

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA  
EVALUACIÓN DE COLECTORES SOLARES TÉRMICOS DE  
PLACA PLANA BAJO LA NORMA UNE-ISO 9806.**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA ENSAYOS TÉRMICOS  
DE COLECTORES SOLARES DE PLACA PLANA BAJO LA  
NORMA UNE-ISO 9806.**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**ROSSEL XAVIER MEDINA RAMOS**

**rossel.medina@epn.edu.ec**

**DIRECTOR: Ing. CARLOS NARANJO MENDOZA, Ph.D.**

**DMQ, agosto 2022**

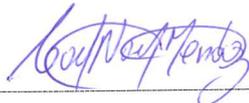
## CERTIFICACIONES

Yo, ROSSEL XAVIER MEDINA RAMOS declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



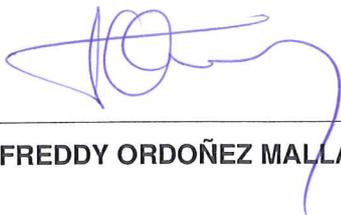
**ROSSEL XAVIER MEDINA RAMOS**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por ROSSEL XAVIER MEDINA RAMOS, bajo mi supervisión.

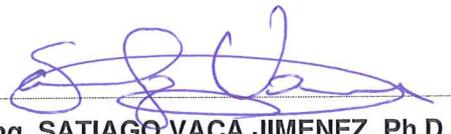


**Ing. CARLOS NARANJO MENDOZA, Ph.D.**  
**DIRECTOR**

Certificamos que revisamos el presente trabajo de integración curricular.



**Ing. FREDDY ORDOÑEZ MALLA, Ph.D**



**Ing. SANTIAGO VACA JIMENEZ, Ph.D**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

ROSSEL XAVIER MEDINA RAMOS

Ing. CARLOS NARANJO MENDOZA, Ph.D.

## DEDICATORIA

“La buena vida es una vida inspirada por el amor y guiada por el conocimiento”

(Bertrand Russell)

Este proyecto va dedicado a mis padres, hermana y sobrina, quienes han sabido apoyarme de todas las formas durante mi vida académica, guiarme cuando lo he necesitado y con quienes tengo privilegio de compartir mi vida y día a día seguir aprendiendo.

También va dedicado a mi abuelita Dora Bustillos, con quien tuve la suerte de compartir toda mi niñez, siendo la persona que inculcó esa curiosidad por aprender y buscar la forma de resolver las dificultades y problemas con ingenio. En la eternidad nos volveremos a encontrar.

*Rosel Xavier Medina Ramos*

## **AGRADECIMIENTO**

Gratitud a mi madre Rita Ramos, por su apoyo, paciencia y toda la enseñanza desde casa que supo brindarme desde mi niñez, por la compañía en las noches de desvelo y el amor con el que supo inculcarme los valores con los que hoy día a día vivo. Simplemente quiero expresarle que gracias a todo esto hoy soy el hombre de bien que vive en valores e intenta superarse cada día.

A mi padre Rubén Medina Bustillos, por inculcar en mi la creatividad y el razonamiento con los proyectos caseros que cada fin de semana desarrollábamos. De ti aprendí a tener la fortaleza para continuar ante las adversidades y a apoyar siempre que se pueda a la gente y la familia.

A mi hermana Andrea Gavilanes, por brindarme tu cariño y tu apoyo en las tareas y manualidades que solía dejar para el último en mis años de escuela y colegio, en esos momentos aprendí que siempre podía contar contigo en los momentos difíciles.

A mi sobrina Jennifer Gavilanes, por compartirme tus golosinas y realizar las recetas de cocina que encontramos, nunca olvides que te quiero mucho.

A mi director de TIC Dr. Carlos Naranjo, por brindarme su confianza y apoyo en los requerimientos desde el inicio del desarrollo de este proyecto al igual que su guía en las dudas que se han presentado.

A mi codirector de TIC Dr. Freddy Ordoñez, por su colaboración en la resolución de interrogantes presentadas a lo largo del desarrollo del proyecto y predisposición para el uso de los instrumentos.

A mis compañeros de carrera, por compartir el día a día dentro de la institución, su colaboración en los proyectos y trabajos al igual que los momentos de diversión en los que se demuestra que se puede estar en la buenas y en las malas.

A la Escuela Politécnica Nacional y especialmente a la Facultad de Ingeniería Mecánica donde he adquirido todos los conocimientos que serán la base para mi vida laboral.

Para finalizar, pero sin restar importancia me gustaría agradecer a mi primo Leonardo Espinoza por el gran apoyo y cariño brindado desde el colegio. A Valery Hernández por las haladas de oreja, cariño, apoyo y confianza brindada a lo largo del tiempo de conocernos. A mi amigo Robinson Reascos por ser mi compañero y colaborador en el desarrollo de este proyecto. Y a mi amigo Steven Ramos, gracias por tu amistad y el apoyo en las buenas y malas.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	III#
DEDICATORIA .....	IV#
AGRADECIMIENTO.....	VIV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VIV
RESUMEN.....	VIIIV#
ABSTRACT.....	VIIIIV#
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Alcance .....	2
1.4 Marco teórico .....	3
1.4.1 Antecedentes.....	3
1.4.2 Estado del Arte .....	4
1.4.3 Normativa .....	4
1.4.4 Generalidades .....	5
1.4.5 Descripción de los ensayos.....	7
2 METODOLOGÍA.....	16
2.1 Evaluación del estado de la estructura y equipos.....	17
2.2 Selección de sensores y modelo de transferencia de datos al servidor. ....	18
2.3 Montaje y adaptación de sensores.....	22
2.4 Diseño del sistema de adquisición de datos .....	29
2.5 Desarrollo de la interfaz hombre-máquina HMI .....	31
3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	39
3.1 Resultados .....	39
3.1.1 Obtención de datos y cálculo de valores .....	39
3.1.2 Obtención de la curva de rendimiento térmico .....	41
3.1.3 Generación de reporte de ensayos realizados.....	42
3.1.4 Manual de usuario .....	47
3.2 Conclusiones.....	48
3.3 Recomendaciones .....	49
4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	50
5 ANEXOS.....	52

## RESUMEN

El presente proyecto da continuidad al trabajo denominado *“Diseño de un banco de pruebas para evaluación de colectores solares de placa plana bajo la norma UNE-EN ISO 9806 y construcción de la estructura y el sistema hidráulico del banco de pruebas”*, elaborado por Carrera y Santamaría en 2017. A partir de la estructura física del banco de pruebas para colectores solares de placa plana se seleccionaron y adaptaron los sensores requeridos por la norma ISO 9806:2017 y el sistema de sincronización con el ordenador por medio de un chasis CDAQ y sus respectivos módulos para cada sensor. Una vez sincronizados los sensores y el ordenador se desarrollaron dos interfaces, las cuales permiten la adquisición de datos de los ensayos térmicos para posteriormente calcular la temperatura de estancamiento y el rendimiento y así obtener la gráfica de rendimiento térmico. Para finalizar se evaluó un colector solar de placa plana que permitió verificar el correcto funcionamiento de la adquisición y tratamiento de datos al igual que generar un manual de usuario del funcionamiento de las interfaces y ejemplificar el reporte final dentro de los formatos establecidos por la norma.

**PALABRAS CLAVE:** Sincronización, CDAQ, Interfaz, Tratamiento de datos.

## ABSTRACT

This project continues the work called "*Diseño de un banco de pruebas para evaluación de colectores solares de placa plana bajo la norma UNE-EN ISO 9806 y construcción de la estructura y el sistema hidráulico del banco de pruebas*", conducted by Carrera and Santamaría in 2017. From the physical structure of the test bench for flat plate solar collectors, the sensors required by the ISO 9806: 2017 standard and the synchronization system with the computer through a CDAQ chassis and their respective modules for each sensor were selected. Once the sensors and the computer were synchronized, two interfaces were developed, which allow the acquisition of data from the thermal tests to subsequently calculate the stagnation temperature, the thermal performance and finally obtain the thermal performance graph. Finally, a flat plate solar collector was evaluated to verify the correct operation of data acquisition system and processing as well as generate a user manual for the operation of the interfaces and exemplify the final report with the formats established by the standard.

**KEYWORDS:** Synchronization, CDAQ, Interface, Processing of data.

# 1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

Ecuador pertenece a una región rica en recursos energéticos como hidrocarburos, hidráulica, biocombustibles y fuentes renovables como la solar y eólica. Esto se evidencia en los Atlas Solar y Eólico elaborado por el Banco Mundial y la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA). Partiendo de este potencial renovable, Ecuador, el 26 de Julio del 2016, se suscribió al acuerdo de París, sumándose a 175 países del mundo en uno de los mayores esfuerzos alcanzados por la comunidad internacional en materia del cambio climático [1].

En conciencia de esto, el país se orienta hacia el cambio de matriz energética y productiva, buscando reducir la dependencia de los derivados del petróleo e incentivando el desarrollo de tecnologías que permitan aprovechar el uso de energías no convencionales, amigables con el medio ambiente o energías renovables. A partir de esta necesidad se instaura la norma NTE INEN 2507, la cual tiene como propósito el etiquetado de los colectores solares usados en el calentamiento de agua sanitaria, estableciendo las exigencias que estos deben cumplir corroborando su información técnica y rendimiento térmico [2].

Con la ausencia de una entidad que homologue este tipo de tecnologías, nace la idea de este proyecto, destinado a actuales y futuros fabricantes de colectores solares de placas planas (CSTPP), con la finalidad de valorar el correcto funcionamiento y fiabilidad de los equipos, brindando un soporte para la homologación de colectores tanto de producción nacional como importados.

Cabe indicar que se dispone con la estructura física y el sistema hidráulico del banco de pruebas que fue elaborado por Carrera y Santamaría en su trabajo *“Diseño de un banco de pruebas para evaluación de colectores solares de placa plana bajo la norma UNE-EN ISO 9806 y construcción de la estructura y el sistema hidráulico del banco de pruebas”* [3]. De esta forma y con la finalidad de dar continuidad al proyecto desarrollado por el grupo de investigación SCINERGY, el presente proyecto se centra en implementar un sistema de toma de datos conformado por un programa computacional que registre y almacene la información recolectada por los sensores ocupados en cada ensayo térmico, los que permitirán cotejar los valores medidos con los rangos establecidos en la Norma Internacional UNE-ISO 9806 y su codependiente nacional NTE INEN 2507 que definen los procedimientos para probar el rendimiento, fiabilidad, durabilidad y seguridad de los colectores solares en condiciones bien definidas y repetibles.

## **1.1 Objetivo general**

Implementar un banco de pruebas de colectores solares de placas planas bajo la norma UNE-ISO 9806:2017, que permita evaluar el comportamiento térmico de los colectores solares de placa plana.

## **1.2 Objetivos específicos**

1. Recolectar información bibliográfica y estado del arte de bancos de pruebas para colectores solares de placas planas, normativa a nivel nacional NTE INEN 2507 e internacional UNE-ISO 9806:2017.
2. Evaluar el funcionamiento del banco de pruebas, corroborar el correcto estado del equipo y corregir los desperfectos de la parte estructural e hidráulica para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.
3. Efectuar un estudio y seleccionar los instrumentos de medición necesarios para la adquisición de datos para el banco de pruebas.
4. Diseñar y programar la interfaz gráfica al igual que el sistema de adquisición y análisis de datos.
5. Calibrar los sensores y acoplarlos con la interfaz gráfica para visualizar la adquisición de datos en tiempo real durante el desarrollo de los ensayos.
6. Adquirir la curva de rendimiento térmico del colector solar de placas planas ensayado.
7. Validar los resultados obtenidos en los ensayos térmicos según los criterios de aceptación o rechazo establecidos en la norma UNE ISO 9806:2017
8. Elaborar el protocolo de homologación de los CSTPP bajo la norma UNE ISO 9806:2017 con sus respectivos formatos.

## **1.3 Alcance**

El proyecto propuesto tiene como alcance el implementar y poner a punto un banco de pruebas que permita realizar ensayos del comportamiento térmico exclusivamente de colectores solares de placa plana (CSTPP) bajo los requerimientos de la norma técnica UNE-ISO 9806 y su par nacional la norma técnica NTE INEN 2507.

El proyecto se centrará en la implementación de los sensores para el registro de datos de los ensayos, el tratamiento de estos datos, y la elaboración de un protocolo de los ensayos

térmicos e informe final de los ensayos térmicos de los colectores basado en la norma mencionada.

El proyecto permitirá la evaluación de los CSTPP y será de utilidad para los fabricantes nacionales e importadores con la finalidad de certificar el funcionamiento y operación de los colectores solares.

El banco de pruebas no será validado para otro tipo de colectores solares térmicos que no sean los de placa plana ni para ensayos basados en otro tipo de normativa.

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Antecedentes**

A pesar de que Ecuador exporta petróleo crudo, la compra de derivados de petróleo a precios internacionales y la venta a precios regulados y subsidiados a la población se convierte en un gasto sustancial para el gobierno de Ecuador. De esta forma el país mantiene el reto de reducir esta dependencia a través del cambio de la matriz energética impulsando tecnologías con energías renovables, siendo una de las estrategias el aprovechamiento del potencial solar presente en Ecuador [4].

Ecuador posee características topográficas muy variadas, de gran diversidad climática y condiciones únicas que le confieren un considerable potencial de energías renovables y limpias [5]. Por esta razón y con la proyección del incremento de producción nacional de colectores solares de placa plana para el calentamiento de agua sanitaria [3], es necesario un sistema de homologación que permita certificar las características y requerimientos mínimos que garanticen la fiabilidad de los CSTPP tanto del mercado nacional productor, como de equipos fabricados internacionalmente cuyo destino sea el mercado nacional.

Frente a la falta de una entidad regulatoria que evalúe y certifique el correcto funcionamiento y la fiabilidad de los CSTPP, el grupo de investigación en energías alternativas SCINERGY, contando con la estructura y sistema hidráulico desarrollado por Carrera y Santamaría en su trabajo *“Diseño de un banco de pruebas para evaluación de colectores solares de placa plana bajo la norma UNE-EN ISO 9806 y construcción de la estructura y el sistema hidráulico del banco de pruebas”* [3], busca a través de este proyecto implementar el sistema de recolección de datos para los ensayos térmicos de colectores solares de placa plana bajo la norma UNE-ISO 9806-2017.

### **1.4.2 Estado del Arte**

Alrededor del mundo, en varios países, se ha incentivado la implementación de bancos de prueba que permitan analizar los diseños, la eficiencia y rendimiento térmico de los CSTPP, considerando las diferentes normativas a nivel mundial y regional.

Un ejemplo es el proyecto “Realization of a Test Rig for Small Solar Collectors and Preliminary Test” desarrollado por la universidad de Florencia en Italia en 2018. En este proyecto se desarrolló un banco de pruebas bajo la norma ISO 9806 evaluando el rendimiento térmico y la durabilidad del colector a través de una interfaz gráfica que permite monitorear en tiempo real los principales parámetros de los CSTPP [6].

El Instituto de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Ciencias de la Vida de Varsovia en 2020 realizó el proyecto “Comparison of Solar Collector Testing Methods – Theory and Practice”, donde con el uso de la norma ISO 9806:2017 y a través de un banco de pruebas se analizaron las propiedades dinámicas y estáticas del colector que permitan mediante el uso de un algoritmo de control aumentar de ser posible la eficiencia de los CSTPP [7].

Otro ejemplo a nivel regional se da en la Universidad de la República de Uruguay donde por medio del proyecto “Ensayo Cuasi-Dinámico de colectores solares de placa plana en Uruguay de acuerdo con la norma ISO 9806:2017”, se busca demostrar la aplicabilidad de la norma ISO 9806:2017 y el método de ensayo cuasi dinámico a la región sudeste de Sudamérica y darle difusión a esta metodología en la región [8].

De esta forma se muestra como a nivel mundial se busca el implementar sistemas que comprueben, a través de las normativas vigentes, el correcto funcionamiento de los CSTPP y con el incremento de este tipo de tecnologías, nuestro país requiere de igual forma un banco de pruebas que permita corroborar el correcto funcionamiento dentro de los rangos y valores aceptados para homologar tanto de los CSTPP importados como los de los fabricados nacional.

### **1.4.3 Normativa**

A nivel mundial existen diferentes normativas para evaluar el comportamiento de los CSTPP, según las condiciones de cada país, especificaciones y requisitos que estos demanden. A continuación, se muestran las normas nacionales e internacionales en las que se sustenta el presente proyecto:

- NTE INEN 2507: Rendimiento térmico de colectores solares. Requisitos y métodos de ensayo.

Esta norma fue establecida por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) en 2016 y detalla los requisitos de durabilidad, fiabilidad y seguridad de los colectores solares para calentamiento de agua sanitaria a temperaturas menores a 100°C. Tiene como base referencial las normas: NTE INEN ISO 9488 (Energía solar – Vocabulario), ISO 9806:2013 (Energía solar – Captadores solares térmicos – Métodos de ensayo) y la norma ASHRAE 41.1 (Métodos para mediciones de temperatura) [6].

- ISO 9806-2017: Energía Solar. Captadores solares térmicos. Métodos de prueba.

Esta norma europea fue establecida por la Organización Internacional de Normalización (ISO) en 2017, reemplazando a su versión anterior ISO 9806:2013. En la norma se detallan métodos de prueba para evaluar la durabilidad, confiabilidad, seguridad y rendimiento térmico de los colectores solares para calentamiento de fluidos. La norma usa como referencia los documentos: ISO 9060 (Energía solar – Especificación de instrumentos para medir la radiación solar hemisférica y solar directa) y la ISO 9488 (Energía solar – Vocabulario) [7].

- ANSI/ASHRAE 93-2010 (RA 2014): Métodos de Ensayo para determinar el rendimiento térmico de los colectores solares.

Esta norma Americana fue establecida por la Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) y el Instituto Nacional Estadounidense de Estandarización (ANSI) teniendo la última actualización en 2014. La norma proporciona métodos de prueba que permiten determinar el rendimiento térmico de los colectores solares que utilicen fluidos en una sola fase que tengan una sola entrada y salida [8].

#### **1.4.4 Generalidades**

Los colectores solares térmicos de placa plana (CSTPP), son utilizados para el calentamiento de agua sanitaria en edificios y viviendas. Su funcionamiento se basa en el denominado efecto invernadero, el cual se produce debido a los diferentes componentes del colector que permiten absorber una parte de la radiación solar incidente aumentando la temperatura del colector y luego transfiriéndola a un fluido. Los CSTPP se encuentran compuestos por una cubierta transparente, el armazón del colector, el absorbedor y el aislamiento como se muestra en la Figura 1 [12].



**Figura 1.** Partes del colector solar de placas planas (Fuente: INEN 2507) [9].

**Cubierta transparente:** La cubierta es en su gran mayoría de vidrio y se encargan de proteger los componentes interiores al igual que reducen las pérdidas de radiación por convección.

**Absorbedor:** Está compuesto por una superficie metálica plana que se encuentra unida generalmente por soldadura a la tubería por donde circulará el fluido de trabajo. Es el elemento encargado de transformar la radiación solar en energía térmica.

**Aislamiento:** Generalmente para el aislamiento del colector se ocupa lana de vidrio, lana mineral o poliuretano y es el elemento encargado de reducir las pérdidas térmicas que se pueden dar por conducción.

**Carcasa:** Es el marco rígido encargado de contener y proteger del medio exterior a todos los elementos del colector. Generalmente está hecho de aluminio, acero inoxidable o acero galvanizado [13].

#### Temperatura de Estancamiento

Se considera como la temperatura máxima a la que el colector puede funcionar sin que circule un fluido a una radiación y temperatura ambiente determinada [12].

#### Termocupla

Circuito termoeléctrico que consiste en dos alambres de metales diferentes unidos en uno de los extremos. Al ser calentado el extremo unido, genera un voltaje que es una función de la temperatura y conociendo el tipo de termopar se podrá obtener la temperatura medida [14].

#### Detector de temperatura resistivo (RTD)

Sensor que por medio de una resistencia interna permite la medición de la temperatura y para su funcionamiento requiere de una alimentación de voltaje [15].

### 1.4.5 Descripción de los ensayos

Dentro de la norma ISO 9806:2017 se establecen los ensayos necesarios para evaluar la durabilidad, confiabilidad, seguridad y rendimiento térmico de los colectores solares, al igual que los tipos de colectores a los que se puede aplicar la norma. En la Tabla 1, se muestra el orden de los ensayos en la norma, al igual que su correspondiente capítulo.

**Tabla 1.** Listado de los ensayos de la norma ISO 9806:2017.

No.	Ensayo	Capítulo
1	Ensayo de tasa de fuga de aire <sup>f</sup>	7
2	Ensayo de ruptura o colapso <sup>f</sup>	8
3	Temperatura estándar de estancamiento	9
4	Ensayo de Exposición <sup>b</sup>	10
5	Ensayo de choque térmico externo <sup>b</sup>	11
6	Ensayo de choque térmico interno <sup>b, e</sup>	12
7	Ensayo de penetración de lluvia <sup>f</sup>	13
8	Ensayo de resistencia a la congelación <sup>c, f</sup>	14
9	Ensayo de presión interna para canales de fluido <sup>a, d, e</sup>	6
10	Ensayo de carga mecánica <sup>f</sup>	15
11	Ensayo de resistencia al impacto <sup>g</sup>	16
12	Inspección final	17
13	Ensayo de rendimiento térmico <sup>h</sup>	19 al 26
14	Medición de la caída de presión	27

<sup>a</sup> Para absorbedores poliméricos, se necesita la temperatura estándar de estancamiento.  
<sup>b</sup> Los ensayos de choque térmico externo e interno pueden combinarse con el ensayo de exposición.  
<sup>c</sup> Para colectores resistentes a la congelación y colectores que contienen tubos al vacío.  
<sup>d</sup> Aplicable solo para colectores de calentamiento de líquidos. Último ensayo de una secuencia de ensayos, pero antes de la inspección final.  
<sup>e</sup> Se requiere media exposición antes del ensayo para canales de fluidos que contienen materiales (incluido el sellado).  
<sup>f</sup> Se requiere media exposición antes del ensayo. En caso de que el medio de transferencia de calor esté en contacto directo con materiales poliméricos, este ensayo se realizará en condiciones estándar temperatura de estancamiento.  
<sup>g</sup> Se requiere media exposición antes del ensayo si la cubierta de polímero.  
<sup>h</sup> Se requiere exposición antes del ensayo de rendimiento de los colectores de tubos al vacío.

(Fuente: ISO 9806:2017)

Considerando que este documento está enfocado en los ensayos térmicos para los colectores solares de placa plana, esta breve descripción estará direccionada a los siguientes ensayos: Ensayo de choque térmico externo, Ensayo de choque térmico interno, Ensayo de temperatura de estancamiento y Ensayo de rendimiento térmico.

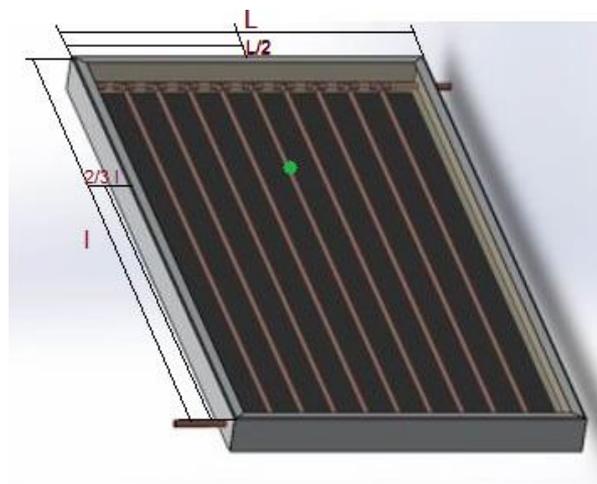
- Ensayo de Temperatura de Estancamiento.

El objetivo de este ensayo es obtener la temperatura máxima que los colectores pueden alcanzar en condiciones de radiación solar alta a una temperatura ambiente en los periodos

en los cuales los colectores no eliminan calor útil. En este capítulo se muestran dos métodos para determinar la temperatura de estancamiento de un colector solar, el primero con el apartado 9.3 (Medición y extrapolación de la temperatura estándar de estancamiento) y el segundo con el apartado 9.4 (Determinación de la temperatura de estancamiento estándar usando parámetros de eficiencia).

#### Equipo y Procedimiento

El colector debe ser montado al aire libre o en un simulador solar y todas las tuberías, excepto una, deben estar selladas y sin fluido para evitar el enfriamiento por circulación natural de aire. Los equipos usados en este ensayo son: un piranómetro que permita medir la radiación solar, un sensor de temperatura que permita obtener la temperatura ambiente y un sensor de temperatura para medir la temperatura directamente en el absorbedor. Para los colectores de placa plana y de tubos al vacío, el sensor de temperatura debe colocarse en el absorbedor (tubos de cobre), ubicado a dos tercios de la altura del absorbedor y a la mitad del ancho de este como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2.** Locación del sensor de temperatura (Fuente: Salvador Escoda S.A) [12].

Para este ensayo ocuparemos el apartado 9.3 de la norma, dentro del cual se especifica que el colector debe ser expuesto al ensayo por 1,5 horas, bajo condiciones estables y las condiciones climáticas que se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Condiciones de clima para el ensayo de Temperatura de estancamiento.

Parámetro	Valor
Radiación solar $[G]$ en $W/m^2$	1000 ( $\pm 100$ )
Temperatura ambiente $[T_{as}]$ en $^{\circ}C$	30 ( $\pm 10$ )
Velocidad del aire circundante en $m/s$	$< 1$

Basados en este apartado, para el cálculo de la temperatura de estancamiento se ocupa la Ecuación 1.

$$T_{stg} = T_a + \frac{G_s}{G_m} (T_{sm} - T_{am}) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde

$T_{stg}$ : Temperatura de estancamiento.

$T_a$ : Temperatura ambiente.

$G_s$ : Radiación solar hemisférica.

$G_m$ : Media de la radiación solar hemisférica.

$T_{sm}$ : Media de la temperatura del absorbedor.

$T_{am}$ : Media de temperatura ambiente.

Resultados y reporte

La temperatura de estancamiento debe ser colocada en el reporte con una resolución redondeada de 10°C. El reporte debe ser presentado como se muestra en el Anexo I junto dentro del reporte general de ensayos.

- Ensayo de choque térmico externo

El ensayo de choque térmico externo tiene como objetivo el evaluar la capacidad de los CSTPP a soportar los cambios abruptos de temperatura cuando existen variaciones de clima. Un ejemplo de lo mencionado sucede cuando existen días calurosos o soleados y se presentan lluvias torrenciales. Se debe resaltar que según la norma ISO 9806:2017, se considera que los colectores que utilizan vidrio templado cumplen con la resistencia necesaria y no se requiere realizar este ensayo.

Equipo y procedimiento

El colector debe ser expuesto a radiación natural o simulada con las tuberías selladas, por un lapso de una hora. Se debe tomar en cuenta que las condiciones climáticas para este ensayo deben ser dependiendo de la clasificación que el fabricante del colector especifique según la Tabla 3.

Luego de la exposición por un lapso de 1 hora, se debe rociar el colector con agua que se encuentre a una temperatura entre 10°C a 25°C por 15 minutos. En este ensayo se utilizan los mismos sensores ocupados en el ensayo de Temperatura de Estancamiento,

adicionando unos aspersores que permitan rociar de manera uniforme agua sobre los colectores.

**Tabla 3.** Condiciones climáticas de referencia para el ensayo de exposición y choque térmico.

Condiciones de Clima	Valores para clases climáticas				
		Clase C Templado	Clase B Soleado	Clase A Muy Soleado	Clase A+ En extremo Soleado
Radiación solar hemisférica $G_{hem}$ en el plano del colector durante mínimo 32h (o 16h en caso de pre-exposición) a una temperatura ambiente mínima $T_a$ . <sup>a</sup>	$G_{hem}$ [W/m <sup>2</sup> ]	800	900	1000	1100
	$T_a$ [°C]	10	15	20	40
Insolación en el plano del colector (H), para el ensayo de exposición durante mínimo 30 días.	$H$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	420	540	600	700
Insolación en el plano del colector (H), para el ensayo de pre-exposición durante mínimo 15 días.	$H/2$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	210	270	300	350
<sup>a</sup> Para el ensayo de choque térmico, puede entenderse los valores como los valores medios en 1h.					

