

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
ESTRUCTURALES 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**

ROBINSON FITZGERALD REASCOS YAGLOA

robinson.reascos@epn.edu.ec

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

DMQ, agosto 2022

CERTIFICACIONES

Yo, ROBINSON FITZGERALD REASCOS YAGLOA 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.



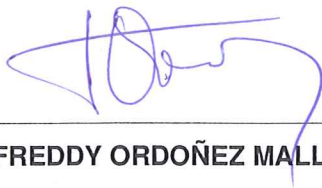
ROBINSON FITZGERALD REASCOS YAGLOA

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por ROBINSON FITZGERALD REASCOS YAGLOA, bajo mi supervisión.

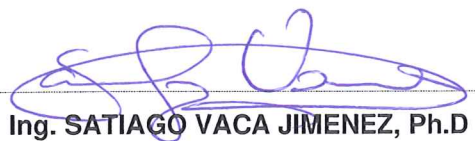


Ing. CARLOS NARANJO MENDOZA, Ph.D.
DIRECTOR

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 producto resultante 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.

ROBINSON REASCOS

Ing. CARLOS NARANJO MENDOZA, Ph.D.

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mis padres, hermanas, y sobrina de quienes he recibido todo el apoyo necesario para culminar esta etapa académica. A lo largo de los años, han recorrido este camino junto a mí brindándome palabras de aliento y haciendo de mi etapa universitaria una experiencia enriquecedora a nivel académico y personal.

Robinson Fitzgerald Reascos Yagloa

AGRADECIMIENTO

A mis padres Ramiro y Betty, por ser un pilar de virtudes. Su ejemplo ha servido de inspiración para alcanzar todas las metas que me proponga. De ellos aprendí a no decaer cuando la adversidad se presenta, este logro académico es también parte de ustedes.

A mis hermanas Doris y Pamela, por ser pacientes conmigo y siempre brindarme su cariño inclusive cuando la distancia física nos separa.

A mi sobrina Mailen, por recordarme siempre que mi actuar estará ligado a todos los que me rodean y permitirme ser su mentor en diferentes aspectos de su vida.

A mis amigos, por haber compartido tantas anécdotas a lo largo de nuestro paso por la universidad. Ellos me han enseñado que la vida social y la académica van de la mano.

A mi director de titulación Ing. Carlos Naranjo, por su guía y disposición a resolver dudas a lo largo del desarrollo de este trabajo.

A mi codirector de titulación Ing. Freddy Ordoñez, por brindarme toda la ayuda requerida para el desarrollo de este trabajo.

A la Escuela Politécnica Nacional y a la Facultad de Ingeniería Mecánica, por permitirme ser parte de su comunidad.

Robinson Fitzgerald Reascos Yagloa

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
RESUMEN	VII
ABSTRACT.....	VIII
1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Alcance.....	3
1.4 Marco teórico.....	3
1.4.1 Antecedentes.....	3
1.4.2 Generalidades de los colectores solares	4
1.4.3 Normativa existente.....	6
1.4.4 Descripción de los ensayos	7
1.4.5 Prueba de penetración de lluvia.....	8
1.4.6 Prueba de presión interna para canales de fluidos	10
1.4.7 Prueba de resistencia al impacto.....	12
1.4.8 Inspección final.....	13
2. METODOLOGÍA	14
2.1 Estudio, evaluación y selección de sensores.....	16
2.2 Evaluación del estado de la estructura y equipos	22
2.3 Montaje de sensores a la estructura del banco de pruebas y conexiones eléctricas.....	25
2.4 Diseño del sistema de adquisición de datos	30
2.5 Desarrollo de la interfaz hombre-máquina HMI.....	33

3.	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
3.1	Resultados	38
3.1.1	Resultados del ensayo de penetración de lluvia	38
3.1.2	Resultados del ensayo de presión interna para canales de fluido.....	41
3.1.3	Resultado del ensayo de resistencia al impacto con esferas de acero.....	44
3.1.4	Inspección Final.....	46
3.1.5	Manual de usuario	47
3.2	Conclusiones.....	48
3.3	Recomendaciones.....	49
4.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
5.	ANEXOS	52
5.1	ANEXO I: Reporte para el ensayo de penetración de lluvia	52
5.2	ANEXO II: Reporte para el ensayo de presión interna para canales de fluido....	53
5.3	ANEXO III: Reporte para el ensayo de resistencia al impacto utilizando bolas de acero	54
5.4	ANEXO IV: Reporte de inspección final	55
5.5	ANEXO V: Descripción inicial del colector	56
5.6	ANEXO VI: Ficha técnica sensor PT100-TMR31	61
5.7	ANEXO VII: Ficha técnica termocupla tipo J.....	63
5.8	ANEXO VIII: Ficha técnica del medidor de caudal Omega.....	64
5.9	ANEXO IX: Chasis NI CDAQ-9188	66
5.10	ANEXO X: Módulo para termocuplas NI 9213	68
5.11	ANEXO XI: Módulo universal NI 9219.....	70
5.12	ANEXO XII: Ficha técnica Colector Climasol 2.00 de la empresa Solar Systems Manufacturer	72
5.13	ANEXO XIII: Manual de usuario.....	73

RESUMEN

La tendencia global en el uso de energías renovables presenta, sin lugar a duda, propuestas de estudio de gran interés para los investigadores que buscan reducir la dependencia de fuentes convencionales de energía. Tal es el caso del grupo de investigación SCINERGY que, en 2017, inició este proyecto con el diseño de un banco de pruebas de colectores solares de placa plana bajo la norma ISO 9806 y el sistema hidráulico del banco. En 2022, el presente trabajo tiene como finalidad implantar un sistema de monitoreo, registro y análisis de datos que permita poner en marcha el banco de pruebas para la homologación exclusiva de colectores solares de placa plana bajo la norma técnica ISO 9806:2017. En este documento se describe: la secuencia y ejecución de los ensayos estructurales requeridos para la homologación, la selección de sensores que conforman el sistema de adquisición de datos, el desarrollo de un código de programación en LABVIEW que lee y registra variables de interés, la creación de la interfaz gráfica con su propio manual de usuario. Finalmente, se evalúa la integridad del banco de pruebas realizando el proceso de homologación para un colector solar y se presenta los formatos de reporte.

