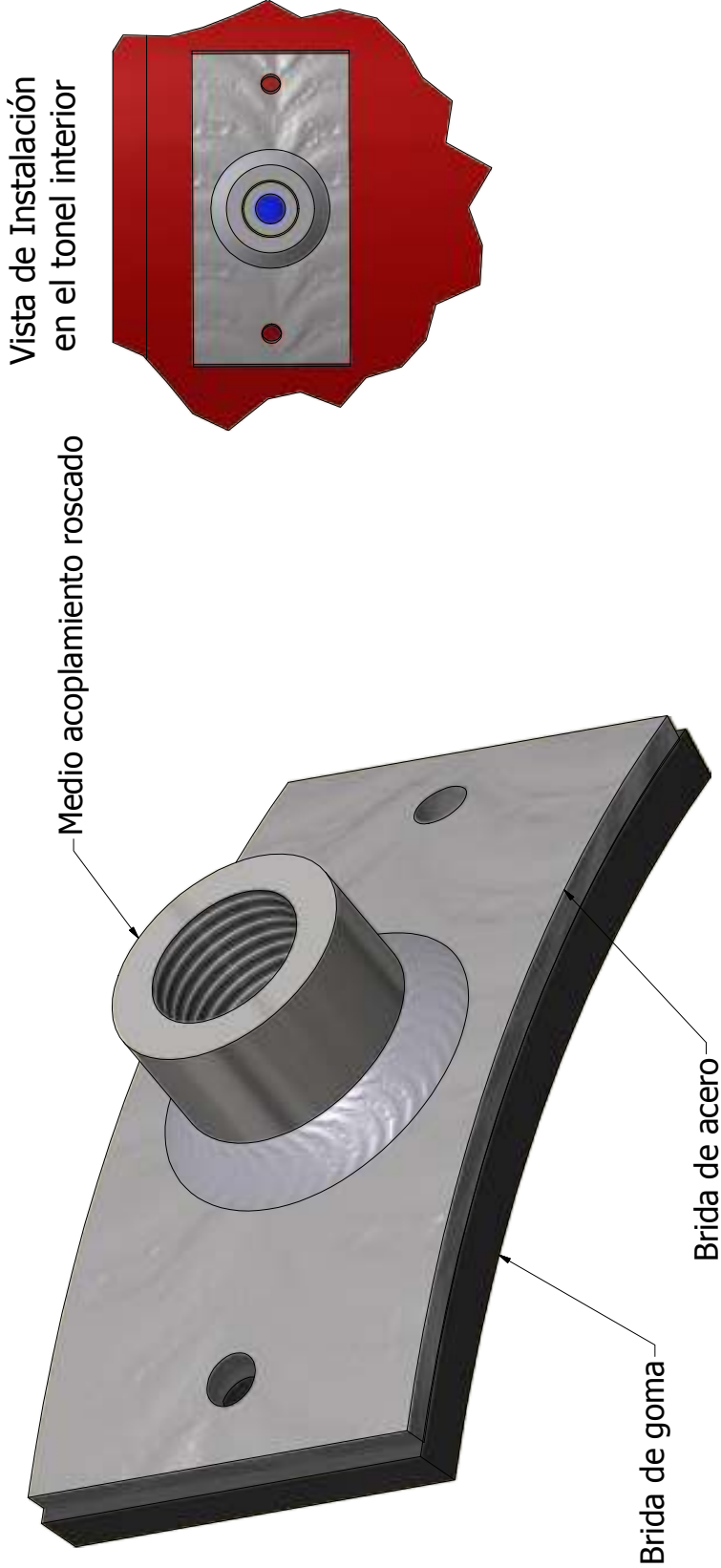


Diseno de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Medidas en	Fecha
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González		Milímetros	27/05/2013
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
Calentador Solar			Edición 1		
			Hoja 26 / 26		

Nota: En este caso tenemos un medio acoplamiento roscado, en caso de no encontrar de este tipo, se puede cortar un acoplamiento roscado de los dos lados.



ENSAMBLE DE ENTRADA DE AGUA FRÍA, ENTRADA DE AGUA CALIENTE Y SALIDA DE AGUA CALIENTE PARA EL TONEL INTERIOR



Vista de Instalación en el tonel interior

Medio acoplamiento roscado

Brida de goma

Brida de acero

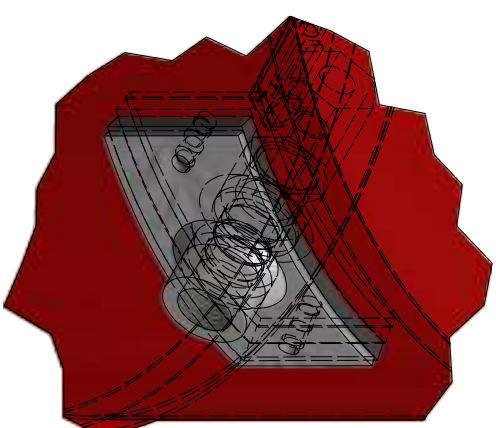
Nota: Este ensamble se utilizara en la entrada de agua fría, entrada de agua caliente y salida de agua caliente como se especifica en el plano de ensamble de depósitos. Esta compuesto de una brida de goma, una de acero y medio acoplamiento roscado, soldado por todo el contorno a la brida de acero. La instalación se hace respecto a los agujeros descritos en el plano de tonel interior. Se curvan de tal forma que se adapten a parte externa del tonel interior.

Diseño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Medidas en	Fecha
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González	27/05/2013	Millímetros	27/05/2013
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
			Calentador Solar		Edición
					1
					27 / 27
					Hoja
					1

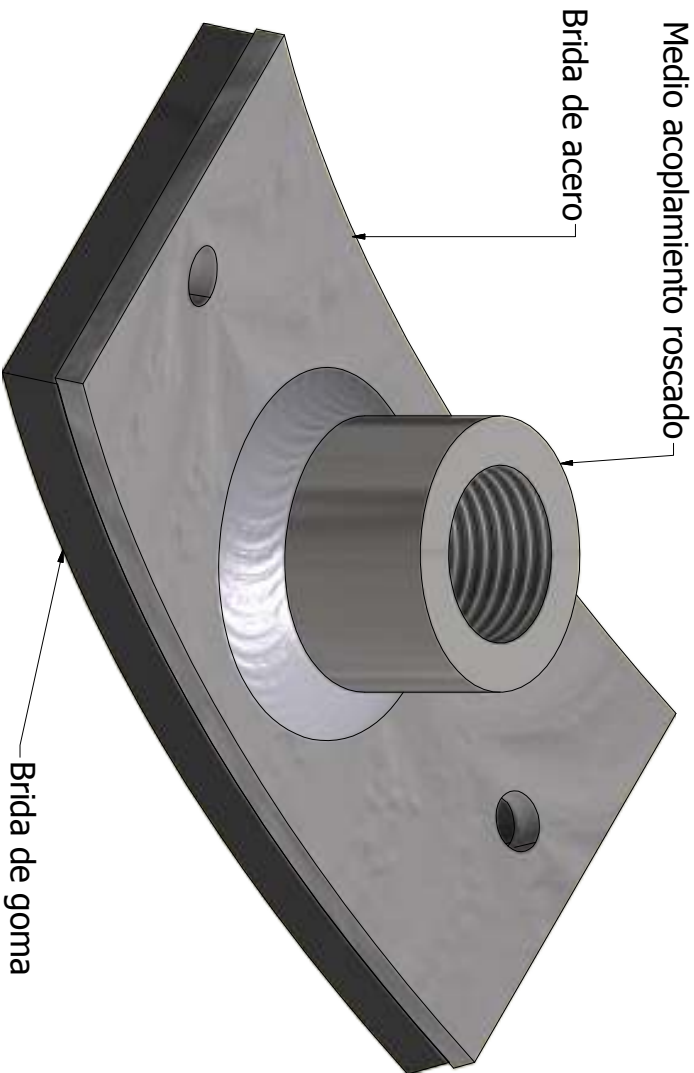
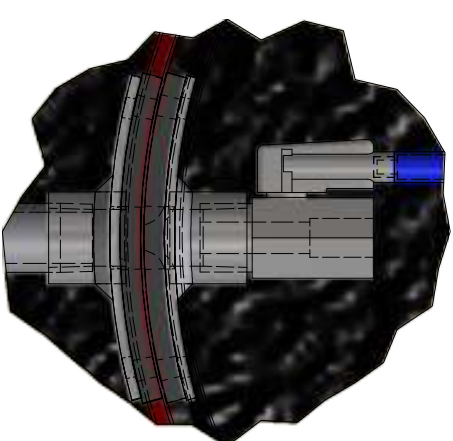


ENSAMBLE DE ENTRADA DE AGUA FRÍA PARA EL TONEL INTERNO

Vista de la Instalación
en el tonel interno



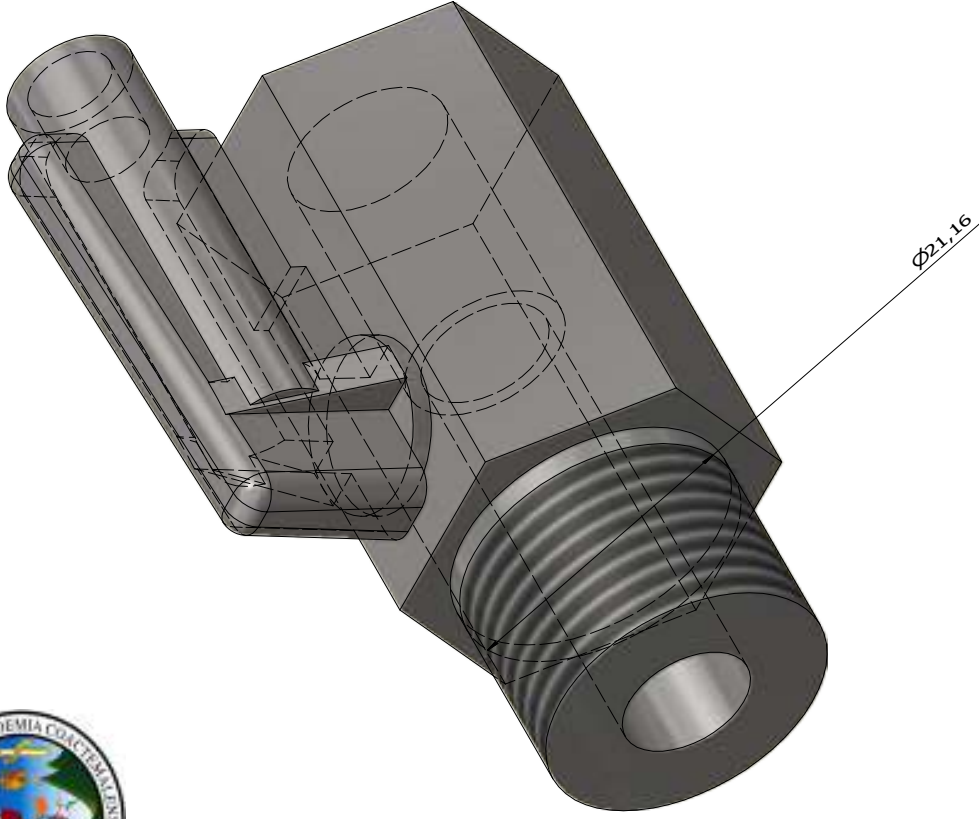
Vista de instalación
sobre el tonel interno



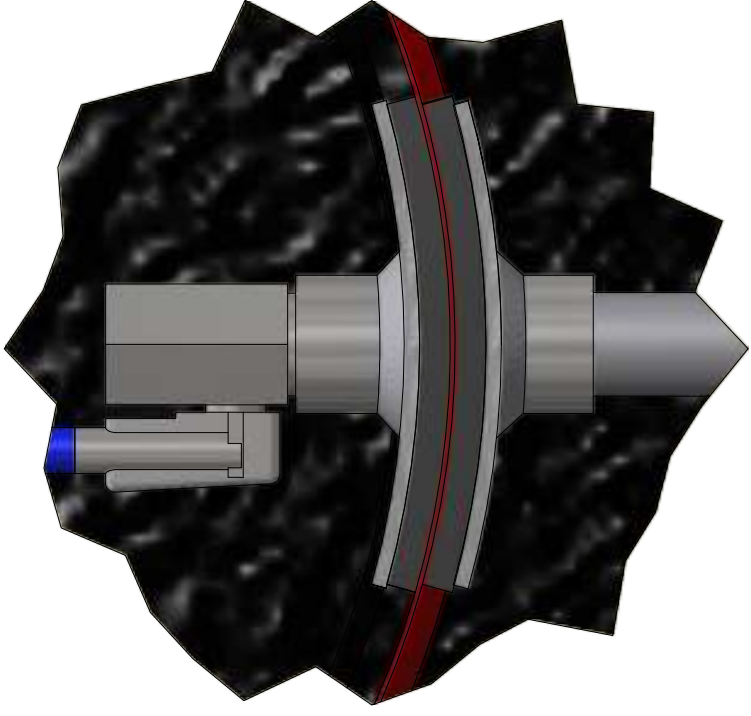
Nota: Este ensamble se utiliza en la entrada de agua fría como se especifica en el plano de ensamble de depósitos. Esta compuesto de una brida de goma, una de acero y medio acoplamiento roscado, soldado por todo el contorno a la brida de acero. La instalación se hace respecto a los agujeros descritos en el plano del tonel interior. Se curva de tal forma que se adapte a la parte interna el tonel interno. Y servirá para colocar una válvula de entrada de agua.

Disño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	Edición	Hoja
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González	27/05/2013		1	28 /28
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1			
Calentador Solar						

VALVULA DE ENTRADA DE AGUA AL TONEL INTERNO



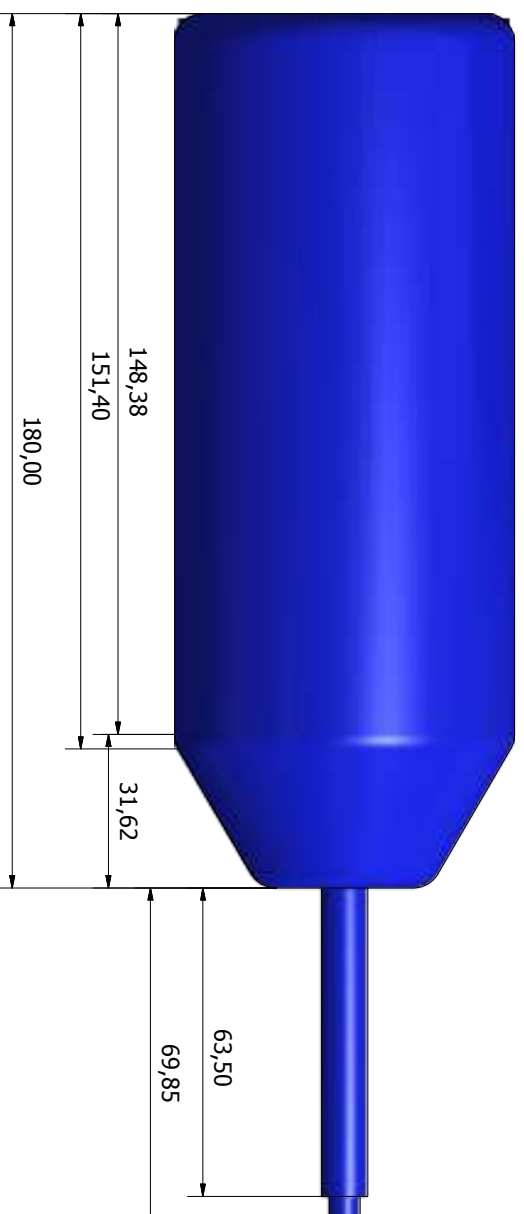
Vista de Instalacion sobre el tonel interno



A Nota: La válvula que se muestra es de referencia se puede utilizar cualquiera que sea compatible con la tubería utilizada y nos servirá para regular la entrada de agua al deposito interior. A esta válvula ira conectado un flotador que se especifica en el siguiente plano.