(Fuente: ISO 9806:2017)

### Resultados y reporte

Los resultados de este ensayo deben ser anotados de la forma que se muestra en el Anexo I, dentro del reporte general de ensayos.

- Ensayo de choque térmico interno

Este ensayo está direccionado a evaluar que los colectores solares puedan soportar los choques térmicos que pueden ocurrir debido al ingreso de fluido frío en días soleados y calurosos. Un ejemplo de esto es cuando tras un periodo de paro de circulación del fluido se reanuda en funcionamiento y el colector se encuentra a una temperatura de

estancamiento, lo cual produce un choque térmico. Este ensayo no es aplicable en las secciones donde los colectores vengan sellados de fábrica.

#### Equipo y procedimiento

El colector debe ser expuesto al aire libre o a un simulador de radiación y no deben contener líquido. Todos los canales de fluido deben estar sellados excepto uno para permitir la libre expansión de aire. Al igual que en el ensayo de choque térmico externo, es necesario tomar en cuenta las condiciones climáticas dependiendo de la clasificación que el fabricante del colector especifique según la Tabla 3.

Posterior a la exposición a las condiciones climáticas señaladas, por un lapso de 1 hora, una de las tuberías selladas se debe conectar a la fuente de fluido que debe estar a una temperatura inferior a 25°C por un lapso de 5 minutos.

#### Resultados y reporte

De la misma forma que ensayo anterior, los resultados de este ensayo deben ser anotados de la forma que se muestra en el Anexo I, dentro del reporte general de ensayos.

- Ensayo de rendimiento térmico

El ensayo de rendimiento térmico está orientado a la evaluación del desempeño térmico de los colectores considerando las diversas condiciones de funcionamiento y la capacidad calorífica de los colectores. En el capítulo 19 de la norma, se muestran los métodos para las pruebas de rendimiento térmico y en los capítulos desde el 20 al 26 se encuentran las diferentes condiciones y aspectos que se deben cumplir con respecto a la instrumentación, orientación del colector con respecto al sol y la ubicación geográfica del lugar de ensayos. Este ensayo puede realizarse tanto al aire libre como en un simulador de radiación.

#### Condiciones del ensayo

Dentro de la norma se detallan los aspectos y condiciones que se debe tomar en cuenta para la obtención del rendimiento térmico de los colectores ensayados, como se muestra a continuación

#### Condiciones de montaje y localización.

- Estructura del colector: Los colectores deben ser montados en una estructura abierta que permita la libre circulación de aire. Debe montarse en la estructura de modo que el borde inferior esté a menos de 0,5 m por encima del suelo y a 2 m del borde de la terraza.

- Orientación del colector: El colector debe estar orientado hacia la línea ecuatorial, variando la posición de forma azimutal con el sol.
- Sombra de radiación solar directa: No se debe proyectar ninguna sombra sobre el colector durante el ensayo
- Radiación solar directa y difusa: El colector debe ser colocado donde no existan edificios o superficies reflejantes cerca de él, como metal, cristal o charcos de agua estén en los alrededores del colector, siendo los materiales óptimos del piso una superficie rugosa, hormigón desgastado o césped.
- Radiación térmica: El rendimiento térmico de los colectores puede ser afectado por la radiación térmica de las superficies adyacentes, por esta razón debe estar apartado de chimeneas, torres de enfriamiento o ductos de ventilación.
- Velocidad del aire circundante: El colector debe montarse de forma que el aire circule libremente alrededor de este.

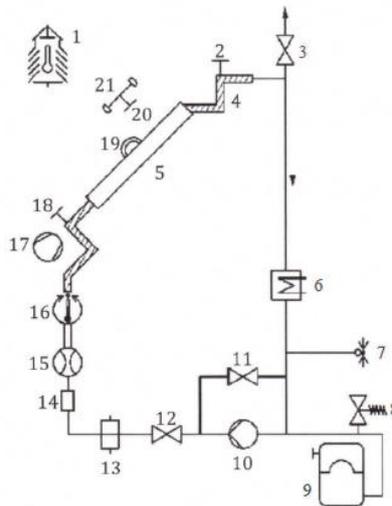
#### Instrumentación

- Medición de la radiación solar: Para la medición de la radiación solar, es necesario el uso de un piranómetro de clase I o superior que posea un anillo de sombra. El piranómetro debe colocarse de tal forma que mida la radiación que el colector solar recibe precautelando que factores como el polvo o la suciedad afecten las mediciones.
- Medición de la temperatura del fluido de transferencia: Para el ensayo es necesario medir la temperatura del fluido de transferencia tanto a la entrada como a la salida del colector. Los sensores requeridos deben tener un rango de trabajo de entre 0°C a 100°C y una incertidumbre de <0,05K. Deben ser montados a una distancia inferior a los 200 mm de la entrada o salida del colector.
- Medición de la temperatura de ambiente: El sensor para medir la temperatura ambiente debe ser colocado a una altura entre 1 m a 10 m y debe tener una incertidumbre < 0,5K.
- Medición del caudal: Es necesario medir el flujo másico, sin embargo, se puede el flujo volumétrico a través de un caudalímetro con una incertidumbre de  $\pm 1\%$  y realizar la respectiva transformación a flujo másico conociendo las propiedades del fluido de transferencia.

- Medición de velocidad del aire circundante: Para la medición de la velocidad del viento se requiere un anemómetro con una apreciación de  $\pm 0,5$  m/s.

#### Instalación del ensayo

Dentro de la norma se muestra un esquema de cómo deben estar instalados los equipos para este ensayo, como se muestra en la Figura 3.



**Figura 3.** Ejemplo de instalación para ensayo de rendimiento térmico (Fuente: ISO 9806:2017) [10].

Donde:

- |  |  |
|--|--|
| 1.- Sensor de temperatura ambiente                         | 11.- Válvula Baipás                    |
| 2.- Sensor de temperatura                                  | 12.- Válvula de control de flujo       |
| 3.- Purgador de aire                                       | 13.- Filtro (200 $\mu$ m)              |
| 4.- Tubería aislada  | 14.- Visor                             |
| 5.- Colector solar   | 15.- Flujoímetro                       |
| 6.- Control de temperatura primario (Calentador/enfriador) | 16.- Control de temperatura secundario |
| 7.- Manómetro  | 17.- Generador artificial de viento    |
| 8.- Válvula de seguridad                                   | 18.- Sensor de temperatura             |
| 9.- Tanque   | 19.- Pirgeómetro                       |
| 10.- Bomba   | 20.- Piranómetro                       |
|  | 21.- Anemómetro                        |

## Procedimiento

El colector debe ser ensayado hasta las temperaturas que indique el fabricante y se debe obtener por lo menos un total de 16 mediciones separadas con un periodo de tiempo de medida uniforme durante el ensayo del colector de los siguientes parámetros del fluido y del colector: área total del colector, flujo másico, radiación solar, temperatura del fluido a la entrada del colector, temperatura del fluido a la salida del colector, temperatura ambiente y la velocidad del aire circundante. El tiempo de ensayo para el colector deberá ser de 2 horas antes y dos horas después del mediodía. Para establecer el periodo de tiempo de medida se deben considerar los parámetros de la Tabla 4. mostrada a continuación

**Tabla 4.** Desviación permitida para establecer el periodo de tiempo en la medición de los parámetros del ensayo de rendimiento térmico.

Parámetro	Desviación permitida
Radiación solar [ $W/m^2$ ]	$\pm 50$
Temperatura ambiente [ $K$ ]	$\pm 1,5$
Flujo másico [%]	$\pm 1$
Temperatura del fluido a la entrada del colector [ $K$ ]	$\pm 0,1$
Temperatura del fluido a la salida del colector [ $K$ ]	$\pm 0,4$
Velocidad del aire circundante [ $m/s$ ]	$\pm 1,0$

(Fuente: ISO 9806:2017)

Con las condiciones, para los cálculos computacionales se debe obtener primero el calor útil instantáneo con la Ecuación 2:

$$\dot{Q}_u = \dot{m} C_p (T_s - T_e) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde

$\dot{Q}_u$ : Calor útil instantáneo.

$\dot{m}$ : Flujo másico.

$C_p$ : Calor específico.

$T_s$ : Temperatura a la salida del colector.

$T_e$ : Temperatura a la entrada del colector.

Con el cálculo del calor útil se procede con el cálculo de la eficiencia térmica del colector, la cual se obtiene con la Ecuación 3:

$$\eta_i = \frac{\dot{Q}_u}{A_c G_{pi}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde

$\eta_i$ : Rendimiento térmico.

$\dot{Q}_u$ : Calor útil instantáneo.

$A_c$ : Área efectiva del colector.

$G_{pi}$ : Radiación global instantánea.

Con las mediciones de las variables necesarias para obtener el rendimiento térmico, se lo grafica tomando en consideración que, dentro de los parámetros de la norma en la gráfica de rendimiento térmico el eje Y corresponde a los datos de rendimiento térmico y el eje X corresponde a los valores obtenidos al aplicar la Ecuación 4:

$$x = \frac{(T_e - T_a)}{G_{pi}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde

$x$ : Valores en eje x para grafica de rendimiento.

$T_e$ : Temperatura a la entrada del colector.

$T_a$ : Temperatura ambiente.

$G_{pi}$ : Radiación global instantánea.

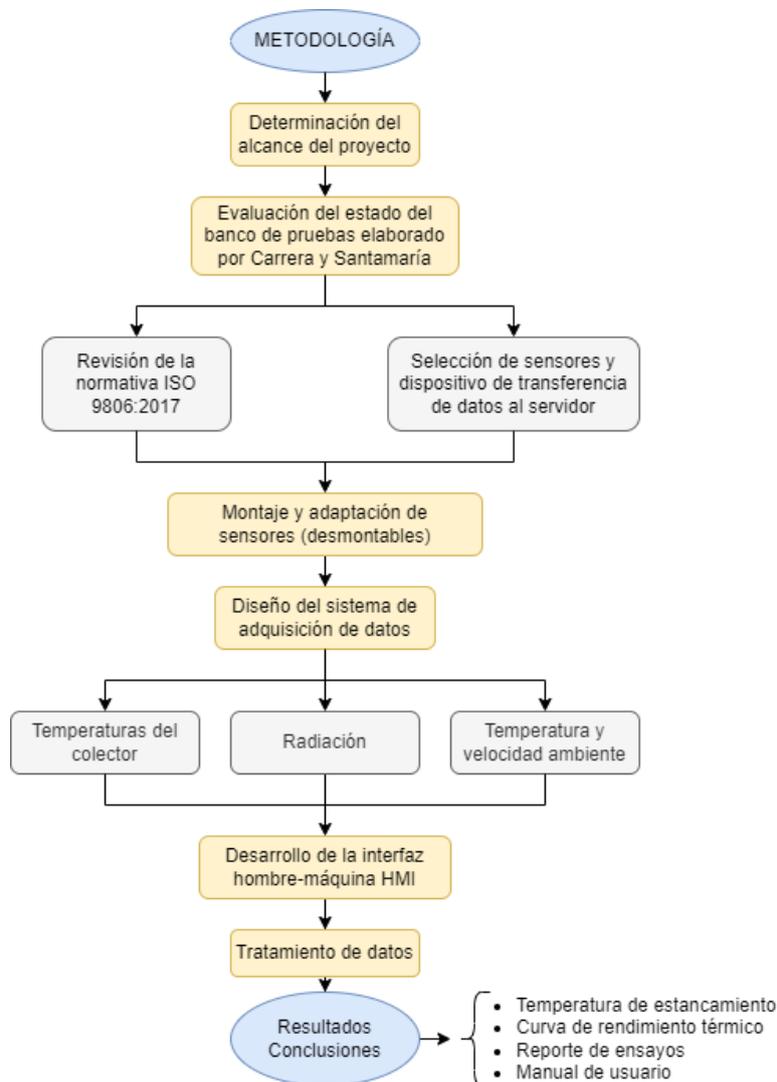
Resultados y reporte

Los resultados del ensayo de rendimiento térmico y su gráfica, deben ser colocados de la forma que se muestra en el Anexo I, dentro del reporte general de ensayos.

## 2 METODOLOGÍA

La norma ISO 9806:2017 muestra los ensayos y el orden en el que se deben realizar para homologar los colectores solares de placa plana evaluando el correcto funcionamiento, la fiabilidad y el rendimiento térmico de los CSTPP para exposiciones al aire libre como en ambientes con radiación simulada. Este componente del proyecto se enfoca específicamente el uso del banco de pruebas para los ensayos térmicos, continuando con el trabajo realizado por Carrera y Santamaría en “Diseño de un banco de pruebas para evaluación de colectores solares de placa plana bajo la norma UNE-EN ISO 9806 y construcción de la estructura y el sistema hidráulico del banco de pruebas” [3].

Dando continuidad al proyecto del banco de pruebas, para el componente térmico que se desarrolla en este documento se ha generado la metodología mostrada en la Figura 4.



**Figura 4.** Metodología aplicada (Fuente: Propia).

## 2.1 Evaluación del estado de la estructura y equipos

Dentro del trabajo realizado por Carrera y Santamaría [3], se evaluaron las diferentes necesidades funcionales del banco de pruebas para la selección de los materiales y la división de la estructura en los módulos requeridos para los diferentes ensayos que se deben llevar a cabo para la homologación, de acuerdo con el método de criterios ponderados. De esta forma en los entregables del anterior proyecto se contaba con la estructura modular del banco de pruebas y el sistema hidráulico.

Para los ensayos de este componente se utilizará el módulo para ensayo de lluvia y choque térmico y el módulo para ensayo de eficiencia térmica y alimentación de ensayos hidráulicos. La estructura fue entregada por el Laboratorio de Transferencia de Calor de la facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional y fue armada en la terraza del edificio 17 de Química y Eléctrica, espacio de uso del equipo de trabajo de SCINERGY.

Luego del armado de la estructura, se procedió a reactivar el sistema hidráulico, verificando cada uno de los componentes y el estado de las tuberías y mangueras. De la misma forma se verificó que cada uno de los módulos de la estructura se encuentren completos, funcionales y se procedió a engrasar y aceitar los componentes móviles.

Como parte final se verificó el tipo de instalación eléctrica necesaria para la bomba (Bifásico 110V), el calentador eléctrico (Bifásico 220V) y el electroimán (Bifásico 12V). Se solicitó la instalación pertinente en el lugar de trabajo para los equipos y se verificó el correcto funcionamiento de cada uno. Para el sistema hidráulico se ocupó la recirculación con el llenado previo del tanque de almacenamiento ya que no se cuenta con una toma de agua que provea el líquido necesario para los ensayos.



**Figura 5.** Banco de Pruebas instalado y verificado su funcionamiento (Fuente: Propia).

## **2.2 Selección de sensores y modelo de transferencia de datos al servidor.**

Con las especificaciones de la norma ISO 9806:2017 en cuanto a los sensores, para este componente del proyecto es necesario definir las variables que deben ser medidas para el desarrollo de los ensayos térmicos revisados en el marco teórico. Estas variables son: La temperatura del absorbedor, la temperatura de entrada y salida del colector, el flujo másico, la radiación solar directa y difusa, la velocidad del viento y la temperatura ambiente.

Con las variables requeridas definidas y considerando que en el trabajo de Carrera y Santamaría se realizó un análisis de los posibles sensores en el apartado 2.8 denominado Módulo para recolección y tratamiento de datos [3]. Además, se buscó dentro del mercado nacional e internacional los equipos que cumplan las especificaciones técnicas para cada variable.

De la misma forma y considerando el uso del programa LABVIEW, se procedió con la selección del dispositivo de transferencia de datos al servidor que sirve como conexión entre los sensores y el HMI desarrollado en el programa antes mencionado.

A continuación, se muestra la forma de selección de los sensores y del dispositivo de transferencia de datos al servidor.

- Sensor para obtener la temperatura del absorbedor

Este sensor debe estar ubicado directamente en el absorbedor en una posición definida por la norma a dos tercios de la altura del absorbedor y a la mitad del ancho de este. Considerando que con las condiciones de radiación, temperatura ambiente y velocidad del viento estipuladas en la norma ISO 9806:2017, la temperatura de estancamiento calculada puede llegar a valores de entre 120°C a 160°C [13], es necesario que el sensor cubra este rango de temperaturas.

Con las consideraciones previas mostradas y considerando la ubicación de este sensor se determinó colocar una termocupla tipo J en la ubicación recomendada por la norma en el absorbedor. Este sensor tiene un rango de medición desde -200°C a 750°C con lo le cumple con bastedad el rango de mediciones. Se debe tomar en cuenta la polaridad de la termocupla siendo el cable de color blanco el polo positivo y el cable de color rojo el polo negativo.



**Figura 6.** Termocupla tipo J (Fuente: Catálogo Omega,2022) [16].

- Sensores para obtener la temperatura de entrada y salida del colector

Para el ensayo de rendimiento térmico según la norma en el apartado de medición de temperatura del fluido de transferencia específica que el sensor debe tener un rango de medida de entre  $0^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$ , una incertidumbre  $<0,05\text{K}$  y una precisión mayor al 1%. Con estas consideraciones Carrera y Santamaría realizaron una selección de tres posibles opciones de sensores tipo RTD que basan su funcionamiento en los sensores PT100, los cuales cumplen con las condiciones expuestas en la norma y permiten un contacto directo con el fluido.

Con lo antes mencionado y realizando una evaluación del mercado nacional, con el apoyo del Laboratorio de Termodinámica de la facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional, el cual proporcionó dos sensores PT100 modelo TMR31 de la empresa Endress Hauser se verificó que estos cumplen con las consideraciones de la norma con un rango de operación de  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $200^{\circ}\text{C}$ . Este sensor cuenta con una conexión de 4 hilos y necesita una alimentación de voltaje de 10 V a 35 V y una salida de corriente de 4 mA a 20 mA [17]. En el Anexo II se muestran la hoja técnica del sensor.



**Figura 7.** PT100 modelo TMR31 (Fuente: Catálogo Endress+Hauser,2022) [17].

- Sensor para obtener el flujo másico

Para este sensor, la norma específica que de no contar con un sensor de flujo másico se puede hacer la medición por medio de un sensor de flujo volumétrico y conociendo las propiedades del fluido calcular el respectivo flujo másico. El sensor debe tener una incertidumbre de  $\pm 1\%$  y debe cubrir el rango que los sensores de temperaturas, es decir de entre  $0^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$ .

Con las consideraciones de la norma y el trabajo previo realizado por Carrera y Santamaría, el Laboratorio de Transferencia de Calor proporcionó un flujómetro de la marca Omega modelo FPR 200. El sensor cuenta con una conexión de 3 hilos, una precisión del caudal de  $\pm 2\%$ , requiere una alimentación entre 12 V y 35 V y transmite una señal de entre 4 mA a 20 mA [18]. En el Anexo II se muestra la hoja técnica del sensor.



**Figura 8.** Flujómetro modelo FPR 200 (Fuente: Catálogo Omega,2016) [18].

- Radiación Solar directa y difusa, Velocidad del viento y Temperatura ambiente

Considerando que el grupo de investigación Sinergy cuenta con la estación meteorológica denominada Estación EPN – Campus Rubén Orellana, ubicada en el edificio 17 de la Escuela Politécnica Nacional, mismo lugar de operación del banco de pruebas de colectores solares de placa plana, se utilizará los datos de radiación solar directa y difusa, velocidad del viento y temperatura ambiente que esta estación recolecta durante el tiempo que se realice los ensayos, ya que la estación proporciona los datos mencionados de las 24 horas del día.

La estación meteorológica automática de la empresa Nippon Electric Instruments Inc. (NEI) fue donada por el gobierno de Japón al Ecuador y mediante un convenio de comodato con el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE) se entregó al grupo de investigación SCINERGY de la Escuela Politécnica Nacional [19].

En la estación se cuenta con un piranómetro modelo N-70-03E de la empresa NEI, un sensor de temperatura ambiente modelo TS-301C-2 de la empresa NEI y un anemómetro modelo N-564P11.



**Figura 9.** De izquierda a derecha -Piranómetro, Sensor de temperatura ambiente y anemómetro (Fuente: SCINERGY,2022) [19].

- Dispositivo de transferencia de datos al servidor

Con la selección de los sensores y considerando el uso del programa LABVIEW, el grupo de investigación SCINERGY proporcionó al proyecto un chasis CompactDAQ (CDAQ) de la empresa National Instruments modelo NI CDAQ-9188 que permite temporizar, sincronizar y transferir los datos captados por los sensores a nuestro computador a través del uso de módulos de la serie C que permiten captar diferentes tipos de señales [20]. En el Anexo II se muestra la hoja técnica del chasis CDAQ.



**Figura 10.** Chasis CDAQ modelo NI CDAQ- 9188 (Fuente: National Instruments, 2017) [20].

Tomando en cuenta las especificaciones técnicas de los sensores, para la toma de datos ocuparemos los siguientes módulos:

- Módulo para termocuplas

El módulo NI 9213 permite conectar termopares al chasis CDAQ, con una capacidad de hasta 16 canales y una precisión de  $0,8^{\circ}\text{C}$  [21]. En el Anexo II se muestra la hoja técnica del módulo NI 9213.



**Figura 11.** Módulo para termocuplas NI 9213 (Fuente: National Instruments, 2022) [21].

- Módulo Universal

Al módulo NI 9219 se le denomina universal ya que permite medir varias señales de los sensores como: termopares, medidores de tensión, RTD, celdas de carga. Posee 4 canales y permite conectar sensores que tengan una alimentación de hasta 60V [22]. En el Anexo II se muestra la hoja técnica del módulo NI 9219.



**Figura 12.** Módulo Universal NI 9219 (Fuente: National Instruments, 2022) [22].

Con los sensores seleccionados y el chasis CDAQ se procedió a la adaptación de estos equipos en el banco de pruebas.

## 2.3 Montaje y adaptación de sensores

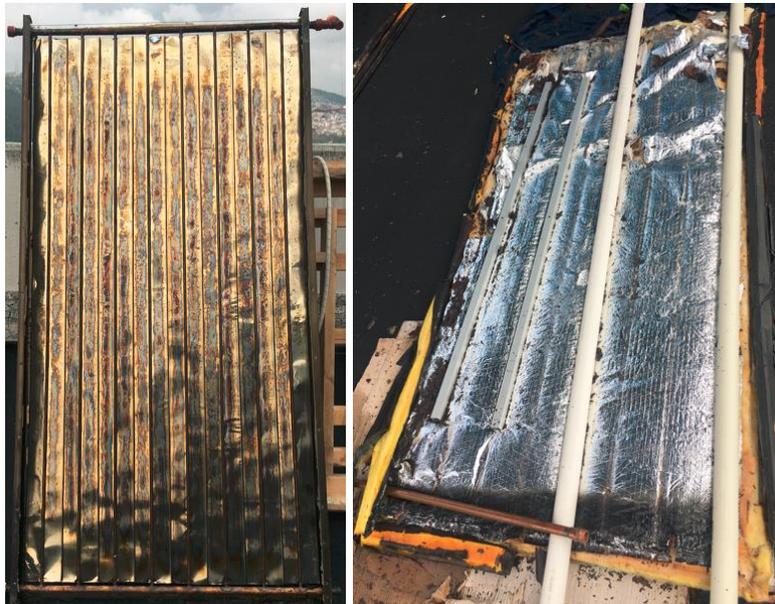
Una vez seleccionados los sensores, se procedió con la adaptación de estos en la posición indicada por la norma. Para esto fue necesario considerar las especificaciones técnicas y las dimensiones de los sensores tomando en cuenta que para su conservación y manejo en los diferentes ensayos se optó por la opción de que sean desmontables. De esta a forma a continuación se especifica la adaptación de los sensores en el banco de pruebas y la forma de conexión entre los sensores y el chasis CDAQ con los respectivos módulos.

- Termocupla tipo J

#### Montaje físico

Este sensor debe ser colocado directamente en el absorbedor del colector solar, ya sea de forma previa por la empresa antes de la homologación o una adaptación que se realice a los colectores entregados por las empresas por parte del operador del banco de pruebas. Para nuestro caso de estudio, el Laboratorio de energías alternativas y eficiencia energética a cargo del Físico Marco Yáñez proporcionó un colector solar de placas planas al cual se adaptó la termocupla.

Para este propósito primero se debió quitar la cubierta de la parte posterior del colector solar de placas planas y el aislante de lana de vidrio, para medir la posición en la que se debe colocar el sensor según la recomendación de la norma a dos tercios de la altura del absorbedor y a la mitad del ancho.



**Figura 13.** A la izquierda cubierta de vidrio con absorbedor y a la derecha aislamiento de lana de vidrio y cubierta posterior de la carcasa (Fuente: Propia).

Una vez determinado el punto en el que debe ir el sensor, la norma indica que para una mejor medición y evitar pérdidas debe ser colocada pasta térmica alrededor del punto donde se coloque el sensor. De esta forma se soldó el sensor al absorbedor, se colocó la pasta térmica y se recubrió con permatex rojo para altas temperaturas (Hasta 340°C).



**Figura 14.** Termocupla colocada en el absorbedor (Fuente: Propia).

Posterior al secado del permatex, se procedió a armar el colector colocando el aislamiento de lana de vidrio, la tapa posterior, se remachó y reforzó las juntas del marco de la carcasa del colector.

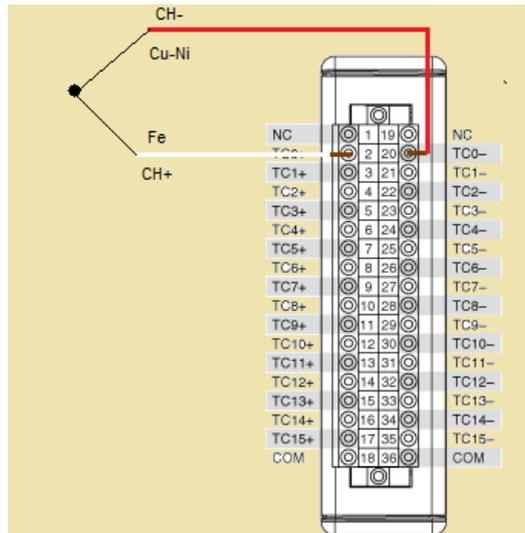


**Figura 15.** Colector ensamblado con la termocupla en el absorbedor (Fuente: Propia).

Con el colector ensamblado, se procedió a montarlo en el banco de pruebas verificando que se encuentre completamente sellado.

#### Conexión con el chasis CDAQ

Para la termocupla se dispone del módulo NI 9213 específicamente para termopares en donde se muestra la forma de conexión para cada uno de los canales, siendo el lado izquierdo correspondiente al polo positivo y el lado derecho al polo negativo. Es así que conociendo los polos según el tipo de termopar se conecta el sensor como se muestra en la Figura 16.



**Figura 16.** Conexión de la termocupla en el módulo NI 9213 (Fuente: Propia).

Se debe clocar el módulo dentro de cualquiera de las ranuras correspondientes al chasis CDAQ y luego a esto se procede con las conexiones del termopar.

- PT100 a la entrada y salida del colector

#### Montaje Físico

En el manual del sensor consta un apartado indicando las condiciones de instalación donde se indica que, para evitar errores de medición o variación en la precisión del sensor al menos una longitud 40 mm del sensor debe estar completamente en contacto con el fluido de trabajo. Considerando que tanto la entrada como la salida del colector son de tres cuartos de pulgada (3/4'), y la rosca del sensor es de media pulgada (1/2'), se decidió colocar una unión reducción roscable de 3/4' a 1/2' y un neplo corrido de 1/2' para colocar en la rosca del neplo una Tee roscable de 1/2', todos los accesorios para agua caliente.



**Figura 17.** Tee roscable 1/2 de agua caliente (Fuente: Comercial KYWI) [23] [24] [25].

De esta forma la rosca del medio de la tee se une con el neplo, dejando el espacio necesario para que el sensor pueda ser roscado en uno de los laterales y la tercera rosca de la tee para la alimentación o salida del fluido. Adicional, dentro de la hoja técnica se

especifica que antes de atornillar la rosca del sensor se la recubra con cinta teflón. En la Figura 18 se evidencia la conexión realizada.