PALABRAS CLAVE: Colector, ensayos, homologación, registro de datos.

ABSTRACT

The global trend in the use of renewable energies undoubtedly presents study proposals of great interest to researchers seeking to reduce dependence on conventional energy sources. Such is the case of the SCINERGY research group that, in 2017, began this project with the design of a test bench for flat plate solar collectors under the ISO 9806 standard and the bench's hydraulic system. In 2022, the purpose of this work is to implement a data monitoring, recording and analysis system that allows the test bench to be launched for the exclusive certification of flat-plate solar collectors under the technical standard ISO 9806:2017. This document describes: the sequence and execution of the structural tests required for homologation, the selection of sensors that compose the data acquisition system, the development of a programming code in LABVIEW that reads and registers variables of interest, the creation of the interface with its own user manual. Finally, the integrity of the test bench is evaluated by executing the certification process for a solar collector and the report formats are presented.

KEY WORDS: Collector, tests, certification, data recording.

1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

La energía es la fuerza motriz que impulsa todas las actividades de los seres vivos, incluidas aquellas que son esenciales para el desarrollo del ser humano. Las fuentes de energía son todos aquellos recursos provenientes de la naturaleza de los cuales se puede extraer la energía suficiente para su aprovechamiento. Existen dos tipos de fuentes de energía: renovables y no renovables. Se denomina energía renovable cuándo se puede recurrir a ella de forma constante y se asume es inagotable, un ejemplo de este tipo de energía es la energía solar térmica; por otro lado, la energía no renovable cuenta con reservas limitadas que con el tiempo pueden agotarse, un ejemplo de este tipo de energía son los combustibles fósiles [1].

La energía solar térmica consiste en el aprovechamiento del sol para la generación de calor, este tipo de energía renovable es útil para el calentamiento de agua destinada al consumo de uso doméstico cuya temperatura sea inferior a los 100 °C [2]. La tecnología empleada para transformar la irradiación solar en energía térmica está constituida principalmente por colectores solares en diferentes configuraciones.

Actualmente, el agotamiento de los combustibles fósiles hace que sea imprescindible considerar la energía solar como una alternativa para reducir la dependencia de petróleo e impulsar el desarrollo de energías no convencionales. En el ámbito comercial, es necesario promover la adopción de certificaciones nacionales que establezcan las exigencias que deben tener los colectores solares para uso sanitario ya que, en el territorio nacional, se comercializan colectores solares con poca información técnica, sin especificaciones detalladas de sus capacidades, eficiencias o criterios de diseño atmosférico para los cuales fueron probados [3].

En este contexto, el presente proyecto busca implementar un sistema de monitoreo, registro y análisis de datos de colectores solares térmicos limitado al modelo de placas planas para su homologación mediante un banco de pruebas que cumple con el protocolo establecido en la norma UNE ISO 9806 y su correspondiente nacional NTE INEN 2507. Se propone también que, el proyecto incluya la validación de datos medidos y calculados durante los ensayos realizados con el fin de crear un protocolo de ensayos para la homologación nacional de estos equipos cumpliendo con los requisitos establecidos por la normativa mencionada. Es importante mencionar que existe un avance significativo en el desarrollo de este trabajo ya que se cuenta con la estructura del banco de pruebas, el sistema hidráulico del mismo, documentación dirigida al usuario referente a la operación del banco y un análisis de costos del sistema de adquisición de datos.

El proyecto se centrará en realizar varias adaptaciones a la estructura y sistema hidráulico, las mismas que permitirán la implementación del sistema de recolección de datos del banco de pruebas el cuál registra variables físicas de temperatura, radiación global, velocidad del viento circundante. En el proyecto también se desarrolla la interfaz de visualización de estos datos mediante el programa LABVIEW, el análisis de dichas variables, la validación de la operatividad del sistema y la obtención de la curva de desempeño térmico de un colector.

Con el trabajo previo, se posibilita la implementación del sistema de recolección de datos a la estructura del banco de pruebas existente y por consiguiente su operabilidad [4].

1.1 Objetivo general

Implementar, validar y poner en marcha un banco de pruebas para evaluación de colectores solares térmicos de placa plana bajo la norma UNE-ISO 9806:2017 E y elaborar un protocolo de ensayos para homologación de colectores solares térmicos de placa plana.