Diseño de Pablo Arreaga	Revisado por Ing. E.G.	Aprobado por Ing. Erick González	Fecha 27/05/2013	Medidas en Milímetros	Fecha
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
			Edición 1	Hoja 29 / 29	

FLOTADOR



Ø70,00
Ø9,53
Ø6,35

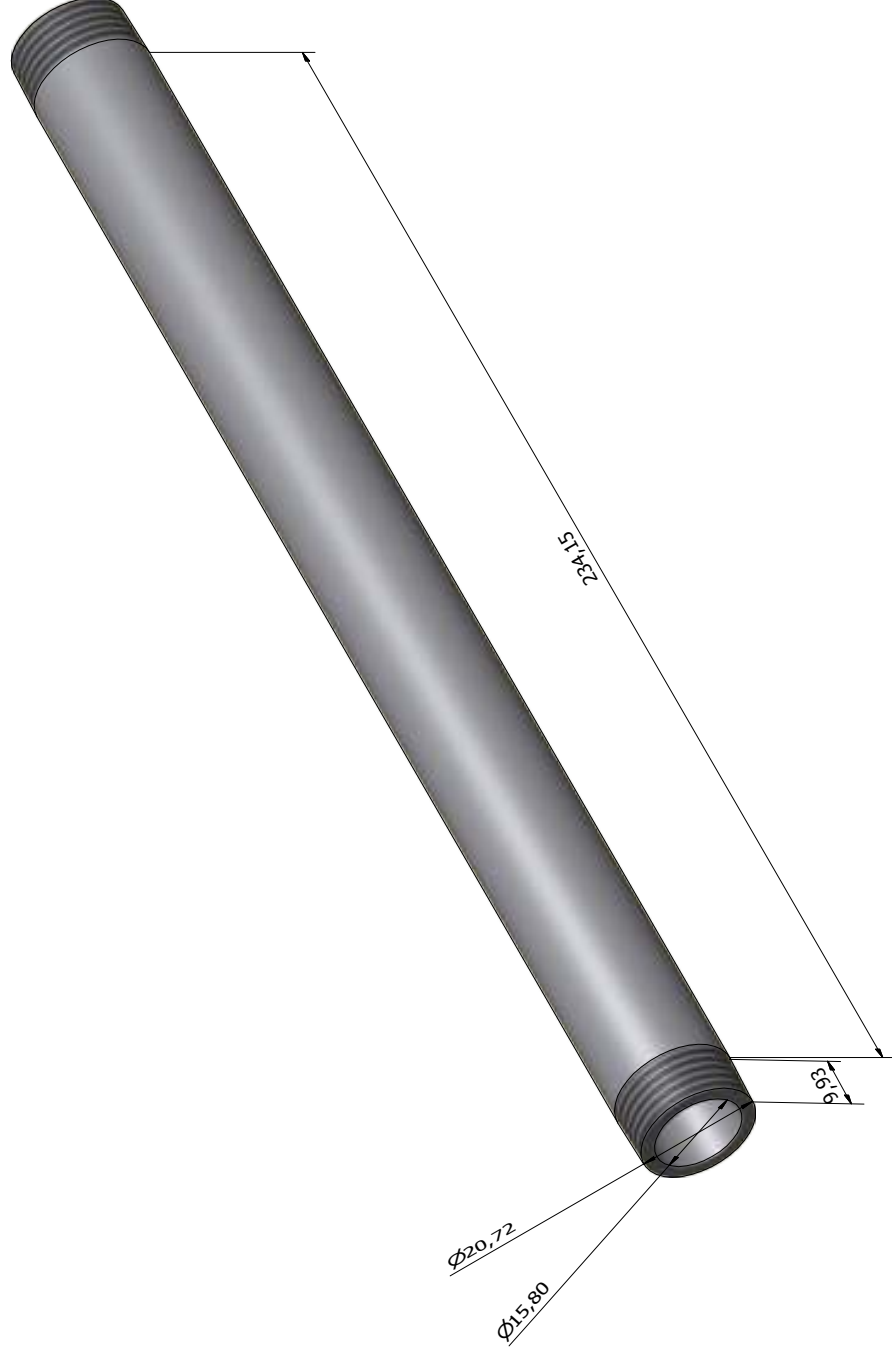
180,00
148,38
151,40

31,62
63,50
69,85

Nota: Este flotador es referencial, se puede utilizar uno de esfera de cobre. Se fabrico uno similar a este con un pachón de aluminio con el propósito de hacerlo mas compacto y poder tener una mayor capacidad de agua.

Diseno de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	Edición	Hoja
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González		27/05/2013	1	30 /30
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1			
			Calentador Solar			

NIPLES PARA ENTRADAS Y SALIDAS DE AGUA



Nota: Estos niples iran colocadas en un extremo a las entradas y salidas de agua, y por el otro a una válvula de paso de agua descrita en el siguiente plano. Y por donde se colocaran las tuberías de instalacion.

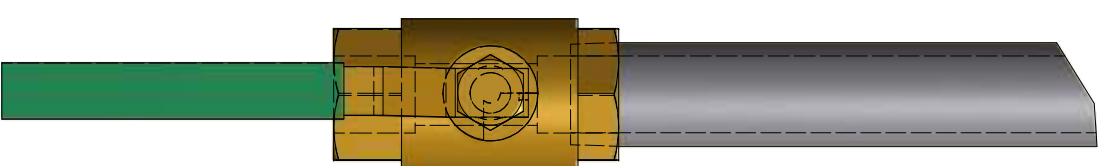
Diseño de Pablo Arreaga	Revisado por Ing. E.G.	Aprobado por Ing. Erick González	Fecha Medidas en Milímetros	Fecha 27/05/2013
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1 Calentador Solar	
			Edición 1	Hoja 31 / 31



VALVULA DE PASO DE AGUA



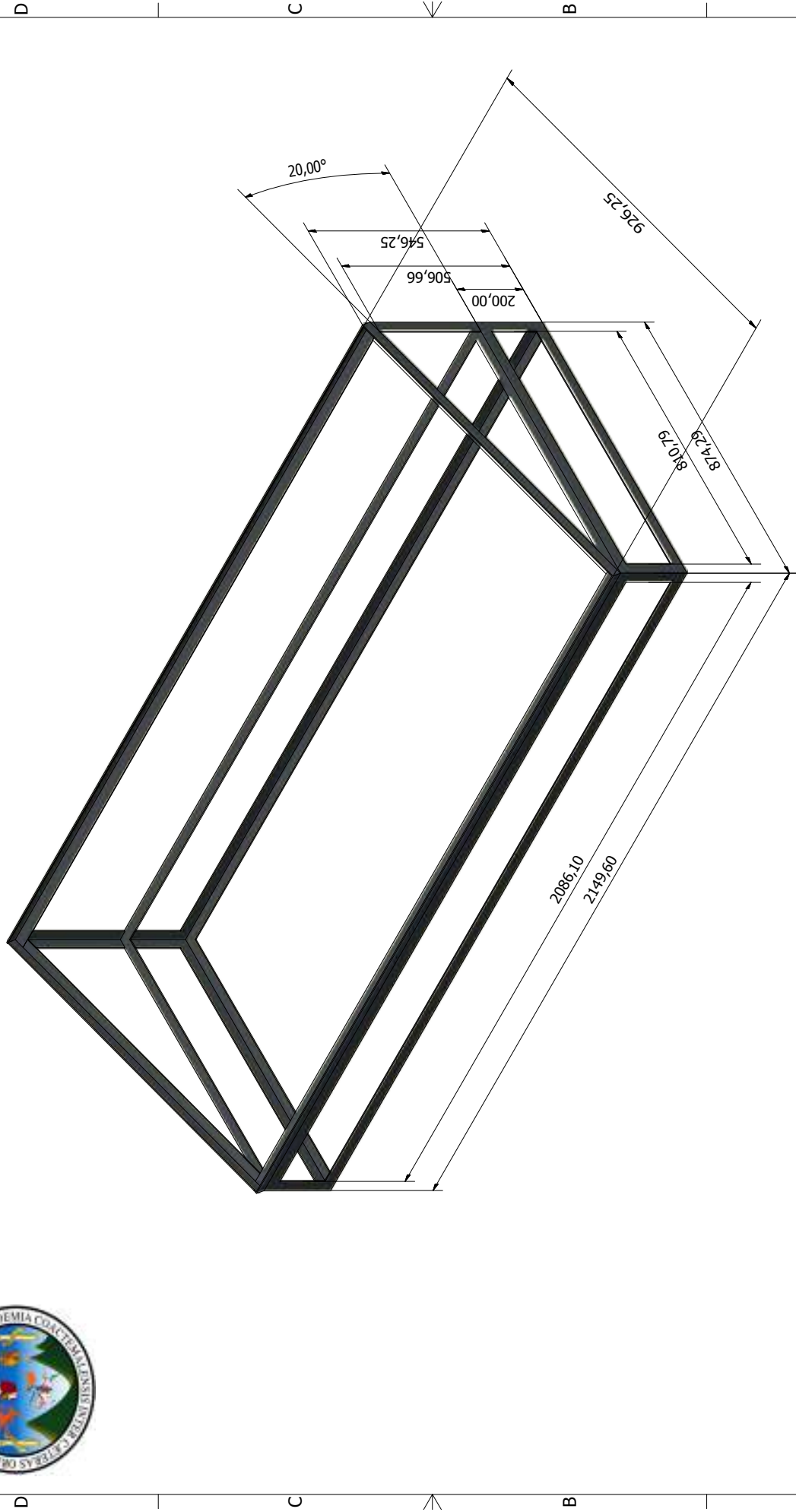
Vista de Instalacion
Instaladas en el
tubo roscado



Nota: Esta válvula es referencia y se puede utilizar similares. Como único parámetro se tiene el diámetro de la tubería.

Disño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Medidas en	Fecha	
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González	27/05/2013	Milímetros		
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		Edición	
			Calentador Solar		1	Hoja
						32 /32

MARCO DEL COLECTOR, ANGULAR DE 31.75x31.75x3.175

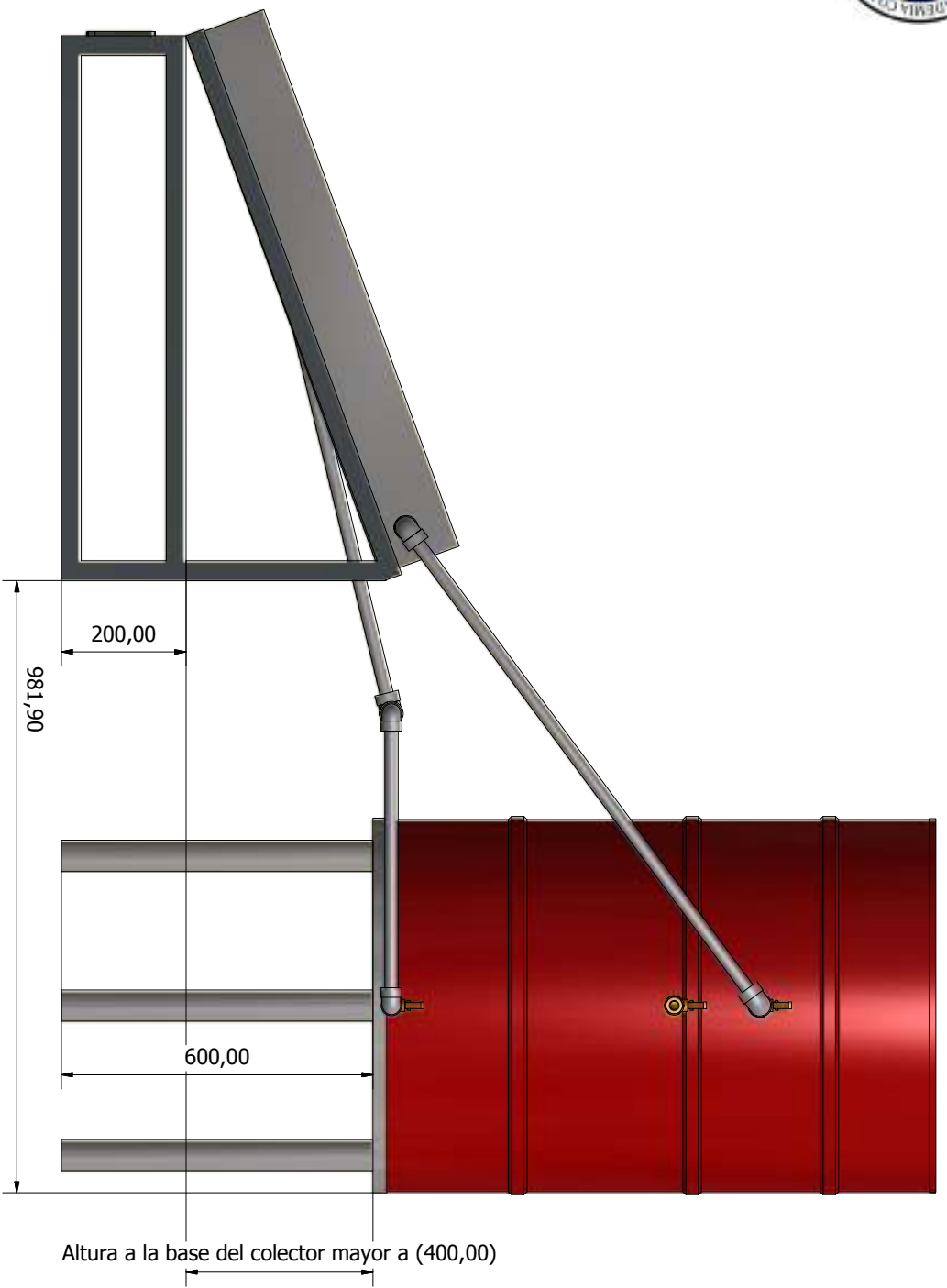


Diseño de Pablo Arreaga	Revisado por Ing. E.G.	Aprobado por Ing. Erick González	Fecha 27/05/2013	Medidas en Milímetros	Fecha
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
			Edición	Hoja	
			1	33 / 33	

Nota: El marco esta hecho con las medidas del colector, dejando un pequeño margen de holgura de 2 a 3 de cada lado para la instalación, la inclinación del mismo cambia de acuerdo a la latitud del lugar de instalación.



INSTALACIÓN



Nota: Con objetivos de mantenimiento la base del colector y los depósitos de agua deben de ir con una separación de 381mm. No importando la base del colector o de los toneles, deben de existir 400mm desde la base del colector hasta la base del deposito.

Disño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Medidas en	Fecha
Pablo Arreaga	Ing. E.G.	Ing. Erick González	27/05/2013	Millimetros	
Universidad De San Carlos De Guatemala - Centro Universitario De Occidente - Ingeniería			Proyecto Termodinámica 1		
Calentador Solar			Edición		
			1		
			Hoja		
			34 /34		

Documento V

APÉNDICES

Índice de documento

Apéndice 1: Beca Meridies

Apéndice 2: Características técnicas

Célula fotovoltaica	9
Multímetro	12
Termómetro	34
Piranómetro	37

Apéndice 3: Esquema electrónico Raspberry Pi

Apéndice 4: Programas Python

Programa medida	41
Programa conversión	44

Apéndice 5: Mediciones

Radiación día 29 de Julio	53
Temperaturas depósito día 29 de Julio	53
Radiación día 30 de Julio	54
Temperaturas depósito día 30 de Julio	54
Radiación día 31 de Julio	54
Temperaturas depósito día 31 de Julio	55
Radiación día 1 de Agosto	55
Temperaturas depósito día 1 de Agosto	55
Radiación día 2 de Agosto	56
Temperaturas depósito día 2 de Agosto	56
Radiación día 3 de Agosto	56
Temperaturas depósito día 3 de Agosto	57
Radiación día 4 de Agosto	57
Temperaturas depósito día 4 de Agosto	57
Radiación día 5 de Agosto	58
Temperaturas depósito día 5 de Agosto	58
Radiación día 6 de Agosto	58
Temperaturas depósito día 6 de Agosto	59
Radiación día 7 de Agosto	59
Temperaturas depósito día 7 de Agosto	59

Apéndice 6: Tabla de cálculos

Apéndice 1: Beca Meridies



TÉRMINOS DE REFERENCIA (Tdr) PROGRAMA MERIDIES – Cooperación 2016

Título de la actividad: **EVALUACIÓN DE LA OPERACIÓN DE CALENTADOR DE AGUA CON ENERGÍA SOLAR**

Nombre de la entidad que acoge al estudiante: **DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE**

Datos entidad

- WWW.CUNOC.EDU.GT
- CUENTA EN FACEBOOK: Centro Universitario de Occidente

Contenido de la actividad:

Antecedentes

Desde 1997, en la División de Ciencias de la Ingeniería –DCI-, se han realizado proyectos de investigación aplicada y proyectos de difusión en temas relacionados a aprovechamiento de energías renovables iniciando con geotermia de baja entalpía, instrumentación hidráulica y solar fototérmica. En 2004, se realizaron las jornadas nominadas INGESOL 2004, que incluyó conferencias, exposiciones de fotografías en recintos universitarios y construcción de 36 equipos relacionados a energía solar; los equipos fueron expuestos en 2 parques de la ciudad de Quetzaltenango para que los ciudadanos conocieran estas tecnologías. En 2013, con estudiantes de Termodinámica 1, se construyeron –dentro de las instalaciones de esta universidad- dos calentadores de agua solares basados en un modelo del Instituto Centro Americano de Investigación y Tecnología Industrial –ICAITI- y una vez probados fueron donados al Hogar de Ancianas Luisa Marillac. En 2015, se construyeron otros tres calentadores con estudiantes de Instalaciones Mecánicas y el apoyo económico de estudiantes de la Universidad de Virginia (Estados Unidos de América) y una vez construido y probado, fueron instalados en el Hospital Nacional de Totonicapán para uso de pacientes mujeres parturientas. Los calentadores funcionan atmosféricamente con Efecto Termosifón y el agua se acumula en depósito aislado cuya operación se basa en Efecto Pistón para impulsar el agua caliente.

A pesar que dichos calentadores han dado resultados satisfactorios, se desconocen parámetros específicos de funcionamiento tales como velocidad de calentamiento, temperaturas máximas según época, efectos del viento, capacidad máxima de usuarios por día según radiación solar, registro de temperaturas del colector, temperaturas ambientales, y conservación de temperatura en el depósito.