**Figura 18.** Conexión de los sensores a entrada y salida del colector (Fuente: Propia).

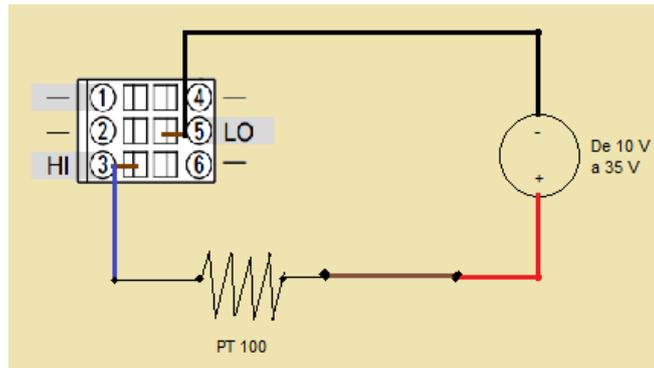
Tomando en cuenta que los PT100 deben ser desmontados al finalizar los ensayos, en el ingreso roscado donde se ubica el sensor, al ser retirados se debe colocar un tapón macho de 1/2' para el desarrollo de los ensayos restantes.



**Figura 19.** Tapón macho roscable 1/2' de agua caliente (Fuente: Comercial KYWI) [26].

Conexión con el chasis CDAQ

Es necesario tomar en cuenta que este sensor requiere de una alimentación de voltaje de entre 10 V a 35 V por este motivo se necesita una fuente que proporcione este voltaje. El módulo universal NI 9219 debe estar conectado en cualquiera de las ranuras del chasis CDAQ. El polo positivo de la fuente de alimentación debe ser conectado con el cable 1 del sensor de color café y del cable 3 del sensor de color azul debe ser conectado al puerto 3 de cualquiera de los 4 canales del módulo universal. Desde el mismo canal, en el puerto 5 se debe conectar el polo negativo de la fuente de alimentación. En la Figura 20 se muestra el circuito de conexión para los PT100.



**Figura 20.** Conexión del sensor PT100 al módulo NI 9219 (Fuente: Propia).

- Flujómetro FPR 200

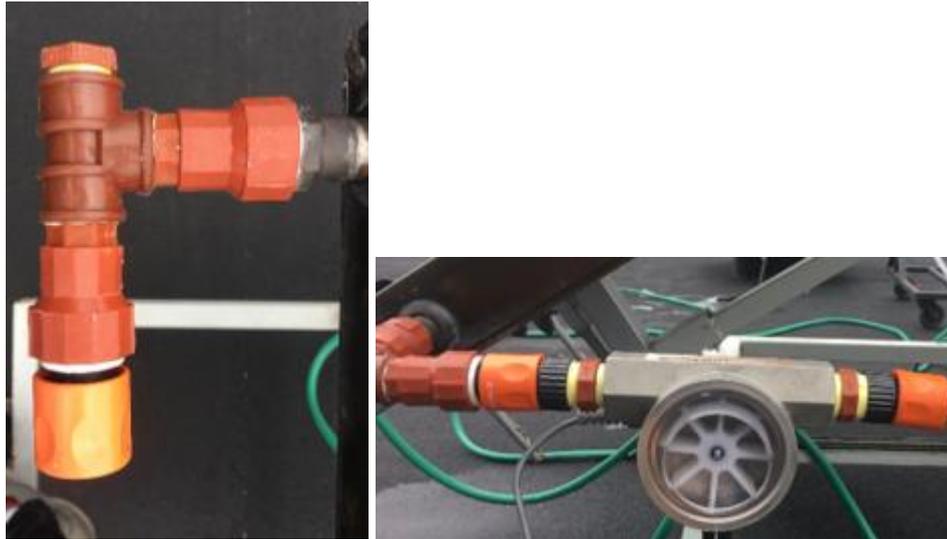
### Montaje Físico

El flujómetro debe ser colocado antes del medidor de temperatura en la entrada del colector según el diagrama de la norma. Con esta consideración y tomando en cuenta que el sensor tiene una entrada y salida de tres cuartos de pulgada (3/4'), para unir la tercera rosca de la tee que se une a la entrada del colector y el flujómetro, es necesario usar una unión reducción roscable de 3/4' a 1/2' y entre la tee y la reducción se debe utilizar un neplo corrido de 1/2'.



**Figura 21.** Reducción roscable 3/4' a 1/2' y neplo corrido de 1/2' (Fuente: Comercial KYWI) [23] [24].

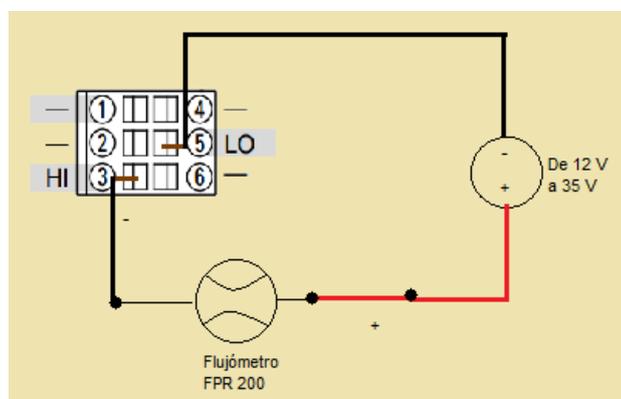
Considerando que el sensor debe ser desmontable y de fácil manejo se añadió a los accesorios antes mencionados un conector rápido que permita remover el flujómetro una vez finalizados los ensayos en los que se lo requiere. En la Figura 22 se muestra el flujómetro con los conectores rápidos y su montaje en el banco de pruebas.



**Figura 22.** Flujómetro montado en el banco de pruebas (Fuente: Propia).

#### Conexión con el chasis CDAQ

El flujómetro requiere de una alimentación de voltaje de entre 12 V a 35 V por este motivo se necesita una fuente que proporcione dicho voltaje. De la misma forma que el módulo universal NI 9219 debe estar conectado en cualquiera de las ranuras del chasis CDAQ. El polo positivo de la fuente de alimentación debe ser conectado al polo positivo del sensor que es el cable rojo y el polo negativo del sensor que corresponde al cable de color negro debe ser conectado al puerto 3 de cualquiera de los 4 canales del módulo universal. Desde el mismo canal, en el puerto 5 se debe conectar el polo negativo de la fuente de alimentación. En la Figura 23 se muestra el circuito de conexión para el flujómetro.



**Figura 23.** Conexión del flujómetro al módulo NI 9219 (Fuente: Propia).

- Chasis CDAQ

El Chasis CDAQ debe ser montado en una superficie plana considerando la extensión del cable de alimentación de corriente y la necesidad de un enchufe con 3 clavijas para el

mismo. También se debe tomar en cuenta la extensión del cable Ethernet necesario para la comunicación entre el ordenador y el chasis. En la Figura 24 se muestran los accesorios del chasis CDAQ.



**Figura 24.** Chasis CDAQ montado en el banco de pruebas (Fuente: Propia).

## 2.4 Diseño del sistema de adquisición de datos

Una vez que los sensores han sido adaptados al banco de pruebas, con las variables definidas para obtener los resultados de cada ensayo y conociendo las respectivas formas de conexión con los módulos del chasis CDAQ se procedió con el diseño del sistema de adquisición de datos.

El programa LABVIEW de forma conjunta con el chasis CDAQ permite realizar la adquisición de los datos que registran los sensores, sin embargo, la termocupla es el único sensor que dentro de las librerías de LABVIEW permite medir directamente la temperatura que adquiere el sensor, ya que tanto los PT100 como el flujómetro envían la señal en miliamperios.

De esta forma para el diseño de la adquisición de datos es necesario primero definir dentro del programa las ecuaciones para transformar la señal de miliamperios a las unidades respectivas de medición de cada sensor.

### Medición de temperaturas

Para obtener la ecuación que permita transformar la señal que los PT100 nos envían en miliamperios a su correspondiente valor de temperatura se debe escalar los valores en NI-MAX. El programa NI-MAX se encuentra dentro del paquete descargable del software LABVIEW y permite configurar canales, escalar, configurar el hardware y software, exportar o importar configuraciones del sistema y crear dispositivos simulados.

Para la obtención de la ecuación de la recta que nos permita escalar los valores de temperatura se ocupa el método de la ecuación de la recta conociendo dos puntos de ella. Ya que el sensor tiene el rango de operación de temperatura desde -50°C a 200°C y la señal de salida es de 4 mA a 20 mA, con estos valores obtenemos los dos puntos para la ecuación, siendo los miliamperios los valores para X y la temperatura los valores en Y.

$$P_1 = (0,004 ; -50 ) \text{ y } P_2 = (0,02; 200 )$$

Calculamos la pendiente con la Ecuación 5 con:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

$$m = \frac{200 - (-50)}{0,02 - 0,004} \rightarrow m = \frac{250}{0,016} \rightarrow m = 15625$$

Reemplazando m y uno de los puntos en la Ecuación 5:

$$m = \frac{y - y_1}{x - x_1} \rightarrow 12,5 = \frac{y - (-50)}{x - 0,004} \rightarrow 15625(x - 0,004) = y + 50 \rightarrow 15625x - 62,5 = y + 50$$

$$y = 15625x - 112,5 \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Obtenida la Ecuación 6 necesaria para transformar la señal de miliamperios a las unidades de Temperatura, se ingresa la escala en el programa NI-MAX, lo que permitirá observar en tiempo real el registro de los datos que los PT100 van captando y el cambio de temperaturas en la entrada y la salida del colector. El proceso de ingreso de la escala se muestra en el manual de usuario dentro del Anexo IV.

Medición de Flujo másico.

Para la medición del flujo másico, debido a que el módulo universal NI 9219 permite adquirir medidas de frecuencia de baja velocidad y el flujómetro FPR 200 entrega una señal de pulsos de alta frecuencia, no fue posible el uso del flujómetro. Por esta razón y considerando que el flujo volumétrico dentro del banco de pruebas es constante, se realiza la obtención de este parámetro de forma física mediante el uso de un recipiente graduado en 10 litros y tomando el tiempo en el que este llegaba a la medida graduada, realizando varias pruebas para este modo obtener un tiempo promedio de 92 segundos. De esta forma para obtener el flujo volumétrico se dividió el contenido del recipiente para el tiempo de llenado obteniendo un flujo volumétrico de 0,1087 litros por segundo (0,1087 l/s) y con la Ecuación 7 obtenemos el valor del flujo másico.

$$\dot{m} = \rho * \dot{V} \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Conociendo que la densidad del agua dentro de las temperaturas de trabajo del colector solar no varía en gran magnitud y es aproximadamente un kilogramo por litro (1kg/l), reemplazamos en la anterior fórmula y obtenemos el flujo másico.

$$\dot{m} = 1 \frac{kg}{l} \times 0,1087 \frac{l}{s} \rightarrow \dot{m} = 0,1087 \frac{kg}{s}$$

De esta manera una vez que se ha definido dentro del diseño del sistema de adquisición de datos, los valores y las variables establecidas por la norma y la forma de adquirirlas para la elaboración de la curva de rendimiento térmico y la temperatura de estancamiento se procedes con el desarrollo de la interfaz dentro del software LABVIEW.

## **2.5 Desarrollo de la interfaz hombre-máquina HMI**

Para el desarrollo del HMI fue necesario tomar en cuenta el sistema y la forma de adquisición de datos buscando que la interfaz sea fácil de manejar, amigable con el usuario y permita visualizar tanto la adquisición de datos en vivo como los cálculos y la obtención de la gráfica de rendimiento térmico. De esta forma se decidió realizar una interfaz para la adquisición de datos de las temperaturas en el colector a lo largo del ensayo de rendimiento térmico y el ensayo de temperatura de estancamiento y otra interfaz que, con la obtención y tratamiento de los datos de la estación meteorológica y los datos de temperatura, nos permita obtener la gráfica de rendimiento térmico y la temperatura de estancamiento.

Cabe tomar en cuenta que el proceso de conexión del chasis CDAQ, sus módulos y la identificación de este en el ordenador es necesaria para algunas de las operaciones y pruebas del HMI y dentro del manual de usuario en el Anexo IV se muestra el paso a paso de manejo tanto de los componentes como de los HMI elaborados en este proyecto y la identificación del Chasis CDAQ dentro del programa NI-MAX.

LABVIEW posibilita a través de dos ventanas elaborar la programación que sea requerida por el usuario, permitiéndole en la primera ventana a través de programación en bloques concatenar el proceso que desee realizar y en la segunda ventana permite observar los controladores que el usuario cree para el proceso deseado.

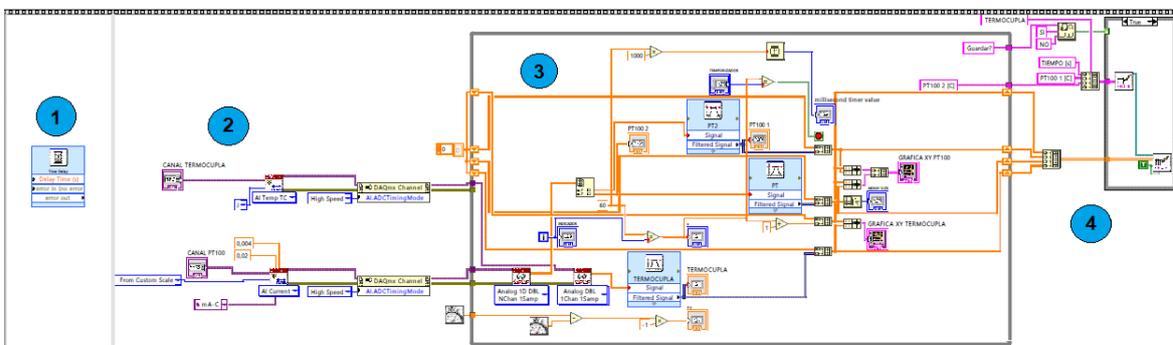
A continuación, se mostrarán los dos HMI elaborados, la programación de bloques con sus respectivos controladores y se detalla el funcionamiento de ambas interfaces.

### **Interfaz de adquisición de datos**

La interfaz de adquisición de datos se elaboró con el fin de que por medio de este HMI se obtenga los datos de temperatura que los sensores captan en los diferentes puntos del colector solar que la norma indica que se requieren durante los ensayos, de tal forma que

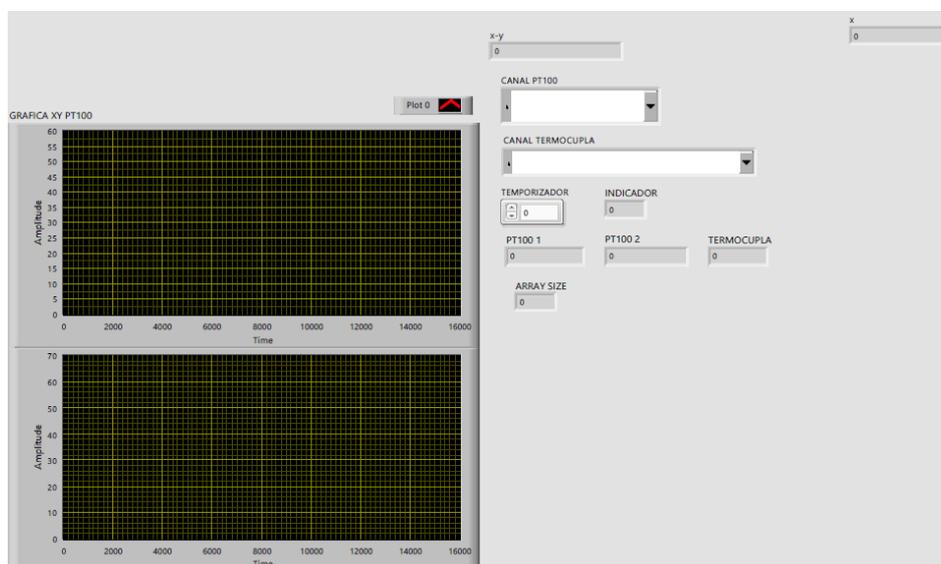
se pueda visualizar los valores que se van registrando, se observe de forma gráfica la evolución del ensayo y guardar como punto final los datos adquiridos en un archivo con formato txt.

En la ventana de diagrama de bloques de este HMI como se visualiza en la Figura 25 en la parte izquierda en la sección 1 se colocó un Time Delay el cual es modificable y se encarga de retrasar una cantidad de tiempo el inicio de la toma de datos desde que se corre el programa, tiempo en el que se estabilizará el funcionamiento del banco de pruebas. En la sección 2 por medio de los controladores, permite la selección de los canales y ranura en la que se encuentran conectados los diferentes sensores, estableciendo por medio de un canal virtual la conexión entre la programación realizada en el ordenador y los equipos de medición en el canal físico. Además, en esta sección también se utiliza la escala previamente ingresada en NI-MAX que se encarga de la transformación de la señal de miliamperios a grados centígrados. En la sección 3 dentro del While Loop se programó de tal forma que los datos adquiridos por el sensor sean transformados a valores analógicos con una mayor velocidad y que posteriormente nos permitan realizar los arreglos pertinentes para que se grafique en dos ejes al igual que a la par se cuenta con un contador que registra el tiempo y permite compararlo con los valores que se hayan ingresado en los controles, así en las gráficas se obtendrá en el eje X el tiempo transcurrido y en el eje Y los valores de temperatura registrados por los sensores. Una vez finalizado el tiempo del contador se realiza una última iteración verificando que se ha cumplido con el valor del tiempo ingresado en el controlador y para el ciclo pasando a la siguiente sección. En la sección 4 el ciclo se termina y presenta al usuario la opción de guardar los datos recolectados a través de un condicional y al aceptar el guardado de los datos los almacena en un archivo con formato txt.



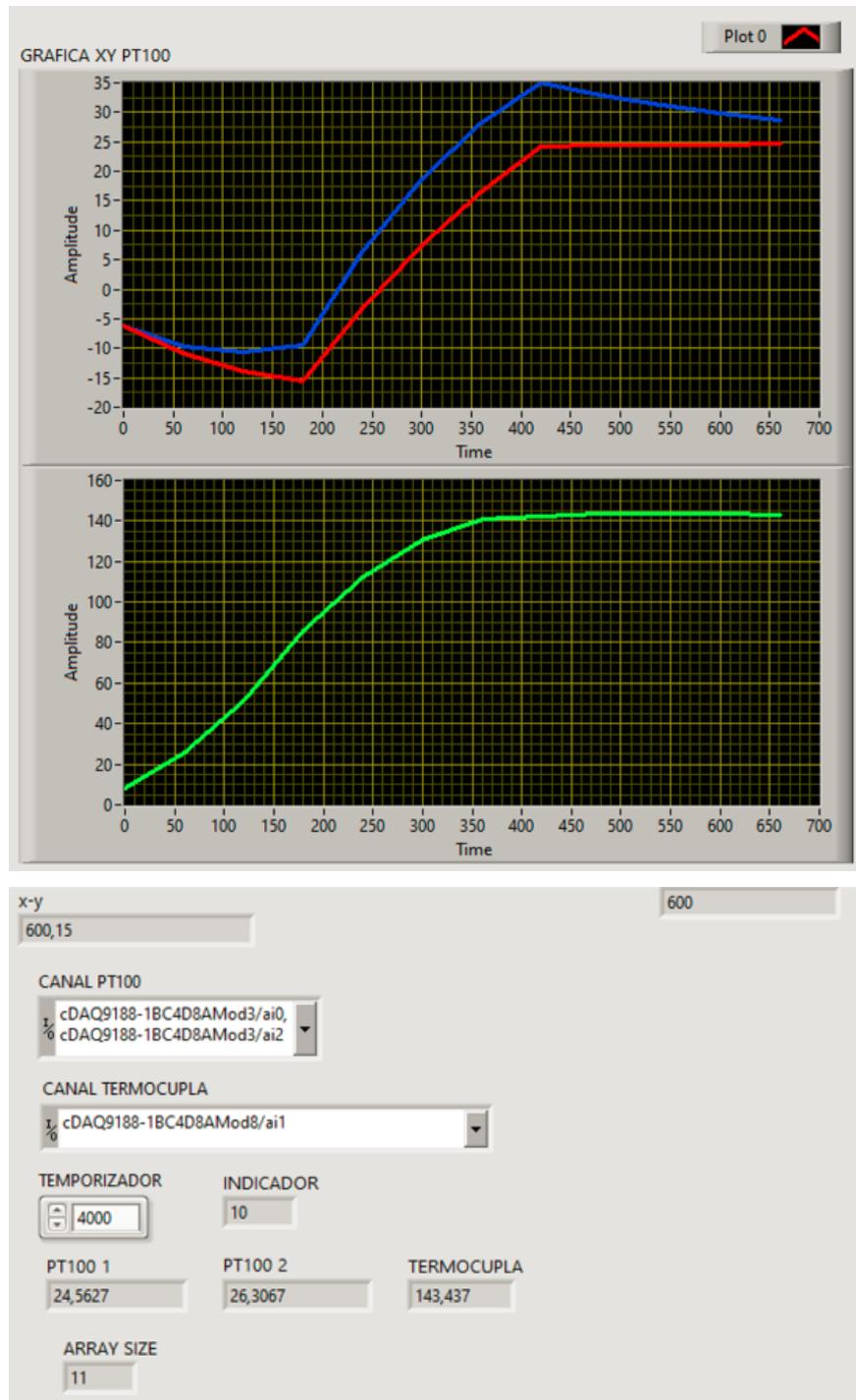
**Figura 25.** Diagrama de bloques del HMI programado para la recolección de datos de temperatura del colector solar (Fuente: Propia).

Dentro de la ventana de controladores del HMI de adquisición de datos se cuenta con varios controles como se muestra en la Figura 26. Dentro de la interfaz se visualiza en la primera grafica en la parte superior izquierda se grafica los datos que los PT100 van registrando mientras que en la gráfica inferior se registran los datos que adquiere la termocupla. En el lado derecho desde arriba la interfaz mostrará en el cuadro de texto el tiempo en el que se realizó la última medición para las gráficas, en el cuadro de texto del lado derecho se mostrará el contador que permite comparar con el temporizador el tiempo en el que se realizó la última medida para detener o continuar el programa. Tanto en la ventana que indica CANAL PT100 como CANAL TERMOCUPLA la interfaz permite por medio de un menú desplegable visualizar los canales que se encuentran disponibles y reconocidos para que sean seleccionen aquellos canales donde se han conectado los sensores y se pueda correr el programa, caso contrario saldrá un aviso de error si no se selecciona ningún canal o los canales correctos donde se conectó los sensores. En la siguiente ventana, en el control temporizador, se debe ingresar la cantidad de segundo durante los que se desea realizar los ensayos, así el contador realizará la comparación del tiempo y permitirá el guardado y finalización de la programación. Estos tres últimos controladores son los únicos modificables de esta ventana ya que los demás controles sirven para mostrar al usuario el progreso del ensayo, De esta forma el control indicador muestra la cantidad de datos que han sido registrados, el control PT100 1, PT100 2 y TERMOCUPLA se encargan de mostrar al usuario la última medición registrada. Como punto final el indicador ARRAY SIZE se encarga de indicarnos la numeración de la siguiente medición para almacenarlo en la base de datos.



**Figura 26.** Ventana de controladores del HMI programado para la recolección de datos de temperatura del colector solar (Fuente: Propia).

Con la programación de la interfaz se procedió a ponerla en funcionamiento dentro del banco de pruebas, colocando un tiempo de duración de la prueba de 4000 segundos. Así se probó el correcto funcionamiento de la interfaz y en la Figura 27 se puede observar los parámetros ingresados y como se van mostrando los datos recolectados por los sensores.



**Figura 27.** Funcionamiento del HMI programado para la recolección de datos de temperatura del colector solar (Fuente: Propia).

Una vez que ha finalizado el tiempo ingresado en el temporizador, la interfaz por medio de una ventana emergente preguntará al usuario si se desea guardar los datos adquiridos y al finalizar el proceso de guardado se creará un archivo con formato txt que al ser abierto en el editor de texto bloc de notas se podrá observar el almacenamiento de los datos como se muestra en la Figura 28.

TIEMPO [s]	PT100 1 [C]	PT100 2 [C]	TERMOCUPLA
0,000	1,370	1,523	2,403
60,000	4,176	4,635	7,158
120,000	8,403	9,325	14,216

**Figura 28.** Archivo de datos de temperatura adquiridos por el HMI (Fuente: Propia).

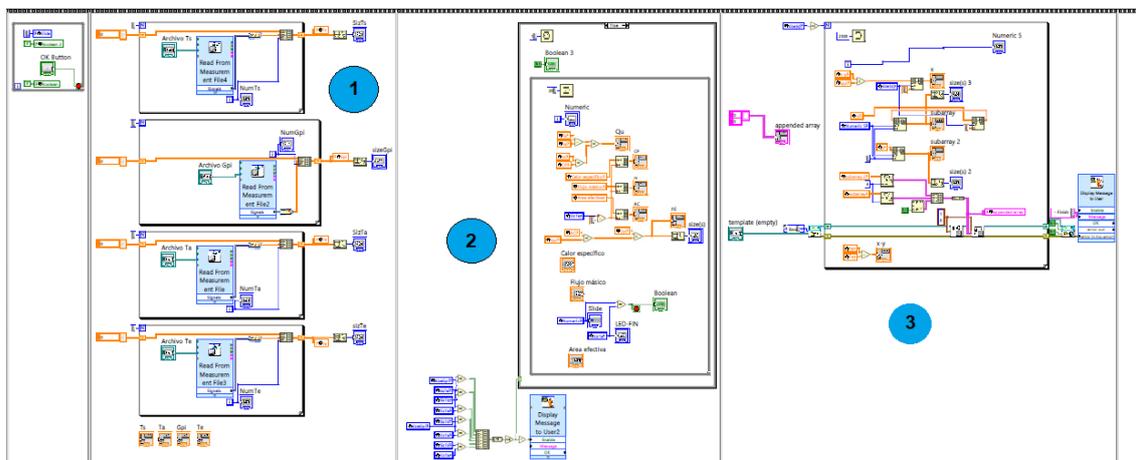
Los datos se almacenan en columnas, siendo la primera columna correspondiente al tiempo que se registra cada 60 segundos, la segunda columna corresponde al primer PT100, la tercera columna correspondiente al segundo PT100 y en la columna final los datos recolectados por la termocupla. De esta forma con los valores obtenidos se deberá realizar el tratamiento de datos según los tiempos de la norma para que sean ingresados en la interfaz de gráfica de rendimiento térmico y temperatura de estancamiento.

#### Interfaz de gráfica de rendimiento térmico y temperatura de estancamiento

Con el tratamiento de datos recolectados tanto en por la estación meteorológica como con la interfaz de adquisición de datos del colector se procede con el desarrollo de la interfaz de gráfica de rendimiento térmico y temperatura de estancamiento la cual está orientada a procesar los datos antes mencionados, considerando que se encuentren dentro de los rangos establecidos por la norma, la cantidad correcta de datos en cada parámetro y ejecutando los cálculos necesarios para la obtención de la gráfica de rendimiento térmico los cuales son enviados al programa Microsoft Excel que por medio del ajuste lineal de mínimos cuadrados permite obtener la gráfica de rendimiento térmico.

En la ventana de diagrama de bloques de esta interfaz, consta en el lado izquierdo la programación de los controles de accionamiento y parado para el funcionamiento de la interfaz. En la sección 1 del diagrama de bloques consta la programación correspondiente a la lectura de los archivos en los cuales se ha guardado los datos adquiridos y tratados previamente al uso de la interfaz según el requerimiento de la norma para la obtención de la gráfica de rendimiento térmico y la temperatura de estancamiento y comprobando que

la cantidad de datos sea la misma para cada uno de los parámetros. En la sección 2 la programación se encarga de la lectura de los valores constantes ingresados en la ventana de controles y se realiza las operaciones matemáticas necesarias para calcular el rendimiento térmico y la temperatura de estancamiento basado en las Ecuaciones 1, 2, 3 y 4 previamente revisadas en marco teórico. En esta sección también se programó la visualización de los datos dentro de la ventana de control para que el usuario pueda comprobar que el dato ingresado corresponde a la ubicación correcta o en caso de que se desee hacer una comprobación manual se pueda obtener las posiciones de cada valor y cotejarlo. Por último, en la sección 3 la programación se encarga de escribir los datos calculados en un archivo de Microsoft Excel el cual en la ventana de controles fue ingresada su ubicación. Una vez que se ha finalizado la escritura de los valores calculados en el archivo Excel el programa presenta el mensaje de finalizado.



**Figura 29.** Diagrama de bloques del HMI programado para la gráfica de rendimiento térmico y la temperatura de estancamiento (Fuente: Propia).