1.2 Objetivos específicos

1. Realizar una revisión bibliográfica y estado del arte sobre bancos de pruebas para colectores solares de placas planas, normativa a nivel nacional NTE INEN 2507 e internacional UNE-ISO 9806.
2. Evaluar experimentalmente el funcionamiento del banco de pruebas, verificando el correcto estado del equipo y corrigiendo desperfectos de la parte estructural e hidráulica con el fin de garantizar la operabilidad del sistema.
3. Realiza un estudio técnico para la selección de sensores que conformen el sistema de adquisición de datos.
4. Diseñar el sistema de adquisición, registro y análisis de datos para el banco de pruebas.
5. Acoplar los sensores y sistemas de adquisición de datos a las condiciones de operación reales y emparejar la visualización de los datos en la interfaz computacional.
6. Obtener la curva de rendimiento térmico para un colector solar de placas planas.
7. Crear un protocolo para la homologación de los CSTPP bajo la normativa UNE-ISO 9806 junto 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 de durabilidad, confiabilidad, seguridad y comportamiento térmico exclusivamente de colectores solares de placa plana (abreviados como CSTPP) bajo los requerimientos de la norma técnica UNE ISO 9806:2017 E 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, la elaboración de un protocolo de homologación y la generación de un informe final de los ensayos realizados en los colectores solares basado en la normativa mencionada.

El proyecto permitirá la evaluación de los CSTPP y será de utilidad para los fabricantes nacionales e importadores que requieran certificar el funcionamiento y operación de los colectores comercializados en el país. 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.

El proyecto se divide en dos componentes, donde, el presente documento está destinado a la implementación de un sistema para ensayos estructurales de colectores solares de placa plana bajo la norma UNE-ISO 9806.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Antecedentes

El cambio de la matriz energética en el Ecuador busca principalmente implementar sistemas de energía renovables eficientes como es el caso de colectores solares térmicos para el calentamiento de agua de uso sanitario domiciliario con lo que se busca reducir la dependencia de combustibles fósiles [5].

Por lo tanto, este cambio ha sido una de las razones fundamentales para el desarrollo de un protocolo de homologación que establece las exigencias que deben tener los colectores solares de placa plana para esta aplicación en particular. Para cumplir con este objetivo, se toma como referencia la normativa ISO 9806 la cual evalúa el rendimiento tanto térmico como estructural de los colectores solares de placa plana de fabricación nacional o importados. Es necesario también contar con un sistema automatizado de monitoreo que permita registrar y evaluar parámetros que definirán si el colector solar ensayado cumple

con la durabilidad, seguridad y desempeño que el fabricante establece en sus fichas técnicas [6].

Frente a esta problemática, el grupo de investigación Scinergy perteneciente a la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional, ha implementado un sistema autónomo que permite realizar pruebas para validar la integridad estructural de los colectores solares junto con su eficiencia térmica. Este proyecto ha sido desarrollado en primera instancia por colaboradores pertenecientes al grupo de investigación donde, en 2017, se construyó la estructura y el sistema hidráulico sin desarrollar el sistema de adquisición de datos para la automatización de este [4].

En busca del desarrollo de este proyecto, en 2022, se continúa con la implementación de sensores, el sistema de adquisición de datos y la interfaz computacional que permite automatizar el monitoreo del proceso de certificación. Se tiene así que, ya contando con el banco de pruebas automatizado, se puede evaluar íntegramente un colector solar de placa plana mediante ensayos normalizados y aceptados mundialmente que verifiquen las especificaciones técnicas del fabricante.

1.4.2 Generalidades de los colectores solares

Los colectores solares o también llamados paneles solares son dispositivos pensados para recolectar energía del sol y transformarla en energía térmica que permite elevar la temperatura de un fluido que circula en su interior. Estos equipos se usan principalmente para el calentamiento de agua, aunque también tienen aplicaciones de secado para productos agropecuarios mediante el calentamiento de aire o incluso destilación de agua para consumo humano [7].

Los colectores solares están constituidos por cinco partes principales como se muestra en la Figura 1.

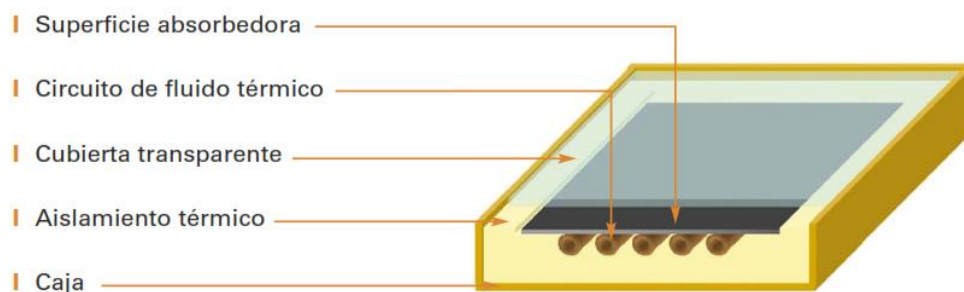


Figura 1. Partes que conforman un colector solar de placa plana [8].

La superficie absorbente está sujeta a una red de ductos por donde se transporta el fluido portador de calor. Estos componentes están protegidos por una cubierta transparente que por lo general es vidrio. En la parte delantera y trasera hay aislamiento térmico cuya función es minimizar la pérdida de calor. Finalmente, todos los componentes se encuentran dentro de una caja contenedora [8].

El funcionamiento de un colector solar plano es sencillo y de fácil comprensión. La conversión de energía de radiación en energía térmica está fundamentada por la transferencia de calor y el efecto invernadero. Ya que, la radiación solar incide sobre la superficie externa del vidrio y llega al absorbedor, este a su vez se calienta debido a su naturaleza metálica. Posteriormente, la radiación que emite el absorbedor refleja sobre la parte interna de la cubierta de vidrio en cierto porcentaje permitiendo que sea absorbida nuevamente sin poder escapar al exterior. El fluido almacenado al interior de las tuberías del colector solar es calentado por el absorbedor y luego se transporta directamente a los puntos de extracción para su uso final [9] [10] [5].