**ÀREA DE COOPERACIÓ AL
DESENVOLUPAMENT**

<p>Descripción de las actividades y objetivos</p>	<p>El alumnado tendrá a su cargo las siguientes tareas:</p> <p>Visitar y conocer los sitios que poseen calentadores solares.</p> <p>Evaluar su disponibilidad para decidir cuál de los sitios estaría en capacidad de evaluar en función del transporte para desplazarse, disponibilidad de instrumentación para mediciones, lugar para trabajo de oficina y otros factores.</p> <p>Construir si fuera el caso y posibilidades, de equipo electrónico de registro de datos ("data logger") para facilitar la captura de datos.</p> <p>Previo a iniciar la medición de parámetros de los calentadores, hacer un plan y cronograma de trabajo, presentándolo a las autoridades de la Universidad Politécnica de Valencia y del Centro Universitario de Occidente para sugerencias y aprobación.</p> <p>Iniciar las mediciones de parámetros termodinámicos de los calentadores de agua del sitio elegido por lo menos durante dos meses.</p> <p>Si fuera el caso, capacitación sobre metodología para construir los registros electrónicos de datos ("data logger") y forma de utilización.</p> <p>Hacer un informe cuya estructura contenga entre otros, metodología de medición, registro de datos experimentales o de campo, análisis de datos, resultados alcanzados, conclusiones y recomendaciones.</p>
<p>¿Qué se espera que aporte el estudiante?</p>	<p>En lo posible, un informe que contenga un registro de datos de operación de los calentadores de agua solares que permitan mejorar el criterio de utilización para futuros proyectos de difusión y servicio con este tipo de calentadores.</p> <p>Capacitados al menos 10 estudiantes y/o profesores en metodología de medición de parámetros solares para futuros su adecuación optima en proyectos fototérmicos con este tipo de calentadores.</p>

Datos de la actividad:

<p>Duración (entre 2 y 5 meses)</p>	<p>Fecha inicio: 01/07/2016</p> <p>Fecha finalización: 30/10/2016</p>
<p>Flexibilidad en la incorporación</p>	<p>Puede ser flexible las fechas de inicio y finalización y no menos de 3 meses calendario sin sobrepasar el 15 de noviembre.</p>
<p>Lugar de realización</p>	<p>Departamentos de Quetzaltenango y/o Totonicapan, de la república de Guatemala.</p>
<p>Dedicación y horario</p>	<p>Al menos 5 horas diarias en el campo para aprovechamiento de la radiación solar diaria esto es entre las 9 y 14 horas.</p>

Apéndice 2: Características técnicas

CÉLULA FOTOVOLTAICA

ZT Series Polycrystalline

Solar Module

5/10/15/20/30/40/45/50/55/60/70/75/80/85/90/110 POLY



Efficiency

High Module Conversion Efficiencies utilizing one or two bus bars per cell

Warranty

Peace of Mind Guaranteed with a twenty-five Year Linear Power Warranty and Product Quality Ensured for ten years

Certifications

IEC 61215:2005, IEC 61730:2004

Tolerance

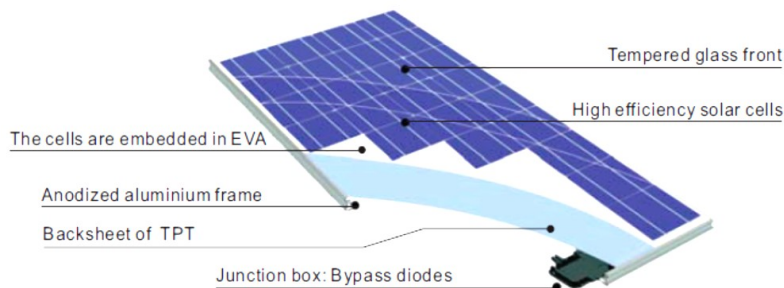
Strict quality control guarantees higher average power output according to tolerance $\pm 3\%$.

Optimized Strength

Minimum standard for wind 2700Pa to a Mechanical load capacity up to 5400Pa meet customer's needs for durability on high mountains, sea shores, & paths between buildings



Module Construction



EMPOWERING You To Change The Future

Zytech was founded in Zaragoza (Spain) in 2005. Since then the group has progressively increased its infrastructure and production capacity to become a global power with offices and headquarters in Spain, Germany, France, Italy, BENELUX, Mexico, United States of America, Korea, Malaysia and China.

Zytech takes pride in their R&D department which specializes in product enhancement, state-of-the-art machinery and rigorous quality control that guarantees an European quality product at the best price.



www.zytechsolar.com

ZT Series Polycrystalline

Solar Module



5/10/15/20/30/40/45/50/55/60/70/75/80/85/90/110 POLY

Cell and system Data	
Technology	Polycrystalline Silicon
Number Per Module	36
Maximum System Voltage SCII	1000 VDC (UL1000V)
Operating Temperature	-40~+85°C

Thermal Data	
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C ± 2°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.34% / °C
Temperature Coefficient of Isc	+0.045% / °C
Temperature Coefficient of Power Pmax	-0.47% / °C

Product specification		ZT 5P	ZT 10P	ZT 15P	ZT 20P
Maximum power (W)	Pmax	5	10	15	20
Power Output Tolerance (%)		± 3%	± 3%	± 3%	± 3%
Maximum Power Voltage (V)	Vmpp	17.5	17.5	17.5	17.5
Maximum Power Current (A)	Impp	0.29	0.58	0.86	1.15
Open Circuit Voltage (V)	Voc	21.6	21.6	21.6	21.6
Short Circuit Current (A)	Isc	0.33	0.65	0.97	1.3
Module Efficiency (%)		16.50%	16.50%	16.50%	16.50%
Module Dimension (mm)		170x350x17	270x350x17	375x350x25	475x350x25
Weight		0.73 kg	1.09 kg	1.71 kg	2.11 kg

Product specification		ZT 30P	ZT 40P	ZT 45P	ZT 50P
Maximum power (W)	Pmax	30	40	45	50
Power Output Tolerance (%)		± 3%	± 3%	± 3%	± 3%
Maximum Power Voltage (V)	Vmpp	17.5	17.5	17.5	17.5
Maximum Power Current (A)	Impp	1.72	2.29	2.57	2.86
Open Circuit Voltage (V)	Voc	21.6	21.6	21.6	21.6
Short Circuit Current (A)	Isc	1.93	2.59	2.9	3.23
Module Efficiency (%)		16.50%	16.50%	16.50%	16.50%
Module Dimension (mm)		380x670x30	480x670x30	525x670x30	580x670x30
Weight		3.36	4.09	4.42	4.82

Product specification		ZT 55P	ZT 60P	ZT 70P	ZT 75P
Maximum power (W)	Pmax	55	60	70	75
Power Output Tolerance (%)		± 3%	± 3%	± 3%	± 3%
Maximum Power Voltage (V)	Vmpp	17.5	17.5	17.5	17.5
Maximum Power Current (A)	Impp	3.143	3.43	4	4.29
Open Circuit Voltage (V)	Voc	21.6	21.6	21.6	21.6
Short Circuit Current (A)	Isc	3.55	3.87	4.52	4.84
Module Efficiency (%)		16.50%	16.50%	16.50%	16.50%
Module Dimension (mm)		630x670x30	675x670x30	775x670x35	820x670x35
Weight		5.19	5.52		

Product specification		ZT 80P	ZT 85P	ZT 90P	ZT 110P
Maximum power (W)	Pmax	80	85	90	110
Power Output Tolerance (%)		± 3%	± 3%	± 3%	± 3%
Maximum Power Voltage (V)	Vmpp	17.5	17.5	17.5	17.5
Maximum Power Current (A)	Impp	4.58	4.86	5.143	6.29
Open Circuit Voltage (V)	Voc	21.6	21.6	21.6	21.6
Short Circuit Current (A)	Isc	5.17	5.49	5.81	7.10
Module Efficiency (%)		16.50%	16.50%	16.50%	16.50%
Module Dimension (mm)		875x670x35	920x670x35	975x670x35	1170x670x35
Weight		7.02 kg	7.35 kg	7.76 kg	9.18 kg

* At Standard Conditions (STC) Irradiance 1000 watt/m², spectrum AM 1,5 at a cell temperature of 25°C

ZYTECH SOLAR S.L.

P. Industrial Centrovía- C/R. Janeiro, 12
50198 La Muela (Zaragoza) SPAIN
Tel: +34 976 141819 / Fax: +34 976+141818
info@zytech.es
www.zytechsolar.es

Zytech Solar reserves the right to change specifications without notice

MULTÍMETRO

GB Digital-Multimeter M 3860-M

Order No.: 12 39 00

The proper operation of the measuring unit includes:

- measurement of DC voltage up to 1000 VDC max.
- measurement of AC voltage up to 750 VAC.
- measurement of DC and AC current to 20 A (fused)
- measurement of resistance to 40 MΩ max.
- measurement of capacitance of 400 μF
- continuity check, diode and transistor test, logic test
- measurement of frequency to 40 MHz max.
- measurement of temperatures from -40 °C to +1200°C max.
- CMOS-signal output to 10.24 KHz in 10 steps
- it is not allowed to operate the unit in wet or damp environment!
- any other usage as described above is forbidden

Attention!

Read before Operation!

Read this manual carefully and completely. In the case of damage caused by non-observance of the instruction, the claims under guarantee lapse. No legal liability can be accepted for any damage from the multimeter being used for the wrong purpose or operated improperly. We cannot take any liability for consequential damage.

Contents

	Page
1. Introduction	3
2. Safety Rules	3
3. Description of the Control Elements	6
4. Usage of the Multimeter	9
5. Measurement	20
6. Maintenance and Calibration	38
7. Technical Data and Accuracy	39

1. Introduction

This Multimeter is equipped with several special features and useful functions which are indispensable for electrical and electronic measurement: back-light, illuminates display in poor lighting conditions during measurement, or the quadro-display, a multiple display with four simultaneous reading outputs e.g. during "POWER" measurement display of real power input, current input of the consumer, AC voltage and power factor (Cos Phi).

AUTO RANGE always selects the correct measuring range, to achieve best accuracy. The function REL allows the operator to measure value with respect to a preset reference value, in the secondary displays the Offset is shown, the deviation in ± % and the preset reference value and the main display shows the present measuring value. With the function CMP, comparative measurement can be made, the upper and the lower limit can be defined. With the function MEM (for Memory = store) and RCL (for Recall), 10 measurements can be stored in memory and recalled. AUTO-POWER-CUT-OFF extends the life of the battery by turning off the meter (Stand-by) if neither the rotary function switch nor a button is operated for 12 minutes.

The DMM can be used for hobby, industry (with restrictions) and school. etc.

2. Safety Rules

- The multimeter M-3860M is EMC-tested and corresponds to the following EG-standard: 89/336/EWG
- This unit is constructed and checked according to DIN 57 411 Part 1/VDE 0411 Part 1, Safety Requirement for Electronic Measuring Units. This unit left the factory in safe and perfect condition. To maintain the unit in this condition and to guarantee a safe operation, the user must observe the safety rules and warnings which are contained in this manual, by all means.
- This multimeter may only be used in fuse lines which are protected with 16 A. The voltage existing/appearing must not exceed 250 VDC/VAC and the maximum load must not exceed 4000 VA. It is not allowed to use the unit for installations in the overload range III according

to IEC 664. The unit and the measuring cables are not protected against arcing (IEC 1010-2-031, section 13.101).

- Keep children away from measuring units!
- Pay attention to the rules for prevention of accidents in industrial enterprises prescribed by the Industrial Trade Associations for Electrical Installations and Production Facilities.
- When using the unit in schools and hobby-workshops the usage and the measurement has to be controlled by the responsible teachers or skilled personell.
- If covers are opened or parts are removed, except it is possible without tools, voltage-carrying components may be accessable. Terminals can also carry voltage. If it is necessary to open the unit before adjustment, maintenance, repairing or exchange of parts or modules, the measuring unit has to be separated from all voltage sources and measuring circuits. Repairs or maintenance to the measuring unit must only be carried out by qualified service personell or qualified electricians who know the dangers and the respective rules (VDE 0100, VDE-0701, VDE-0683).
- Capacitors in the unit can still carry voltage, even if the unit has been separated from all voltage sources.
- Please make sure to use new fuses of the proper rating. Do not use repaired fuses and do not bridge the fuse holders.
To replace the fuse separate the measuring unit from the measuring circuit, remove any input signal and switch it off. Remove all connected cables and probe tips. Use a suitable crosspoint screw driver carefully open the case. Remove the defective fuse(s) and replace it with a new one of the same type and nominal current 0.8 A quick blow, 250 V; usual name: F 0.8 A/250 V or F 800 mA/250V. For the amperage range 20 A ultra rapid, 250 V; usual name: FF 20 A/250 V (BUSS ABC20). After the fuse has been exchanged close the cabinet. Do not operate the unit before it has been closed and screwed safely.
- Use special caution when working with voltage above 25 V (AC) and above 35 V (DC).

Such voltage might cause a life-dangerous electrical shock when electrical conductors are touched.

First switch off voltage source, connect the measuring unit with the terminals of the voltage source to be measured, set the measuring unit to the necessary voltage range and afterwards switch on voltage source.

After measurement has been finished, switch off the voltage source and remove the measuring cables from the terminals of the voltage source.

- Make sure before each voltage measurement the unit is not set to the amperage range.
- Before changing the measuring range remove the probe tips from the object to be measured.
- Control before each measurement the measuring unit and your test leads to make sure they are not damaged.
- Do not use this measuring unit in environments or rooms with adverse environmental conditions where flammable gases, steams or dusts exist or may exist. For your own safety avoid under all circumstances that the measuring unit or the test leads become damp or wet.

Avoid the usage near

- a) strong magnetic fields (loudspeakers, magnets)
 - b) electromagnetic fields (transformers, motors, coils, relays, contactors, electromagnets etc.)
 - c) electrostatic fields (charge/discharge).
 - d) transmission antennas or hf-generators
- For measurement use only those test leads which are supplied with the measuring unit. Only these are admissible.
 - To avoid an electrical shock, don't touch directly or indirectly the test probes and the test points during measurement.
 - To avoid serious electrical shock and/or instrument damage do not apply more than 500 VDC/VACrms between any terminal of the measuring unit and the earth ground.

- If there are doubts whether a safe usage is still possible the unit has to be put out of operation and be secured against unintentional use.

It must be assumed that a safe usage is not possible if

- the unit shows visible damage
 - the unit does not work and
 - longterm storage under unfavourable conditions
 - or
 - transport strain took place
- Don't switch on the measuring unit immediately after bringing it in from a cold to warm room. Condensed water might impair or destroy your unit. Give the unit time to warm up to room temperature without switching it on.

3. Description of the Operation Elements



Picture see folding page

1. **Power ON/OFF**
2. **Push Button for Function**
With this key you can set the different sub-function as, MIN/MAX, REL, CMP etc.
3. **Set/Reset Button "SET/R"**
With this key the unit is reset, the selected function mode is exited. In certain function modes the Reset function does not work!
4. **DC OHM \rightarrow /AC Push Button**
Press this button to toggle between DC and AC when function switch is set to voltage or current, or when function switch is set to resistance to change between resistance measurement to (acoustic) continuity check.
5. **UP Button**
The key is needed in the manual range mode to select the next higher range.

6. **DOWN Button**
This key is needed in the manual range mode to select the next lower range.
 7. **Display Back Light**
Press button short and several small LEDs illuminate the display-background, it is sufficient to read display even in poor lighting conditions.
 8. **Transistor Socket**
This socket is for testing the hfe-parameter of different semiconductors (except power transistors and FETs, triacs and thyristors).
 9. **Capacitance and Temperature & Signal Output, Input Socket**
This socket is for testing discharged! capacitors or temperatures.
 10. **Rotary Function Switch to select the different modes (voltage and current measurement, etc.)**
 11. **20-A Input Socket**
This input socket is designed for measuring DC and AC current to max. 20 A and is fused with 20 A.
 12. **mA-input**
This socket is for measuring DC and AC current to 400 mA max.
 13. **COM-Input Socket (COM or Minus Terminal)**
 14. **V-Ohm-(+) Input Socket (Plus Terminal)**
 15. **Liquid Crystal Display (LCD) (3 ³/₄ digit, max. display value 4000)**
 16. **Analogous Bargraph**
 17. **Bargraph-Segments**
- Figure see folding page
18. **Overload "OL"-Indication**
"OL" is displayed and an acoustic signal is emitted when the range is exceeded = overflow (no acoustic signal during resistance measurement, diode test or temperature measurement).

Attention!

Observe the max. input limits.


19. **Data Hold D-H**
Data Hold means the meter will "freeze" a display reading.
20. **REL = Relative = Reference Value**
21. **CMP = Comparison = Compare a Reading**
22. **R-H = Range Hold**
= Holding the current preset measuring range e.g. 40 KOhm
23. **A-H = Auto Hold**
= Min-, Max- and AVG-holding with simultaneous display
24. **MEM = Memory**
= to memorize the value
25. **RCL= Recall**
= to get back the memorized reading on the display.
26. **Reference No. (0 to 9)**
27.  = Diode Test
28. **AC = Symbol for AC current or voltage**
29.  = Symbol for Acoustic Continuity Check
30. **" - " = Minus Sign or Symbol for Negative Polarity**
31. **FREQ = Frequency**
This symbol is displayed in the Frequency Count Mode
32. **TEMP = Temperature**
This symbol is displayed during temperature measurement.

33. **CAP = Capacitance**
CAP is for Capacitance => Measurement of capacitors

34. **hFE**
This symbol indicates the transistor test.

35. **LOGI = Logic Test**
This symbol indicates the Logic Test Function

36. **1. 2. and 3. Sub-Display**
These three small sub-displays with 3 ³/₄ digits are activated during the different function modes.

37.  = **Low Battery**
When this symbol is displayed, it is time to change the battery

38. **Different Units of the Display Values**

4. Usage of the Multimeter

4.1 Inserting the Battery - Battery Exchange

To guarantee precise measurement, insert a standard 9 V battery. If the battery symbol appears in the display, it is time to change the battery. Proceed as follows:

- Disconnect your measuring unit from the measuring circuit, disconnect the test-leads from the measuring unit and turn off the power. Remove with a crosspoint screw driver the fastening screw to open the battery compartment. Now lift the cover carefully (use a small screw driver). Separate the old battery from the battery snap and fasten a new one of the same type. Do not forget to use the provided battery insulation capsule.