Dentro de la ventana de controladores del HMI como se muestra en la Figura 30, desde el lado izquierdo superior, consta un controlador para ingresar la dirección del archivo Excel de destino donde se guardarán los datos calculados que por medio del icono de carpeta abierta se puede seleccionar dicha dirección y un cuadro de texto donde aparecerá la dirección una vez que sea seleccionada. Bajo este cuadro de texto se encuentran tres casillas para el ingreso de las constantes de área efectiva del colector, calor específico y flujo másico. Bajo estas casillas se encuentra los iconos para la apertura de los archivos donde se encuentran los datos para el cálculo de rendimiento térmico y temperatura de estancamiento y junto a estos se encuentran los cuadros de texto que mostraran la ubicación de dichos archivos al igual que el tamaño de datos que contiene. En la parte inferior del lado izquierdo se cuenta con el botón que permitirá el inicio de los cálculos una

vez que los archivos sean cargados. En el lado derecho en la parte inferior se cuenta con siete controladores que permiten al usuario el verificar los datos ingresados y calculados.



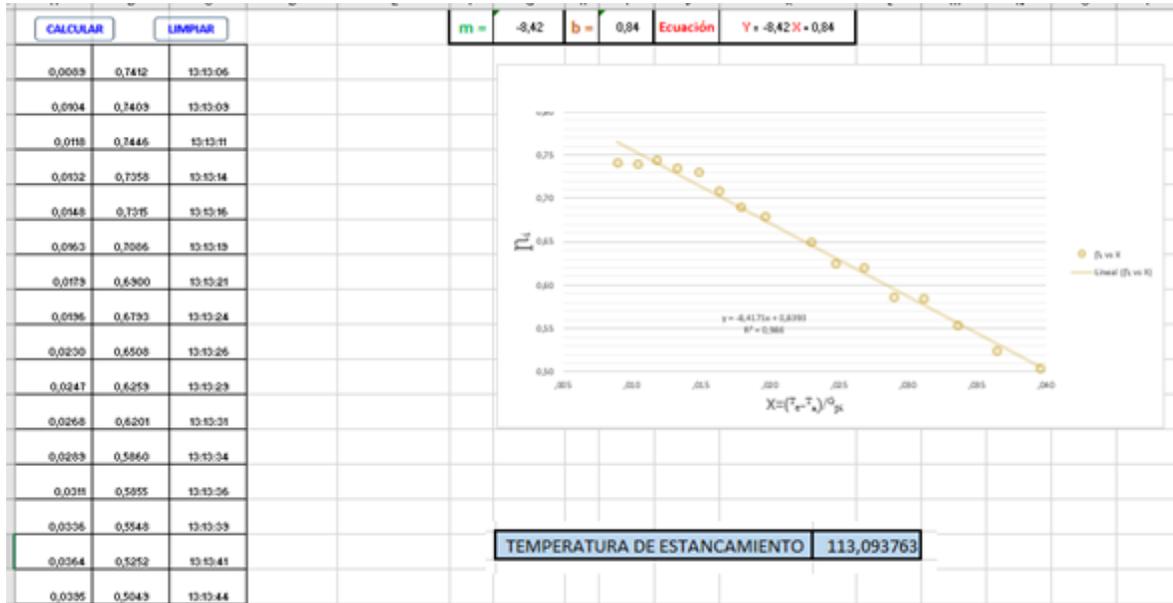
**Figura 30.** Ventana de controladores del HMI programado para la obtención de la gráfica de rendimiento térmico y la temperatura de estancamiento (Fuente: Propia).

Con la interfaz obtenida se procedió a realizar una prueba pertinente con datos aleatorios para comprobar el correcto funcionamiento de HMI. En la Figura 31 se muestra la ventana de controladores una vez que se realizó la prueba de funcionamiento seleccionando las direcciones de los archivos y corriendo la interfaz.



**Figura 31.** Funcionamiento del HMI programado para la obtención de la gráfica de rendimiento térmico y la temperatura de estancamiento (Fuente: Propia).

Una vez finalizada la interfaz, en el archivo de Excel se obtendrá los datos del rendimiento térmico, el eje x, la gráfica de rendimiento térmico linealizada y la temperatura de estancamiento como se muestra en la Figura 32.



**Figura 32.** Resultados obtenidos de la prueba del HMI obteniendo la gráfica de rendimiento térmico y la temperatura de estancamiento (Fuente: Propia).

Con las dos interfaces implementadas y probadas es posible acoplar el sistema al banco de pruebas de CSTPP y realizar la evaluación de los ensayos térmicos especificados por la norma ISO 9806:2017 y de esta forma homologar los colectores solares.

### 3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 3.1 Resultados

##### 3.1.1 Obtención de datos y cálculo de valores

Considerando que este componente del proyecto se enfoca en los ensayos térmicos estipulados por la norma ISO 9806:2017, a continuación, se muestra los resultados obtenidos en los ensayos en el orden estipulado en la norma.

- Ensayo de Temperatura de Estancamiento

Los datos adquiridos para el cálculo de la temperatura de estancamiento se obtuvieron a través de la interfaz de adquisición de datos y la estación meteorológica denominada Estación EPN – Campus Rubén Orellana. En la Tabla 5 se muestra los datos calculados luego del tratamiento de datos realizado y en el Anexo III consta la tabla con todos los datos adquiridos y tratados durante el tiempo de ensayo de 90 minutos determinado por la norma y obtenidos a través de la interfaz de gráfica de rendimiento y temperatura de estancamiento, mismos que son usados para el cálculo de los valores que se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Valores obtenidos para el cálculo de la temperatura de estancamiento

Parámetro	Valor	Unidad
$T_a$ : Temperatura ambiente	23,20	[°C]
$G_s$ : Radiación solar hemisférica	1097,62	[W/m <sup>2</sup> ]
$G_m$ : Media de la radiación solar hemisférica.	968,28	[W/m <sup>2</sup> ]
$T_{sm}$ : Media de la temperatura del absorbedor.	97,77	[°C]
$T_{am}$ : Media de temperatura ambiente.	21,15	[°C]

(Fuente: Propia)

De esta forma aplicando la Ecuación 1 se obtiene la temperatura de estancamiento como se muestra a continuación.

$$T_{stg} = T_a + \frac{G_s}{G_m} (T_{sm} - T_{am})$$

$$T_{stg} = 23,2 + \frac{1097,62}{968,28} (97,77 - 21,15)$$

$$T_{stg} = 110,05 \text{ [°C]}$$

Se debe realizar el informe de resultados del ensayo como lo especifica la norma para el reporte final de ensayos. En el apartado 3.1.3 se encuentra el reporte del ensayo realizado.

- Ensayo de choque térmico externo

El ensayo de choque térmico externo no se requiere realizar cálculos. Sin embargo, por medio de la estación meteorológica EPN – Campus Rubén Orellana se debe recolectar los datos de radiación y temperatura ambiente que permitan corroborar los valores de las clases climáticas según la clase que indique el fabricante. En la Tabla 6 se muestran los valores recolectados durante el ensayo realizado para la elaboración del informe de resultados que se muestra en el apartado 3.1.3.

**Tabla 6.** Valores de la estación meteorológica para el ensayo de choque térmico externo.

Parámetro	Valor	Unidad
Ángulo de inclinación del colector	30	[°]
Radiación media durante el ensayo	959,72	[W/m <sup>2</sup> ]
Radiación mínima durante el ensayo	900,98	[W/m <sup>2</sup> ]
Temperatura media del ambiente:	21,22	[°C]
Temperatura mínima del ambiente:	20,10	[°C]

(Fuente: Propia)

Con los valores que se evidencia en la Tabla 6 se verifica que la clase climática en la que se realizó el ensayo en la Clase A, correspondiente a muy soleado. Este dato es solicitado para el reporte del ensayo.

- Ensayo de choque térmico interno

Para este ensayo tampoco se requiere realizar cálculos, sin embargo, de la misma forma que en el ensayo de choque térmico externo por de la estación meteorológica EPN – Campus Rubén Orellana se debe recolectar los datos de radiación y temperatura ambiente que permitan corroborar los valores de las clases climáticas según la clase que indique el fabricante. En la Tabla 7 se muestran los valores recolectados durante el ensayo realizado para para la elaboración del informe de resultados que se muestra en el apartado 3.1.3.

**Tabla 7.** Valores de la estación meteorológica para el ensayo de choque térmico interno.

Parámetro	Valor	Unidad
Ángulo de inclinación del colector	30	[°]
Radiación media durante el ensayo	1079.26	[W/m <sup>2</sup> ]
Radiación mínima durante el ensayo	928,86	[W/m <sup>2</sup> ]
Temperatura media del ambiente:	22,32	[°C]
Temperatura mínima del ambiente:	21,51	[°C]

(Fuente: Propia)

Con los valores que se evidencia en la Tabla 7 se verifica que la clase climática en la que se realizó el ensayo en la Clase A, correspondiente a muy soleado, dato solicitado para el reporte del ensayo.

- Ensayo de rendimiento térmico

Los datos adquiridos en el ensayo de rendimiento térmico se los obtuvieron a través de la interfaz de adquisición de datos y la estación meteorológica denominada Estación EPN – Campus Rubén Orellana. Se realizó el tratamiento de datos según lo solicitado por la norma y se los guardó en los formatos respectivos para el uso de la interfaz de gráfica de rendimiento térmico y temperatura de estancamiento. En la Tabla 8 se muestra en resumen los datos adquiridos, tratados y filtrados de la interfaz y la estación meteorológica, al igual que los valores calculados en la interfaz para el ensayo de rendimiento térmico en la cual por medio de la programación se encarga de aplicar la Ecuación 2, 3 y 4 para obtener los valores del rendimiento térmico, el valor de  $x$  y de esta forma obtener por medio del archivo de Excel la gráfica de rendimiento térmico.

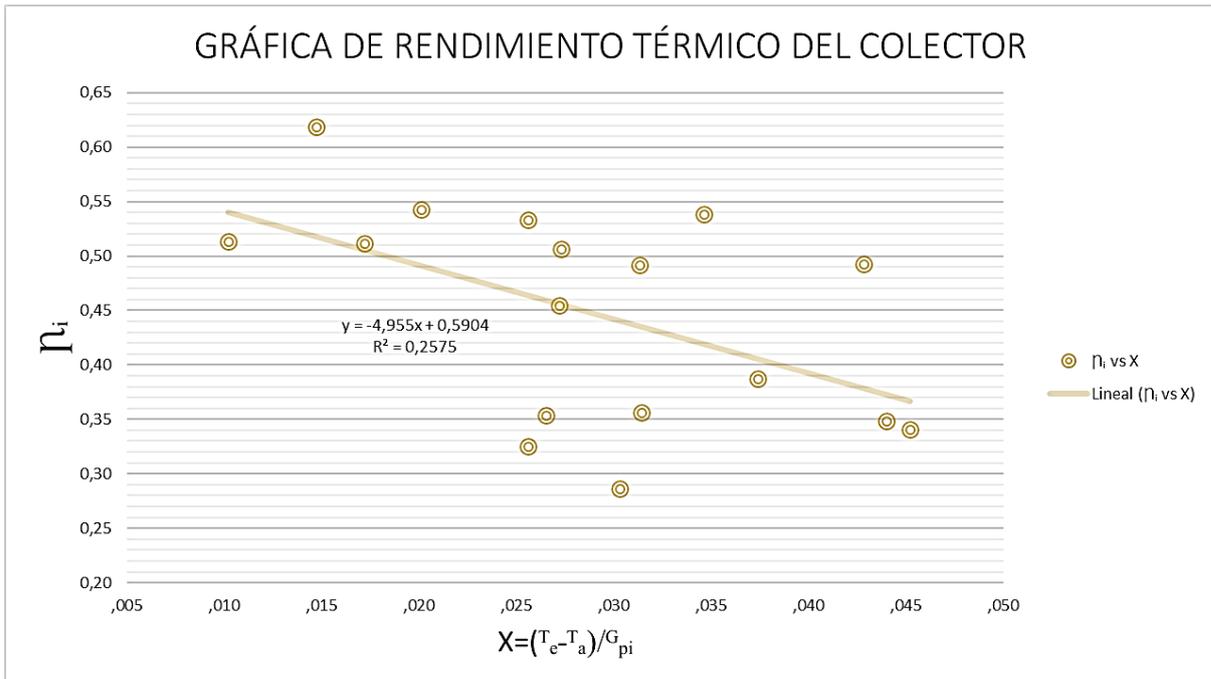
**Tabla 8.** Datos adquiridos y calculados para la gráfica de rendimiento térmico

Hora	$T_e$	$T_s$	$T_a$	$G_{pi}$	$\dot{m}$	$A_c$	$C_p$	$\dot{Q}_u$	$x = \frac{(T_e - T_a)}{G_{pi}}$	$\eta_i$
10:00	25,22	27,15	16,50	854,95	0,1087	2	4186	878,185	0,0102	0,5136
10:15	28,02	30,22	16,13	809,56	0,1087	2	4186	1001,04	0,0147	0,6183
10:30	32,46	34,55	16,47	929,18	0,1087	2	4186	950,988	0,0172	0,5117
10:45	36,64	38,98	16,92	980,26	0,1087	2	4186	1064,74	0,0201	0,5431
11:00	40,58	42,76	16,77	930,46	0,1087	2	4186	991,94	0,0256	0,5330
11:15	42,69	44,00	16,39	837,47	0,1087	2	4186	596,074	0,0314	0,3559
11:30	42,77	43,86	16,49	866,20	0,1087	2	4186	495,97	0,0303	0,2863
11:45	41,76	43,48	16,61	726,52	0,1087	2	4186	782,631	0,0346	0,5386
12:00	41,43	42,87	16,85	927,02	0,1087	2	4186	655,226	0,0265	0,3534
12:15	41,78	43,86	16,26	934,06	0,1087	2	4186	946,438	0,0273	0,5066
12:30	41,41	42,80	16,50	973,13	0,1087	2	4186	632,475	0,0256	0,3250
12:45	42,66	44,54	17,05	940,60	0,1087	2	4186	855,434	0,0272	0,4547
13:00	44,58	46,46	17,33	869,46	0,1087	2	4186	855,434	0,0313	0,4919
13:15	48,99	50,44	17,14	851,04	0,1087	2	4186	659,776	0,0374	0,3876
13:30	51,23	52,97	16,87	803,08	0,1087	2	4186	791,732	0,0428	0,4929
13:45	52,45	53,69	16,86	808,95	0,1087	2	4186	564,223	0,0440	0,3487
14:00	52,87	54,05	17,25	787,59	0,1087	2	4186	536,921	0,0452	0,3409

(Fuente: Propia)

### 3.1.2 Obtención de la curva de rendimiento térmico

Con estos valores calculados la interfaz de gráfica de rendimiento térmico y temperatura de estancamiento se encarga de almacenar los datos calculados en Excel, y la programación realizada en este software ordena y linealiza por medio del método de mínimos cuadrados los valores calculados y se obtiene la gráfica de rendimiento térmico.



**Figura 33.** Gráfica de rendimiento térmico obtenida (Fuente: Propia).

A su vez, al dar clic en el botón CALCULAR en el programa de Excel, se obtiene la Ecuación de la curva del rendimiento térmico con sus respectivos valores como se muestra en la Figura 34.

F	G	H	I	J	K
m =	-4,95	b =	0,59	<b>Ecuación</b>	<b>Y = -4,95 X + 0,59</b>

**Figura 34.** Ecuación de la gráfica obtenida del ensayo realizado (Fuente: Propia).

Dentro de la gráfica se evidencia el rango del rendimiento térmico de colector solar de placas planas que se encuentra entre el 28% y 61%.

### 3.1.3 Generación de reporte de ensayos realizados

Con los ensayos finalizados, los datos recolectados y las dos interfaces aplicadas se obtienen los resultados antes mostrados. Para el registro de estos resultados, la norma detalla un formato y datos que deben ser llenados como reporte final y constancia de la homologación realizada, en donde se especificará si el colector aprueba o no. El formato completo del reporte general se encuentra en el Anexo I y a continuación se detallan los reportes de los ensayos térmicos realizados al colector proporcionado para el proyecto.

## ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE ESTANCAMIENTO

### 1. Condiciones de ensayo

Lugar del ensayo (bajo techo, en exteriores): Ensayo realizado en la terraza del edificio 17 de Química y Eléctrica de la Escuela Politécnica Nacional.

Inclinación del colector (grados sobre la horizontal): 30 [°]

Temperatura ambiente media: 21,15 [°C]

Irradiancia hemisférica media: 968,28 [W/m<sup>2</sup>]

Ubicación del sensor de temperatura: 2/3 de la altura del absorbedor y en la mitad del ancho del colector.

Especificaciones del fluido, caudal, temperatura del fluido (si se hizo circular un fluido): Agua potable, realizando recirculación.

Método utilizado para determinar la temperatura estándar de estancamiento:

Medición: \_\_\_\_\_ Cálculo: X

### 2. Resultado del ensayo:

Temperatura de estancamiento estándar a 1 000 W/m<sup>2</sup> y 30 °C: 110,05 ± 10 [°C]

Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la Cláusula 17 (descripción y fotos): No se evidencia deformaciones en la tuberías ni daños en la estructura debido al ensayo.



**Figura 35.** Evidencia fotográfica del colector posterior al ensayo de la temperatura de estancamiento (Fuente: Propia).

Otras observaciones y comentarios: No se observa daños debido a la exposición del colector al ensayo de temperatura de estancamiento.

## ENSAYO DE CHOQUE TÉRMICO EXTERNO

### 1. Condiciones de ensayo

Método del ensayo (simulador interior, exterior, etc.): Ensayo realizado al exterior al aire libre.

Ángulo de inclinación del colector (medido desde la horizontal): 30 [°]

Radiación media durante el ensayo: 959,72 [W/m<sup>2</sup>]

Radiación mínima durante el ensayo: 900,98 [W/m<sup>2</sup>]

Temperatura media del ambiente: 21,22 [°C]

Temperatura mínima del ambiente: 20,10 [°C]

### 2. Resultados del ensayo

Clase climática del ensayo (A+, A, B, C indicar la radiación G y la velocidad del aire si se trata de la Clase C): La clase climática es del tipo A.

Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la Cláusula 17 (descripción y fotos): El colector no presenta daños en la carcasa ni se observan deformaciones en el vidrio templado, pero si empañaduras por filtraciones del fluido.



**Figura 36.** Evidencia fotográfica del colector posterior al ensayo de choque térmico externo (Fuente: Propia).

Otras observaciones y comentarios: Se observa empañaduras en el colector.

## ENSAYO DE CHOQUE TÉRMICO INTERNO

### 1. Condiciones de ensayo

Método del ensayo (simulador interior, exterior, etc.): Ensayo realizado al exterior al aire libre.

Ángulo de inclinación del colector (medido desde la horizontal): 30 [°]

Radiación media durante el ensayo: 1079,26 [W/m<sup>2</sup>]

Radiación mínima durante el ensayo: 928,86 [W/m<sup>2</sup>]

Temperatura media del ambiente: 22,32 [°C]

Temperatura mínima del ambiente: 21,51 [°C]

### 2. Resultados del ensayo

Clase climática del ensayo (A+, A, B, C indicar la radiación G y la velocidad del aire si se trata de la Clase C): La clase climática es del tipo A.

Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la Cláusula 17 (descripción y fotos): El presenta una pequeña deformación en el absorbedor a la entrada del colector



**Figura 37.** Evidencia fotográfica del colector posterior al ensayo de choque térmico externo (Fuente: Propia).

Otras observaciones y comentarios: Se observa empañaduras en el colector.

## ENSAYO DE RENDIMIENTO TÉRMICO

### 1. Condiciones de ensayo

Método del ensayo (simulador interior, exterior, etc.): Ensayo realizado al exterior al aire libre.

Fluido de transferencia de calor: Agua Potable

Orientación del colector durante el ensayo (N-S, E-W): Orientado de este a oeste

Lugar del ensayo (Latitud / longitud): -0.209525, -78.489476

Orientación del colector (Inclinación, acimut): 30 [°]

Área efectiva del colector: 2 [m<sup>2</sup>]

Flujo másico del fluido: 0,1087 [kg/s]

### 2. Resultados del ensayo

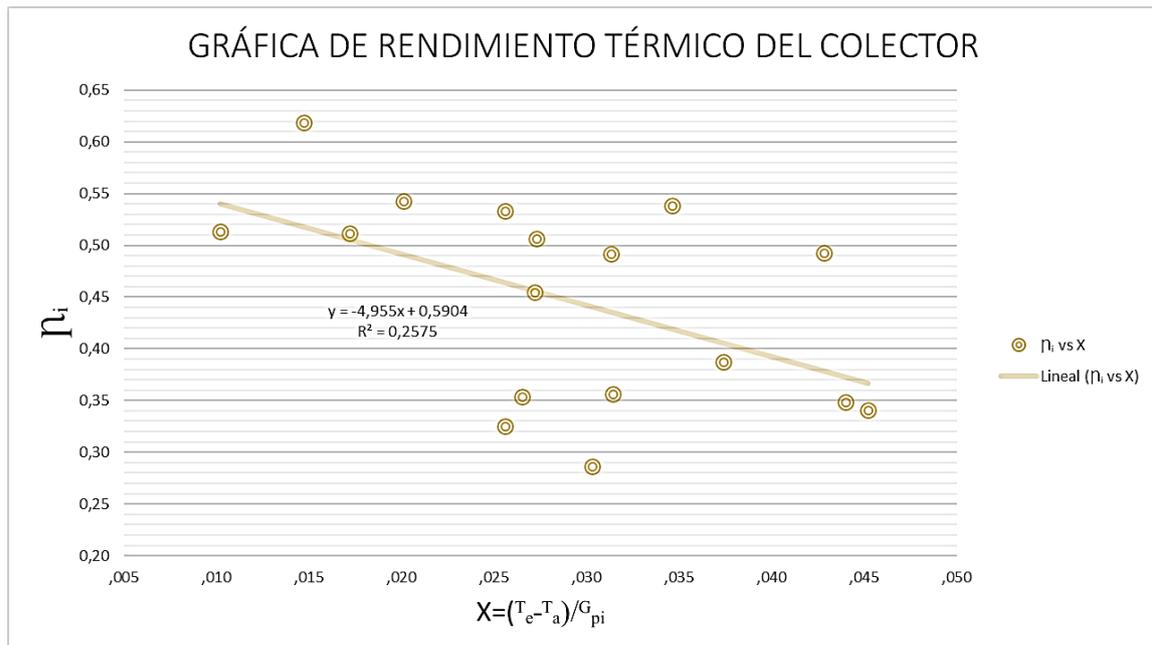
Parámetros para el cálculo de rendimiento térmico:

**Tabla 7.** Parámetros para el cálculo del rendimiento térmico

Hora	$T_e$	$T_s$	$T_a$	$G_{pi}$	$\dot{m}$	$A_c$	$C_p$	$\dot{Q}_u$	$x = \frac{(T_e - T_a)}{G_{pi}}$	$\eta_i$
10:00	25,22	27,15	16,50	854,95	0,1087	2	4186	878,185	0,0102	0,5136
10:15	28,02	30,22	16,13	809,56	0,1087	2	4186	1001,04	0,0147	0,6183
10:30	32,46	34,55	16,47	929,18	0,1087	2	4186	950,988	0,0172	0,5117
10:45	36,64	38,98	16,92	980,26	0,1087	2	4186	1064,74	0,0201	0,5431
11:00	40,58	42,76	16,77	930,46	0,1087	2	4186	991,94	0,0256	0,5330
11:15	42,69	44,00	16,39	837,47	0,1087	2	4186	596,074	0,0314	0,3559
11:30	42,77	43,86	16,49	866,20	0,1087	2	4186	495,97	0,0303	0,2863
11:45	41,76	43,48	16,61	726,52	0,1087	2	4186	782,631	0,0346	0,5386
12:00	41,43	42,87	16,85	927,02	0,1087	2	4186	655,226	0,0265	0,3534
12:15	41,78	43,86	16,26	934,06	0,1087	2	4186	946,438	0,0273	0,5066
12:30	41,41	42,80	16,50	973,13	0,1087	2	4186	632,475	0,0256	0,3250
12:45	42,66	44,54	17,05	940,60	0,1087	2	4186	855,434	0,0272	0,4547
13:00	44,58	46,46	17,33	869,46	0,1087	2	4186	855,434	0,0313	0,4919
13:15	48,99	50,44	17,14	851,04	0,1087	2	4186	659,776	0,0374	0,3876
13:30	51,23	52,97	16,87	803,08	0,1087	2	4186	791,732	0,0428	0,4929
13:45	52,45	53,69	16,86	808,95	0,1087	2	4186	564,223	0,0440	0,3487
14:00	52,87	54,05	17,25	787,59	0,1087	2	4186	536,921	0,0452	0,3409

(Fuente: Propia)

Gráfica del rendimiento térmico:



**Figura 38.** Gráfica del rendimiento (Fuente: Propia).

Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la Cláusula 17 (descripción y fotos): En el ensayo de rendimiento térmico no se observan daños ni fallos en la estructura tanto interna como externa.

Otras observaciones y comentarios: El ensayo se desempeñó correctamente y la gráfica obtenida evidencia un rendimiento relativamente alto en las horas previas al medio día.

Si bien dentro de los componentes térmicos de los ensayos no se encuentra la inspección final, en el reporte final donde deben constar todos los ensayos realizados al colector se debe calificar los fallos encontrados en los ensayos y determinar se estos afectarían o no al funcionamiento del colector.

### 3.1.4 Manual de usuario

Dentro del manual de usuario se explica el paso a paso del sistema completo de adquisición de datos y obtención de la gráfica de rendimiento térmico, desde la conexión de los sensores tanto física como de los componentes electrónicos, al igual que la conexión física del chasis CDAQ y sus módulos. Se detalla la reserva del chasis CDAQ dentro del ordenador y el uso de las interfaces que permiten la adquisición de los datos y la gráfica del ensayo. Considerando la extensión de este manual se decidió colocarlo dentro del Anexo IV

## 3.2 Conclusiones

Tras el análisis del estado del banco de pruebas para colectores solares de placas planas se realizó la selección y adquisición de los sensores y los componentes de sincronización con el ordenador requeridos para el sistema de adquisición de datos y se los adaptó de forma que sean desmontables y acoplables a cualquier tipo de colector solar de placas planas para el desarrollo de los ensayos térmicos según la norma ISO 9806:2017 y su respectiva homologación.

A partir de esto se adaptó los sensores por medio de los módulos al chasis CDAQ, se sincronizó con el ordenador y se programó las dos interfaces encargadas de la adquisición de datos y la obtención de la gráfica de rendimiento térmico.

Con las interfaces desarrolladas y probadas se implementó el banco de pruebas para colectores solares de placa plana bajo la norma ISO 9806:2017, con el que se efectuó los ensayos térmicos al colector solar proporcionado por el Laboratorio de energías alternativas y eficiencia energética de la facultad de ingeniería Mecánica.

Por consiguiente, se obtuvo en los resultados de los ensayos que a pesar de que estado del colector solar analizado no es el más óptimo, para la temperatura de estancamiento el valor de  $110,05 \pm 10$  [°C]. El cual es cercano a los estándares de temperatura de estancamiento de los colectores solares de placa plana que se encuentran entre 120°C y 150°C. En los ensayos de choque térmico externo e interno se presentan filtraciones en el colector y deformaciones en el absorbedor producto de los ensayos.

A partir del ensayo de rendimiento térmico se obtuvo la gráfica de rendimiento térmico donde se evidencia que el colector opera en un rango de eficiencia de 28% al 61%, considerado que la mayor eficiencia para este colector se presenta en las horas previas al medio día efecto que se atribuye a que en las horas posteriores al medio día existe una marcada diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura de entrada del colector lo que produce mayores pérdidas térmicas.

De esta forma se evaluó los resultados obtenidos en los ensayos y el colector solar proporcionado no aprobaría debido a las observaciones presentadas en el ensayo de choque térmico externo e interno.

Finalmente se presentó en los formatos establecidos por la norma los resultados obtenidos y se elaboró un manual de usuario que permita entender de forma clara y detallada al operador del banco de pruebas el sistema de adquisición de datos.

En síntesis, con el componente desarrollado en este proyecto el banco de pruebas para colectores solares de placa plana conjuntamente al sistema de adquisición de datos puede ser implementado para la evaluación y homologación de cualquier colector solar de placa plana, dando a las empresas fabricantes nacionales de colectores solares de placa plana la apertura para la homologación de sus productos.