Cabe resaltar que, debido al diseño plano de estos colectores, no es factible absorber radiación solar de manera lateral y que la pérdida de calor es considerable si se compara a otras tecnologías como colectores de tubo al vacío. Sin embargo, la eficiencia aproximada de estos colectores puede ser de entre 55% a 60% [11].

Dentro de la generación de energía solar térmica de baja temperatura se pueden distinguir dos tipos de instalaciones: los sistemas de circulación forzada y los sistemas termosifón. Los sistemas de circulación forzada hacen circular el agua entre el colector y un tanque reservorio mediante el empleo de una bomba eléctrica por lo que es necesario un aporte adicional de energía. En contraste, los sistemas termosifón funcionan sin aportes externos de energía ya que su principio de funcionamiento se debe a la diferencia de densidades y peso específico entre el agua fría y el agua caliente posicionando a esta en la parte superior del captador [2].

Estos 2 tipos de instalaciones a su vez pueden trabajar mediante la denominación de circuito abierto o circuito cerrado. Las instalaciones de circuito abierto se caracterizan porque el agua que recorre el colector es la misma que se usa directamente o se almacena en un tanque reservorio. Por el contrario, en las instalaciones de circuito cerrado el fluido que recorre el interior del colector no está en contacto directo con el agua que se va a usar, es decir, la transferencia de calor entre el fluido de trabajo y el agua para uso se realiza mediante un intercambiador de calor como se muestra en la Figura 2.

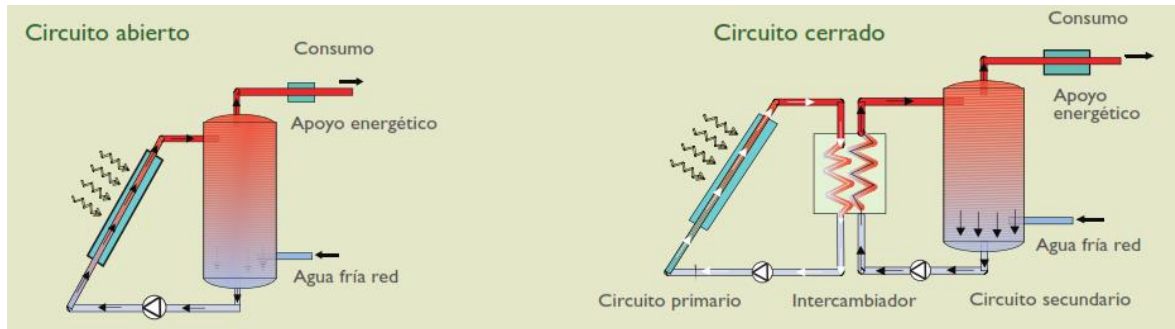


Figura 2. Esquema de instalación de circuito abierto y de circuito cerrado [2].

Bajo esta premisa se pueden identificar dos grandes grupos de aplicaciones para el calentamiento de agua sanitaria uno dirigido exclusivamente al sector doméstico en viviendas de hasta cuatro habitantes y el otro grupo está conformado por el sector comercial donde se busca abastecer a hoteles, piscinas o servicios que demanden mayores temperaturas y cantidades de agua [5].

Dentro del sector doméstico se tiene que, para viviendas de clase media y baja, con una inversión moderada, se logra obtener la suficiente energía para satisfacer las actividades diarias de los habitantes. Tal es el caso registrado en México, donde se ha comprobado que el retorno a la inversión es inferior a 3 años con una vida útil garantizada superior a 10 años para un sistema conformado por un tanque de almacenamiento de 150 litros y un colector solar de placa plana de 2 m² [5].

Dentro de las ventajas de este sistema se puede destacar la eliminación en el uso de combustibles fósiles ya que los sistemas tradicionales utilizan gas licuado de petróleo (GLP) para cumplir esta misma función.

1.4.3 Normativa existente

A nivel global, varias son las normativas existentes que permiten evaluar el desempeño de los colectores solares como es el caso de UNE-EN 12975 y ASHRAE 93 [12]. Las normativas actuales son producto del desarrollo progresivo de estándares creados por primera vez en la década de los 90's por entidades internacionales como La Organización Internacional de Normalización (ISO) y La Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE). Estas organizaciones han direccionado el enfoque de las normativas hacia un objetivo común, sin embargo; presentan diferencias en cuanto a sus orientaciones particulares ya que algunas buscan evaluar el desempeño térmico de los colectores solares mientras que en otras se abarca también la durabilidad y eficiencia de cada uno de los materiales que componen el colector.

En septiembre del 2011 se realizó la estandarización global de las normativas en donde participó la ISO y el Comité Europeo para la Normalización (CEN), donde se designó como estándar global la norma denominada: ISO 9806 “Energía Solar. Captadores Solares Térmicos. Métodos de Ensayo” [12]. Esta normativa abarca los métodos de ensayo para evaluar colectores solares junto con sus materiales y componentes, lo cual ha creado el estándar de certificación y homologación válido a nivel mundial.

La norma internacional ISO 9806: 2017, vigente en la actualidad, describe los procedimientos para probar el rendimiento térmico de colectores solares de placa plana, su confiabilidad, durabilidad y seguridad en condiciones definidas y repetibles [6].

1.4.4 Descripción de los ensayos

La norma internacional ISO 9806: 2017 contiene los métodos de ensayo para evaluar la resistencia mecánica, durabilidad y rendimiento térmico de los colectores. La secuencia para una prueba completa se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Secuencia de Ensayos [6].