After the battery has been changed reinsert the battery into the battery case and close it carefully, secure it with the screw.

Attention!

Never use the measuring unit before the cover has been closed completely, to avoid an electrical shock!

Never leave empty batteries in the measuring unit, as even corrosion-free batteries might leak and chemicals could be released, which are detrimental to your health and disturb the battery compartment. Please remember batteries - due to their heavy metal content - are no ordinary refuse. They must be disposed of in special containers or in a safe manner that complies with all applicable laws.

4.2 Connection of the Measuring Cables

For measurement use only the type of test-leads which are supplied with your measuring unit. Only these are admissible. Ensure the connection plugs and test probes are in good condition before usage, pay attention that the insulation is undamaged.

These test-leads are rated for max. 1200 V. The maximum rating of the multimeter M-3860M is 1000 VDC max or 750 VACrms. Use special caution when working with voltage above 25 V AC and above 35 V DC.

Attention!

To avoid the risk of electrical shock, instrument damage and/or equipment damage, input limits must not be exceeded.

4.3 Using the Stand

Your meter has a stand on the rear side for bench use which can be opened away from the meter. You can prop the unit for improvement of reading.

4.4 Operation

4.4.1 Basic Settings

Hint!

The numbers which are put in brackets in the following text refer to "Description of the Operation Elements", point 3.

Press the button "ON" (1). Turn the rotary function switch to the desired position. Now the meter is ready for "normal" operation without additional function. Even without additional functions "small" displays (sub-displays) support measurement.

To select an additional function press the key FUNCTION (2). Press it again to scroll through the different sub-functions.

To exit the menu press SET/R-key twice: press SET/R-key once to enter, press button twice to exit/reset (depending on the preset sub-function).

4.4.2 Terminal and Switch Imprint

- a) Press the ON/OFF-key (1) to turn the unit on and off: Press the key once to turn the power on, press it again to turn the DMM off. AUTO-POWER-CUT-OFF extends the life of the battery: if neither the rotary function switch nor a button is operated for 12 minutes the DMM is automatically turned off. During "communication" of the multimeter with a PC, i.e. exchange of data, AUTO-POWER-OFF is disabled.
- b) FUNC
Press this button to select the function modes. The following symbols appear in the display when you scroll in the function modes:
D-H -> R-H -> A-H -> REL -> MEM -> RCL -> CMP
- c) SET/R
Press this button once to activate or to enter the selected function mode.
 - Press in the function mode the button D-H again to exit (wait for beeper sound).

- In the function mode R-H simply press button again to exit.
- In the function mode A-H (MIN-MAX and AVG) the R-H symbol (for manual range setting) and the A-H symbol is displayed. After the first push of the SET/R key the A-H symbol is set and will stop blinking. The R-H-symbol continues flashing to be able to set the manual measuring range with buttons UP and DOWN. If the SET/R-key is pressed again, the R-H symbol is fixed. You can commence measurement. Another (third) push of the SET/R key discards the function and the previous normal mode is restored.
- In the function modes REL, MEM, RCL and CMP, push SET/R button several times to return to normal mode.

Another possibility to exit from these modes is either to press the button FUNC, DC/AC or ON/OFF once or to move the rotary function switch to an adjacent position (observe all safety rules!).

d) DC Ohm/AC (🔊)

Press this button to toggle between DC and AC when the rotary function switch is set to resistance measurement, continuity check, to voltage or current or to switch from resistance measurement to acoustic continuity check.

e) UP/DOWN

Press UP or Down button to determine the reference value in the function modes REL or CMP or to address the stored value in the modes MEM or RCL (reference numbers). In the function mode R-H (= Range Hold) you can set manually the measuring range with these buttons.

f) Back Light

To switch on/off the back light (the back light is LED operated to save energy) push the yellow button. After 15 s the back light will automatically extinguish.

4.4.3 Terminal and Switch Imprint

a) Transistor Socket hfe

The eight pole transistor terminal is lettered symmetrically with (E) Emitter, (B) Base, (C) Collector. Insert the transistor pins into the tran-

sistor socket as in the drawing according to transistor type, remove voltage before measurement.

b) Capacity- and Temperature Measuring Socket (poles "+" and "-")

In this socket discharged capacitors can be checked, observe correct polarity. Make sure the connector pins are long enough to avoid unreliable measurement.

For temperature measurement plug in type "K" temp probes (NiCrNi), observe the correct polarity.

Plug in adapter for function „SIG OUT“.

Attention!

The outer contacts are only for capacitance measurement, the inner contacts are only! for temperature measurement & signal output checking. Never confuse the sockets to avoid damage of the meter.

c) Rotary Function Switch = Measuring Function Switch (10)

Attention!

Never turn the rotary function switch during measurement, as there is the risk of instrument damage and danger to life.



The different basic measuring ranges are selectable by turning the switch (clockwise).

SIG OUT = CMOS signal output - no function mode possible

mV = millivolt AC/DC (milli = 10 exp. -3) no manual range selection

V = Volt AC/DC - Auto-Range and manual range selection (R-H) is possible

FREQ = frequency measurement - Auto Range and manual range selection (R-H) is possible

- LOGIC = Logic Test - no function mode possible
- /Ohm = acoustic continuity test - no Auto-Range during continuity test, in the resistance measuring range Auto-Range and manual range selection (R-H) is possible
-  = diode test - no R-H possible
- CAP = capacitance measurement, A-R and R-H is possible
- hFE = transistor test - no R-H possible
- TEMP = temperature measurement in °C - no R-H possible
- 4 mA = DC and AC current measurement to max. 4 mA - A-R and R-H possible
- 400 mA = DC and AC current measurement to max. 400 mA - A-R and R-H possible
- 20 A = DC and AC current measurement to max. 20 A - A-R and R-H possible
- POWER = power measurement in [W] = Watt = unit for real power

d) 20-A-Input Socket

For DC- and AC-current measurements to max. 20 A. Insert the Red test-lead into the input socket.

Attention !

During current measurement the rotary function switch must not be set to voltage measurement (mV or V or other positions than 4 mA, 400 mA, 20 A).

e) mA-Measuring Socket

For measurements to 400 mA max.!, connect the Red test-lead, pay attention that the rotary function switch is set to position "4 mA" or "400 mA".

f) COM = Common Input Terminal

For all measurements, except capacity, temperature and transistor measurement, the Black test-lead must be connected. (common-terminal means minus or "-" or earthing jack)

g) V/Ohm-Socket

For measurement of voltage, frequency, resistance, continuity, diodes and logic tests plug in the Red test-lead in this terminal.

h) For power measurement insert in all sockets the measuring adapter.

4.4.4 Display Explanation and Symbols

a) Digital Display

Digital readings are displayed the main- and the sub-displays (small displays) on a 4000-count basis ("3999") with automatic polarity indication (-) (for negative voltage or reversed polarity). There are three decimal point positions.

b) Analogous Bargraph

The bargraph consists of 43 segments and is faster than the digital display. It functions as the needle of an analogous measuring instrument, but without its mechanical disadvantages. It is especially for quick changing measuring signals, for which the digital display is too "slow". So you can quickly see tendencies in the measuring values.

If the measuring range is exceeded "OL" for Overload is displayed the bargraph is flashing and a warning sound is emitted (no acoustic signal during measurement of resistance, diode, temperature - "OL" without thermo-element).

c) Data-Hold "D-H"

In this mode you can freeze a reading in the second ("small") display by pressing the SET/R button.

d) Range Hold "R-H"

In this function you can switch off the automatic range selection (Auto Range) and set the measuring range manually. Each time the UP or DOWN button is pressed the decimal point is moved one position to the left or to the right, the units of measure are changed respectively (e.g. from kHz to MHz during frequency measurement). To

return from this function mode, press Set/Reset key twice (RESET) and you will return to Auto Range.

e) Auto Hold A-H

In this function the meter will automatically record the minimum and the maximum display reading, MIN and MAX values. These values are currently updated = refreshed. The MIN-value is shown on the left sub-display, the MAX-value on the right sub-display. On the middle sub-display the average value = AVG is shown. This value is currently "refreshed". Press FUNC key until A-H flashes in this function mode. Press once SET/R button. The symbol A-H is fixed, now the R-H (Range Hold) symbol flashes. Now push the UP and DOWN key to select the range for MIN, MAX and AVG measurement (e.g. for car voltage control the 40 V-DC range = decimal point in the middle). If you fixed the range, press SET/R once again, the R-H symbol stops flashing. Both symbols are visible in the top line of the display. You can start measurement.

To exit this function mode press SET/R again or press FUNC or turn the rotary function switch (observe the safety rules!), afterwards return to normal settings.

f) REL (= Relative)

The relative mode enables the operator to compare the reference value with a subsequent reading.

Proceed as follows:

- Set the function key at REL mode and press once the button SET/R
- Store the polarity by pressing the UP and DOWN keys, afterwards press SET/R button.
- Press UP and DOWN buttons again to set the reference value you desire and the decimal point (measuring range = R-H = Range-Hold). Press UP / Down buttons and SET/R by turns to move to the next digit.
- For final setting of the reference value press SET/R button once.

The meter will now display the difference between the stored reference value and the subsequent readings on the sub-displays, while the present (true) measurement is on the main-display. The left sub-

display will show the difference in %, the middle sub-display will show the offset and the right sub-display the preset reference.

g) MEM (= Memory)

Up to 10 measurements (reference number 0 to 9) can be stored and recalled.

Proceed as follows:

1. Push function button until MEM flashes in the display, afterwards press the key SET/R once. MEM is fixed and the reference number flashes. Make your measurements and push the SET/R key once to store the present measurement value in the first free memory location = reference no. 0.
2. Press UP/DOWN button to go to the next free memory location (reference no. between 0 and 9). Make again your measurement and push the key SET/R once. The selected memory now is addressed. If a memory no. which has been used before is selected the previous value is updated and stored with the new measurement value. The memorized value appears on the middle sub-display. To exit this function mode turn the function switch (observe the safety rules!) or press the buttons FUNC or SET/R.

Hint!

If you exit the function mode because you pushed the SET/R button too often, this function mode is left but the memory is not erased and can be "recalled" with the following function mode.

h) RCL (= Recall)

This function enables you to get the memorized reading back on the LCD.

Follow these steps:

Push FUNC key until RCL flashes. Push SET/R once. RCL is fixed but the reference number flashes. Press UP or DOWN buttons to address the desired number where the measurement has been memorized. Press SET/R button to get the memorized value back on the display. The recalled value (ref. no. 0) will appear on the left sub-display, 2nd

recalled value (ref. no. 1) on the middle sub-display and 3rd recalled value (ref. no. 2) on the right sub-display.

i) CMP (= Comparison)

This function mode enables you to make the High/Low comparison of subsequent readings, by comparing a reading with both the stored high reference value and the stored low reference value.

On the sub-display "Lo" appears for reading less than the low reference value, "Hi" is displayed for reading more than the highest reference value and "Pass" for a middle value between the low and the high reference value.


To activate this function mode, push "Func" until the symbol "CMP" appears on the top of the display and "LOW" flashes over the left sub-display. Now push again SET/R button and then "UP" and "DOWN" to set the minimum reference value with polarity. Press after each change SET/R button again, to enter the setting and to go to the next digit. As soon as the minimum reference (MIN) value has been fixed, "HIGH" flashes over the right sub-display. Set this high reference value respectively (with polarity and four digit value). After the reference values have been defined press SET/R key again. Now "R-H" for Range Hold flashes in the top line of the display. Set with the UP and DOWN buttons the measuring range (e.g. voltage control in a circuit under worst-case conditions). After the measuring range has been entered (as far as a manual selection is possible) Comparison = CMP is activated.

To exit CMP mode turn the rotary function switch (observe the safety rules!) to an adjacent range or press "FUNC". Reset with the SET/R button is also possible, even during measurement.

4.4.5 Display Annunciators and Symbols for the Modes

a) Diode Test 

The value displayed is the forward voltage at approx. 1 mA test current. Range of 0 - 2.0 V.

b) Continuity Check 

Enables you to check continuity of wiring, connections or fuses. Either

acoustic or visual test (display of measurement) is possible. An acoustic signal is emitted at resistors below 40 Ohm.

c) Negative Polarity

Shows if test-leads are confused or indicates negative input with a "-" before the measurement.

d) FREQ Frequency Measurement

You can measure frequency up to 40 MHz.

e) TEMP Temperature Measurement

You can measure temperatures from -40°C to +1200°C with a thermoelement (NiCrNi).

f) CAP Capacitance Measurement


The capacitance range lets you measure discharged capacitors of 4 nF to 400 µF.

g) HFE Transistor Test

Enables you to measure the hFE value.

h) LOGIC Logic test

This function enables you to check and to display all usual logic levels.

i)  Low Battery

A 9-Volt alkaline battery in this meter has an average life of approx. 20 to 30 hours. Low battery indication appears approx. 8 hours before battery is "dead".

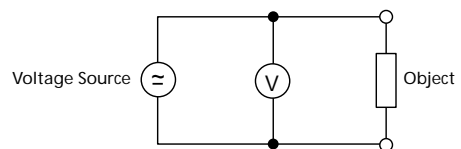
j) The following symbols indicate the units of the value displays:

- AC = AC current or voltage
- DC = DC current or voltage
- mV = Millivolt (exp.-3)
- V = Volts
- mA = Milliampere (exp.-3)
- A = Ampere
- W = Watt
- kWh = Kilowatt hours
- Hz = Hertz
- KHz = Kiloherzt (exp.3)
- MHz = Megahertz (exp.6)

C = Centigrade Degree
 F = Fahrenheit Degree
 μ F = Microfarad (exp.-6)
 nF = Nanofarad (exp.-9)
 KOhm = Kiloohm (exp.3)
 MOhm = Megaohm (exp.6)
 dB = Decibels

Each of the five voltage ranges presents an input impedance of 10 MOhm (in parallel with < 100 pF). AC-voltage input is AC-coupled.

As soon as " - " is set before the display value during DC voltage measurement, the voltage is negative (or the test leads are confused).



5. Measurement

5.1 Voltage Measurement

Attention!

Never exceed the maximum input limits. of max. 1000 VDC or 750 VACrms.

Do not touch circuits or parts of circuits, if you measure voltage more than 25 VACrms or 35 VDC.

To measure DC or AC voltage proceed as follows

1. Set the rotary function switch to the desired position (mV or V)
2. Press DC Ohm/AC (\approx) key, depending if you want to measure DC or AC voltage. As soon as "AC" appears in the display, you are in the AC voltage range.
3. Connect the test-lead tips with the object to be measured (load, circuit etc).

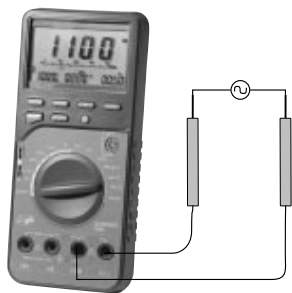
Hint!

During AC voltage measurement the right sub-display will show the dB-value of the AC voltage, the middle sub-display the frequency and the main display the present measuring value.

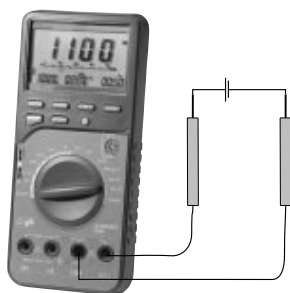
Due to the sensitive nature of the input terminal your meter might display any small values (not connected with the object). This residual value will not affect the actual measurements. But Auto-Power-Off is not active when the "phantom-measurements" are displayed (for AC voltage „mV" and „V").

During DC voltage measurement the three sub-displays below the main display are active.

In the left sub-display the measuring value appears 1 second later, in the middle sub-display the measuring value appears 2 seconds later and in the right sub-display the measuring value appears 3 seconds later. This means the left sub-display shows the measurement value which was 1 second earlier on the main display, the middle sub-display shows the reading which was 2 seconds earlier in the main display and the right sub-display shows the value which was 3 seconds earlier on the main-display.



AC Voltage Measurement



DC Voltage Measurement

5.2 Current Measurement

Follow these steps to measure DC or AC current:

1. Select with the rotary function switch the desired ampere position (4 mA or 400 mA or 20 A).
2. Press DC Ohm/AC ($\text{V}\Omega$) button, depending if you want to measure DC or AC current. As soon as "AC" appears in the display, you are in the AC current range.
3. "Break" the circuit to be measured and connect the test-leads in series with the circuit or load. (See following drawing).
4. Switch on voltage at the object to be measured (circuit, load etc.) and look at the display reading.

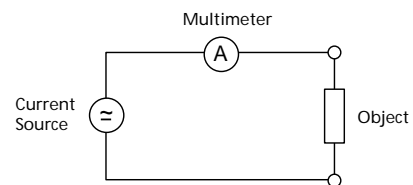
As soon as " - " appears before the value, the voltage is negative (or the test leads are confused).

Attention!

Never measure currents in circuits in which voltages over 250 VDC/ VACrms could exist, this is life dangerous! Besides the fuses are only

designed for 250 V max.

Never measure currents exceeding 20 A. Only measure in circuits which are fused with 16 A or in which powers exceeding 4000 VA could not exist. Current measurements of 20 A may not last longer than 30 seconds and may only be executed in intervals of 15 minutes.



Hint!