### **3.3 Recomendaciones**

Debido a que los ensayos térmicos que se deben realizar tienen rangos de temperatura ambiente y radiación, es imprescindible que se programe con anticipación el desarrollo de dichos ensayos realizando un previo análisis del clima y seleccionando un día en el que se presenten condiciones favorables para los ensayos, caso contrario se deberán repetir.

Se recomienda previo al inicio de los ensayos revisar las uniones de los accesorios y de ser necesario reforzar estas uniones con teflón, siempre verificando que no queden sobrantes u obstrucciones que puedan alterar el flujo del fluido de trabajo.

Es necesario tomar en cuenta que los sensores PT100 no deben ser forzados al ser colocados o retirados ya que el sello de hermeticidad depende de la rosca que estos poseen y de dañarse el sensor quedará inutilizado o podrá presentar fallas en su lectura.

Para la adquisición de datos se debe considerar el tiempo de estabilización de los sensores y empezar el desarrollo de los ensayos previo a los rangos de tiempo establecidos en la norma. Se debe tomar en cuenta este tiempo de estabilización cuando se realice el tratamiento de los datos obtenidos.

El tratamiento de datos debe realizarse de preferencia en Excel, ya que este programa nos permite colocar filtros en los datos de tal forma que se agrupen o mediante fórmulas obtener la media o mínimos y máximos que son requeridos para corroborar los rangos que la norma establece para la validación de los ensayos realizados.

Finalmente se recomienda la elaboración de una cubierta que proteja la estructura del banco de pruebas, evitando futuros deterioros debido a que actualmente se encuentra casi a la intemperie únicamente cubierto por un plástico tendido.

## 4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] F. Hubert y A. Valenzuela Bohórquez, La energía en América Latina y el Caribe en la ruta hacia la descarbonización en el marco del Acuerdo de París, Oficina Bogotá - Colombia: Fundación Heinrich Böll, 2021.
- [2] G. I. U. A. y. G. E. S. I. F. X. Ortega Abril, «Diseño de dos bancos de prueba,» *Revista Tecnológica ESPOL*, vol. 30, nº 2, pp. 37-55, 2017.
- [3] W. A. Carrera Villamarín y M. A. Santamaría Vinuesa, Diseño de un banco de pruebas para evaluación, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2017.
- [4] M. d. E. y. F. (MEF), Escritor, *APOYO AL CAMBIO DE LA MATRIZ ENERGÉTICA DEL ECUADOR II*. [Performance]. BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, 2020.
- [5] Agencia de Regulación y Control, Plan maestro de electrificación 2013-2022 (IV - Aspectos de sustentabilidad y sostenibilidad social y ambiental), Quito, 2013.
- [6] G. Pierucci, M. De Lucia, S. Hosouli y M. Messeri, Realization of a Test Rig for Small Solar, Florencia: Univerdidad de Florencia, 2018.
- [7] P. Obstawski, T. Bakón y D. Czekalski, Comparison of Solar Collector Testing, Varsovia-Polonia: Institute of Mechanical Engineering, Department of Fundamental Engineering and Energetic,, 2020.
- [8] J. Rodríguez, I. Bove, A. Monetta y R. Alonso, Ensayo cuasi-dinámico de colectores solares de placa plana en Uruguay de, Uruguay: Universidad de la República de Uruguay, 2020.
- [9] Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), Rendimiento térmico de colectores solares, Requisitos y métodos de ensayo, Quito, 2016.
- [10] Organización Internacional de Normalización, ISO 9806(2017):Energía Solar - Captadores Solares Térmicos - Métodos de Prueba, Ginebra, 2017.
- [11] ANSI/ASHRAE, Standard 93-2010 (RA 2014): Metodos de Ensayo para Determinar el Rendimiento Térmico de los Colectores Solares, Atalnta, USA, 2014.
- [12] Salvador Escoda S.A., Manueal técnico Energía Solar Térmica, Quito-Ecuador, 2011.
- [13] EREE, DESARROLLO DE PROYECTOS DE INSTALACIONES TÉRMICAS Y FLUIDOS, F.M.L, 2012.
- [14] Y. Cengel y M. Boles, Termodinámica Sexta Edición, México D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2009.
- [15] Laboratorio de Termodinámica, Guía de Practicas-Practica 1:Medición de temperaturas y uso de cartas Psicrométricas, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2018.

- [16] OMEGA, XC\_J\_TC\_WIRE, España, 2022.
- [17] Endress+Hauser, TI00123RES\_1718 / Sonda compacta de temperatura Pt100 - TMR31 | Endress+Hauser, Panamá: Endress+Hauser International AG, 2022.
- [18] OMEGA, FPR 200 Sensor Manual, México, 2016.
- [19] SCINERGY, «Scinergy Meteorología,» Grupo de Investigación SCINERGY - Escuela Politécnica Nacional, [En línea]. Available: <https://meteo-scinergy.epn.edu.ec/>. [Último acceso: 07 2022].
- [20] National Instruments, NI cDAQ-9181/9184/9188/9191 User Manual - National Instruments, Austin, Texas: National Instruments Corporate Headquarters, 2017.
- [21] National Instruments, NI 9213 Datasheet - National Instruments, National Instruments Corporation, 2022.
- [22] National Instruments, NI-9219 Specifications, National Instruments Corporation, 2022.
- [23] Comercial KYWI S.A., «KYWI tienda en linea,» 2020. [En línea]. Available: <https://kywitiendaenlinea.com/product/union-reduc-roscable-3-4-x-1-2-plasti/>. [Último acceso: 2022 08 01].
- [24] Comercial KYWI S.A., «KYWI tienda en linea,» 2020. [En línea]. Available: <https://kywitiendaenlinea.com/product/neplo-corrado-rozca-tuerca-1-2-rival/>. [Último acceso: 2022 08 01].
- [25] Comercial KYWI S.A., «KYWI tienda en linea,» 2020. [En línea]. Available: <https://kywitiendaenlinea.com/product/tee-roscable-1-2-rival/>. [Último acceso: 2022 08 01].
- [26] Comercial KYWI S.A., «KYWI tienda en linea,» 2020. [En línea]. Available: <https://kywitiendaenlinea.com/product/tapon-macho-roscable-1-2-rival/>. [Último acceso: 2022 08 01].

## 5 ANEXOS

### ANEXO I. Reporte General de Ensayos

#### REPORTE GENERAL DE ENSAYOS

##### 1. Información General sobre el Colector solar

Nombre del Fabricante: \_\_\_\_\_

Nombre Comercial: \_\_\_\_\_

No de serie: \_\_\_\_\_

Tipo de captador (Placa plana, ETC, PVT, etc.): \_\_\_\_\_

Montaje del colector (Sobre-techo, En-techo, Fachada, Sobre Stand, etc.): \_\_\_\_\_

Para colectores con componentes electrónicos integrados (Se debe especificar los componentes y anexar su hoja técnica): \_\_\_\_\_

##### 2. Mecanismos de protección

Colector con auto protección: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

En caso de contar con un mecanismo de protección, se debe describir detalladamente el mecanismo junto con el umbral de protección y los puntos de ajuste. Así mismo, se debe anexar los procedimientos modificados para cada ensayo y los resultados deben ser presentados en un formato relevante.

Colector resistente al congelamiento: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

En caso afirmativo, se debe presentar una descripción completa del mecanismo y/o de las propiedades del colector que garanticen la resistencia al congelamiento. Así mismo, los resultados deben ser presentados en un formato relevante.

Tubería resistente al congelamiento: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

En caso afirmativo, se debe presentar una descripción completa del mecanismo y/o de las propiedades de la tubería que garanticen la resistencia al congelamiento. Así mismo, los resultados deben ser presentados en un formato relevante.

##### 3. Rango de operación

Temperatura mínima y máxima de operación: \_\_\_\_\_[°C]

Presión máxima de operación (A la temperatura máxima de operación): \_\_\_\_\_[Pa]

Inclinación mínima y máxima de instalación (Medida desde la horizontal): \_\_\_\_\_[°]

Fluido de trabajo recomendado: \_\_\_\_\_

Flujo mínimo, recomendado y máximo: \_\_\_\_\_[Kg/h]

Otras limitaciones: \_\_\_\_\_

#### 4. Dimensiones e información general

Largo, ancho, alto netos (longitud de abajo hacia arriba, ancho de izquierda a derecha, orientación según la prueba): \_\_\_\_\_[mm]

Área neta,  $A_G$  (definida en 21.8, con 2 dígitos de precisión): \_\_\_\_\_[m<sup>2</sup>]

Área de apertura,  $A_{AP}$  (definida en ISO 9488, con 2 dígitos de precisión): \_\_\_\_\_[m<sup>2</sup>]

Área del absorbedor,  $A_{ABS}$  (definida en ISO 9488, con 2 dígitos de precisión): \_\_\_\_\_[m<sup>2</sup>]

Peso en vacío: \_\_\_\_\_[Kg]

Contenido de fluido: \_\_\_\_\_[l]

#### 5. Marco, envoltura, carcasa

Material(es) de la envoltura: \_\_\_\_\_

Método(s) de unión en la estructura (remaches, tornillos, pegamento, etc.): \_\_\_\_\_

#### 6. Absorbedor

Material(es): \_\_\_\_\_

Número de elementos del absorbedor (aletas, tubos, etc.): \_\_\_\_\_

Longitud del elemento absorbedor, ancho: \_\_\_\_\_[mm]

Longitud total del absorbedor, ancho total: \_\_\_\_\_[mm]

Espesor del absorbedor (con precisión de 1 dígito): \_\_\_\_\_[mm]

Absorción solar,  $\alpha$ : \_\_\_\_\_[%]

Emitancia hemisférica,  $\epsilon$ : \_\_\_\_\_[%]

Recubrimiento del absorbedor (tipo y marca): \_\_\_\_\_

Unión entre los tubos y las aletas o placa (mecánica, soldadura, etc.): \_\_\_\_\_

## 7. Sistema Hidráulico

Patrón de flujo según lo ensayado (descripción clara y/o dibujo): \_\_\_\_\_

Número de tubos: \_\_\_\_\_

Material de la tubería: \_\_\_\_\_

Longitud de la tubería: \_\_\_\_\_ [mm]

Diámetro de entrada y salida de la tubería: \_\_\_\_\_ [mm]

Distancia entre tubería: \_\_\_\_\_ [mm]

Material de las uniones: \_\_\_\_\_

Longitud de las uniones: \_\_\_\_\_ [mm]

Diámetro de entrada y salida de las uniones: \_\_\_\_\_ [mm]

Tipo y/o tamaño del conector hidráulico del colector: \_\_\_\_\_

## 8. Cristal o cubierta transparente

Material: \_\_\_\_\_

Tipo de vidrio (templado, vidrio de seguridad, etc.): \_\_\_\_\_

Espesor: \_\_\_\_\_ [mm]

Transmitancia solar: \_\_\_\_\_ [%]

Características de la superficie del cristal (claro, texturizado, estucado, etc.): \_\_\_\_\_

## 9. Aislamiento

Material: \_\_\_\_\_

Espesor: \_\_\_\_\_ [mm]

Conductividad térmica: \_\_\_\_\_ [W/m<sup>2</sup>K]

## 10. Otra información

Fotografías del colector: \_\_\_\_\_

Comentarios del diseño del colector: \_\_\_\_\_

Diagrama esquemático del montaje del colector: \_\_\_\_\_

REGISTRO DE LA SECUENCIA DE ENSAYOS Y RESUMEN DE LOS PRINCIPALES  
RESULTADOS

TABLA 1: Resumen de los principales resultados.

Ensayo	Fecha		Resumen de los principales resultados de ensayo
	Comienzo	Final	
Entrega de muestra para ensayo			
Inspección visual inicial			
Temperatura de estancamiento estándar			
Exposición y preexposición			
Choque térmico externo	Primero		
	Segundo		
Choque térmico Interno	Primero		
	Segundo		
Penetración de lluvia			
Presión interna			
Resistencia al impacto			
Inspección final			
Rendimiento térmico			

Comentarios: .....

## ENSAYO DE PRESIÓN INTERNA PARA CANALES DE FLUIDO

### 1. Condiciones de ensayo

Método de ensayo: \_\_\_\_\_

Fluido del ensayo: \_\_\_\_\_

Temperatura ambiente: \_\_\_\_\_ [°C]

Duración del ensayo: \_\_\_\_\_ [min]

### 2. Resultados del ensayo

Presión máxima del ensayo: \_\_\_\_\_

Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la Cláusula 17 (descripción y fotos): \_\_\_\_\_

Otras observaciones y comentarios: \_\_\_\_\_

## ENSAYO DE ROTURA O COLAPSO

### 1. Condiciones de ensayo:

Temperatura ambiente: \_\_\_\_\_ [°C]

Temperatura del fluido): \_\_\_\_\_ [°C]

Presión de ensayo: \_\_\_\_\_ [Pa]

Irradiancia del ensayo (si es aplicable): \_\_\_\_\_ [W/m<sup>2</sup>]

Duración de ensayo: \_\_\_\_\_ [s]

### 2. Resultado del ensayo:

Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la Cláusula 17 (descripción y fotos): \_\_\_\_\_

Otras observaciones y comentarios: \_\_\_\_\_

ENSAYO DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE ESTANCAMIENTO  
ESTÁNDAR

1. Condiciones de ensayo:

Lugar del ensayo (bajo techo, en exteriores): \_\_\_\_\_

Inclinación del colector (grados sobre la horizontal): \_\_\_\_\_ [°]

Temperatura ambiente media: \_\_\_\_\_ [°C]

Irradiancia hemisférica media: \_\_\_\_\_ [W/m<sup>2</sup>]

Ubicación del sensor de temperatura: \_\_\_\_\_

Especificaciones del fluido, caudal, temperatura del fluido (si se hizo circular un fluido)

\_\_\_\_\_

Método utilizado para determinar la temperatura estándar de estancamiento (Medición / Cálculo): \_\_\_\_\_

2. Resultado del ensayo:

Temperatura de estancamiento estándar a 1 000 W/m<sup>2</sup> y 30 °C: \_\_\_\_\_

Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la Cláusula 17 (descripción y fotos): \_\_\_\_\_

Otras observaciones y comentarios: \_\_\_\_\_

## ENSAYO DE CHOQUE TÉRMICO EXTERNO

### 1. Condiciones de ensayo

Método del ensayo (simulador interior, exterior, etc.): \_\_\_\_\_

Ángulo de inclinación del colector (medido desde la horizontal): \_\_\_\_\_ [°]

Radiación media durante el ensayo: \_\_\_\_\_ [W/m<sup>2</sup>]

Radiación mínima durante el ensayo: \_\_\_\_\_ [W/m<sup>2</sup>]

Temperatura media del ambiente: \_\_\_\_\_ [°C]

Temperatura mínima del ambiente: \_\_\_\_\_ [°C]

### 2. Resultados del ensayo

Clase climática del ensayo (A+, A, B, C indicar la radiación G y la velocidad del aire si se trata de la Clase C): \_\_\_\_\_

Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la Cláusula 17 (descripción y fotos): \_\_\_\_\_

Otras observaciones y comentarios: \_\_\_\_\_

## ENSAYO DE CHOQUE TÉRMICO INTERNO

### 1. Condiciones de ensayo

Método del ensayo (simulador interior, exterior, etc.): \_\_\_\_\_

Ángulo de inclinación del colector (medido desde la horizontal): \_\_\_\_\_ [°]

Radiación media durante el ensayo: \_\_\_\_\_ [W/m<sup>2</sup>]

Radiación mínima durante el ensayo: \_\_\_\_\_ [W/m<sup>2</sup>]

Temperatura media del ambiente: \_\_\_\_\_ [°C]

Temperatura mínima del ambiente: \_\_\_\_\_ [°C]

### 2. Resultados del ensayo

Clase climática del ensayo (A+, A, B, C indicar la radiación G y la velocidad del aire si se trata de la Clase C): \_\_\_\_\_

Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la Cláusula 17 (descripción y fotos): \_\_\_\_\_

Otras observaciones y comentarios: \_\_\_\_\_

## ENSAYO DE PENETRACIÓN DE LLUVIA

### 1. Condiciones de ensayo:

Descripción del montaje del colector (en el techo, sobre el techo, etc.): \_\_\_\_\_

Ángulo de inclinación del colector (medido desde la horizontal): \_\_\_\_\_ [°]

Número y descripción de la(s) posición(es) de las boquillas de aspersion: \_\_\_\_\_

### 2. Resultado del ensayo:

Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la Cláusula 17 (descripción y fotos): \_\_\_\_\_

Otras observaciones y comentarios: \_\_\_\_\_

## ENSAYO DE RESISTENCIA AL IMPACTO UTILIZANDO BOLAS DE ACERO

### 1. Condiciones de ensayo:

Dirección de impacto: (Vertical / Horizontal): \_\_\_\_\_

Lista de todos los puntos de impacto (descripción si es posible ilustrada con fotos): \_\_\_\_\_

Descripción del mecanismo de autoprotección y descripción de la prueba adaptada (sólo para colectores de autoprotección, según clausula 5.2.2.3.): \_\_\_\_\_

Diámetro de bola: \_\_\_\_\_ [mm]

Masa de bola: \_\_\_\_\_ [g]

### 2. Resultado del ensayo:

Altura máxima de caída (precisión de 1 dígito) sin daños: \_\_\_\_\_

Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la Cláusula 17 (descripción y fotos): \_\_\_\_\_

Otras observaciones y comentarios: \_\_\_\_\_

Resultado de los ensayos:

---

---

---

Firma de responsabilidad: \_\_\_\_\_

Comienzo del ensayo: \_\_\_\_\_

Fin del ensayo: \_\_\_\_\_

Instituto a cargo del ensayo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

## INSPECCIÓN FINAL

Evaluar y calificar cada problema potencial como se describe en la siguiente escala:

0 – Ningún problema

1 – Problemas menores

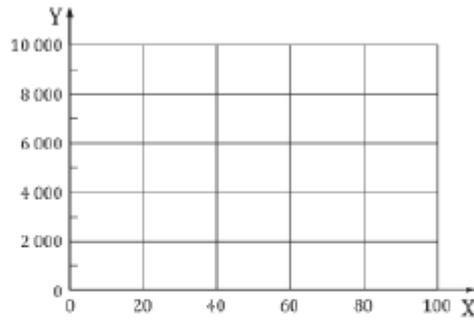
2 – Falla inminente

\* - La inspección para establecer la condición no fue posible.

Componente del colector	Problema potencial	Evaluación
a) Carcasa del colector/ fijadores	Agrietamiento/alabeo/corrosión/penetración de lluvia/ deformación permanente/acumulación de humedad/etc.	
b) Montaje/ estructura	Fuerza/seguridad/alabeo/fatiga/etc.	
c) Sellos/ juntas	Agrietamiento/pérdida de adherencia/elasticidad/fragilidad/etc.	
d) Cubierta	Agrietamiento/rotura/fisuración/pandeo/delaminación/perforación/alabeo y deformación permanente /desgasificación/etc.	
e) Absorbedor en conjunto	Deformación/corrosión/pandeo/etc.	
f) Recubrimiento absorbedor	Agrietamiento/fisuración/ampollas/decoloración/descamación/etc.	
g) Tubos del absorbedor y colector	Deformación/agrietamiento/fisuración/ampollas/descoloración/ pandeo / pelado / descamación / pérdida de unión/ etc.	
h) Montaje del absorbedor	Deformación permanente/corrosión/ruptura/etc.	
i) Aislamiento	Retención de agua/desgasificación/hinchazón/degradación/que maduras/chamuscado/cualquier otro cambio perjudicial que podría afectar negativamente el rendimiento del colector/incrustaciones/etc.	
j) Corrosión y otros deterioros causados por acción química en cualquier parte del colector	La corrosión se considerará severa si deteriora la función del recolector o si hay evidencia de que lo hará progresivamente.	
k) Retención de agua en cualquier parte del colector	Excesiva retención de agua en cualquier parte del colector en el colector.	
l) Otros componentes	Cualquier otra anomalía que resulte en una reducción del rendimiento térmico o tiempo de vida útil.	



Gráfica del rendimiento térmico:



Leyenda

$$x = \frac{(T_e - T_a)}{G_{pt}}$$

$$Y = \eta_i$$

Resultado del ensayo:

---

---

---

Firma de responsabilidad: \_\_\_\_\_

Comienzo del ensayo: \_\_\_\_\_

Fin del ensayo: \_\_\_\_\_

Instituto a cargo del ensayo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

## ANEXO II. Hojas técnicas de los sensores

### HOJA TÉCNICA PT100 MODELO TMR31

# Información técnica Easytemp TMR31, TMR35

Sonda compacta de temperatura, Pt100, Clase A  
Opcionalmente con transmisor integrado de 4 a  
20 mA  
programable mediante PC



#### Aplicación

Las sondas compactas de temperatura Easytemp TMR31 y TMR35 se utilizan para medir temperaturas de  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-58\text{ }^{\circ}\text{F}$  a  $302\text{ }^{\circ}\text{F}$ ), o de hasta  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $392\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) con cuello. Los sitios de instalación más habituales son depósitos y tuberías.

- TMR31 con conexiones a proceso para aplicaciones generales.
- TMR35 con conexiones a proceso para aplicaciones higiénicas.

#### Principales ventajas

Instalación rápida y puesta en marcha fácil:

- Diseño pequeño y compacto hecho totalmente de acero inoxidable
- Conector M12 con IP69K para conexión eléctrica fácil
- Transmisor a cuatro hilos Pt100 o programable mediante PC con salida de 4 a 20 mA
- Configuración y visualización con el software de configuración gratuito ReadWin 2000 PC
- Rango de medición del valor inicio disponibles para cursar pedidos
- Longitudes de inserción variables de 40 a 600 mm (de 1,6 a 23,6 pulgadas)

Propiedades metroológicas excelentes gracias a una tecnología de sensores innovadora:

- Tiempos de respuesta extremadamente cortos
- Alta precisión incluso con longitudes de inserción cortas
- Elemento sensor Pt100 de capa fina, precisión clase A (IEC 60751)

Funcionamiento seguro con homologaciones y certificados:

- Componente con homologación UL
- Cumple todos los requisitos de compatibilidad electromagnética (EMC) según NAMUR NE21
- Información sobre averías en caso de rotura del sensor o cortocircuito en el sensor, ajustable según NAMUR NE43
- TMR35: Diseño compatible higiénico con marca 3-A y certificación EHEDG
- Certificado de homologación naval (GL)

## Entrada

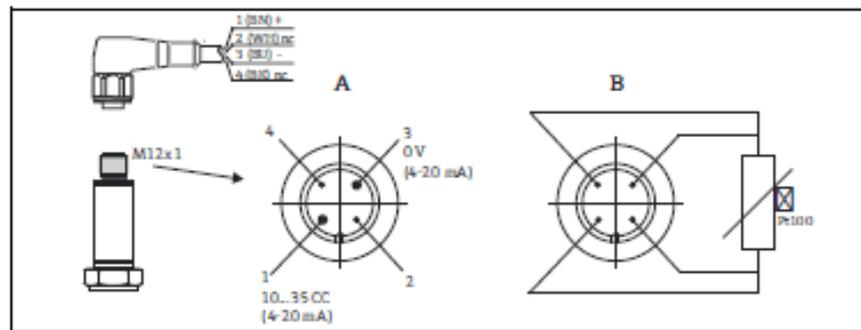
Principio de medición	Temperatura (la transmisión depende linealmente de la temperatura)		
Rango de medida	del equipo	Límites del rango de medida	Span mín.
	Pt100 según IEC 60751	de -50 a 150 °C (de -58 a 302 °F) sin cuello de -50 a 200 °C (de -58 a 392 °F) con cuello	10 K (18 °F)
Señal de salida	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estándar: Pt100, Clase A, a 4 hilos</li> <li>Opcional: de 4 a 20 mA o de 20 a 4 mA</li> </ul>		
Señal de alarma	Señal de alarma según NAMUR NE43 <ul style="list-style-type: none"> <li>Por debajo del rango: Caída lineal hasta 3,8 mA</li> <li>Por encima del rango: Subida lineal hasta 20,5 mA</li> <li>Rotura del sensor; cortocircuito sensor:               <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\leq 3,6 \text{ mA}</math> o <math>\geq 21,0 \text{ mA}</math> (en los parámetros de configuración <math>\geq 21,0</math>, se garantiza la salida 21,5 mA)</li> </ul> </li> </ul>		
Carga máxima	$(V_{\text{fuente de alimentación}} - 10 \text{ V}) / 0,023 \text{ A}$ (salida de corriente)		
Consumo mín. de corriente	$\leq 3,5 \text{ mA}$		
Corriente máxima	$\leq 23 \text{ mA}$		
Activación integración	2 s		

## frecuencia

## Fuente de alimentación

Los cables de conexión eléctricos deben cumplir con la norma sanitaria 3-A, deben ser lisos, resistentes a la corrosión y admitir limpieza.

### Conexión eléctrica



A: con electrónica, M12 conector, 4 pines  
 Pin 1: fuente de alimentación de 10 a 35 V CC; salida de corriente de 4 a 20 mA (conexiones eléctricas, color del cable marrón = BN)  
 Pin 2: conexión del cable de configuración para PC - pín acortado (conexiones eléctricas, color del cable blanco = WH)  
 Pin 3: fuente de alimentación de 0 V CC; salida de corriente de 4 a 20 mA (conexiones eléctricas, color del cable marrón = BN)  
 Pin 4: conexión del cable de configuración para PC - pín acortado (conexiones eléctricas, color del cable negro = BK)  
 B: sin electrónica, Pt100, conexión a 4 hilos

Tensión de alimentación  $U_s$  de 10 a 35 V CC

Rizado residual Rizado residual admisible  $U_{\text{máx}} \leq 3 \text{ V}$  a  $U_0 \geq 13 \text{ V}$ ,  $f_{\text{máx.}} = 1 \text{ kHz}$

## Características de funcionamiento

Tiempo respuesta	$\leq 3 \text{ s}$ con transmisor				
Condiciones de proceso de referencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatura adecuada (baño de hielo) <math>0 \text{ }^\circ\text{C}</math> (<math>32 \text{ }^\circ\text{F}</math>) para sensor Pt100</li> <li>Temperatura ambiente <math>25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}</math> (<math>77 \text{ }^\circ\text{F} \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}</math>) para transmisor</li> </ul>				
Error medido máximo	<p><b>Electrónica</b></p> <p><math>0,1 \text{ K}</math> (<math>0,18 \text{ }^\circ\text{F}</math>) o <math>0,08 \%</math>. El % es respecto al span configurado. El valor mayor es aplicable.</p> <p><b>Sensor (Pt100) para versión sin transmisor</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Clase de tolerancia A según IEC 60751, rango de temperatura de funcionamiento de <math>-50</math> a <math>200 \text{ }^\circ\text{C}</math> (de <math>-58</math> a <math>392 \text{ }^\circ\text{F}</math>) con cuello</li> <li>Error medido máximo en <math>^\circ\text{C} = \pm 0,15 + 0,002 \cdot  T </math></li> </ul> <p><math> T </math> = Valor numérico de la temperatura en <math>^\circ\text{C}</math> sin tener en cuenta el signo inicial.</p> <p><b>Desviación total de la electrónica + sensor</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rango de temperatura de operación: <ul style="list-style-type: none"> <li>de <math>-50</math> a <math>150 \text{ }^\circ\text{C}</math> (de <math>-58</math> a <math>302 \text{ }^\circ\text{F}</math>) sin cuello</li> <li>de <math>-50</math> a <math>200 \text{ }^\circ\text{C}</math> (de <math>-58</math> a <math>392 \text{ }^\circ\text{F}</math>) con cuello</li> </ul> </li> <li><math>0,25 \text{ K} + 0,002 \cdot  T </math></li> </ul>				
Estabilidad de la electrónica a largo plazo	<p><math>\leq 0,1 \text{ K}</math> (<math>0,18 \text{ }^\circ\text{F}</math>)/año o <math>\leq 0,05 \%</math>/año</p> <p>Datos bajo condiciones de referencia. El % es respecto al span configurado. El valor mayor es aplicable.</p>				
Influencia de la temperatura ambiente (deriva por variación de temperatura)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Termorresistencia Pt100: <ul style="list-style-type: none"> <li><math>T_0 = \pm(15 \text{ ppm/K}^2 \cdot (\text{valor de fondo de escala del rango de medición} + 200) + 50 \text{ ppm/K}^2 \cdot \text{set rango de medición}) \cdot \Delta T</math></li> </ul> </li> <li><math>\Delta T</math> = desviación de la temperatura ambiente con respecto a la temperatura de trabajo de referencia.</li> </ul>				
Influencia de la carga	<p><math>\pm 0,02\%/100 \Omega</math></p> <p>Las especificaciones hacen referencia al valor de fondo de escala del rango de medición.</p>				
Tiempo de respuesta del transmisor	$1 \text{ s}$				
Tiempos de respuesta del sensor	<p>Medido según IEC 60751, en agua fluyendo a <math>0,4 \text{ m/s}</math> (<math>1,3 \text{ ft/s}</math>)</p> <table border="1" data-bbox="529 1413 1388 1512"> <thead> <tr> <th><math>t_{90}</math></th> <th><math>t_{90}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>&lt; 1,0 \text{ s}</math></td> <td><math>&lt; 2,0 \text{ s}</math></td> </tr> </tbody> </table>	$t_{90}$	$t_{90}$	$< 1,0 \text{ s}$	$< 2,0 \text{ s}$
$t_{90}$	$t_{90}$				
$< 1,0 \text{ s}$	$< 2,0 \text{ s}$				
Influencia de la tensión de alimentación	<p><math>\leq \pm 0,01 \%/V</math> de desviación respecto a <math>24 \text{ V}</math></p> <p>Las especificaciones porcentuales hacen referencia al valor de fondo de escala del rango de medición.</p>				
Autocalentamiento	Insignificante pequeño				
Corriente del sensor	$\leq 0,6 \text{ mA}$				

### **Installation - Mechanical**

---

1. The flow sensor has NPT (National Pipe Thread) plumbing connections. It is recommended that a paste type pipe sealant be used on these threads. [Teflon tape sealant can be used as long as it is applied in such a way that it will not enter the flow stream. Pieces of Teflon tape can wrap around the turbine and impede its rotation.]
2. The recommended mounting orientation would be any plane that will place the axis of the turbine horizontal with respect to the ground. See Illustration 1. The unit will operate satisfactorily with its axis at angles other than horizontal, but side loading of the bearing surfaces will lead to premature wear of the rotating parts.
3. For the best flow measurement results, place the inlet (See Note 1) of the flow sensor at least 10 straight pipe diameters downstream from any fitting, valve, elbow, reducer, etc. that causes non-stable flow conditions. Ideally, 5 straight pipe diameters should be placed at the outlet of the sensor. If the sensor must be placed closer to a source of non-stable flow than these recommended distances, some instability of the output signal may result. The average signal will be accurate.