Capítulo Norma	Ensayo	No Prueba
7	Prueba de tasa de fuga de aire	1
8	Prueba de ruptura o colapso	2
9	Temperatura de estancamiento estándar	3
10	Prueba de exposición	4
11	Prueba de choque térmico externo	5
12	Prueba de choque térmico interno	6
13	Prueba de penetración de lluvia	7
14	Prueba de resistencia a la congelación	8
6	Prueba de presión interna para canales de fluidos	9
15	Prueba de carga mecánica	10
16	Prueba de resistencia al impacto	11
17	Inspección final	12
19-26	Prueba de rendimiento térmico	13
27	Medición de caída de presión	14

Debido al alcance de este documento se considerarán solamente las pruebas: 7 (capítulo 13),9 (capítulo 6),11 (capítulo 16), 12 (capítulo 17), junto con la curva de rendimiento térmico (capítulos 19-26).

1.4.5 Prueba de penetración de lluvia

El ensayo busca evaluar la capacidad que tiene el colector solar de placas planas para resistir lluvia en caída libre o angular, sin presentar daños ni tampoco el ingreso de agua que pueda reducir de manera significativa el desempeño del colector junto con su vida útil.

Procedimiento y Aparatos

El colector debe ser montado sobre una estructura abierta con la inclinación mínima recomendada por el fabricante o de 30° sobre la horizontal si no se cuenta con este dato. Los colectores diseñados para ser usados sobre techos deben ser montados simulando esta configuración y también se debe asegurar que la parte posterior de los mismos esté protegida tal como si se tratara de su uso final. La posición del colector y de las boquillas de rociado se muestran en la Figura 3. Donde, L_1 y L_2 son las distancias lineales medidas desde las boquillas hasta el colector y son iguales a 250 [mm], α es el ángulo de inclinación de las boquillas con respecto a la superficie del colector y es igual a 30° , γ es la inclinación del colector con respecto a la horizontal.

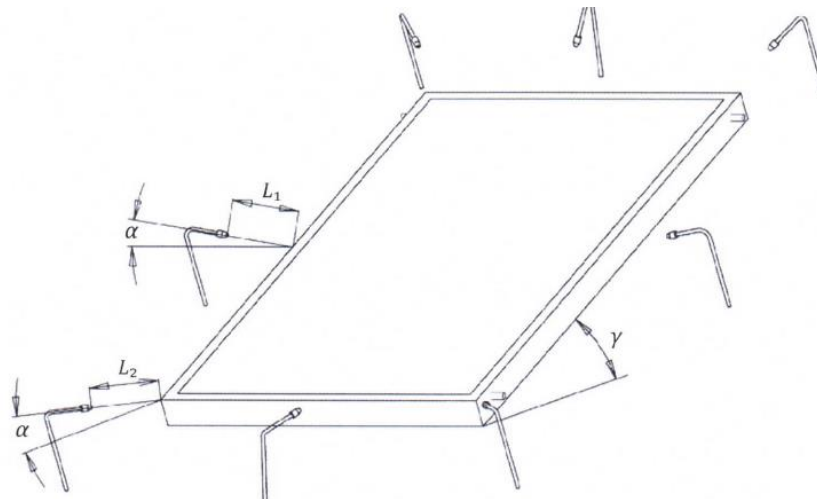


Figura 3. Posicionamiento del colector y de las boquillas de rociado para la prueba de penetración de lluvia [6].

Si bajo cualquier criterio, la configuración del ensayo no puede ser montada acorde a lo descrito, es necesario emplear una configuración similar donde se garantice que todos los puntos potencialmente susceptibles a daños e ingreso de agua a lo largo del colector sean roseados por boquillas adicionales según se requiera.

El colector debe estar cubierto de luz directa durante todo el ensayo garantizando una radiación global menor a 200 [W/m²]. Adicionalmente, se debe mantener el absorbedor caliente empleado fluido a 55°C (±5K).


El colector debe estabilizarse bajo estas condiciones durante un periodo mínimo de 1 [h]. Luego, será rociado por 4 [h] continuas. Una vez transcurrido este periodo, el colector ensayado debe permanecer cubierto de luz directa hasta la inspección final.

La penetración de agua al interior del colector deber ser determinada acorde al informe final de inspección dentro de 72 [h] después del rociado. Durante este periodo de espera se puede realizar los ensayos de resistencia al impacto y carga mecánica si se requiere.

El colector debe mantenerse cubierto de la luz directa hasta el final de la inspección, pero no debe mantenerse caliente luego de tener condiciones estables (1 [h] de iniciado el ensayo). Finalmente, el colector debe ser almacenado de tal manera que los resultados no sean modificados. Se recomienda evitar el transporte innecesario luego de la prueba.

Dentro de las condiciones del ensayo se destacan las siguientes.

Las boquillas aspersoras deben cumplir con:

- Aspersión de cono completo. 
- Flujo másico de 2 [kg/min] por cada boquilla.
- Ángulo de aspersión de 60° (±5°).
- Tamaño de gota menor a 150 [µm] de acuerdo con la hoja técnica del fabricante de la boquilla.
- La presión en cada boquilla debe mantenerse en al menos 300 [kPa] (±50 kPa).

Si aplica, la posición de las boquillas debe ser:

- Al menos cada esquina y cada lado de la carcasa deber ser rociada directamente.
- Al menos cada área central del CSPP con barras intermedias debe ser rociada directamente.
- Las boquillas aspersores deber ser dirigidas en un ángulo de 30° (±5°C).
- Las boquillas aspersores deben ubicarse a una distancia de 250 [mm] (±50 [mm]) del colector.
- La distancia máxima entre dos boquillas es de 150 [cm]

Las barras intermedias o cualquier otro componente donde se crea que puede ingresar agua debe ser rociado adecuadamente. En caso de requerir boquillas adicionales, estas

pueden ser ubicadas de 400 [mm] a 600 [mm] del colector y el ángulo de 30° no es requerido.