During AC current measurement the middle sub-display will show the frequency of the AC voltage and the main display the present measurement.

During DC current measurement the three sub-displays below the main-display are active. In the left sub-display the present reading is taken 1 second later, the middle display the reading is taken 2 seconds later and in the right display the reading appears 3 seconds later. This means the left sub-display shows the measurement value which was 1 second earlier on the main display, the middle sub-display shows the reading which was 2 seconds earlier in the main display and the right sub-display shows the value which was 3 seconds earlier in the main-display.

5.3 Continuity Test

With this function you can test dead leads, fuses, circuits.

Proceed as follows

Set the rotary function switch to $\text{V}\Omega$ /Ohm and press DC Ohm/AC button $\text{V}\Omega$, until the symbol " $\text{V}\Omega$ " is displayed. Afterwards connect the test-lead tips

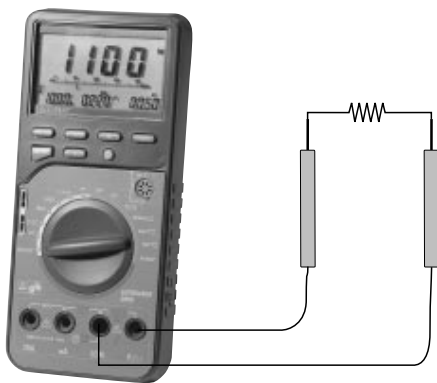
to the object to be measured. If the line resistance is less than 40 Ohm a test buzzer sound is emitted.

Attention!

Never measure capacitors which carry voltage, as a possible discharge could destroy your measuring unit.

Hint!

During continuity check the three sub-displays below the main-display are active. In the left sub-display the present reading is taken 1 second later, the middle display the reading is taken 2 seconds later and in the right display the reading appears 3 seconds later. This means the left sub-display shows the measurement value which was 1 second earlier on the main display, the middle sub-display shows the reading which was 2 seconds earlier in the main display and the right sub-display shows the value which was 3 seconds earlier in the main-display.



5.4 Resistance Measurement

Attention!

Make sure all objects, circuits and components under test are without voltage!

Set the rotary function switch to resistance measurement (Ω / Ohm). If the annunciator for continuity test "MΩ" is displayed, press DC Ohm/ AC (Ω) button until the symbol disappears.

Now connect the test-lead to the device you want to measure. Make sure all power is removed. Auto Range always selects the appropriate range, to avoid reading mistakes.

Normally the resistance of the test-leads can be disregarded (approx. 0.1 to 0.2 Ohm). But even this small value can cause inaccuracy in the 400 Ohm range. To determine the error before measurement short the test-lead tips together and read the resistance value in the display, this value must be deducted from the display reading.

During resistance test, make sure that the contact between probes and circuit is good. Make sure the test points are free of dirt, oil or solder flux or similar, etc. This might seriously influence the measuring result.

If resistance over 4 MOhm is measured, the display might need a few seconds to stabilize.

If the measured resistance value exceeds the range "OL" appears in the display or the line is interrupted/high-ohmic (> 40 MOhm)

Hint!

During resistance measurement the three sub-displays below the main-display are active. In the left sub-display the present reading is taken 1 second later, the middle display the reading is taken 2 seconds later and in the right display the reading appears 3 seconds later.

This means the left sub-display shows the measurement value which was

1 second earlier on the main display, the middle sub-display shows the reading which was 2 seconds earlier in the main display and the right sub-display shows the value which was 3 seconds earlier on the main-display.

5.5 Diode Test

Set the measuring function switch (10) to "→+ ". The annunciator for diodes is displayed. Manual range selection is not possible.

Now connect the test-lead tips with the object under measurement an off-circuit semiconductor line, the RED probe-tip to the anode, the BLACK test-lead tip to the cathode (as a rule it is marked with a coloured ring, point etc.)

If you check a diode's forward voltage, you will measure voltage of approx. 0.25 V (Germanium) or 0.7 V (Silicium), if the diode is not defective.

If you reverse the probe-tips, this means Red to the cathode and Black to the anode, you check the so called reverse direction.

If "OL" is displayed the diode is open or above 2.0 V forward voltage. However, if a value between 0 V and approx. 2.0 V is displayed, it shows a forward drop voltage.

The test voltage of the diode test is enough to "illuminate" most (low current) LEDs. If the LED has an operating voltage of more than 2.0 V, the DMM displays falsely that the LED is defective.

Attention!

During diode test, observe that the diode or the circuit in which it is built in, must be without voltage. All existing capacities must be discharged.

Hint!

During diode test the middle sub-display is active:

- if the diode is o.k. the display will show "Good"
- if the diode is defective (short circuit) or low-ohmic "shrt" (for short) is displayed
- If the diode is defective in the sense of high-ohmic or the test leads are confused (red to the cathode and black to the anode) "OPEn" for (open circuit) is displayed

5.6 Frequency Measurement

Attention!

Observe the max. input limits. Never connect voltages over 750 VDC/ VACrms (rms = eff).

It is life dangerous to touch the terminals or probe tips when measuring voltages over 25 VAC or 35 VDC.

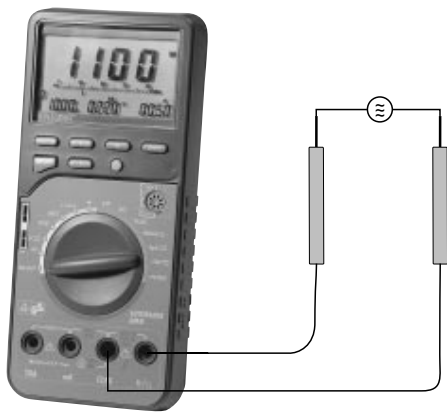
Disconnect the test-leads from the contact points when measuring voltage (over 25 VAC or 35 VDC) before changing the meter function and range. The sensitive electronic of the measuring unit might be destroyed and you expose yourself to severe shock hazard.

Follow these steps to measure frequency:

1. Set the rotary function switch (10) to "FREQ"
2. Plug in the test-leads into the COM-socket (black = "-") and the V/Ohm-socket (red = "+").
3. Connect the test-lead tips with the frequency source (generator, etc.).

Hint!

For most accurate measurements, we strongly recommend to use a BNC-cable (Conrad Electronic offers adapter).



Hint!

During frequency measurement the right sub-display shows dB-value of AC voltage, the middle sub- display the AC voltage "V" and in the main display the present input value (frequency).

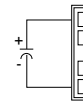
5.7 Capacitance Measurement

Attention!

When shorting capacitors (discharge), high-energy discharge may take place. Caution life danger! Do not touch the terminals if there are capacitors with voltages over 35 VDC or 25 VAC. Use special caution in environments or rooms with adverse environmental conditions where flammable gases, steams or dusts exist or may exist ==> explosion hazard!

Follow these steps to measure capacitance:

1. Discharge each capacitor before testing. Never attempt to measure the capacitance of a charged capacitor, you might damage your multimeter.
2. Set the rotary function switch (10) to "CAP"
3. Measurements are only possible with the connector in the unit. For polarized capacitors (unipolar) be sure to observe the correct polarity ("+" and "-").



Hint!

Give the unit time of about 2-3 seconds to stabilize.

During capacitance measurement the three sub-displays below the main-display are active.

In the left sub-display the present reading is taken 1 second later, the middle display the reading is taken 2 seconds later and in the right display the reading appears 3 seconds later. This means the left sub-display shows the measurement value which was 1 second earlier on the main display, the middle sub-display shows the reading which was 2 seconds earlier in the main display and the right sub-display shows the value which was 3 seconds earlier in the main-display.

5.8 Transistor Test

Attention!

The transistor jack is not protected against overload. You will void warranty and you can damage the meter if you build and use your own external transistor socket and connect it with the measuring unit.

To measure the hFE-parameter (of amplification) of a transistor follow these steps:

1. Set the rotary function switch to hFE position.
2. Insert the transistor you want to measure into the appropriate transistor socket.
Pay attention to the following points:
 - observe the sequence of connection of the transistor (you will find it in the transistor comparative table).
 - Some Darlington or special (power) transistors contain internal base-to-emitter resistance that could cause undependable measuring results.
 - The hFE-measuring value is no absolute measurement. It only indicates if the transistor is operating or not. The true amplification of a transistor depends on its operating current. This multimeter supplies a base current up to 10 μA ; the collector current is measured to calculate the respective hFE-value.
 - It is not possible to measure transistors which are connected in a circuit.
 - It is not possible to measure the hFE-value of FETs or other unipolar transistors.
 - If a low power transistor (e.g. BD 242 etc.) has too large terminals for the test socket, do not force it into the test socket, as it could be damaged.
 - The hFE-measurement is affected by temperature differences. As soon as you touch the transistor when you plug it in the socket and warm it with your fingers the measuring result could be influenced. If the hFE reading is not stable, take the transistor out and let it come to room temperature.

Hint!

During hfe-parameter measurement of small power transistors the three sub-displays below the main-display are active. In the left sub-dis-

play the present reading is taken 1 second later, the middle display the reading is taken 2 seconds later and in the right display the reading appears 3 seconds later. This means the left sub-display shows the measurement value which was 1 second earlier on the main display, the middle sub-display shows the reading which was 2 seconds earlier in the main display and the right sub-display shows the value which was 3 seconds earlier in the main-display.

5.9 Temperature Measurement

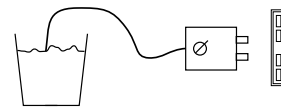
Temperature is displayed on the main and the sub-display. The main display will show the temperature in Centigrade, while the middle sub-display will show the temperature in Fahrenheit. The temperature range is from -40°C to $+1200^{\circ}\text{C}$. Temperature measurement is exclusively executed with K-type temp probes.

For temperature measurement proceed as follows:

1. Select "TEMP" with the rotary function switch.
2. Plug in the temp probe into TEMP/CAP socket, observe the correct polarity (narrow and wide tongue). (Use both sockets before and after the separation bar in the middle).

Attention!

Do not connect voltages. The unit can be destroyed.



5.10 Usage of the Analogous Bargraph

The bargraph is easy to use and to understand. It is comparable with the needle of an analogous measuring instrument, but without its mechanical disadvantages. It is especially for quick changing measuring signals, for which the digital display is too "slow". So you can quickly recognize see tendencies in the measuring values. If the range is exceeded the complete bargraph scale with an arrow on the right flashes in the display. Some functions are accompanied by an acoustic signal (mV-measurement).

5.11 Logic Test

This measuring function lets you easily check logic levels in digital circuits.

1. Switch on your measuring unit.
2. Set the rotary switch (10) to "LOGIC". This function displays "rdy" (=ready).
3. Connect the test-leads with the COM-input socket (black lead) and the V-Ohm socket (red lead).
4. Now connect the other end of the black test-lead to the "ground" point of the digital circuit = "-" (normally) and the red test-probe to the supplying voltage point (V+ or Vcc).
5. If all leads are connected, press once Set/Reset-button to save the "High"-Level.
6. While keeping the black test-lead connected to the ground, "separate" the red test-probe from the supplying voltage point (V+). Now move the red test-probes to the points in question. The multimeter will immediately display one of the three modes
 - if the level exceeds 70 % of the stored supply voltage "Hi" is displayed.
 - if the level falls below 30 % of the stored supply voltage, "Lo" is displayed.
 - if the level is between stored reference value = 31 % and 69 % of the stored supply voltage (e.g. 5 V), "—" is displayed.

In the mode "LOGIC" it is not possible to select function modes with "FUNC" button!

Attention!

The voltage input of logic test is limited to max. 39.99 V. Never exceed the maximum input limits.

Hint!

During logic-level measurement, the right sub-display will show the present DC voltage value and the middle sub-display displays the frequency.

5.12 Power Measurement

To check the power input of a consumer e.g. TV-set, stereo-set in stand-by mode or iron or bulb etc. a power meter adapter is needed. It consists of a plug/socket on one side and the multi-plug for the meter connection on the other end.

First connect the multi-plug with the multimeter. Afterwards connect the load/consumer which has been switched off with the earthing-contact socket of the adapter and finally connect the earthing-contact plug of the adapter with an earthing-contact wall socket. Always control the correct contact of all plug connections and the correct polarity of the multi-plug at the multimeter. The multi-plug is lettered with the current path "20 A" on the left, in the middle with the grounding "COM" and on the right with the voltage path "V/Ohm". Connect the multi-plug according to its lettering with the multimeter.

"20 A" with the 20 A-socket, "COM" with the COM-socket and "V/Ohm" with the V/Ohm socket.

Attention!

If the connection with the multimeter is wrong or faulty, the meter, the adapter or the consumer could be destroyed. Attention! Life Danger!

To measure the real power of Cos Phi, to programme the price of KWh and to measure KWh follow these steps:

1. Connect the measuring adapter to the meter as described before.
2. Set the rotary function switch to position "POWER" and turn on the unit.
3. Display in basic function mode: the mode digit on the left displays the reference no. "0".

The left sub-display shows the ampere reading "A" (current), on the middle sub-display AC voltage and on the right sub-display Cos Phi is displayed (power factor). Cos phi is the power factor between Ampere and Voltage, it is always "1" if ohmic loads (consumers) are concerned. For inductive consumers cos Phi is between 0.3 and 0.98.

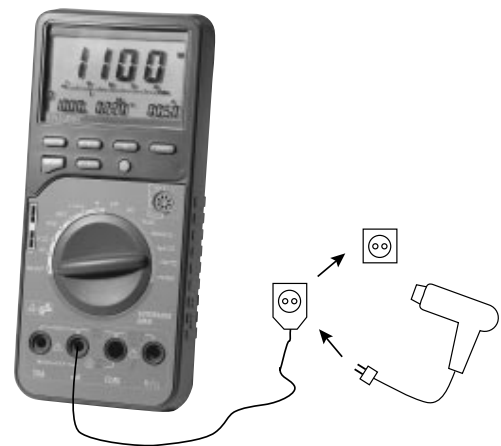
The main display will show the true watts of your consumer.

4. In the second function mode, push "UP" button once, the reference no. "1" appears in mode digit on the left. The left sub-display will show costs per 1 hour (setting is possible in the next function mode reference no. 2). Read the KWh in the middle sub-display and the accumulated costs in the right sub-display.
5. In the third function mode, push "UP" once more, the reference no. "2" appears in the mode digit on the left. The first digit of the left sub-display is flashing. Enter with the buttons "SET/R", "UP" or "DOWN" the price for KWh, e.g. 0.23 DM.

This means the first digit remains "0", therefore press SET/R. Then the third digit is flashing, enter "2" (= press 2 x UP) and confirm with SET/R. Then the fourth digit is flashing, enter "3" (= 3 x UP or 7 x DOWN) and confirm with button SET/R. As the second digit is also "0" press once again "SET/R". The price per 1 KWh is now entered (middle sub-display).

Attention!

After measurement has been finished, first pull the plug from mains socket, before you disconnect the adapter from the measuring unit.
Attention! Life Danger!



5.13 CMOS Signal Output

The multimeter M-3860M is equipped with a kind of "Function Generator" which supplies ten preset frequencies with a voltage of max. 3.3 V. To "tap off" the signal insert the enclosed signal adaptor into the capacitor socket, observe the correct polarity. The other end of the adaptor has two small alligator clips.

To change the multimeter into a signal generator and to select the output frequency follow these steps:

1. Select "SIG OUT" with the rotary function switch.
2. Connect the enclosed signal adaptor (on one end with alligator clips) with the capacity measuring socket of the multimeter.

3. Turn on the multimeter
4. In the basic function mode the reference number is displayed in the left sub-display, the main display will show the respective frequency "0.010 KHz" (= 10 Hz). In the middle sub-display the external DC input voltage is displayed in "V" (max. 40 V).
5. To select other output frequencies push either "UP" or "DOWN" button. For frequency and connected reference number see below:

0.010 KHz	= 10 Hz,	reference no. 0
0.050 KHz	= 50 Hz,	reference no. 1
0.060 KHz	= 60 Hz,	reference no. 2
0.100 KHz	= 100 Hz,	reference no. 3
0.400 KHz	= 400 Hz,	reference no. 4
1.010 KHz	= 1010 Hz,	reference no. 5
2.021 KHz	= 2021 Hz,	reference no. 6
4.042 KHz	= 4042 Hz,	reference no. 7
8.084 KHz	= 8084 Hz,	reference no. 8
10.24 KHz	= 10240 Hz,	reference no. 9

Hint!

In mode signal output, the function modes and auto-power-off do not work.

Attention!

Never short the output of the signal generator, as the output terminal and the meter could be destroyed.

5.14 Usage of the Multimeter in connection with a Personal Computer

1. Installation

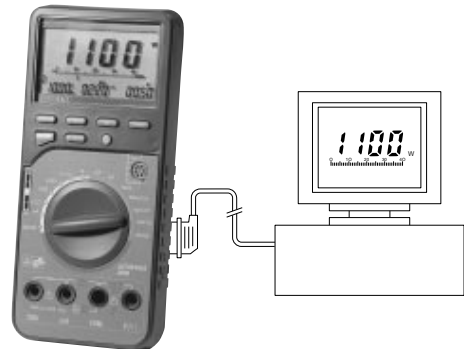
Follow these steps for installation and operation:

- 1.1 Install the software on your computer system.
- 1.2 Connect the interface cable with the measuring unit and the computer (see figure).

Hint!

Switch off your measuring unit and your computer before connection.

- 1.3 Now turn on your multimeter and your computer.