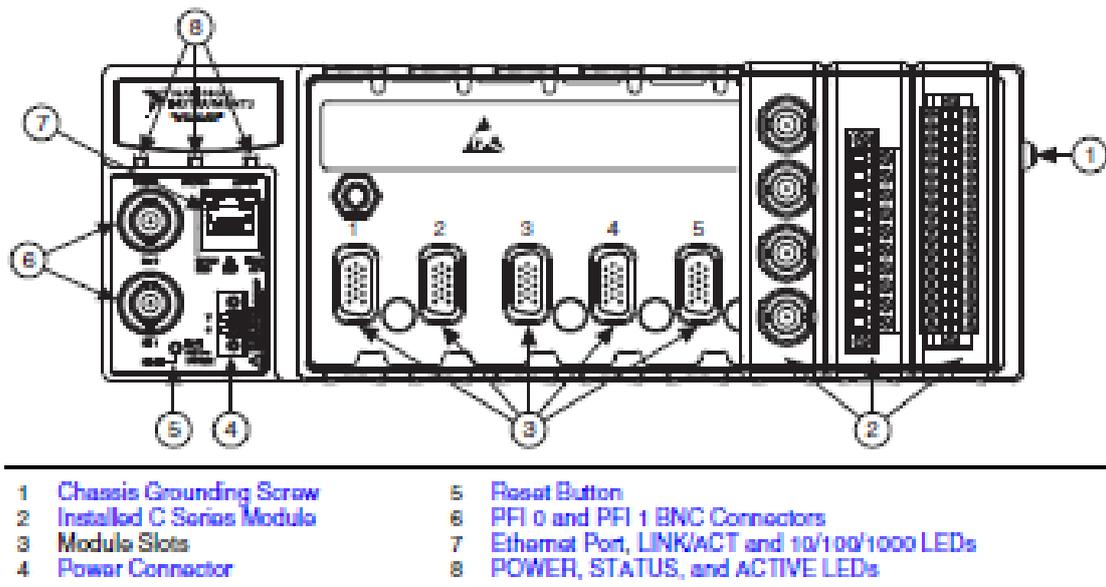
### **Installation - Electronic (4-20mA Only)**

---

The flow sensor circuit is a two-wire loop-powered design that transmits a 4-20mA signal that is proportional to flow rate. The noise-immune current transmission from the sensor can be routed with low cost two conductor twisted-pair cable. The circuit operates on 12-35 VDC and requires a source capable of supplying at least 20mA of current. The circuit has built in polarity protection and over-current limiting to protect both the transmitter and what the transmitter is connected to.

1. Connect the red wire (pin 1 for units with the electronic disconnect option) from the transmitter sensor to the positive 12-35 VDC power supply output.
2. Connect the black wire (pin 2 for units with the electronic disconnect option) from the transmitter to the positive side of the loop load (resistor, chart recorder, data acquisition board, meter, etc.). This connection may be labeled "4-20mA Input" or "4-20mA (+)" on some devices.
3. If applicable, connect the negative side of the loop load to negative side of the power supply.
4. Apply power to the system.

## HOJA TÉCNICA CHASIS CDAQ



## Reserving the Chassis in MAX

When the cDAQ chassis is connected to a network, multiple users can access the chassis. To perform any DAQ functionality on the C Series modules, including reset chassis and self-test, you must reserve the cDAQ chassis in MAX. Figure 1-10 depicts the chassis state icons in MAX: an unreserved chassis or chassis reserved by another host appear with an X and reserved chassis appear as blue. Only one user at a time can reserve the cDAQ chassis.

If the cDAQ chassis was not reserved automatically after it was added (**Add Device**), you can reserve the cDAQ chassis in MAX by expanding **Devices and Interfaces** » **Network Devices**, selecting the chassis, and clicking the **Reserve Chassis** button. The **Override Reservation** dialog box appears when you attempt to explicitly reserve a chassis. Agreeing to override the reservation forces the cDAQ chassis to be reserved by the current user.

## QoS Priority

(cDAQ-9191) The QoS Priority sets the priority for the data transferred over the wireless network adapter when the wireless device is sharing the channel with one or more devices. There are four priorities: Disabled, Normal, High, and Critical, as described in Table 1-2. The default is Normal.

## NI 9213 Datasheet

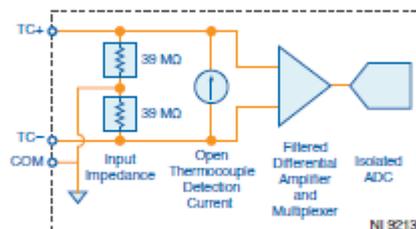


The NI-9213 is a high-density thermocouple module for CompactDAQ and CompactRIO chassis. Designed for higher-channel-count systems, the NI-9213 adds thermocouples to mixed-signal test systems without taking up too many slots.

### NI-9213 Block Diagram

Each channel passes through a differential filter and then is multiplexed and sampled by a 24-bit analog-to-digital converter (ADC). The channels share a common ground, COM, that is isolated from other modules in the system.

Figure 1. Input Circuitry for One Channel of the NI-9213

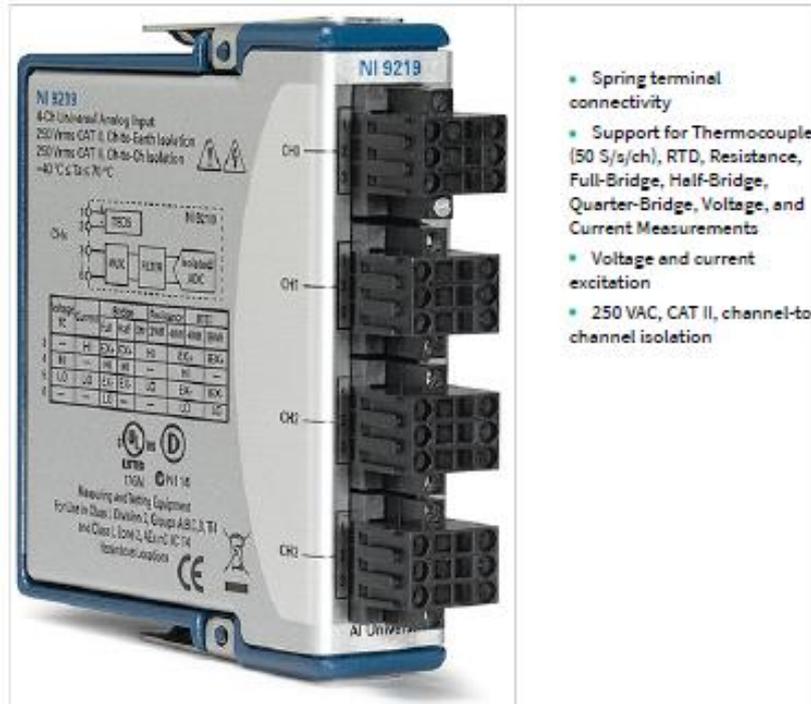


### Common-Mode Voltage

The NI-9213 common-mode range is the maximum voltage between any channel and COM. If COM is not connected, then the common-mode voltage range is the maximum voltage between any two channels. The NI-9213 measures the common-mode voltage level of each channel and returns a warning in the software if the signal is outside the common-mode voltage range.

## HOJA TÉCNICA MÓDULO NI 9213

### NI-9219 Datasheet



- Spring terminal connectivity
- Support for Thermocouple (50 S/s/ch), RTD, Resistance, Full-Bridge, Half-Bridge, Quarter-Bridge, Voltage, and Current Measurements
- Voltage and current excitation
- 250 VAC, CAT II, channel-to-channel isolation

The NI-9219 is a universal C Series module designed for multipurpose testing in any NI CompactDAQ or CompactRIO chassis. With the NI-9219, you can measure several signals from sensors such as strain gages, RTDs, thermocouples, load cells, and other powered sensors. The channels are individually selectable, so you can perform a different measurement type on each of the four channels. Measurement

### NI-9219 Specifications

The following specifications are typical for the range -40 °C to 70 °C unless otherwise noted.



**Caution** Do not operate the NI-9219 in a manner not specified in this document. Product misuse can result in a hazard. You can compromise the safety protection built into the product if the product is damaged in any way. If the product is damaged, return it to NI for repair.

#### Input Characteristics

Number of channels	4 analog input channels
ADC resolution	24 bits
Type of ADC	Delta-sigma (with analog prefiltering)
Sampling mode	Simultaneous
Type of TEDS supported	IEEE 1451.4 TEDS Class 2 (Interface)

**ANEXO III. Datos del ensayo de temperatura de Estancamiento**

Medida	Temp.Amb.	Radiación	Temp. Absor.
1	20,5	965,3	23,6
2	22,5	1001,1	24,4
3	21,1	928,5	25,8
4	20,9	930,6	26,4
5	20,8	926,5	27,6
6	21,1	932,4	28,4
7	21,2	947,0	29,6
8	20,2	933,6	30,5
9	20,7	992,7	31,9
10	20,1	938,1	32,2
11	20,3	931,7	33,9
12	21,2	947,2	35,6
13	20,7	910,1	37,9
14	21,2	960,3	39,5
15	21,8	993,3	41,1
16	21,6	973,0	44,1
17	22,6	1006,9	47,6
18	21,1	931,6	49,3
19	20,8	918,7	51,5
20	20,7	944,3	53,8
21	20,3	910,5	55,3
22	20,5	901,0	57,4
23	21,1	957,6	59,5
24	20,9	923,8	61,7
25	20,8	916,0	63,6
26	23,2	1002,6	65,8
27	22,7	993,8	67,9
28	22,5	1002,9	69,3
29	22,1	976,3	71,5
30	22,6	1011,7	73,4
31	21,9	992,6	75,9
32	21,7	972,4	77,1
33	21,3	942,9	79,3
34	21,1	946,3	80,7
35	21,6	956,2	82,6
36	21,2	941,6	84,5
37	20,1	933,5	85,1
38	20,5	927,3	87,8
39	20,2	947,2	89,3
40	20,9	974,3	90,7
41	23,1	1014,5	93,1

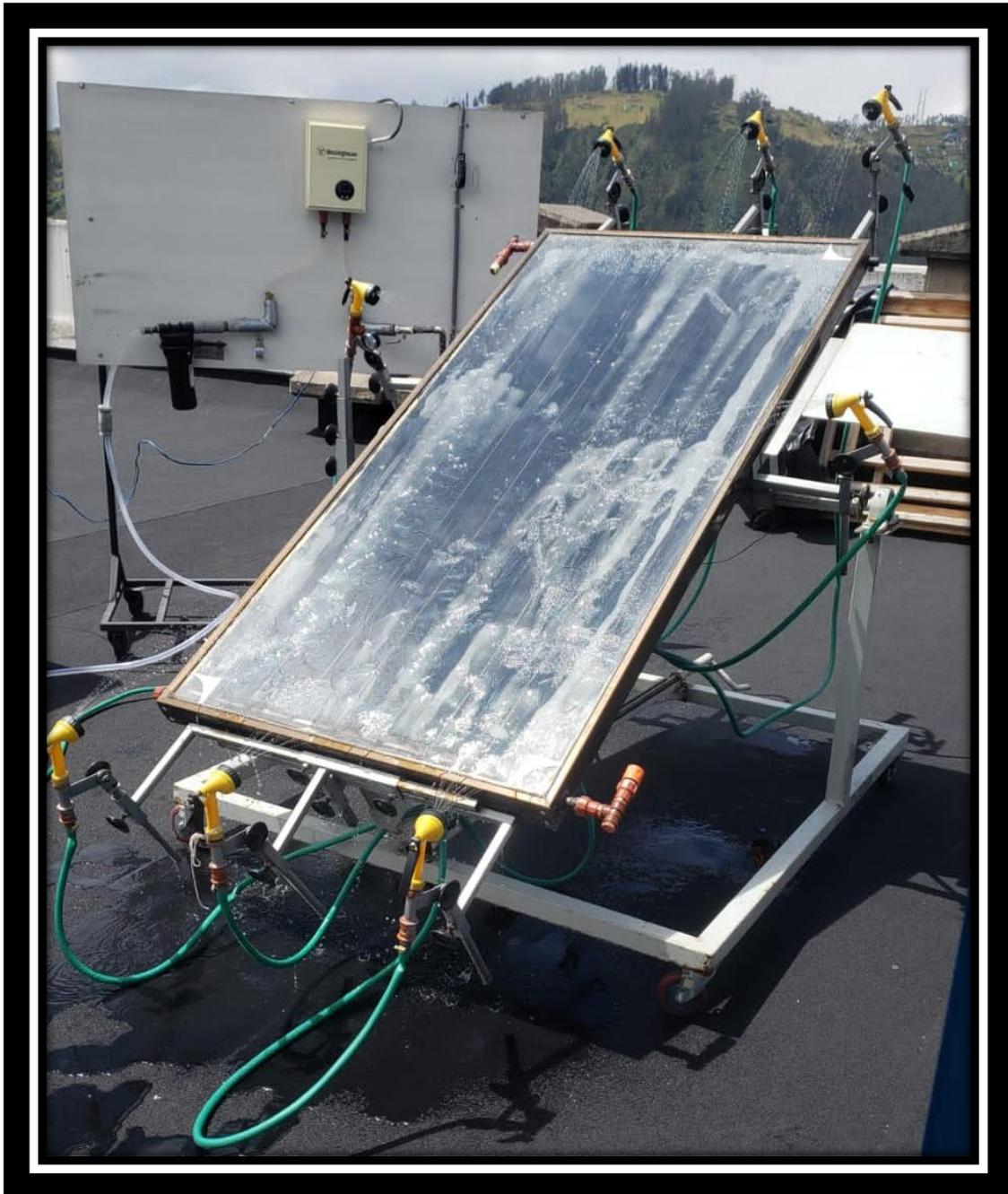
42	23,2	1035,5	94,2
43	23,2	1097,6	95,9
44	23,1	1053,4	98,2
45	22,9	1010,3	101,1
46	22,9	1003,9	103,9
47	20,6	921,1	105,9
48	20,4	902,6	108,3
49	20,5	917,6	111,0
50	20,3	908,4	113,3
51	20,4	904,7	114,6
52	20,4	912,4	116,3
53	20,4	927,1	118,2
54	20,5	994,0	120,6
55	20,3	987,3	122,5
56	20,5	985,0	123,2
57	20,5	978,1	125,6
58	20,4	986,6	127,1
59	20,3	940,1	126,9
60	20,2	938,2	129,6
61	20,3	943,6	131,8
62	20,3	947,7	133,9
63	20,6	990,6	135,2
64	20,4	918,9	137,5
65	20,5	975,2	138,6
66	21,8	1012,8	139,1
67	21,2	1003,4	140,6
68	22,0	1010,7	141,7
69	21,9	1003,2	142,2
70	22,1	1016,4	142,6
71	22,1	1027,7	143,5
72	22,1	1030,2	143,8
73	22,4	1051,4	144,1
74	22,3	1021,4	145,1
75	21,7	977,6	145,6
76	20,3	911,9	145,9
77	20,4	970,4	147,0
78	20,2	963,3	147,8
79	20,4	971,1	148,7
80	20,3	912,7	148,8
81	20,5	982,1	149,2
82	20,4	977,7	149,5
83	20,3	965,3	150,8
84	20,5	985,6	150,9
85	20,5	997,4	151,3

86	20,5	997,3	151,5
87	21,0	998,3	151,8
88	21,2	1006,5	152,3
89	21,5	1012,2	152,7
90	21,4	1001,3	152,9
Media	21,2	968,3	97,8

TEMPERATURA DE ESTANCAMIENTO	110,05
<b>Parámetro</b>	
<b>Valor</b>	
T_a: Temperatura ambiente	23,20
G_s: Radiación solar hemisférica	1097,62
G_m: Media de la radiación solar hemisférica	968,28
T_sm: Media de la temperatura del absorbedor	97,77
T_am: Media de temperatura ambiente	21,15

## **ANEXO IV. Manual de usuario**

## IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EVALUACIÓN DE COLECTORES SOLARES TÉRMICOS DE PLACA PLANA BAJO LA NORMA UNE-ISO 9806





## INDICE

1. OBJETIVO .....	3
2. ALCANCE Y/O DEFINICIONES .....	3
2.1. Alcance .....	3
3. RESPONSABILIDADES .....	3
3.1. Director del grupo de investigación SCINERGY .....	3
3.2. Operario del Banco de Pruebas .....	3
4. REFERENCIAS.....	3
5. DESCRIPCIÓN DEL INSTRUCTIVO .....	3
5.1. Riesgos asociados al uso del equipo.....	3
5.2. Medidas de control a los riesgos asociados: .....	4
5.3. Banco de pruebas e instrumentos .....	4
5.3.1. Partes del banco de pruebas para colectores solares de placa plana.....	4
5.3.2. Partes de la estructura desmontable para el ensayo de impacto.....	5
5.3.3. Componentes del sistema de adquisición de datos.....	5
5.3.4. Sensores de temperatura y fuente .....	6
5.4. Ensayos .....	6
5.4.1. Ensayo de presión interna .....	6
5.4.2. Ensayo de exposición.....	9
5.4.3. Ensayo de choque térmico externo .....	10
5.4.4. Ensayo de choque térmico interno.....	11
5.4.5. Ensayo de penetración de lluvia.....	12
5.4.6. Ensayo de resistencia al impacto .....	15
5.4.7. Ensayos de temperatura de estancamiento y rendimiento térmico.....	17



## 1. OBJETIVO

Proporcionar al operario una guía para el desarrollo de los ensayos mecánicos y establecer el manejo de las interfaces desarrolladas para los ensayos térmicos al usar el banco de pruebas de colectores solares de placas planas.

## 2. ALCANCE Y/O DEFINICIONES

### 2.1. Alcance

Este documento establece una guía práctica para la adecuación del banco de pruebas y equipos requeridos para el desarrollo de los ensayos mecánicos al igual que explica el funcionamiento del sistema computacional desarrollado en la plataforma LABVIEW para los ensayos térmicos en la puesta en marcha del banco de pruebas para colectores solares de placa plana.

## 3. RESPONSABILIDADES

### 3.1. Director del grupo de investigación SCINERGY

- Proporcionar los recursos necesarios para la implementación del presente procedimiento.

### 3.2. Operario del Banco de Pruebas

- Revisar e implementar el presente instructivo.
- Preparar el banco de pruebas, su instrumentación y adaptaciones previo a la ejecución de los ensayos.
- Ejecutar los ensayos y generar el reporte final.

## 4. REFERENCIAS

- Organismo Internacional de Normalización ISO, Energía Solar-Colectores Térmicos Solares- Métodos de Prueba. (ISO 9806:2017), 2017.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), Rendimiento térmico de colectores solares, Requisitos y métodos de ensayo, Quito, 2016.

## 5. DESCRIPCIÓN DEL INSTRUCTIVO

### 5.1. Riesgos asociados al uso del equipo

- Los factores de riesgo específicos de la operación del banco de pruebas de colectores solares de placa plana lo constituyen la posible interacción entre el operario y el agua caliente que circula por el colector solar.
- Los riesgos y factores de riesgo más importantes son los riesgos físicos.

#### Riesgos Físicos

- Cortaduras producidas por:
  - Estructura en mal estado.
  - Vidrio frontal roto.

- Falla en los conductos internos del colector.
- Riesgo eléctrico.

## 5.2. Medidas de control a los riesgos asociados:

- Utilizar el equipo de protección personal obligatorio.
- Usar ropa de trabajo adecuada, nunca holgada.
- No utilizar celulares y equipos electrónicos que no intervengan en el funcionamiento del equipo.

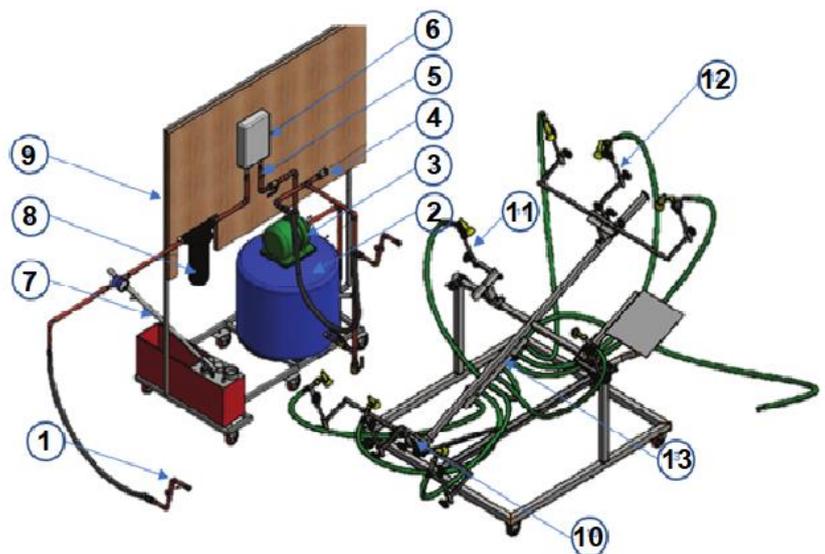
Por el ambiente de trabajo y los riesgos asociados, es obligatorio utilizar los equipos de protección personal descritos en la siguiente tabla:

EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL REQUERIDOS				
PROTECCIÓN				
	Visual	Dermis	Cráneo/ Dermis	Extremidades inferiores
REQUIERE	√	√	√	√
PROTEJE CONTRA	Rayos ultravioleta y proyección de partículas	Exposición a fluidos a altas temperaturas	Caída de objetos por desplome.	Caída de objetos por desplome. Caída de objetos por manipulación

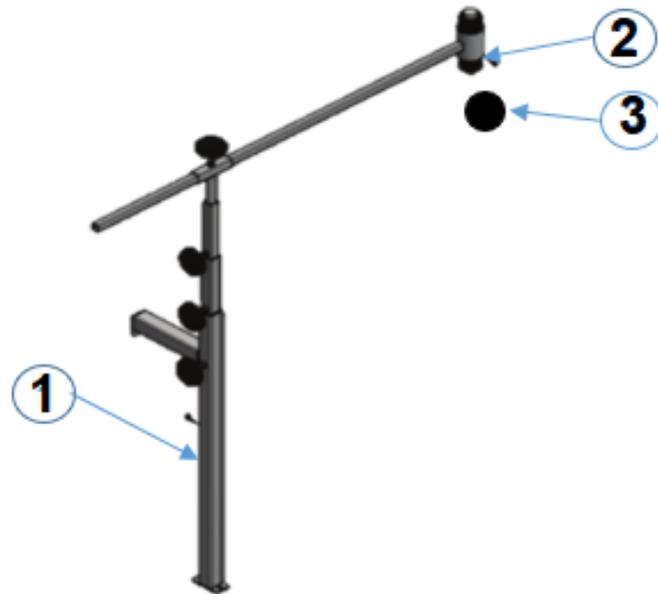
## 5.3. Banco de pruebas e instrumentos

### 5.3.1. Partes del banco de pruebas para colectores solares de placa plana

1. Tubería aislada
2. Tanque de almacenamiento
3. Bomba eléctrica
4. Válvula de alivio
5. Tubería de succión y empuje
6. Calentador eléctrico
7. Bomba manual
8. Filtro
9. Estructura de soporte y fijación
10. Conjunto de guías principales
11. Conjunto de guías secundarias
12. Aspersores
13. Regla de distribución

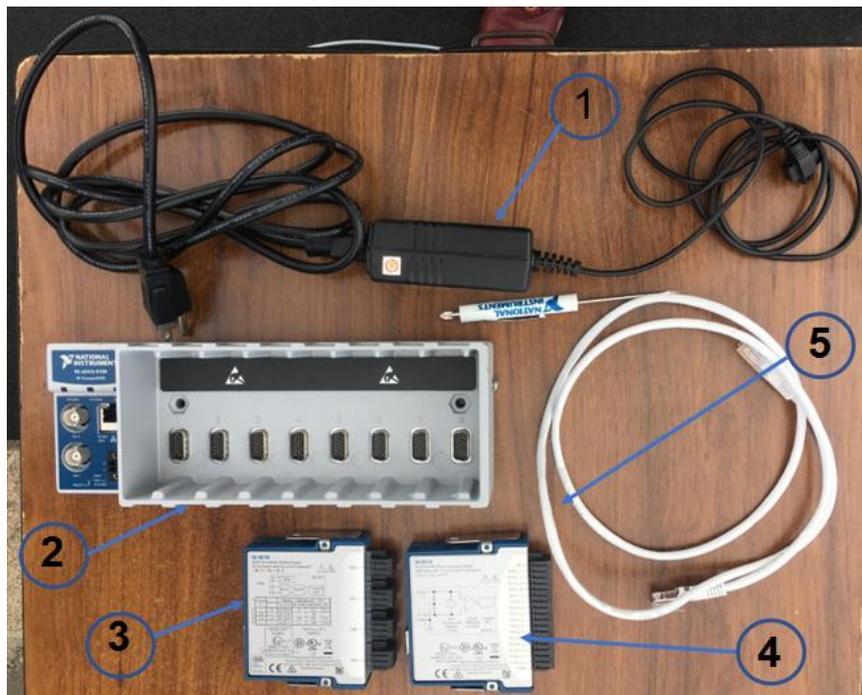


## 5.3.2. Partes de la estructura desmontable para el ensayo de impacto.



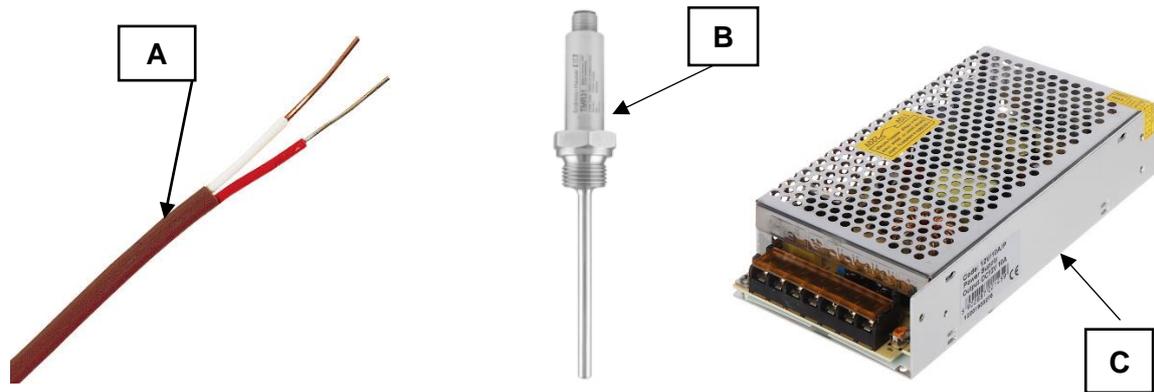
1. Sistema de elevación.
2. Sistema de sujeción y liberación del proyectil.
3. Proyectil tipo esfera

## 5.3.3. Componentes del sistema de adquisición de datos



1. Fuente de alimentación del chasis CDAQ.
2. Chasis NI CDAQ 9188.
3. Módulo universal NI 9219.
4. Módulo para termopares NI 9213.
5. Cable ethernet.