Resultados y reporte

Los resultados deber ser reportados de acuerdo con el ANEXO I y el informe de inspección final especificado en el ANEXO IV, enfocándose en reportar si existe agua dentro de la carcasa, humedad o trazos visibles de gotas de agua.

1.4.6 Prueba de presión interna para canales de fluidos

Este ensayo tiene como finalidad comprobar la capacidad del colector solar para mantener la presión máxima en los canales de fluido especificada por el fabricante.

Se debe considerar que, para este ensayo los canales de fluido pueden ser de dos tipos dependiendo de la naturaleza de su fabricación. Los canales no poliméricos (metales) fabricados con materiales no orgánico y los canales poliméricos como elastómeros o polímeros orgánicos.

- Canales de fluido fabricados con materiales no poliméricos

Este ensayo requiere el uso de una fuente de presión de tipo neumático o hidráulico, una válvula de seguridad, una válvula de purga de aire y un medidor de presión (manómetro) con una incertidumbre estándar superior al 5%.

Procedimiento

Se requiere vaciar el aire dentro de los canales de fluido antes de comenzar con el ensayo mediante el uso de la válvula de purgado. Posteriormente, se debe llenar los canales con el fluido de trabajo a temperatura ambiente y presurizarlo a la presión de ensayo. Una vez que la presión en canales de fluido se eleve hasta la presión de ensayo, 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.

Condiciones del ensayo

Los canales de fluido deben ser presurizados a presión y temperatura ambiente en un rango de 20°C ±15°C, aislados de la luz. 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 antes de aislar los canales de fluido de la fuente de presión. La presión de prueba se mantendrá por al menos 15 [min].

- Canales de fluido fabricados con materiales poliméricos

Aparatos

Este ensayo requiere el uso de una fuente de presión de tipo neumático o hidráulico y un medio adecuado para alcanzar la temperatura de ensayo en los canales de fluido.

Procedimiento

Los canales de fluido poliméricos deben ser ensayados a la temperatura de estancamiento del colector debido a que la resistencia a la presión para dichos materiales puede verse afectada considerablemente al aumentar la temperatura. Se requiere también un medio idóneo para calentar los canales hasta la temperatura de ensayo. Una vez alcanzada dicha temperatura, se mantendrá esta condición durante al menos 30 [min] antes del inicio del ensayo y hasta la finalización de este. De igual manera, la presión de prueba se mantendrá estable dentro de un margen de $\pm 5\%$ bajo uno de los siguientes métodos.

- Sumergir los canales de fluido en un baño de agua a temperatura controlada y utilizar aire comprimido o agua entintada como método de prueba.
- Conexión a un circuito de líquido controlado en temperatura y presión.
- Calentar el colector en un simulador de irradiancia solar o bajo irradiancia solar natural y usando fluido como método de prueba.

Condiciones del ensayo

La temperatura para el ensayo debe ser la máxima temperatura de operación especificada por el fabricante o la temperatura de estancamiento, cualquiera que sea mayor. Para sistemas que experimenten presión atmosférica que favorezca el drenaje mientras se encuentran en condiciones de estancamiento según lo aprobado por el “Ensayo de temperatura de estancamiento”, la temperatura de ensayo será la máxima de funcionamiento descrita por el fabricante en la ficha técnica. La presión de prueba será de 1,5 veces la presión máxima de operación descrita por el fabricante y se mantendrá durante al menos 1 [h].

Resultados y reporte

Los canales de fluido que sean visibles deben ser inspeccionados en busca de fugas, hinchazón y distorsión. Para canales de fluido no poliméricos, se asume fugas cuando:

- La pérdida de presión (Δp) es mayor al 5% de la presión de prueba o 17 [kPa] (equivalente a 2,47 [psi] aprox.), lo que sea mayor.
- Se observa gotas de fluido sobre los canales de fluido.

En canales de fluido poliméricos, se asume fugas si se observa alguna gota o pérdida de aire. Para cualquier caso, los resultados de la inspección deben ser registrados de acuerdo con el reporte descrito en el ANEXO II junto con el reporte de inspección final descrito en el ANEXO IV.

1.4.7 Prueba de resistencia al impacto

Este ensayo busca evaluar la capacidad del colector solar de resistir impactos causados por granizo.

Procedimiento

Este ensayo puede ser realizado mediante dos métodos. Usando esferas de hielo o acero. Para propósitos de este artículo, se obvia el método con esferas de hielo y se opta por usar únicamente las esferas de acero.

El ensayo consiste en una sucesión de impactos sobre el colector. Cada serie de ensayos consta de 4 impactos de igual magnitud donde la fuerza de impacto se determina por la altura de la caída de la esfera. La magnitud de impacto se irá incrementando progresivamente entre cada serie. Para la primera serie de impactos, se emplea una altura mínima especificada por el fabricante.

Para CSPP, los puntos de impacto deben encontrarse dentro de un radio de 75 [mm] medidos desde la esquina visible del vidrio. Para cada serie de impactos, se debe elegir una altura y realizar los impactos en cada esquina de manera secuencial.

- Método de ensayo usando esferas de acero.

El colector debe ser montado horizontal o vertical sobre un soporte que sea lo suficientemente rígido como para evitar deflexiones o distorsiones al momento del impacto.

Las esferas de acero se usan para simular el impacto de granizo sobre el colector. Si el colector se encuentra ubicado de manera horizontal, el lanzamiento se realizará de manera vertical y en caída libre. Por el contrario, si el colector se encuentra posicionado de manera vertical, el lanzamiento de la esfera de acero se realizará simulando un péndulo. En ambos casos, la altura de caída será la distancia medida entre el punto de liberación de la esfera y el plano horizontal (o vertical) del colector.