2. Technical Information to write your own software.

The data format consists of a frame of 14 bytes. The frames are set as follows:

BYTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E
Example 1)	DC	-	3.	9	9	9				V	CR			
Example 2)			3.	9	9	9	MOh	m	CR					

The sequence of data transmission from the meter:
 Main-display → left sub-display → middle sub-display → right sub-display
 → main-display → etc.

The following program is an example of a BASIC program that gets single reading from the meter:

```

OPEN "COM1 : 9600,N,7,2,RS,CS,DS,CD" FOR RANDOM AS #2
PRINT #2, "D"
IN$ = INPUT$(4 * 14, #2)
PRINT IN$
CLOSE #2
END
  
```

Communication Specifications for Data-Transfer

Transfer Rate:	9600 Baud
Character Code:	7-bit ASCII
Parity:	None
Stop Bits:	2

6. Maintenance and Calibration

Calibrate the meter once a year to maintain its accuracy over a longer period of time.

Fuse replacement is described in point 2. (Safety Rules).

Battery replacement is described in point 4.1.

Clean the unit and the display with a soft, dry, antistatic cloth.

Attention!

Do not use abrasive detergents, gasoline, alcohol or similar. These chemicals could damage the surface of the measuring unit. Besides solvent fumes are dangerous to your health and explosive.

7. Technical Data and Accuracy

7.1 Technical Data

Display	3 3/4-digit liquid crystal display (LCD), maximum reading 4000 with automatic polarity display
Max. Measuring Rate	2.5 measurements per second
Max. Input Current DC/AC	20 A
Operating Temperature	0 to +40 °C, relative humidity: < 75%, not wetting
Storage Temperature	-10°C to +50 °C, relative humidity: < 75%, not wetting
Temperature Coefficient for Guaranteed Accuracy	+23 °C ± 5 K (= Kelvin)
Battery Type	NEDA 1604 9 V or 6F22 9 V, alkaline
Weight	305 g ± 10 g (with 9 V battery)
Dimensions (L x W x H)	187 x 84 x 34 mm (without test-leads and adaptor)

7.2 Accuracy

Accuracies are ± (% of reading = rdg + number of digit(s) = dgt(s)). Accuracy is specified at 23 °C ± 5 K with a relative humidity of below 75 % not wetting for a period of 1 year after production. Warm-up time is 1 minute.

Mode	Measuring Range	Accuracy	Resolution
DC Voltage	400 mV	+/- (0.3%+1dgt)	100 μ V
	4 V	-----"-----	1 mV
	40 V	-----"-----	10 mV
	400 V	-----"-----	100 mV
	1000 V	+/- (0.5%+1dgt)	1 V
AC Voltage	400 mV	+/- (0.8%+3dgts)	100 μ V
	4 V	-----"-----	1 mV
	40 V	-----"-----	10 mV
	400 V	-----"-----	100 mV
	750 V	+/- (0.8%+3dgts)	1 V
valid at a frequency of 40 Hz to 10 KHz			
DC Current	400 μ A	+/- (1.0%+1dgt)	0.1 μ A
	4 mA	-----"-----	1 μ A
	40 mA	+/- (0.8%+1dgt)	10 μ A
	400 mA	-----"-----	100 μ A
	4 A	+/- (1.5%+5dgts)	1 mA
	20 A	-----"-----	10 mA
AC Current	400 μ A	+/- (1.5%+3dgts) 40 Hz - 1 kHz	0.1 μ A
	400 μ A	+/- (2.5%+3dgts) 1 kHz - 10 kHz	0.1 μ A
	4 mA	+/- (1.5%+3dgts) 40 Hz - 1 kHz	1 μ A
	4 mA	+/- (2.5%+3dgts) 1 kHz - 10 kHz	1 μ A
	40 mA	+/- (1.5%+3dgts) 40 Hz - 1 kHz	10 μ A
	40 mA	+/- (2.5%+3dgts) 1 kHz - 10 kHz	10 μ A

Mode	Measuring Range	Accuracy	Resolution
AC Current	400 mA	+/- (1.5%+3dgts) 40 Hz - 1 kHz	100 μ A 0.1 μ A
	400 mA	+/- (2.5%+3dgts) 1 kHz - 10 kHz	0.1 μ A
	4 A	+/- (2.0%+5dgts) 4 Hz - 10 kHz	1 mA
	20 A	-----"----- 40 Hz - 10 kHz	10 mA
valid at a frequency of 40 Hz to 10 KHz			
Resistance	400 Ohm	+/- (0.5%+1dgt)	0.1 Ohm
	4 KOhm	-----"-----	1 Ohm
	40 KOhm	-----"-----	10 Ohm
	400 KOhm	-----"-----	100 Ohm
	4 MOhm	-----"-----	1 KOhm
	40 MOhm	+/- (1%+2dgts)	10 KOhm
Continuity Check	400 Ohm	+/- (0.5%+1dgt) buzzer sound for resistance < 40 Ohm	0.1 Ohm
Capacitance	4 nF	+/- (2.0%+3dgts)	1 pF
	40 nF	-----"-----	10 pF
	400 nF	-----"-----	100 pF
	4 μ F	+/- (3.0%+5dgts)	1 nF
	40 μ F	-----"-----	10 nF
	400 μ F	-----"-----	100 nF
Diode Test	range 0 to 2000 mV test current 1.5 mA max. at 1 KOhm forward voltage max. 2.0 V		1 mV

Mode	Measuring Range	Accuracy	Resolution
Frequency	4 KHz	+/- (1.0%+1dgt)	1 Hz
	40 KHz	-----"	10 Hz
	400 KHz	-----"	100 Hz
	4 MHz	-----"	1 KHz
	40 MHz	-----"	10 KHz
Sensitivity ≥ 1 Vrms			
Temperatur	-40° C to +200° C	+/- (3%+5dgts)	1° C
	+200° C to +1200° C	+/- (3%+2dgts)	1° C
Power Measurement			
AC Current (max 16 A):		+/- (2%+5dgts)	
AC Voltage (180V-250 V):		+/- (3%+3dgts)	
True Power (to max. 100 W):		+/- (5%+10dgts)	
True Power (to max. 4000 W):		+/- (5%+5dgts)	
Power Factor (cos Phi):		00.00 to 00.99	
Signal Output with following frequencies: 10 Hz, 50 Hz, 60 Hz, 100 Hz, 400 Hz, 1010 Hz, 2021 Hz, 4042 Hz, 8084 Hz and 10.24 KHz Output Level (CMOS-LEVEL) is between 2.7 and 3.3 V; Square-WaveSignal			

Resistance Measurement . . : 40 MOhm
overload protection: 250 V DC/ACrms

Frequency Measurement . . : 40 MHz with max 750 V DC/ACrms input
voltage

Diode Test/
Continuity Test : overload protection: 250 VDC/VACrms

Logic Test : max. 39.99 VDC
overload protection 250 VDC/VACrms

Attention!

The measuring modes transistor test, capacitance and temperature measurement are not protected against overload or too high input voltages.

Exceeding of the max. input limits will damage the measuring unit and endanger the life of the user.

7.3 Max. Input Limits

Voltage Measurement . . . : 1000 VDC or 750 VACrms

Current Measurement . . . : 20 A DC/AC A-range, 400 mA AC/DC in the
mA-range

TERMÓMETRO

Operating Manual for Digital Quick-Response Thermometer

GTH 1150 / GTH 1160



Specification:

Measuring range:	Range 1: -50.0 to +199.9°C (only for GTH1160) Range 2: -50 to +1150°C
Resolution:	Range 1: 0.1°C (only for GTH1160) Range 2: 1°C
Accuracy: (at nominal temperature)	better than 1% ± 1 digit from -20 to +550°C and 920 to 1150°C. Better than 1,5% ± 1 digit from 550 to 920°C. For more detailed values please refer to att. correction table.
Sensor:	NiCr-Ni, acc. to ½ DIN 43710 for plug-in operation (not included in scope of supply !) Special design sensors incl. one of the following probes:
GTF300:	2 teflon-isolated, helically wound thermoelement wires with a dia of 0,2mm each, length approx. 1m with miniature flat plug, free from thermo-voltage. Sensor suitable for surface and immersion measurements. Response time in liquids 0,3sec. Measuring range: -65 to 300°C.
GTF300GS:	2 thermoelement wires isolated with glass braiding with a dia of 0,2mm each, length approx. 1m with miniature flat plug, free from thermo-voltage. Sensor suitable for air and surface measurements (not suitable for liquids). Response time 0,3sec. Measuring range: -65 to 400°C.
GES900, GES1000:	NiCr-Ni insertion probe (1/2DIN), tube dia 3,0mm, tube length approx. 130mm, tip, plastic handle, cable approx. 1m long. The plastic handle is resistant to temperatures up to 120°C, do not immerse handle in liquids. Sensor suitable for insertion measurements in soft plastic media as well as for immersion measurements. Response time in liquids approx. 3sec. Measuring range: -50 to 1000°C.
Display:	approx. 13 mm high, 3 1/2 digit LCD
Nominal temperature:	25°C
Working temperature:	0 to 45°C, please avoid quick temperature changes, if possible, otherwise a temperature adjustment time of approx. 15 minutes has to be taken into account.
Atmospheric humidity:	0 to 80 % r.F. (not condensing)
Storage temperature:	-10 to 70°C
Power supply:	9V-battery type IEC 6F22 (included)
Battery service life:	approx. 700 operating hours (GTH1150) or approx. 300 operating hours (GTH1160)
Low battery warning:	"BAT" displayed automatically in case of low battery
Dimensions of case:	approx. 106 x 67 x 30 mm (H x W x D)(sensor not included)
Weight:	approx. 150g (incl. battery)
Electromagnetic compatibility:	In accordance with EN50081-1 and EN50082-2 for unrestricted use in housing and industrial areas. Additional error: <1%

Points to be observed during operation

- As soon as „BAT“ is displayed the battery is used up and needs to be replaced immediately as too low operating voltage may result in incorrect measurements. Unless the battery is replaced immediately the voltage will not even be enough to display „BAT“. Therefore, make it a rule to always check the battery – even if no 'BAT' warning is displayed – if measuring results are incorrect.
- Make sure to maintain device properly and to operate it in accordance with the specification listed (do not throw, knock etc.).
- Make sure that sensor and device are always subjected to the same temperature, i.e. try to avoid holding sensor plug in your hand for a longer period of time as well as subjecting device to an additional heat source as this may result in measuring inaccuracies.
- The length of the measuring sensor (GTF300, GTF300GS) can be reduced as desired so that it will be fully operational again after sensor has been broken. To do so, please strip both wire ends for approx. 10mm and twist well. Measurements are not possible as long as wire ends are exposed.



GREISINGER electronic GmbH

D - 93128 Regenstauf, Hans-Sachs-Straße 26

Fon: 0049 9402/9883-0
Fax: 0049 9402/9383-33

SafetyAdvices

This device has been designed, assembled and tested in accordance with the safety regulations for electronic measurement devices.

However, its trouble-free operation and reliability cannot be guaranteed unless the standard safety measures and special safety advices will be adhered to when using the device.

1. Trouble-free operation and reliability of the device can only be guaranteed if the device is not subjected to any other climatic conditions than those stated under "Specification".
2. Moving the device from a cold to a warm environment may lead to malfunctions due to condensation. In such a case we recommend waiting to allow device temperature to adjust to the ambient temperature before re-starting.
3. If there is any risk whatsoever involved in running it, the device has to be switched off immediately and to be marked accordingly to avoid re-starting.

Operator safety may be a risk, if :

- there is visible damage done to the device.
- the device is not working as specified.
- the device has been stored under unsuitable conditions for a longer time.

In case of doubt, please return device to manufacturer for repair or maintenance

Recalibration:

The measuring device will be calibrated before leaving our works. A recalibration is, therefore, not necessary. If you want to calibrate the device for an existing sensor, please proceed as follows: (calibrate 0°C before scale as otherwise correct adjustment cannot be guaranteed)

Normally sensor adjustment by means of 0° C potentiometer is sufficient. We do not recommend a scale compensation in order to maintain the specified accuracy of the device. If an accurate reference temperature is available, choose highest temperature possible to calibrate the device.

Calibration point 0°C: Put ice cubes in a glass and pour cold water till ice cubes are almost covered. Put sensor into glass, wait approx. 15 minutes, then stirr water with a spoonhandle. Wait for stable value to be displayed, then turn zero point potentiometer (NP, Potentiometer next to sensor connection) by means of a screw driver till display shows "000" resp "0.3" (for GTH1160).

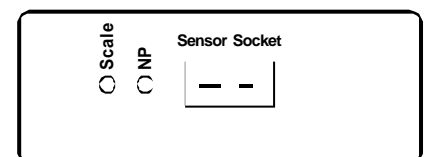
Calibration point scale: To set the pitch (Scale) a fixed reference temperature is required (the higher the better). Subject sensor to this temperature and set respective display value according to correction table value (e.g. reference temperature 700°C -> value to be set: 711) by means of pitch potentiometer (outer potentiometer).

Please note that boiling water should not be used as a temperature reference as the boiling temperature is dependent on the atmospheric pressure.

(If using a reference thermometer stating the precise temperature you may, however even use boiling water.)

Please note : During the waiting time the device should have assumed ambient temperature (we recommend a temperature of 20 to 25°C). Please avoid holding device in your hand as well as subjecting it to an additional heat source (e.g. radiator, lamp, sun).

View of frontplate



Correctiontable

Temperature	Display	Temperature	Display	Temperature	Display	Temperature	Display	Temperature	Display	Temperature	Display
-50	-45.8	160	159.7	370	369	580	587	790	802	1000	1007
-40	-36.9	170	169.5	380	379	590	597	800	812	1010	1016
-30	-27.9	180	179.2	390	390	600	607	810	822	1020	1026
-20	-18.6	190	188.9	400	400	610	618	820	832	1030	1035
-10	-9.3	200	198.7	410	410	620	628	830	842	1040	1045
0	0.3	210	208	420	421	630	639	840	852	1050	1054
10	10.0	220	218	430	431	640	649	850	862	1060	1063
20	19.8	230	228	440	441	650	659	860	871	1070	1073
30	29.6	240	238	450	452	660	670	870	881	1080	1082
40	39.6	250	248	460	462	670	680	880	891	1090	1091
50	49.6	260	258	470	472	680	690	890	901	1100	1100
60	59.7	270	268	480	483	690	700	900	911	1110	1110
70	69.8	280	278	490	493	700	711	910	920	1120	1119
80	80.0	290	288	500	504	710	721	920	930	1130	1128
90	90.0	300	298	510	514	720	731	930	940	1140	1137
100	100.1	310	308	520	524	730	741	940	949	1150	1146
110	110.2	320	318	530	535	740	751	950	959	1160	1155
120	120.2	330	328	540	545	750	762	960	969	1170	1164
130	130.2	340	339	550	556	760	772	970	978	1180	1173
140	140.1	350	349	560	566	770	782	980	988		
150	149.9	360	359	570	576	780	792	990	997		

PIRANÓMETRO

DAYSTAR DS-05

Solar Meter



Easy-to-Use, Accurate, Consistent

Accuracy	± 3% (0 - 1200 W/m ²)	Size	6.5 x 11.5 x 2.5 cm (2.6 x 4.5 x 1 inches)
Calibration	In Natural Sunlight	Weight	140 g (5 oz)
Resolution	1 Watt/m ²	9 Volt Battery	> 6 Months
Display Reading	0 - 1999	Sensor Cover	Plastic
Sensor	Polycrystalline PV Cell	Leather Case Available	Hand-crafted \$20
Sensor Size	1 x 4 cm		

The Daystar solar meter measures global solar power in Watts/m². Readings are instantaneous. The meters are calibrated on clear days in natural sunlight with the plastic protection cover in place. They are pointed directly at the sun and adjusted to the standard*. Meters are designed for use in the field but are



not sealed for continuous exposure to weather. No analog output is available. These meters are popular with installers, testers, home-owners, and anyone needing a quick reading of solar power. All Daystar solar meters carry a one-year warranty.



*Calibration standard tracked to pyranometers at Sandia Laboratories.