## 5.3.4. Sensores de temperatura y fuente



- A: Termocupla tipo J
- B: PT 100
- C: Fuente conmutada de 12V – 5A

## 5.4. Ensayos

A continuación, en cada apartado se muestra a detalle como se debe desarrollar cada ensayo comprendido en el trabajo de integración curricular para el componente A (Ensayos térmicos) y el componente B (Ensayos mecánicos), en el orden que se debe realizar al utilizar el banco de pruebas para colectores solares de placa plana.

### 5.4.1. Ensayo de presión interna

¿DÓNDE?: Banco de Pruebas.		FRECUECIA: Al iniciar y durante el desarrollo del ensayo de presión interna.		
¿QUIÉN?: Operador.				
ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	IMÁGENES E ILUSTRACION	UBICACIÓN	CONTROL
1. Montar el colector sobre la estructura	Colocar el colector sobre la estructura asegurando condiciones adecuadas para el ensayo.	 Figura 1.	Sobre el banco de pruebas.	 
2. Determinar el tipo de canales de fluido que presenta el colector.	Los canales de fluido pueden ser de dos tipos dependiendo de la naturaleza de su fabricación. Los canales no poliméricos (metales) y los canales poliméricos como elastómeros.	 Figura 2.	En el banco de pruebas.	 

<p><b>3.</b> Vaciar el aire dentro de los canales de fluido.</p>	<p>Al comienzo del ensayo se debe purgar el aire contenido en los canales de fluido del absorbedor mediante el uso de la válvula de purgado.</p> <p>La válvula se encuentra denotada como el elemento 4 en el esquema 5.3.1.</p>	 <p><b>Figura 3.</b></p>	<p>En el área de trabajo.</p>	 
<p><b>4.</b> Llenar los canales con el fluido de trabajo.</p>	<p>Abrir todas las válvulas y dejar circular el fluido de trabajo por el colector hasta llenar las tuberías por completo.</p> <p>El fluido debe estar a temperatura ambiente en un rango de <math>20^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}</math>.</p>	 <p><b>Figura 4.</b></p>	<p>En el banco de pruebas.</p>	 
<p><b>5.</b> Presurizar el fluido de trabajo.</p>	<p>Se debe elevar la presión del fluido hasta la presión de ensayo con el uso de la bomba manual. La presión se controla con el manómetro ubicado en el banco de pruebas.</p> <p>La presión de ensayo debe mantenerse constante dentro del 5% o de 1,5 veces la presión máxima de operación del colector especificada por el fabricante.</p>	 <p><b>Figura 5.</b></p>	<p>En el banco de pruebas.</p>	 
<p><b>6.</b> Aislar los canales de fluido de la fuente.</p>	<p>Se debe aislar los canales de la fuente por medio de la válvula de seguridad. Los canales de fluido permanecerán aislados de la fuente de presión durante el periodo de prueba y la presión interna deberá ser monitoreada con ayuda del manómetro.</p>	 <p><b>Figura 6.</b></p>	<p>En el banco de pruebas.</p>	 

<p>7. Mantener la presión de prueba.</p>	<p>Luego de aislar los canales de fluido de la fuente de presión, se debe mantener la presión de prueba por al menos 15 [min].</p>	 <p><b>Figura 7.</b></p>	<p>En el banco de pruebas.</p>	
<p>8. Liberar la presión contenida en los canales.</p>	<p>Luego de transcurrir 15 minutos, se debe liberar la presión de los canales paulatinamente con la ayuda de las llaves de seguridad.</p> <p>Se debe vaciar el fluido por completo y esperar 5 minutos.</p>	 <p><b>Figura 8.</b></p>	<p>En el área de trabajo.</p>	
<p>9. Realizar la inspección visual y llenar el reporte.</p>	<p>Cerrar las llaves del banco de pruebas.</p> <p>Desconectar la tubería entre el colector y el banco.</p> <p>Inspeccionar los canales en busca de fugas, hinchazón y distorsión.</p>	 <p><b>Figura 9.</b></p>	<p>En el área de trabajo.</p>	
<p>10. Almacenado del colector.</p>	<p>Finalmente, el colector debe ser almacenado de tal manera que se pueda realizar el siguiente ensayo.</p> <p>Se recomienda evitar el transporte innecesario luego de la prueba.</p>	 <p><b>Figura 10.</b></p>	<p>En el área de trabajo.</p>	
<p>11. Reporte del ensayo realizado.</p>	<p>Completar las hojas de inspección.</p>	<p>4.2 ANEXO II: Reporte para el ensayo de presión interna para canales de fluido</p> <p>1. Condiciones de ensayo</p> <p>Método de prueba: .....</p> <p>Fluido de prueba: .....</p> <p>Temperatura ambiente: ..... [°C]</p> <p>Duración del ensayo: ..... [min]</p> <p>2. Resultados de la prueba</p> <p>Presión máxima de prueba: ..... [kPa]</p> <p>Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la inspección final (ANEXO IV) junto con su descripción y fotos: .....</p> <p><b>Figura 11.</b></p>	<p>En el área de trabajo.</p>	

## 5.4.2. Ensayo de exposición.

¿DÓNDE?: Banco de Pruebas.		FRECUENCIA: Al iniciar y durante el desarrollo del ensayo de exposición.		
¿QUIÉN?: Operador.		IMÁGENES E ILUSTRACION	UBICACIÓN	CONTROL
ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO			
1. Montar el colector sobre la estructura	Colocar el colector sobre la estructura y posicionarlo de forma perpendicular al movimiento del sol.	 <b>Figura 12.</b>	Sobre el banco de pruebas.	  
2. Llenar de agua el colector	Llenar los conductos del colector con agua por un lapso de 15 minutos.	 <b>Figura 13.</b>	En el banco de pruebas / colector.	  
3. Drenar los conductos.	Drenar los conductos del colector ya se por gravedad o con el uso de una bomba.	 <b>Figura 14.</b>	En el banco de pruebas / colector.	  
4. Sellar entrada y salida del colector.	<b>Sellar herméticamente los tubos de entrada y salida del colector</b>	 <b>Figura 15.</b>	En el colector.	  
5. Exponer el colector solar.	Exponer el colector vacío por un lapso de al menos 4 horas diarias con una radiación mínima de 700 W/m <sup>2</sup> y una temperatura ambiente mayor o igual a 20°C	 <b>Figura 16.</b>	En el banco de pruebas.	  

<p><b>6.</b> Registrar datos.</p>	<p>Registrar datos del estado del colector los días de inicio y fin del ensayo.</p> <p>Registrar diariamente los valores de radiación y temperatura ambiente.</p> <p>Realizar una inspección semanal del estado del colector y llevar un registro de las observaciones</p>	<p style="font-size: small;">Detalle cualquier cambio observable indicando su localización exacta; sea tan específico como sea posible</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="font-size: x-small;">Fecha de la inspección (año/mes/día)</th> <th style="font-size: x-small;">Resultados de la inspección</th> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Condiciones observadas durante las inspecciones semanales</td> <td style="font-size: x-small;">SI    NO</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">¿El colector solar presentó algún daño?</td> <td style="font-size: x-small;"></td> </tr> </table> <p style="text-align: center;"><b>Figura 17.</b></p>	Fecha de la inspección (año/mes/día)	Resultados de la inspección	Condiciones observadas durante las inspecciones semanales	SI    NO	¿El colector solar presentó algún daño?		<p>En el área de trabajo.</p>	
Fecha de la inspección (año/mes/día)	Resultados de la inspección									
Condiciones observadas durante las inspecciones semanales	SI    NO									
¿El colector solar presentó algún daño?										

### 5.4.3. Ensayo de choque térmico externo

<p><b>¿DÓNDE?:</b> Banco de Pruebas.</p> <p><b>¿QUIÉN?:</b> Operador.</p>		<p><b>FRECUENCIA:</b> Al iniciar y durante el desarrollo del ensayo de choque térmico externo.</p>																																
ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	IMÁGENES E ILUSTRACION	UBICACIÓN	CONTROL																														
<p><b>1.</b> Montar el colector sobre la estructura</p>	<p>Colocar el colector sobre la estructura.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Figura 18.</b></p>	<p>Sobre el banco de pruebas.</p>																															
<p><b>2.</b> Sellar las tuberías del colector</p>	<p>Sellar la entrada y salida del colector para evitar pérdidas de calor por convección natural.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Figura 19.</b></p>	<p>En el banco de pruebas / colector.</p>																															
<p><b>3.</b> Exponer al colector.</p>	<p>Considerando la clase del colector especificada por el fabricante, exponerlo bajo dichas condiciones climáticas por un lapso de una hora.</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">Valores para clases climáticas</th> </tr> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">Clase C Templado</th> <th style="text-align: center;">Clase B Soleado</th> <th style="text-align: center;">Clase A Muy Soleado</th> <th style="text-align: center;">Clase A+ En extremo Soleado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><math>G_{hem}</math> [W/m<sup>2</sup>]</td> <td style="text-align: center;">800</td> <td style="text-align: center;">900</td> <td style="text-align: center;">1000</td> <td style="text-align: center;">1100</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>T_a</math> [°C]</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">15</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">40</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>H</math> [MJ/m<sup>2</sup>]</td> <td style="text-align: center;">420</td> <td style="text-align: center;">540</td> <td style="text-align: center;">600</td> <td style="text-align: center;">700</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>H/2</math> [MJ/m<sup>2</sup>]</td> <td style="text-align: center;">210</td> <td style="text-align: center;">270</td> <td style="text-align: center;">300</td> <td style="text-align: center;">350</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: x-small;">nico, puede entenderse los valores como los valores medios</p> <p style="text-align: center;"><b>Figura 20.</b></p>	Valores para clases climáticas						Clase C Templado	Clase B Soleado	Clase A Muy Soleado	Clase A+ En extremo Soleado	$G_{hem}$ [W/m <sup>2</sup> ]	800	900	1000	1100	$T_a$ [°C]	10	15	20	40	$H$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	420	540	600	700	$H/2$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	210	270	300	350	<p>En el banco de pruebas / colector.</p>	
Valores para clases climáticas																																		
	Clase C Templado	Clase B Soleado	Clase A Muy Soleado	Clase A+ En extremo Soleado																														
$G_{hem}$ [W/m <sup>2</sup> ]	800	900	1000	1100																														
$T_a$ [°C]	10	15	20	40																														
$H$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	420	540	600	700																														
$H/2$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	210	270	300	350																														

<p>4. Rociar el colector.</p>	<p>Rociar el colector con agua a temperatura menor a 25°C durante un lapso de 15 minutos.</p> <p>Someter a dos choques térmicos.</p>	 <p><b>Figura 21.</b></p>	<p>En el colector.</p>	
<p>5. Registrar datos.</p>	<p>Registrar datos del estado del colector y de las observaciones realizadas.</p>	<p style="font-size: small;">ENSAYO DE CHOQUE TÉRMICO EXTERNO</p> <p style="font-size: x-small;">1. Condiciones de ensayo</p> <p style="font-size: x-small;">Método del ensayo (simulador interior, exterior, etc.): _____</p> <p style="font-size: x-small;">Ángulo de inclinación del colector (medido desde la horizontal): _____ [°]</p> <p style="font-size: x-small;">Radiación media durante el ensayo: _____ [W/m2]</p> <p style="font-size: x-small;">Radiación mínima durante el ensayo: _____ [W/m2]</p> <p style="font-size: x-small;">Temperatura media del ambiente: _____ [°C]</p> <p style="font-size: x-small;">Temperatura mínima del ambiente: _____ [°C]</p> <p style="font-size: x-small;">2. Resultados del ensayo</p> <p style="font-size: x-small;">Clase climática del ensayo (A*, A, B, C indicar la radiación G y la velocidad del aire si se trata de la Clase C): _____</p> <p style="font-size: x-small;">Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la Cláusula 17 (descripción y fotos): _____</p> <p style="font-size: x-small;">Otras observaciones y comentarios: _____</p> <p><b>Figura 22.</b></p>	<p>En el área de trabajo.</p>	

### 5.4.4. Ensayo de choque térmico interno

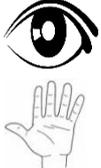
<p><b>¿DÓNDE?:</b> Banco de Pruebas.</p> <p><b>¿QUIÉN?:</b> Operador.</p>		<p><b>FRECUENCIA:</b> Al iniciar y durante el desarrollo del ensayo de choque térmico interno.</p>		
ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	IMÁGENES E ILUSTRACION	UBICACIÓN	CONTROL
<p>1. Montar el colector sobre la estructura</p>	<p>Colocar el colector sobre la estructura.</p>	 <p><b>Figura 23.</b></p>	<p>Sobre el banco de pruebas.</p>	
<p>2. Sellar las tuberías del colector</p>	<p>Sellar la entrada del colector y dejar la salida abierta.</p>	 <p><b>Figura 24.</b></p>	<p>En el banco de pruebas / colector.</p>	

<p><b>3.</b> Exponer al colector.</p>	<p>Considerando la clase del colector especificada por el fabricante, exponerlo bajo dichas condiciones climáticas por un lapso de una hora.</p>	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5">Valores para clases climáticas</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Clase C Templado</th> <th>Clase B Soleado</th> <th>Clase A Muy Soleado</th> <th>Clase A+ En extremo Soleado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>G_{hem}</math> [W/m<sup>2</sup>]</td> <td style="text-align: center;">800</td> <td style="text-align: center;">900</td> <td style="text-align: center;">1000</td> <td style="text-align: center;">1100</td> </tr> <tr> <td><math>T_a</math> [°C]</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">15</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">40</td> </tr> <tr> <td><math>H</math> [MJ/m<sup>2</sup>]</td> <td style="text-align: center;">420</td> <td style="text-align: center;">540</td> <td style="text-align: center;">600</td> <td style="text-align: center;">700</td> </tr> <tr> <td><math>H/2</math> [MJ/m<sup>2</sup>]</td> <td style="text-align: center;">210</td> <td style="text-align: center;">270</td> <td style="text-align: center;">300</td> <td style="text-align: center;">350</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small; text-align: center;">nico, puede entenderse los valores como los valores medios</p> <p><b>Figura 25.</b></p>	Valores para clases climáticas						Clase C Templado	Clase B Soleado	Clase A Muy Soleado	Clase A+ En extremo Soleado	$G_{hem}$ [W/m <sup>2</sup> ]	800	900	1000	1100	$T_a$ [°C]	10	15	20	40	$H$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	420	540	600	700	$H/2$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	210	270	300	350	<p>En el banco de pruebas / colector.</p>	  
Valores para clases climáticas																																		
	Clase C Templado	Clase B Soleado	Clase A Muy Soleado	Clase A+ En extremo Soleado																														
$G_{hem}$ [W/m <sup>2</sup> ]	800	900	1000	1100																														
$T_a$ [°C]	10	15	20	40																														
$H$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	420	540	600	700																														
$H/2$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	210	270	300	350																														
<p><b>4.</b> Conectar el suministro de agua.</p>	<p>Conectar el suministro de agua a la entrada del colector con agua a temperatura menor a 25°C durante un lapso de 5 minutos.</p> <p>Someter a un choque térmico.</p>	<p><b>Figura 26.</b></p>	<p>En el colector.</p>	  																														
<p><b>5.</b> Registrar datos.</p>	<p>Registrar datos del estado del colector y de las observaciones realizadas.</p>	<p style="font-size: x-small;">ENSAYO DE CHOQUE TÉRMICO INTERNO</p> <p style="font-size: x-small;">1. Condiciones de ensayo</p> <p style="font-size: x-small;">Método del ensayo (simulador interior, exterior, etc.): _____</p> <p style="font-size: x-small;">Ángulo de inclinación del colector (medido desde la horizontal): _____ [°]</p> <p style="font-size: x-small;">Radiación media durante el ensayo: _____ [W/m<sup>2</sup>]</p> <p style="font-size: x-small;">Radiación mínima durante el ensayo: _____ [W/m<sup>2</sup>]</p> <p style="font-size: x-small;">Temperatura media del ambiente: _____ [°C]</p> <p style="font-size: x-small;">Temperatura mínima del ambiente: _____ [°C]</p> <p style="font-size: x-small;">2. Resultados del ensayo</p> <p style="font-size: x-small;">Clase climática del ensayo (A+, A, B, C indicar la radiación G y la velocidad del aire si se trata de la Clase C): _____</p> <p style="font-size: x-small;">Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la Cláusula 17 (descripción y fotos): _____</p> <p style="font-size: x-small;">Otras observaciones y comentarios: _____</p> <p><b>Figura 27.</b></p>	<p>En el área de trabajo.</p>	  																														

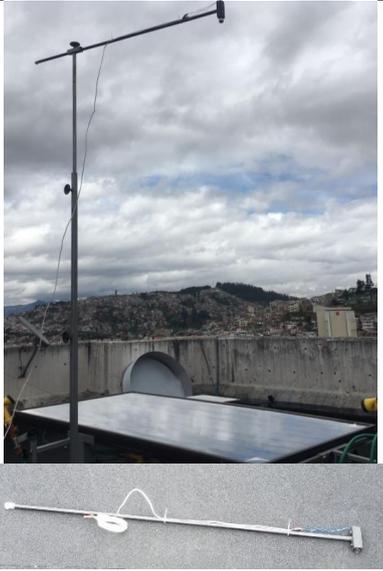
### 5.4.5. Ensayo de penetración de lluvia

<p><b>¿DÓNDE?:</b> Banco de Pruebas.</p> <p><b>¿QUIÉN?:</b> Operador.</p>		<p><b>FRECUENCIA:</b> Al iniciar y durante el ensayo de penetración de lluvia.</p>		
ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	IMÁGENES E ILUSTRACION	UBICACIÓN	CONTROL
<p><b>1.</b> Montar el colector sobre la estructura</p>	<p>Colocar el colector sobre la estructura con la inclinación mínima recomendada por el fabricante o de 30° sobre la horizontal</p>	<p><b>Figura 28.</b></p>	<p>Sobre el banco de pruebas.</p>	  

<p>2. Ubicar las boquillas de rociado.</p>	<p>Ubicar las boquillas de rociado a una distancia lineal de 250 [mm] desde el colector.</p> <p>Colocar las boquillas con un ángulo de inclinación de 30° con respecto a la superficie del colector.</p> <p>Ajustar la posición de las boquillas con la ayuda de los seguros ubicados en las guías secundarias.</p>	<p><b>Figura 29.</b></p>	<p>En el banco de pruebas.</p>	 
<p>3. Cubrir el colector de luz directa.</p>	<p>Cubrir el colector de luz directa durante todo el ensayo garantizando radiación global menor a 200 [W/m<sup>2</sup>].</p>	<p><b>Figura 30.</b></p>	<p>En el área de trabajo.</p>	 
<p>4. Calentar el absorbedor.</p>	<p>Mantener el absorbedor caliente empleando el calentador eléctrico para hacer circular fluido a 55°C (±5K).</p>	<p><b>Figura 31.</b></p>	<p>En el banco de pruebas.</p>	 
<p>5. Estabilizar el colector durante condiciones de trabajo.</p>	<p>Mantener circulando el fluido a 55°C (±5K) durante 1 [h] con el colector cubierto de luz directa.</p>	<p><b>Figura 32.</b></p>	<p>En el banco de pruebas.</p>	 
<p>6. Suspender el uso del calentador eléctrico.</p>	<p>El colector no debe mantenerse caliente luego de tener condiciones estables (1 [h] de iniciado el ensayo).</p> <p>El colector debe mantenerse cubierto de la luz directa hasta el final de la inspección.</p>	<p><b>Figura 33.</b></p>	<p>En el banco de pruebas.</p>	 

<p>7. Preparar el banco y equipos para el rociado continuo.</p>	<p>Alimentar el tanque hidroneumático con agua suficiente.</p> <p>Encender la bomba eléctrica.</p> <p>Abrir las válvulas del banco de pruebas para permitir la circulación del fluido.</p>	 <p><b>Figura 34.</b></p>	<p>En el banco de pruebas.</p>	
<p>8. Rociado continuo del colector.</p>	<p>Rociar el colector continuamente durante 4 horas.</p>	 <p><b>Figura 35.</b></p>	<p>En el área de trabajo.</p>	
<p>9. Suspender el rociado.</p>	<p>Cerrar las llaves del banco de pruebas.</p> <p>Apagar la bomba.</p> <p>Desconectar la tubería entre el colector y la bomba.</p>	 <p><b>Figura 36.</b></p>	<p>En el área de trabajo.</p>	
<p>10. Almacenado e Inspección del colector.</p>	<p>Finalmente, el colector debe ser almacenado de tal manera que los resultados no sean modificados.</p> <p>Se recomienda evitar el transporte innecesario luego de la prueba.</p>	 <p><b>Figura 37.</b></p>	<p>En el área de trabajo.</p>	
<p>11. Reporte del ensayo realizado.</p>	<p>Completar las hojas de inspección.</p>	<p>4.1 ANEXO I: Reporte para el ensayo de penetración de lluvia</p> <p>1. Condiciones del ensayo:</p> <p>Descripción del montaje del colector (en el techo, sobre el techo, etc.): .....</p> <p>Ángulo de inclinación del colector (medido desde la horizontal): ..... [°]</p> <p>Número y descripción de la(s) posición(es) de las boquillas de aspersión: .....</p> <p>Duración del rociado de agua: ..... [h]</p> <p>2. Resultado del ensayo:</p> <p>Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la inspección final (ANEXO IV) junto con su descripción y fotos: .....</p> <p><b>Figura 38.</b></p>	<p>En el área de trabajo.</p>	

## 5.4.6. Ensayo de resistencia al impacto

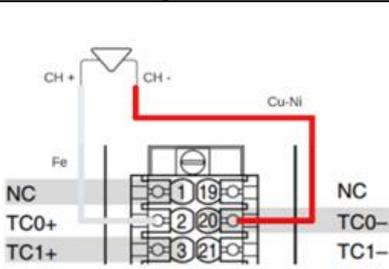
¿DÓNDE?: Banco de Pruebas.		FRECUENCIA: Al iniciar el ensayo.		
¿QUIÉN?: Operador.		IMÁGENES E ILUSTRACION	UBICACIÓN	CONTROL
1. Montar el colector sobre la estructura	<p>Colocar el colector sobre la estructura.</p> <p>Se debe asegurar que el colector se encuentre de manera horizontal.</p>	 <p><b>Figura 39.</b></p>	Sobre el banco de pruebas.	 
2. Instalar la estructura telescópica.	<p>La estructura desmontable debe ser ensamblada como se muestra en el apartado.5.3.2.</p> <p>Se debe acoplar la estructura desmontable al banco de pruebas</p>	 <p><b>Figura 40.</b></p>	En el banco de pruebas.	 
3. Medir la altura mínima para el ensayo.	Al comienzo del ensayo se debe medir la altura de impacto mínima desde la superficie del colector hasta la base del sistema de sujeción de la estructura desmontable.	 <p><b>Figura 41.</b></p>	En el área de trabajo.	 
4. Marcar los puntos de impacto en el colector.	Los puntos de impacto deben encontrarse dentro de un radio de 75 [mm] medidos desde la esquina visible del vidrio	 <p><b>Figura 42.</b></p>	En el banco de pruebas.	 

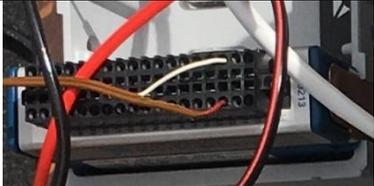
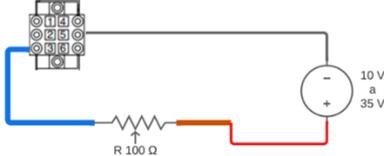
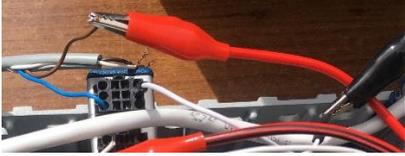
<p><b>5.</b> Colocar la esfera de acero en el sistema de liberación.</p>	<p>Se debe conectar el electroimán a la fuente de alimentación.</p> <p>Ubicados los puntos de impacto, se debe colocar la esfera en el sistema de liberación.</p> <p>Desconectar el electroimán de la fuente.</p> <p>Se debe repetir el proceso en las 4 esquinas del colector.</p>	<p><b>Figura 43.</b></p>	<p>En el banco de pruebas.</p>	
<p><b>6.</b> Ajustar la altura de caída.</p>	<p>Para cada serie de impactos, se debe incrementar la altura y realizar los impactos en cada esquina de manera secuencial. Las alturas requeridas son:</p> <p>0,4 [m], 0,6 [m], 0,8 [m], 1,2 [m], 1,4 [m], 1,6 [m], 1,8 [m] y 2,0 [m].</p>	<p><b>Figura 44.</b></p>	<p>En el banco de pruebas.</p>	
<p><b>7.</b> Realizar la inspección visual.</p>	<p>Inspeccionar visualmente el colector y registrar la altura a la que el vidrio falló.</p>	<p><b>Figura 45.</b></p>	<p>En el área de trabajo.</p>	
<p><b>8.</b> Desmontar la estructura telescópica.</p>	<p>Se debe desmontar la estructura luego de realizar el ensayo a diferentes alturas hasta la ruptura del vidrio.</p>	<p><b>Figura 46.</b></p>	<p>En el banco de pruebas.</p>	
<p><b>9.</b> Almacenado del colector.</p>	<p>Finalmente, el colector debe ser almacenado de tal manera para el siguiente ensayo.</p> <p>Se recomienda evitar el transporte innecesario luego de la prueba.</p>	<p><b>Figura 47.</b></p>	<p>En el área de trabajo.</p>	

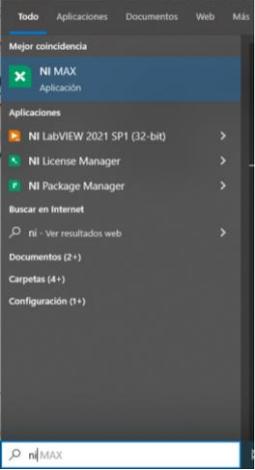
<b>10.</b> Reporte del ensayo realizado.	Completar las hojas de inspección.	<p style="text-align: center;">4.3 ANEXO III: Reporte para el ensayo de resistencia al impacto utilizando bolas de acero</p> <p>1. Condiciones de ensayo:          Dirección de impacto: .....          Vertical: .....          Horizontal: .....          Diámetro de bola: ..... [mm]          Masa de la esfera: ..... [g]          Lista de todos los puntos de impacto (descripción si es posible ilustrada con fotos):          .....</p> <p>2. Resultado del ensayo:          Altura máxima de caída (precisión de 1 dígito) sin daños: ..... [m]          Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la inspección final (ANEXO IV) junto con su descripción y fotos: .....</p> <p style="text-align: center;"><b>Figura 48.</b></p>	En el área de trabajo.	
--	------------------------------------	--	------------------------	--

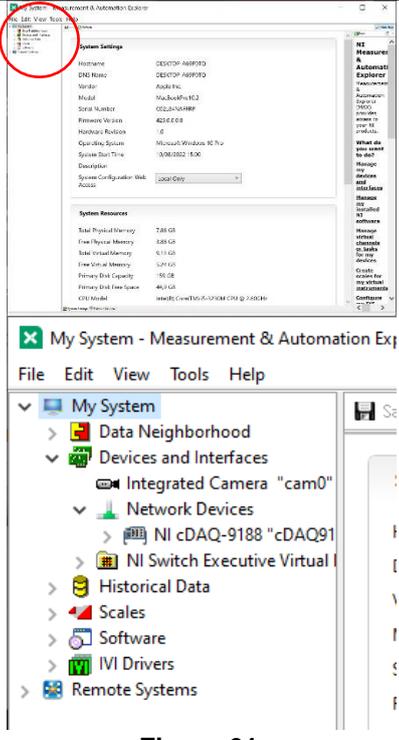
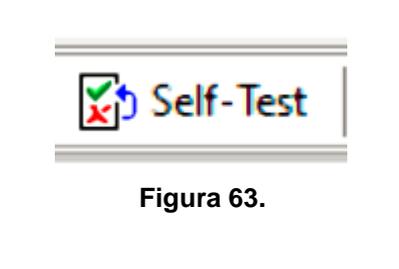
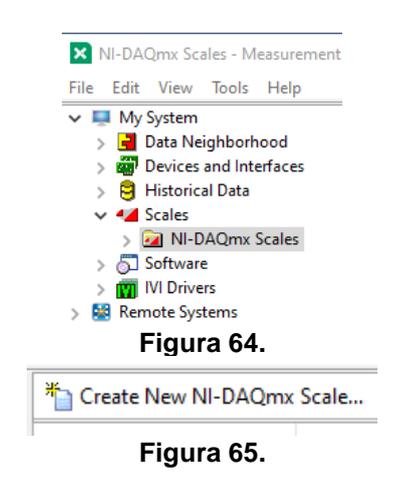
### 5.4.7. Ensayos de temperatura de estancamiento y rendimiento térmico

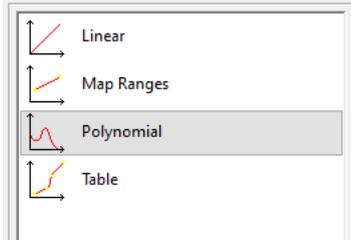
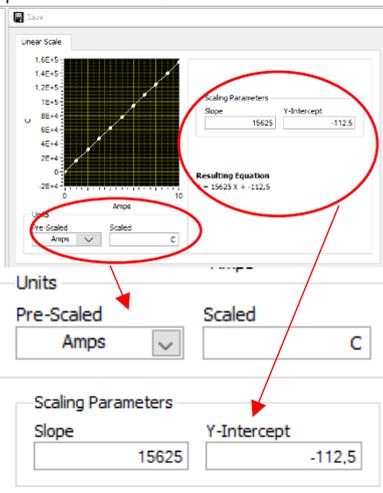
<b>¿DÓNDE?:</b> Ubicación del Banco de Pruebas.		<b>FRECUENCIA:</b> Al empezar el ensayo (Adaptación de sensores).		
<b>¿QUIÉN?:</b> Operador.				
ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	IMÁGENES E ILUSTRACION	UBICACIÓN	CONTROL
1. Instalar la termocupla en el absorbedor del colector.	Instalar la termocupla sobre el absorbedor en la ubicación requerida por la norma.  Recubrir la instalación con pasta térmica.	 <b>Figura 49.</b>	A 2/3 de la altura del absorbedor y en la mitad del ancho.	  
2. Sacar tapón protector de la entrada y salida del colector solar.	Desenroscar el tapón girándolo en sentido antihorario.	 <b>Figura 50.</b>	Entrada y salida del colector.	  
3. Roscar el sensor PT100.	Colocar teflón en la rosca del sensor.  Roscar en sentido horario el sensor hasta que genere el apriete necesario para que no existan fugas.  Conectar el adaptador en el sensor alienando la muesca y roscando el seguro.  <b>Nota:</b> No usar ningún tipo de herramienta para el roscado.	 <b>Figura 51.</b>	Entrada y salida del colector.	  