Las esferas de acero deben tener una masa de 150 [g] \pm 10 [g] y las alturas de caída requeridas son: 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].

Resultados y reporte

Los resultados de este ensayo deben ser presentados en un informe de acuerdo con el ANEXO III, junto con los formatos de inspección final ANEXO IV.

1.4.8 Inspección final

La inspección final tiene como objetivo examinar la integridad de los materiales que componen el colector solar y también evaluar la condición en la que se encuentra el CSPP luego de haber realizado todos los ensayos requeridos. El análisis de eficiencia de los diferentes materiales puede ser recopilado durante la inspección final en concordancia con el ANEXO IV [6].

Procedimiento

La inspección final es considerada como un ensayo destructivo; por lo tanto, se debe realizar como última prueba y solamente cuando no se requieran ensayos adicionales.

Durante la inspección final, el colector debe ser desmantelado en su totalidad y sus componentes inspeccionados a detalle en busca de anomalías. El proceso debe realizarse en condiciones de laboratorio; es decir, con el colector protegido de luz directa a temperatura y presión ambiente bajo condiciones de no uso.

Las características del colector solar serán registradas de acuerdo con el

ANEXO V previo al inicio de cualquier ensayo. Esta información será verificada con la ficha técnica proporcionada por el fabricante.

Se debe registrar todos los defectos y anomalías encontrados siguiendo el formato descrito en el ANEXO IV junto con cualquier otro criterio adicional según se requiera. Finalmente, todos los defectos y anomalías deben ser calificados donde corresponda de acuerdo con la siguiente escala:

0- Sin problema

El rendimiento, durabilidad, integridad y apariencia visual del CSPP no se ven afectados por el ensayo realizado previamente. Se asume que el desempeño será el esperado durante su vida útil estimada. No presenta decoloración del cristal. Todas las anomalías encontradas deben ser registradas y fotografiadas.

1- Problema menor

La durabilidad y la seguridad del CSPP se asume estable durante su vida útil estimada. Sin embargo, existen anomalías principalmente de apariencia visual y defectos estéticos.

Ligera decoloración del cristal debida a la desgasificación. Se considera como problemas importantes la condensación permanente y otras deficiencias progresivas. Todas las anomalías encontradas deben ser registradas y fotografiadas.

2- Falla severa

Se presentan o se esperan fallas severas en el CSPP relacionadas con el rendimiento, durabilidad, seguridad o apariencia visual. Decoloración significativa del cristal y gasificación visible. Todas las anomalías encontradas deben ser registradas y fotografiadas.

Para clasificar como “Falla severa” se debe considerar los siguientes criterios:

- Ruptura o deformación permanente de la cubierta o de sus fijaciones.
- Fugas en los canales de fluido.
- Deformación a tal punto que exista contacto directo entre el absorbedor y la cubierta.
- Ruptura o deformación severa en las uniones del colector o puntos de fijación de este.
- Pérdida de vacío.
- Disolución del recubrimiento absorbente.
- Acumulación de humedad, condensado visible en el interior del cristal y/o cubierta, retención local permanente de agua superior a 25 [ml] en cualquier parte del CSPP.
- Cualquier otra anomalía presente en el colector o sus componentes internos que no se encuentre descrita en estos puntos y se considere que disminuya la operabilidad.

Resultados y registro

Los resultados deben ser registrados según el ANEXO IV y

ANEXO V referentes a la inspección final y control previo al inicio del proceso, respectivamente.

2. METODOLOGÍA

La implementación de este proyecto se basa en las directrices proporcionadas por la norma UNE ISO 9806:2017 E. La normativa detalla los métodos de prueba para evaluar la durabilidad, confiabilidad, seguridad y desempeño térmico de los colectores solares. Cabe mencionar que la norma abarca un grupo extenso de aplicaciones al igual que varios tipos de colectores solares. Como se mencionó en apartados anteriores, este proyecto busca

poner a punto un banco de pruebas para colectores solares exclusivamente de placa plana. Es así como, los métodos de prueba para estos colectores pueden realizarse tanto en laboratorios como para pruebas al aire libre [6].

En primera instancia, se realiza una revisión bibliográfica de la normativa vigente que regule el desempeño de los colectores solares de placa plana junto con criterios de aceptación o rechazo. Se investiga también la implementación de bancos de pruebas existentes hasta la fecha de preparación de este documento. Posteriormente, se evalúa el estado de la estructura y los equipos hidráulicos que conforman el banco de pruebas y en esta instancia se realizan reparaciones y adecuaciones necesarias para su operabilidad.

A continuación, se realiza un estudio técnico para la selección de sensores y equipos que conforman el sistema de adquisición de datos. En este estudio se analizan y comparan fichas técnicas proporcionadas por los fabricantes de los equipos considerando las especificaciones mínimas requeridas por la norma.

Una vez que el sistema se encuentra funcional, se procede a realizar el montaje de la estructura y la adaptación de los sensores.

En la siguiente etapa, se realiza el diseño del sistema de adquisición de datos definiendo las entradas y salidas que sean requeridas. Se obtiene también la medición de las variables físicas a través de los sensores para posteriormente desarrollar la interfaz hombre-máquina (HMI) mediante el uso del software LABVIEW.

Una vez obtenida la información necesaria, se procede a elaborar la curva de rendimiento térmico del colector, se generan los reportes para los ensayos requeridos a fin de cumplir con el proceso de homologación de los CSTPP y un manual dirigido al usuario para la operatividad del sistema.