Buy with confidence. Daystar solar meters are being used by satisfied customers throughout the USA and in over 60 countries around the world.



daystar, inc.

www.daystarpv.com

575-522-4943

Apéndice 3: Esquema electrónico Raspberry Pi

Apéndice 4: Programas Python

PROGRAMA MEDIDA

```

autor='Nazaret.ha'

import os #importa librería para: interactuar con el SO
import datetime #utilizar fechas y horas
from time import sleep #detener los procesos por un period de tiempo
import spidev #leer entrada adaptador

lapso=30 #espera antes de la primera medida
espera=60*5 #espera entre medidas

#configuración entradas analógicas
spi=spidev.SpiDev()
spi.open(0,0)
ambiente=0 #pin temperatura 1
arriba=2 #pin temperatura 2
abajo=4 #pin temperatura 3
radiacion=6 #pin radiación

def LeerCanal (canal): #lee el canal solicitado
    adc=spi.xfer2([1, (8+canal)<<4,0])
    data=((adc[1]&3)<<8) + adc[2]
    return data

def rti1(): #lee el primer canal y devuelve cadena de caracteres
    tempint0=LeerCanal(arriba)
    tempint=str(tempint0)
    return tempint

def rti2():
    tempin0=LeerCanal(abajo)
    tempin=str(tempin0)
    return tempin

```



```

def rte():
    tempext0=LeerCanal(ambiente)
    tempext=str(tempext0)
    return tempext

def rra():
    radiac0=LeerCanal(radiacion)
    radiac=str(radiac0)
    return radiac

def tiempo(): #toma el valor de hora y fecha actual
    t=datetime.datetime.now().strftime("%d-%m-%Y %H:%M:%S")
    return t

def guardar(valor): #guarda en la memoria USB conectada en la
    entrada USB número 2
    f=open('/media/pi/Samsung USB2/datos','a')
    f.write(valor)
    f.close()

#programa principal
sleep(lapso) #espera un period corto de tiempo
while True: #bucle infinito
    now=tiempo() #toma el tiempo
    int_rte=rte() #lee temperature externa
    int_rti1=rtil() #lee temperaura interna 1
    int_rti2=rtil2() #lee temperature interna 2
    int_rad=rra() #lee radiación
    datos=(now+'; '+int_rte+', '+int_rti1+', '+int_rti2+',
'+int_rad+'\n\n') #guarda en la variable datos la información
    guardar(datos) #guarda los datos
    sleep(espera) #espera un periodo

```

PROGRAMA CONVERSIÓN

```

autor='Nazaret.ha'

i=0 #modifica horas
j=0 #modifica días
k=0 #modifica meses
n=0 #contador de posición
p=0 #contador de bucles +5

def LeerSegundos(): #Lee el dato de los segundos
    file=open('datos.txt','r') #abre el archivo 'datos.txt' en
modo lectura
    file.seek(17) #posiciona el marcador en la posición 17
    segundos=file.readline(2) #crea una variable que guarda los
2 siguientes caracteres del archivo
    file.close() #cierra el archivo
    res=int(segundos) #guarda el resultado como número entero
    return res #devuelve el resultado

def LeerMinutos(): #Lee el dato de los minutos
    file=open('datos.txt','r')
    file.seek(14)
    minutos=file.readline(2)
    file.close()
    global i #llama a la variable global i
    minutos0=int(minutos)
    minutos1=minutos0+50 #MODIFICAR-----
    if minutos1>=60: #si los minutos son 60 o más, resta 60 y
suma uno al contador de horas
        minutos2 =minutos1-60
        i=i+1
    else:
        minutos2=minutos1
    res=int(minutos2)
    return res

```

```

def LeerHoras(): #Lee el dato de las horas
    file=open('datos.txt','r')
    file.seek(11)
    hora=file.readline(2)
    file.close()
    global i
    horas0=int(hora)
    horas1=horas0+20 #MODIFICAR-----
    if i==1: #si desde LeerMinutos() se ha dado valor a i, se
añade una hora
        horas2=horas1+1
        i=i-1 #contador de Nuevo a 0
    else:
        horas2=horas1
    global j #llama a la variable global j
    if horas2>=24: #si las horas son 24 o más, resta 24 y suma
uno al contador de días
        horas3=horas2-24
        j=j+1
    else:
        horas3=horas2
    res=int(horas3)
    return res

def LeerDia(): #Lee el dato del día
    file=open('datos.txt','r')
    file.seek(0)
    dia=file.readline(2)
    file.close()
    global j
    dia0=int(dia)
    dia1=dia0+5 #MODIFICAR-----

```

```

    if j==1:
        dia2=dia1+1
        j=j-1
    else:
        dia2=dia1

    global k #llama a la variable global k

    if dia2>31: #si los días son más de 31, resta 31 y suma uno
al contador de meses (esto es válido para los meses en que se
toman mediciones)
        dia3=dia2-31
        k=k+1
    else:
        dia3=dia2
    res=int(dia3)
    return res

def LeerMes(): #Lee el dato del mes
    file=open('datos.txt','r')
    file.seek(3)
    mes=file.readline(2)
    file.close()
    global k
    mes0=int(mes)
    mes1=mes0+0 #MODIFICAR-----
    if k==1:
        mes2=mes1+1
        k=k-1
    else:
        mes2=mes1
    res=int(mes2)
    return res

def LeerAño(): #Lee en dato del año

```

```
file=open('datos.txt','r')
file.seek(6)
año=file.readline(4)
file.close()
res=int(año)
return res
```

```
s=LeerSegundos()
mi=LeerMinutos()
h=LeerHoras()
d=LeerDia()
me=LeerMes()
a=LeerAño()
```

```
def temp1(): #guarda la temperatura 1
    file=open('datos.txt','r')
    file.seek(n+21)
    t1=file.readline(2)
    file.close()
    res=str(t1) #crea como resultado una cadena de caracteres
con el valor de t1
    return res
```

```
def temp2(): #guarda la temperatura 2
    file=open('datos.txt','r')
    file.seek(n+25)
    t2=file.readline(2)
    file.close()
    res=str(t2)
    return res
```

```
def temp3(): #guarda la temperatura 3
    file=open('datos.txt','r')
```

```
file.seek(n+29)
t3=file.readline(2)
file.close()
res=str(t3)
return res
```

```
def rad(): #guarda la radiación
    global ra #permite leer posteriormente su longitud
    file=open('datos.txt','r')
    file.seek(n+33)
    p=file.readline(8) #lee los 8 siguientes caracteres
    file.close()
    m=len(p)#guarda en la variable local m la longitud de p
    file=open('datos.txt','r')
    file.seek(n+33)
    if (m==2): #si la longitud es 2, lee 1 caracter
        r=file.readline(1)
        file.close()
        res=str(r)
        return res
    elif (m==3): #si la longitud es 3, lee 2 caracteres
        r=file.readline(2)
        file.close()
        res=str(r)
        return res
    elif (m==4): #si la longitud es 4, lee 3 caracteres
        r=file.readline(3)
        file.close()
        res=str(r)
        return res
    else: #si la longitud es diferente, lee 3 caracteres
        r=file.readline(3)
        file.close()
```

```

        res=str(r)

        return res

def LeerMedidas(): # modifica el valor de los datos tomados
    te1=temp1()#toma el valor de la función temp1()
    mo1=(float(te1)-75.546)/-0.8733 #MODIFICAR-----
    --
    mod1=round(mo1,1) #redondea el valor a las décimas
    t1=str(mod1) #guarda el valor en una cadena de caracteres
    te2=temp2() #toma el valor de la función temp2()
    mo2=(float(te2)-75.546)/-0.8733 #MODIFICAR-----
    --
    mod2=round(mo2,1)
    t2=str(mod2)
    te3=temp3() #toma el valor de la función temp3()
    mo3=(float(te3)-94.932)/-0.4699 #MODIFICAR-----
    --
    mod3=round(mo3,1)
    t3=str(mod3)
    ra=rad() #toma el valor de la función rad()
    r0=(float(ra)+1.3736)/0.2342 #MODIFICAR-----
    r1=round(r0,1)
    r=str(r1)

    med=str('0, '+t1+', '+t2+', '+t3+', '+r+') #crea una
cadena de caracteres con las cuatro variables y un cero delante
para la correcta lectura de Thingspeak

    return med

def LeerTime(): #Lee los datos temporales
    global s,mi,h,d,me,a #llama a las variables globales
    s0=str(s)

    if (len(s0)==1): #si la longitud de la cadena de segundos es
1, añade un 0 previo
        s0=str('0'+s0)

    mi0=str(mi)

```



```

if (len(mi0)==1):
    mi0=str('0'+mi0)
h0=str(h)
if (len(h0)==1):
    h0=str('0'+h0)
d0=str(d)
if (len(di0)==1):
    di0=str('0'+di0)
me0=str(me)
if (len(me0)==1):
    me0=str('0'+me0)
a0=str(a)
time=str(a0+'-'+me0+'-'+d0+' '+h0+':'+mi0+':'+s0)
return time #devuelve la fecha y hora

```

```

def ArreglarTime(): #limita los valores de segundos, minutos,
horas y días

```

```

    global s,mi,h,d,me,a
    if mi>=55:
        mi=mi-60
        h=h+1
    if h>=24:
        h=h-24
        d=d+1
    if d>31:
        m=m+1
    return 0

```

```

def ModificarDoc(time,medidas): #Une la fecha y la hora en una
cadena de caracteres

```

```

    res=str(time+'; '+medidas+'\n')
    return res

```

```

def GuardarDoc(introducir): #Guarda una cadena de caracteres en
un documento a continuación de lo ya escrito

    a=open('resultados.txt','a')

    a.write(introducir)

    a.close()

while n<100000: #bucle hasta la posición 100000
    x=ArreglarTime() #da un valor lógico de tiempo
    mi=mi+p #le suma cinco minutos, el periodo entre mediciones
    p=0 #deja a 0 el contador p
    time=LeerTime() #asigna a la variable time la fecha y hora
    medidas=LeerMedidas() #asigna a la variable medidas las
medidas leídas

    string=ModificarDoc(time,medidas) #une las variables time y
medidas

    guardado=GuardarDoc(string) #guarda la cadena en un
documento

    l=len(ra)

    if (l==1): #el valor de radiación es de 1 cifra
        n=n+36

    elif (l==2): #el valor de radiación es de 2 cifras
        n=n+37

    elif (l==3): #el valor de radiación es de 3 cifras
        n=n+38

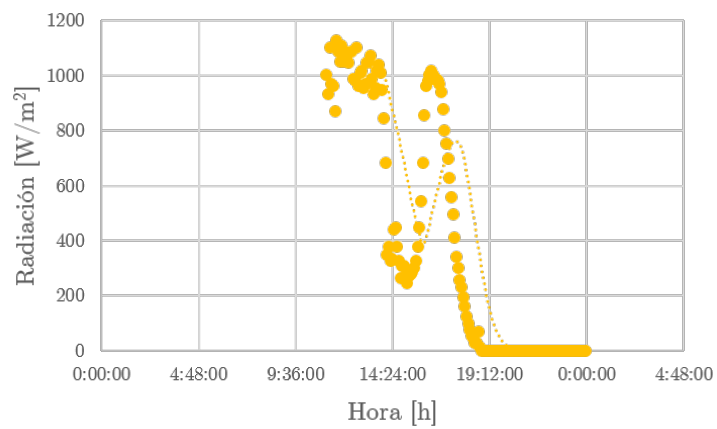
    else:
        n=n+38

    p=p+5 # suma 5 l Contador p

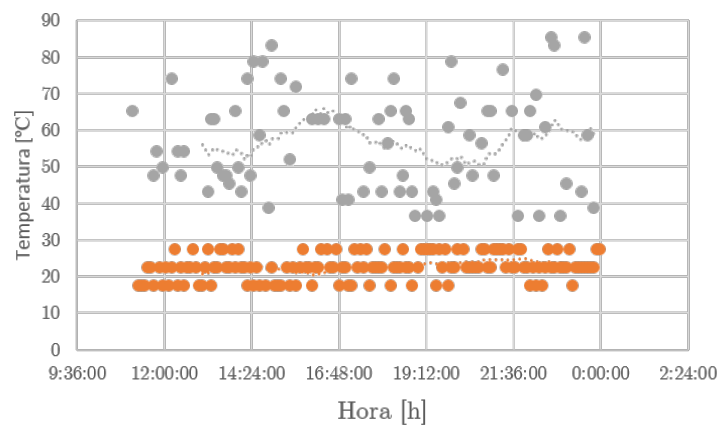
```