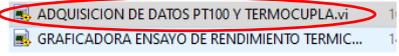
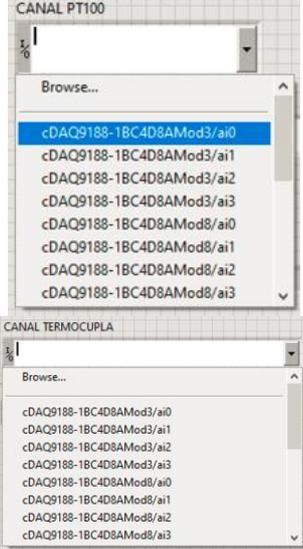
¿DÓNDE?: Banco de Pruebas.		FRECUENCIA: Al empezar el ensayo (Conexión de los instrumentos).		
¿QUIÉN?: Operador.				
ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	IMÁGENES E ILUSTRACION	UBICACIÓN	CONTROL
1. Preparar el espacio para los equipos electrónicos.	Ubicar los dispositivos sobre una base firme, limpia y seca.	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 52.</b></p>	Cerca del banco de pruebas y las instalaciones eléctricas para la alimentación de los sensores.	 
2. Conectar los módulos y el cable de energía en el chasis CDAQ.	<p>Conectar los módulos NI 9219 y NI 9213 en cualquiera de las ranuras del chasis.</p> <p>Conectar el cable de alimentación al chasis y posteriormente a la una toma de 110V AC de tres clavijas.</p> <p>Conectar el cable ethernet al chasis y al ordenador.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 53.</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>Figura 54.</b></p>	Cerca del banco de pruebas y las instalaciones eléctricas para la alimentación de los sensores.	 
3. Conectar la fuente conmutable de 12V-5 <sup>a</sup> .	<p>Conectar la fuente a una toma de corriente de 110V de dos clavijas.</p> <p>Empalmar dos cables a los bornes positivos y dos cables a los bornes negativos de la fuente.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 55.</b></p>	Cerca del banco de pruebas y las instalaciones eléctricas para la alimentación de los sensores.	 
4. Conexión de la termocupla tipo J.	Conectar la termocupla como se muestra en el diagrama de la figura 8 al módulo NI 9213.	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 56.</b></p>	Chasis CDAQ.	 

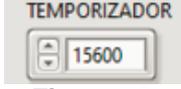
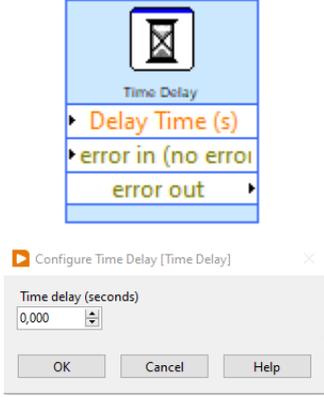
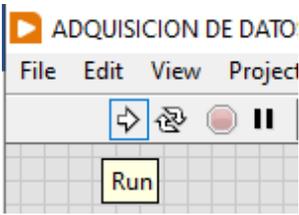
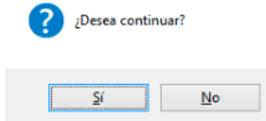
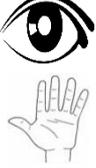
	<p>El cable blanco corresponde al polo positivo y el cable rojo corresponde al polo negativo de la termocupla.</p>	 <p><b>Figura 57.</b></p>		
<p><b>5.</b> Conexión de los sensores PT100.</p>	<p>Conectar los sensores PT100 como se muestra en el diagrama de la figura 10 al módulo universal NI 9219.</p> <p>Conectar el cable azul al puerto 3 de cualquiera de los 4 canales. Empalmar el cable café con el polo positivo de la fuente y conectar el polo negativo de la fuente al puerto y del mismo canal.</p>	 <p><b>Figura 58.</b></p>  <p><b>Figura 59.</b></p>	<p>Chasis CDAQ.</p>	  

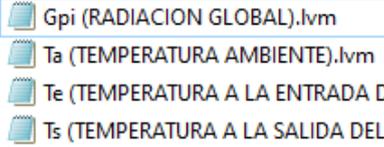
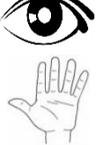
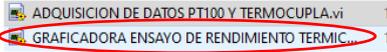
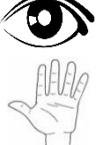
<p><b>¿DÓNDE?:</b> Ordenador.</p> <p><b>¿QUIÉN?:</b> Operador.</p>		<p><b>FRECUENCIA:</b> Al conectar el chasis con el Ordenador.</p>		
ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	IMÁGENES E ILUSTRACION	UBICACIÓN	CONTROL
<p><b>1.</b> Abrir el programa NI-MAX.</p>	<p>Ejecutar el programa NI-MAX en el ordenador.</p>	 <p><b>Figura 60.</b></p>	<p>Ordenador.</p>	  

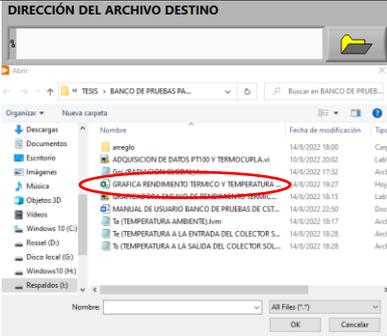
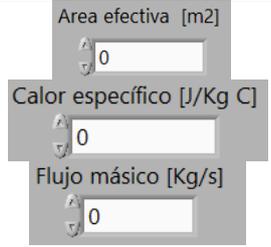
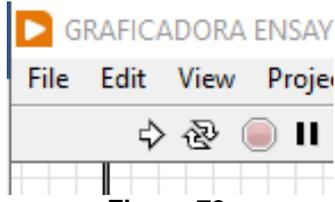
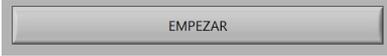
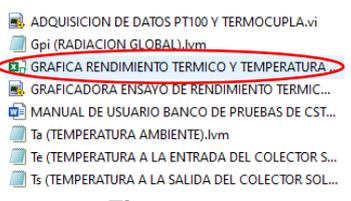
<p>2. Establecer conexión con el chasis CDAQ.</p>	<p>Desplegar la pestaña Devices and interfaces y seleccionar la opción Network Devices.</p>	 <p><b>Figura 61.</b></p>	<p>Ordenador.</p>	 
<p>3. Reservar el dispositivo de red.</p>	<p>Seleccionar el dominio del chasis en el ordenador dando clic en el botón Reserve Network Device.</p>	 <p><b>Figura 62.</b></p>	<p>Ordenador.</p>	 
<p>4. Ejecutar el Self Test.</p>	<p>Accionar la prueba de verificación de conectividad entre el chasis y el ordenador dando clic en el botón Self Test.</p> <p>Al finalizar se mostrará el mensaje de conexión exitosa.</p>	 <p><b>Figura 63.</b></p>	<p>Ordenador.</p>	 
<p>5. Ingreso de escala para los sensores PT100.</p>	<p>Desplegar la pestaña Scales del menú del programa NI-Max.</p> <p>Dar clic al botón Create New NI-DAQmx Scale.</p>	 <p><b>Figura 64.</b></p> <p><b>Figura 65.</b></p>	<p>Ordenador.</p>	 

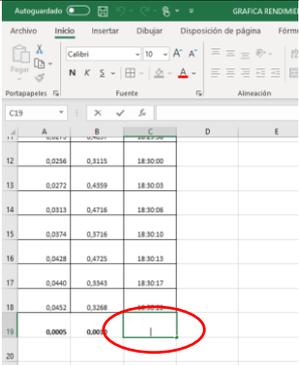
	<p>Seleccionar el tipo de escala.</p>	 <p><b>Figura 66.</b></p>	
	<p>Registrar los parámetros de la ecuación para escalar las unidades</p>	 <p><b>Figura 67.</b></p>	

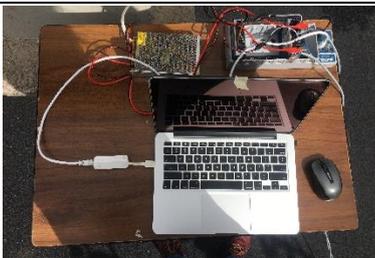
<p><b>¿DÓNDE?:</b> Ordenador.</p>		<p><b>FRECUENCIA:</b> Al tomar datos de temperatura.</p>		
<p><b>¿QUIÉN?:</b> Operador.</p>				
ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	IMÁGENES E ILUSTRACION	UBICACIÓN	CONTROL
<p>1. Ejecutar el programa.</p>	<p>Abrir el programa ADQUISICION DE DATOS PT100 Y TERMOCUPLA.vi.</p>	 <p><b>Figura 68.</b></p>	<p>Interfaz LABVIEW.</p>	
<p>2. Seleccionar los canales dentro de la interfaz.</p>	<p>Desplegar el menú de CANAL PT100 y CANAL TERMOCUPLA y seleccionar los canales en los que se encuentren conectados los PT100 y la termocupla.</p>	 <p><b>Figura 69.</b></p>	<p>Interfaz LABVIEW</p>	

<p>3. Programar el tiempo de toma de datos.</p>	<p>Colocar en el controlador TEMPORIZADOR el tiempo que se desea que dure el ensayo en segundos.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 70</b></p>	<p>Interfaz LABVIEW.</p>	
<p>4. Programar el tiempo de espera.</p>	<p>En la ventana de diagrama de bloque, dar clic en el operador Time Delay.</p> <p>En el menú desplegado seleccionar el tiempo de espera en segundos.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 71.</b></p>	<p>Interfaz LABVIEW.</p>	
<p>5. Correr el programa.</p>	<p>Dar clic en el botón run de la barra de control de LABVIEW.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 72.</b></p>	<p>Interfaz LABVIEW.</p>	
<p>6. Guardar datos adquiridos</p>	<p>Dar clic en SI en la ventana emergente</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 73.</b></p>	<p>Interfaz LABVIEW.</p>	

<p><b>¿DÓNDE?:</b> Ordenador.</p>		<p><b>FRECUENCIA:</b> Al graficar el rendimiento térmico.</p>		
<p><b>¿QUIÉN?:</b> Operador.</p>				
ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	IMÁGENES E ILUSTRACION	UBICACIÓN	CONTROL
<p>1. Guardar datos en archivos.</p>	<p>Guardar los datos recolectados, tratados y filtrados en el documento correspondiente a cada parámetro en el formato lvm.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 74.</b></p>	<p>Ordenador.</p>	
<p>2. Ejecutar el programa.</p>	<p>Abrir el programa GRAFICADORA ENSAYO DE RENDIMIENTO TERMICO Y TEMPERATURA DE ESTANCAMIENTO.vi.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 75.</b></p>	<p>Interfaz LABVIEW.</p>	

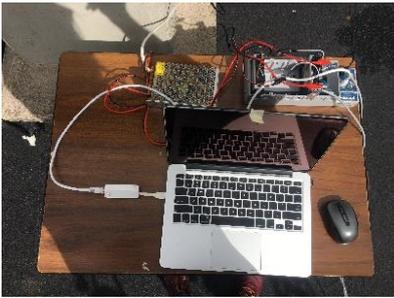
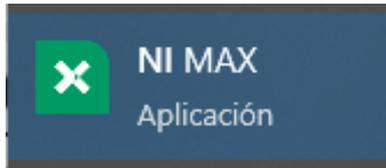
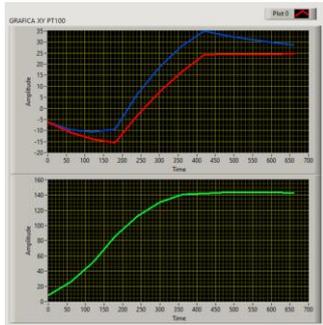
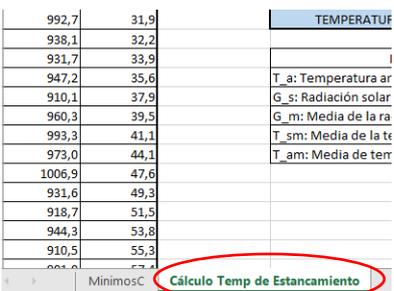
<p>3. Seleccionar la ruta de guardado.</p>	<p>Dar clic en el icono de apertura de carpeta.</p> <p>Seleccionar el archivo de Excel <b>GRAFICA RENDIMIENTO TERMICO Y TEMPERATURA DE ESTANCAMIENTO</b> y dar clic en OK.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 76.</b></p>	<p>Interfaz LABVIEW.</p>	 
<p>4. Ingresar los datos de las constantes.</p>	<p>Ingresar los valores del área efectiva, calor específico y flujo másico en las unidades especificadas en la interfaz.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 77.</b></p>	<p>Interfaz LABVIEW.</p>	 
<p>5. Seleccionar los archivos de datos.</p>	<p>Para cada parámetro se debe dar clic en el icono de apertura de carpeta. Seleccionar la ruta en la que se haya guardado los archivos de datos tratados.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 78.</b></p>	<p>Interfaz LABVIEW.</p>	 
<p>6. Correr el programa.</p>	<p>Dar clic en el botón run de la barra de control de LABVIEW.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 79.</b></p>	<p>Interfaz LABVIEW.</p>	 
<p>7. Dar clic en el botón de empezar.</p>	<p>Iniciar el calculo de los valores de rendimiento térmico dando clic en el botón EMPEZAR.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 80.</b></p>	<p>Interfaz LABVIEW.</p>	 
<p>8. Abrir el archivo Excel.</p>	<p>Abrir el archivo de Excel <b>GRAFICA RENDIMIENTO TERMICO Y TEMPERATURA DE ESTANCAMIENTO</b> mediante el explorador de Windows.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 81.</b></p>	<p>Interfaz EXCEL.</p>	 

<p><b>9.</b> Ordenar datos registrados.</p>	<p>Dirigirse al último valor registrado y en la ventana de hora de cálculo dar doble clic y enter.</p> <p>Después del enter borrar esta última fila que no posee hora de cálculo.</p>	 <p><b>Figura 82.</b></p>	<p>Interfaz EXCEL.</p>	  
<p><b>10.</b> Guardar el archivo.</p>	<p>Con la obtención de la gráfica de rendimiento térmico y la temperatura de estancamiento se guarda el archivo y se registra la información en el reporte final.</p>	 <p><b>Figura 83.</b></p>	<p>Interfaz EXCEL.</p>	  

<p><b>¿DÓNDE?:</b> Banco de Pruebas.</p> <p><b>¿QUIÉN?:</b> Operador.</p>		<p><b>FRECUENCIA:</b> Al finalizar el ensayo (Desconexión y almacenamiento de instrumentos).</p>		
ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	IMÁGENES E ILUSTRACION	UBICACIÓN	CONTROL
<p><b>1.</b> Desconectar la fuente conmutable de 12V-5A.</p>	<p>Desconectar la fuente conmutable del tomacorriente de 110V.</p>	 <p><b>Figura 84.</b></p>	<p>Cerca del banco de pruebas y las instalaciones eléctricas.</p>	  
<p><b>2.</b> Desconectar los sensores de los módulos y el cable de energía del chasis CDAQ.</p>	<p>Desconectar el cable de alimentación del chasis.</p> <p>Desconectar los sensores de los módulos.</p> <p>Desconectar el cable ethernet del chasis y del ordenador.</p> <p>Desconectar los módulos del chasis CDAQ.</p>	 <p><b>Figura 85.</b></p>  <p><b>Figura 86.</b></p>	<p>Cerca del banco de pruebas y las instalaciones eléctricas.</p>	  

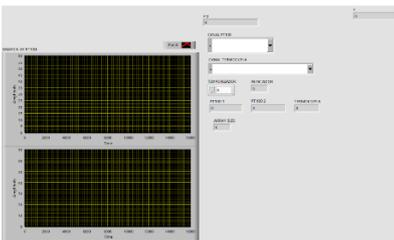
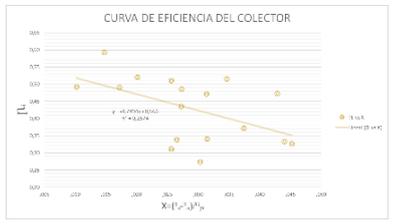
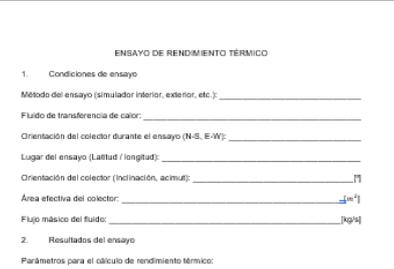
<p>3. Desconectar el cable adaptador del sensor PT100.</p>	<p>Desenroscar y desconectar el cable adaptador del PT100.</p> <p>Desenroscar el Pt100 de la entrada y salida del colector.</p> <p>Remove el teflón sobrante del sensor.</p>	 <p>Figura 87.</p>	<p>Banco de pruebas.</p>	 
<p>4. Guardar los equipos.</p>	<p>Realizar limpieza de los instrumentos y guardarlos en sus respectivos empaques.</p>	 <p>Figura 88.</p>	<p>Área de trabajo.</p>	 

<p><b>¿DÓNDE?:</b> Banco de Pruebas.</p>		<p><b>FRECUENCIA:</b> Al iniciar y durante el desarrollo del ensayo de temperatura de estancamiento.</p>		
<p><b>¿QUIÉN?:</b> Operador.</p>				
ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	IMÁGENES E ILUSTRACION	UBICACIÓN	CONTROL
<p>1. Montar el colector sobre la estructura</p>	<p>Colocar el colector sobre la estructura.</p>	 <p>Figura 89.</p>	<p>Sobre el banco de pruebas.</p>	 
<p>2. Colocar sensores.</p>	<p>Colocar los sensores como se indica en el procedimiento de <b>Al empezar el ensayo (Adaptación de sensores)</b>.</p>	 <p>Figura 90.</p>	<p>En el banco de pruebas / colector.</p>	 

<p><b>3.</b> Conectar los sensores.</p>	<p>Conectar los sensores como se indica en el procedimiento de <b>Al empezar el ensayo (Conexión de los instrumentos).</b></p>	 <p><b>Figura 91.</b></p>	<p>Tarjeta CDAQ y ordeador.</p>	 
<p><b>4.</b> Conectar el chasis con el ordenador.</p>	<p>Conectar el chasis con el ordenador como se muestra en el procedimiento <b>Al conectar el chasis con el Ordenador.</b></p>	 <p><b>Figura 92.</b></p>	<p>Ordenador.</p>	 
<p><b>5.</b> Recolectar datos de temperatura .</p>	<p>Recolectar los datos de temperatura necesarios para este ensayo durante 90 minutos como se muestra en el procedimiento <b>Al tomar datos de temperatura.</b></p>	 <p><b>Figura 93.</b></p>	<p>Ordenador.</p>	 
<p><b>6.</b> Desconectar los sensores</p>	<p>Desconectar y guardar los sensores como se indica en el procedimiento <b>Al finalizar el ensayo (Desconexión y almacenamiento de instrumentos).</b></p>	 <p><b>Figura 94.</b></p>	<p>Área de trabajo.</p>	 
<p><b>7.</b> Tratar datos</p>	<p>Tratar los datos recolectados y colocarlos en el documento de Excel <b>GRAFICA RENDIMIENTO TERMICO Y TEMPERATURA DE ESTANCAMIENTO</b> en la pestaña Cálculo Temp de Estancamiento</p>	 <p><b>Figura 95.</b></p>	<p>Ordenador.</p>	 

<b>8.</b> Obtener el valor de la temperatura de Estancamiento	Obtener los valores necesarios para la temperatura de estancamiento y su valor.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <td colspan="2">TEMPERATURA DE ESTANCAMIENTO</td> <td>110,05</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><hr/></td> </tr> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <td>Parámetro</td> <td colspan="2">Valor</td> </tr> <tr> <td>T<sub>a</sub>: Temperatura ambiente</td> <td colspan="2">23,20</td> </tr> <tr> <td>G<sub>s</sub>: Radiación solar hemisférica</td> <td colspan="2">1097,62</td> </tr> <tr> <td>G<sub>m</sub>: Media de la radiación solar hemisférica</td> <td colspan="2">968,28</td> </tr> <tr> <td>T<sub>sm</sub>: Media de la temperatura del absorbedor</td> <td colspan="2">97,77</td> </tr> <tr> <td>T<sub>am</sub>: Media de temperatura ambiente</td> <td colspan="2">21,15</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;"><b>Figura 96.</b></p>	TEMPERATURA DE ESTANCAMIENTO		110,05	<hr/>			Parámetro	Valor		T <sub>a</sub> : Temperatura ambiente	23,20		G <sub>s</sub> : Radiación solar hemisférica	1097,62		G <sub>m</sub> : Media de la radiación solar hemisférica	968,28		T <sub>sm</sub> : Media de la temperatura del absorbedor	97,77		T <sub>am</sub> : Media de temperatura ambiente	21,15		Ordenador.	
TEMPERATURA DE ESTANCAMIENTO		110,05																										
<hr/>																												
Parámetro	Valor																											
T <sub>a</sub> : Temperatura ambiente	23,20																											
G <sub>s</sub> : Radiación solar hemisférica	1097,62																											
G <sub>m</sub> : Media de la radiación solar hemisférica	968,28																											
T <sub>sm</sub> : Media de la temperatura del absorbedor	97,77																											
T <sub>am</sub> : Media de temperatura ambiente	21,15																											
<b>9.</b> Registrar datos en el reporte	Registrar la temperatura obtenida y las observaciones dentro del reporte.	<p style="text-align: center; font-size: small;">ENSAYO DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE ESTANCAMIENTO ESTÁNDAR</p> <p>1. Condiciones de ensayo:</p> <p>Lugar del ensayo (bajo techo, en exteriores): _____</p> <p>Inclinación del colector (grados sobre la horizontal): _____ [°]</p> <p>Temperatura ambiente media: _____ [°C]</p> <p>Irradiancia hemisférica media: _____ [W/m<sup>2</sup>]</p> <p>Ubicación del sensor de temperatura: _____</p> <p>Especificaciones del fluido, caudal, temperatura del fluido (si se hizo circular un fluido)</p> <p>Método utilizado para determinar la temperatura estándar de estancamiento (Medición / Cálculo): _____</p> <p>2. Resultado del ensayo:</p> <p>Temperatura de estancamiento estándar a 1 000 W/m<sup>2</sup> y 30 °C: _____</p> <p>Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la Cláusula 17 (descripción y fotos): _____</p> <p>Otras observaciones y comentarios: _____</p> <p style="text-align: center;"><b>Figura 97.</b></p>	En el área de trabajo.																									

<b>¿DÓNDE?:</b> Banco de Pruebas.		<b>FRECUENCIA:</b> Al iniciar y durante el desarrollo del ensayo de rendimiento térmico.		
<b>¿QUIÉN?:</b> Operador.				
ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	IMÁGENES E ILUSTRACION	UBICACIÓN	CONTROL
<b>1.</b> Montar el colector sobre la estructura	Colocar el colector sobre la estructura.	<p style="text-align: center;"><b>Figura 98.</b></p>	Sobre el banco de pruebas.	
<b>2.</b> Colocar sensores.	Colocar los sensores como se indica en el procedimiento de <b>Al empezar el ensayo (Adaptación de sensores)</b> .	<p style="text-align: center;"><b>Figura 99.</b></p>	En el banco de pruebas / colector.	

3. Conectar los sensores.	Conectar los sensores como se indica en el procedimiento de <b>Al empezar el ensayo (Conexión de los instrumentos).</b>	 <b>Figura 100.</b>	Tarjeta CDAQ y ordeador.	  
4. Conectar el chasis con el ordenador.	Conectar el chasis con el ordenador como se muestra en el procedimiento <b>Al conectar el chasis con el Ordenador.</b>	 <b>Figura 101.</b>	Ordenador.	  
5. Recolectar datos de temperatura.	Recolectar los datos de temperatura necesarios para este ensayo durante 90 minutos como se muestra en el procedimiento <b>Al tomar datos de temperatura.</b>	 <b>Figura 102.</b>	Ordenador.	  
6. Desconectar los sensores	Desconectar y guardar los sensores como se indica en el procedimiento <b>Al finalizar el ensayo (Desconexión y almacenamiento de instrumentos).</b>	 <b>Figura 103.</b>	Área de trabajo.	  
7. Tratar y graficar datos	Tratar los datos recolectados y colocarlos como se muestra en el procedimiento <b>Al graficar el rendimiento térmico.</b>	 <b>Figura 104.</b>	Ordenador.	  
8. Registrar datos en el reporte	Registrar la temperatura obtenida y las observaciones dentro del reporte.	 <b>Figura 105.</b>	En el área de trabajo.	  