Apéndice 5: Mediciones

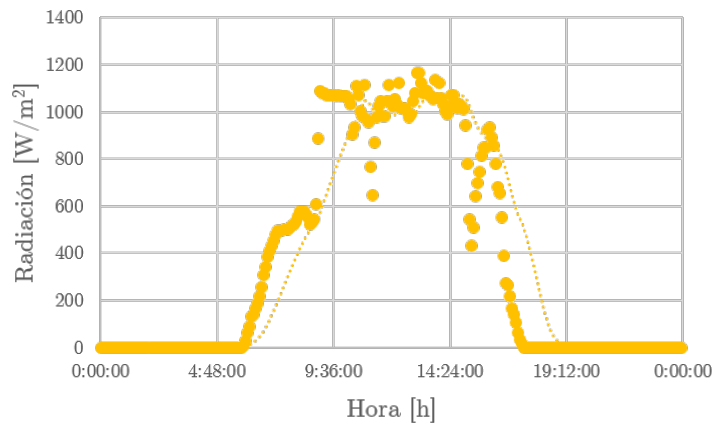
RADIACIÓN DÍA 29 DE JULIO



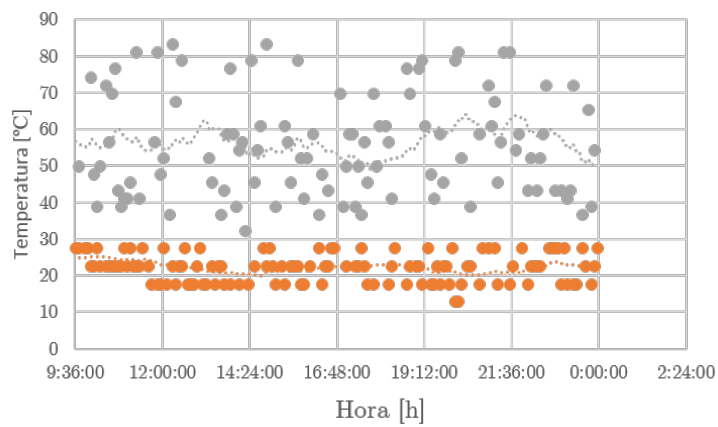
TEMPERATURAS DEPÓSITO DÍA 29 DE JULIO



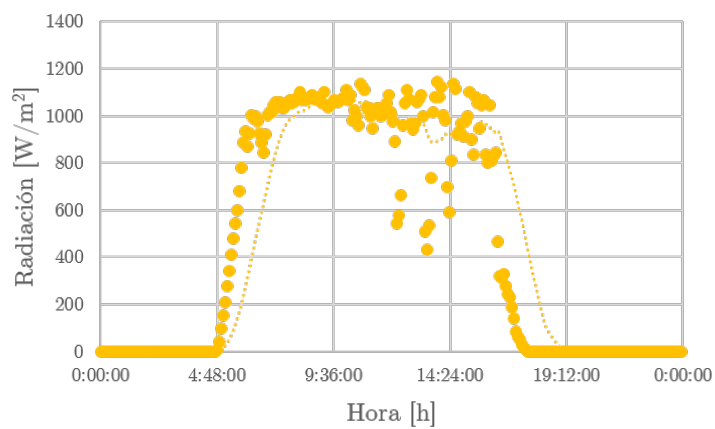
RADIACIÓN DÍA 30 DE JULIO



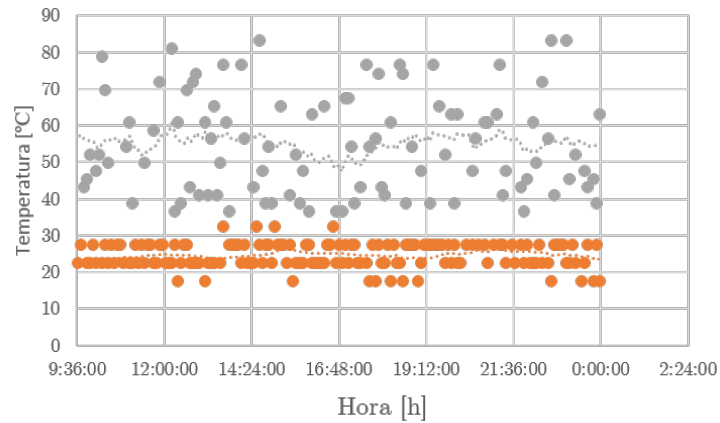
TEMPERATURAS DEPÓSITO DÍA 30 DE JULIO



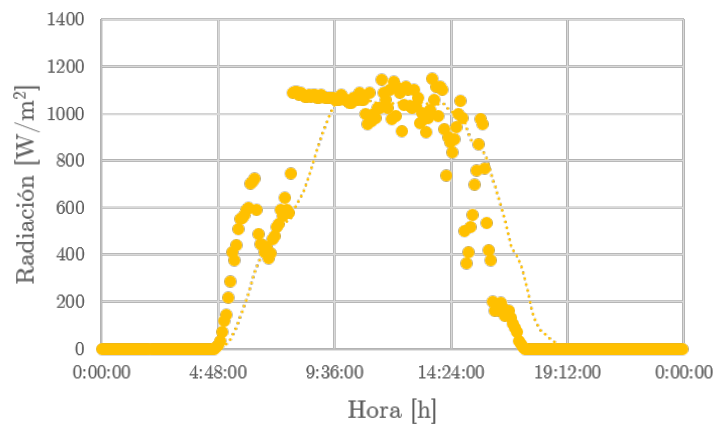
RADIACIÓN DÍA 31 DE JULIO



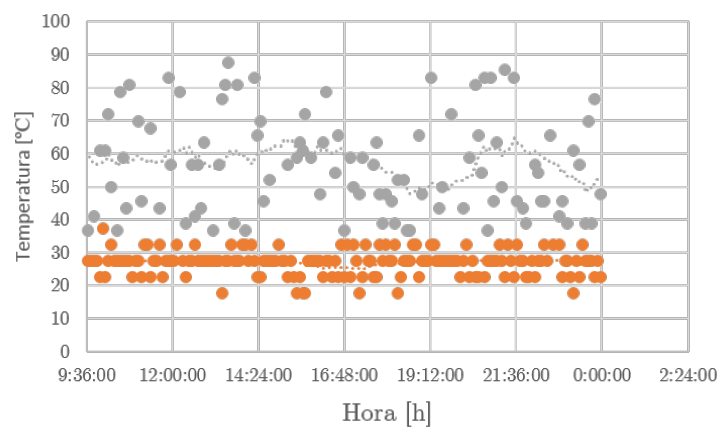
TEMPERATURAS DEPÓSITO DÍA 31 DE JULIO



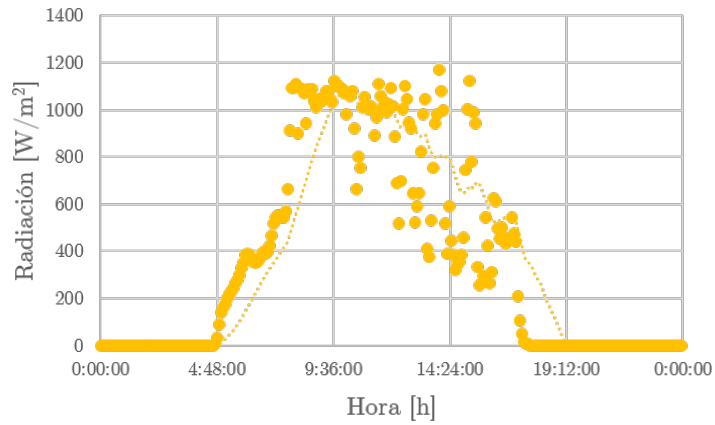
RADIACIÓN DÍA 1 DE AGOSTO



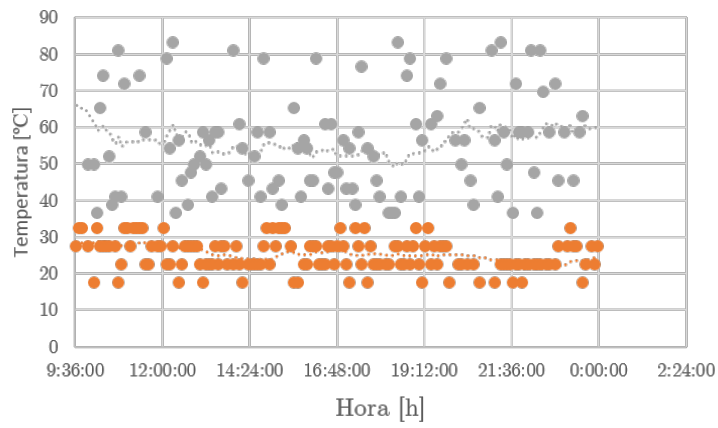
TEMPERATURAS DEPÓSITO DÍA 1 DE AGOSTO



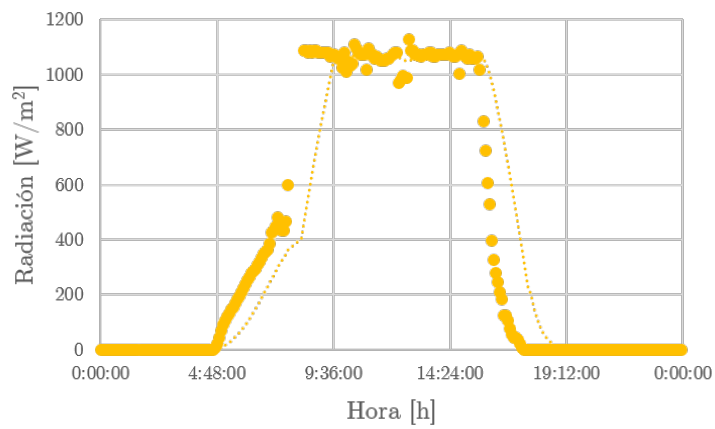
RADIACIÓN DÍA 2 DE AGOSTO



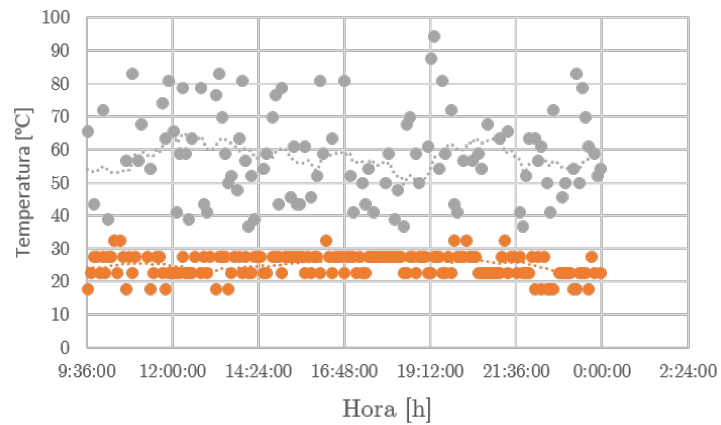
TEMPERATURAS DEPÓSITO DÍA 2 DE AGOSTO



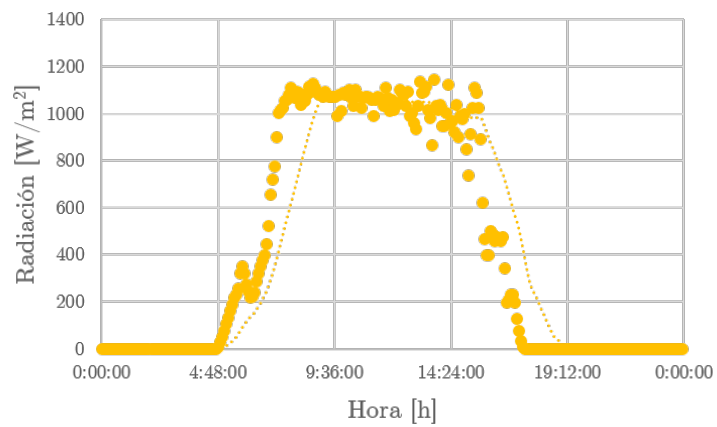
RADIACIÓN DÍA 3 DE AGOSTO



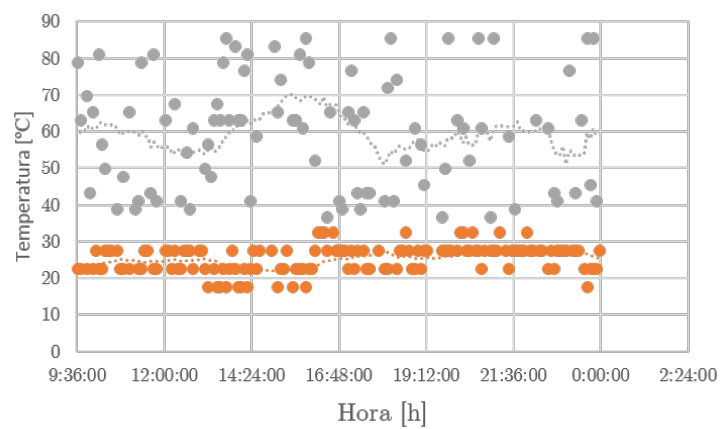
TEMPERATURAS DEPÓSITO DÍA 3 DE AGOSTO



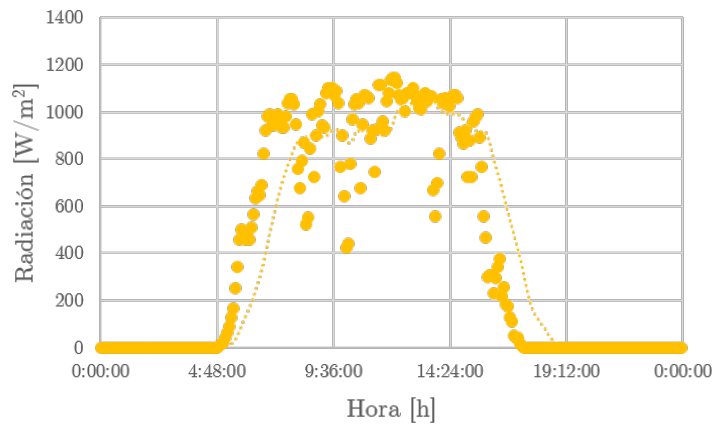
RADIACIÓN DÍA 4 DE AGOSTO



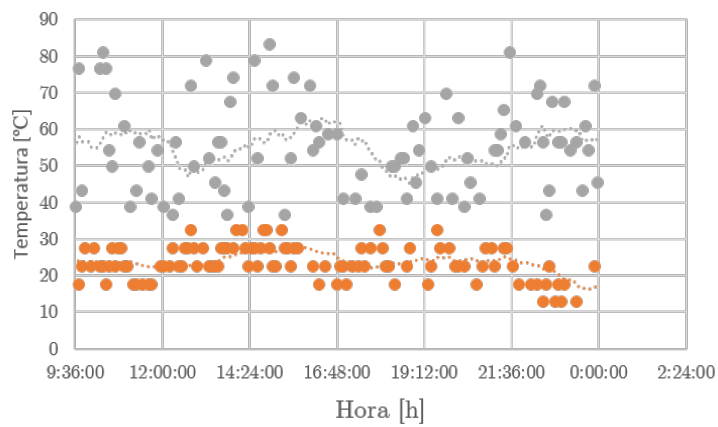
TEMPERATURAS DEPÓSITO DÍA 4 DE AGOSTO



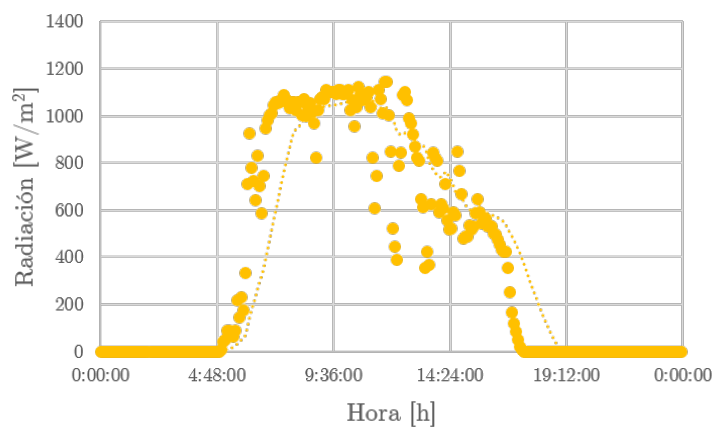
RADIACIÓN DÍA 5 DE AGOSTO



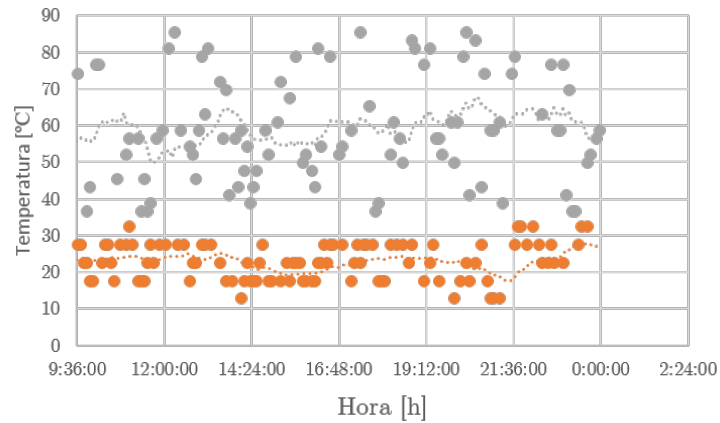
TEMPERATURAS DEPÓSITO DÍA 5 DE AGOSTO



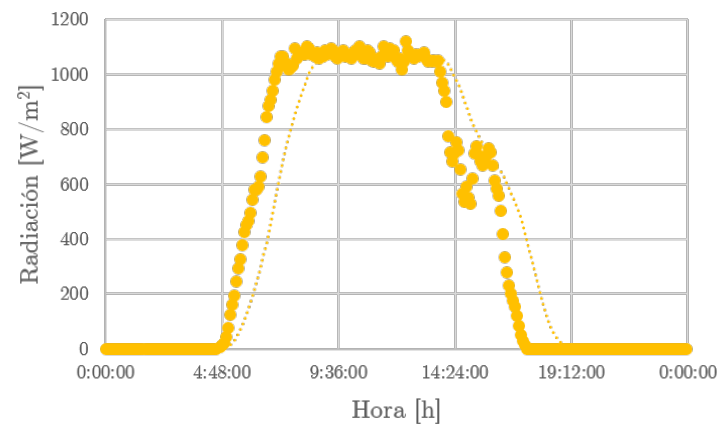
RADIACIÓN DÍA 6 DE AGOSTO



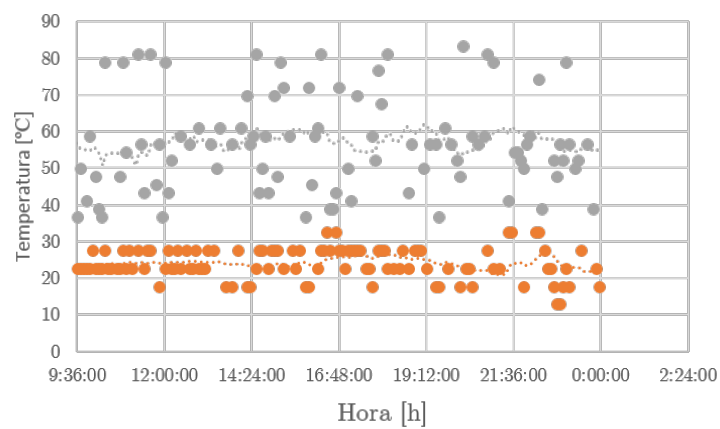
TEMPERATURAS DEPÓSITO DÍA 6 DE AGOSTO



RADIACIÓN DÍA 7 DE AGOSTO



TEMPERATURAS DEPÓSITO DÍA 7 DE AGOSTO



Apéndice 6: Tabla de cálculos

Hora [h]	rad [W/m ²]	T_{min} [°C]	T_{max} [°C]	T_{amb} [°C]	A [m ²]	m [kg]	c [cal/gK]	Δt [h]	P [W]	ΔT [K]	Q [kcal]	E_{gen} [kWh]	E_{abs} [kWh]	E_p [kWh]	η [%]
0:02:36	0	22.6	51.0	9.0	1.86	113.6	1	1	0.00	5.2	590.72	0.00	507.93	-507.93	-
1:02:36	0	20.2	74.2	8.5	1.86	113.6	1	1	0.00	18.5	2104.44	0.00	1809.49	-1809.49	-
2:02:36	0	20.2	52.1	8.6	1.86	113.6	1	1	0.00	7.4	837.80	0.00	720.38	-720.38	-
3:02:36	0	27.5	56.5	8.7	1.86	113.6	1	1	0.00	5.8	658.88	0.00	566.53	-566.53	-
4:02:36	0	22.6	47.7	8.9	1.86	113.6	1	1	0.00	3.7	414.64	0.00	356.53	-356.53	-
5:02:36	76.7	27.5	52.1	9.0	1.86	113.6	1	1	142.66	3.3	374.88	142.66	322.34	-179.68	225.95
6:02:36	466.9	27.5	58.8	9.2	1.86	113.6	1	1	868.43	6.5	732.72	868.43	630.03	238.41	72.55
7:02:36	717.8	27.5	61.0	10.9	1.86	113.6	1	1	1335.11	5.9	664.56	1335.11	571.42	763.69	42.80
8:02:36	1076.7	22.6	49.9	14.6	1.86	113.6	1	1	2002.57	-1.0	-107.92	2002.57	-92.79	2095.36	-4.63
9:02:36	1080.1	27.5	58.8	17.3	1.86	113.6	1	1	2008.99	-1.7	-190.28	2008.99	-163.61	2172.60	-8.14
10:02:36	1073.2	25.1	72.0	20.0	1.86	113.6	1	1	1996.15	3.5	394.76	1996.15	339.43	1656.72	17.00
11:02:36	1059.2	25.1	58.8	21.3	1.86	113.6	1	1	1970.11	-4.5	-505.52	1970.11	-434.67	2404.78	-22.06
12:02:36	1024.4	27.5	63.2	21.8	1.86	113.6	1	1	1905.38	-4.0	-448.72	1905.38	-385.83	2291.21	-20.25
13:02:36	1059.2	27.5	65.4	22.1	1.86	113.6	1	1	1970.11	-3.2	-357.84	1970.11	-307.69	2277.80	-15.62
14:02:36	1059.2	27.5	43.3	20.7	1.86	113.6	1	1	1970.11	-12.8	-1454.08	1970.11	-1250.28	3220.40	-63.46
15:02:36	850.2	27.5	72.0	20.1	1.86	113.6	1	1	1581.37	2.2	244.24	1581.37	210.01	1371.36	13.28
16:02:36	529.6	22.6	49.9	20.4	1.86	113.6	1	1	985.06	-6.8	-766.80	985.06	-659.33	1644.39	-66.93
17:02:36	118.5	22.6	49.9	19.4	1.86	113.6	1	1	220.41	-5.8	-653.20	220.41	-561.65	782.06	-254.82
18:02:36	0	27.5	41.0	17.9	1.86	113.6	1	1	0.00	-11.2	-1266.64	0.00	-1089.11	1089.11	-
19:02:36	0	22.6	54.3	16.2	1.86	113.6	1	1	0.00	-0.4	-39.76	0.00	-34.19	34.19	-
20:02:36	0	22.6	62.1	14.3	1.86	113.6	1	1	0.00	5.5	619.12	0.00	532.35	-532.35	-
21:02:36	0	27.5	71.0	11.9	1.86	113.6	1	1	0.00	9.8	1116.12	0.00	959.69	-959.69	-
22:02:36	0	25.1	58.8	9.8	1.86	113.6	1	1	0.00	7.1	803.72	0.00	691.07	-691.07	-
23:02:36	0	22.6	63.2	9.2	1.86	113.6	1	1	0.00	11.1	1260.96	0.00	1084.23	-1084.23	-

Tabla 27: Cálculos para el balance energético por horas