La Figura 4 muestra la metodología aplicada para la implementación de un banco de pruebas para CSTPP considerando que se tiene la estructura física y los equipos hidráulicos disponibles de trabajos previos. Esta metodología emplea seis pasos consecutivos donde se comienza con la definición de los objetivos y alcance del proyecto, el estudio de documentación relevante para la selección de sensores (Paso 1), evaluación de la estructura (Paso 2), montaje de los sensores (Paso 3), diseño de sistema de adquisición de datos (Paso 4), desarrollo de la interfaz HMI (Paso 5), y la obtención de curva de rendimiento térmico junto con los reportes de los ensayos realizados y el manual de usuario (Paso 6).

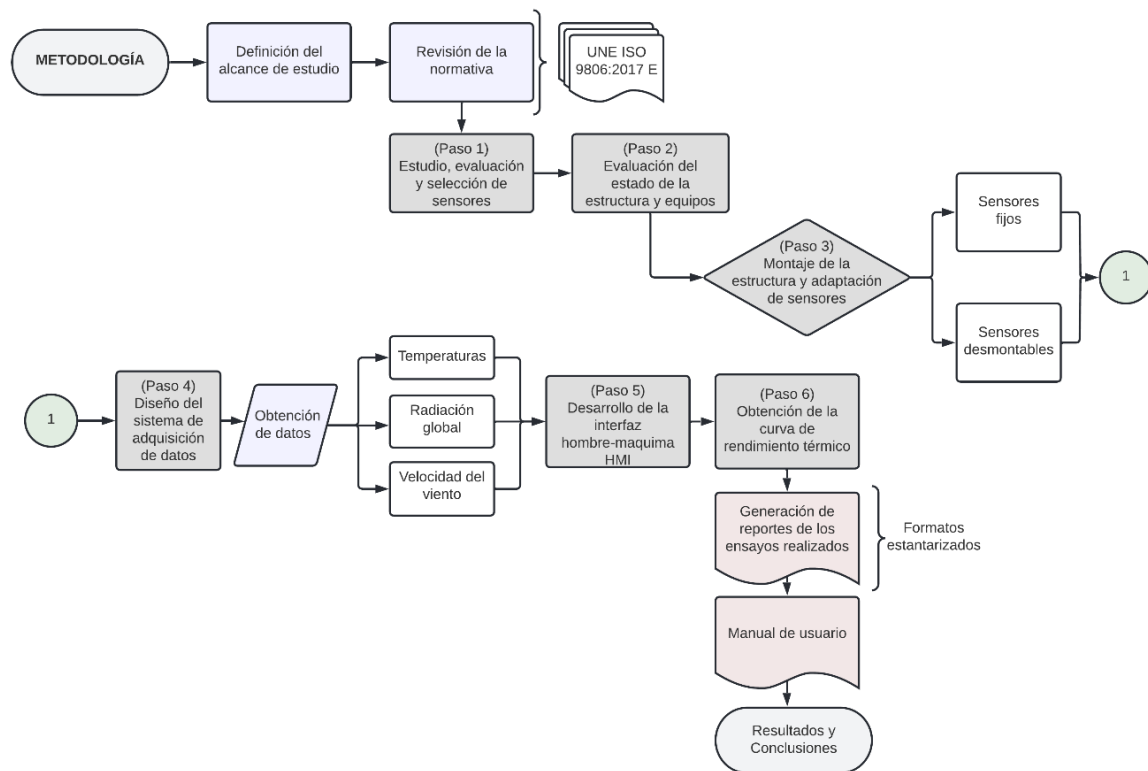


Figura 4. Metodología aplicada al caso de estudio (Fuente: Propia).

2.1 Estudio, evaluación y selección de sensores

Previo a la selección de sensores, es necesario identificar las variables físicas que deben ser monitoreadas. La norma ISO 9806 establece que las variables requeridas para los ensayos de interés en este trabajo son:

- Temperatura a la entrada y salida del colector.
- Temperatura del aire ambiente.
- Flujo de agua a la entrada del colector.
- Radiación solar directa y difusa.

Con las variables definidas se analiza cuáles son los requerimientos que deben cumplir los sensores para cada caso.

La normativa referida, en su apartado 21.3 “Medición de temperatura”, establece que se requiere como mínimo tres sensores de temperatura con una incertidumbre estándar $< 0,05$ [K] y una precisión superior al 1%. El rango de operación de estos sensores debe permitir como mínimo obtener lecturas de entre 0°C y 100°C [6].

- Selección sensores de temperatura para la entrada y salida del colector.

Estos parámetros, han sido considerados en un estudio de posibles alternativas de selección que forman parte del desarrollo de la etapa previa a este trabajo. En este estudio se consideran 3 sensores tipo RTD cuyo funcionamiento se basa en elementos estándares PT100 con lo que se obtiene datos fiables en tiempo real. Las 3 alternativas presentadas en este documento corresponden a sensores de contacto sumergibles en agua o refrigerantes, con cubiertas robustas, siendo equipos de fácil instalación y compatibles con una variedad de sistemas de extracción de datos. Por lo tanto, se sugiere que el sensor a emplear cumpla con la designación PT100 de al menos clase B o superior junto con los requerimientos establecidos por la normativa [4].

Bajo estas premisas y considerando también la disponibilidad de equipos con la que se cuenta en los laboratorios de la institución, se selecciona el sensor PT100 clase A y 4 hilos, modelo TMR31, de la casa comercial Endress+Hauser como se indica en la Figura 5. Las especificaciones técnicas de este sensor se encuentran detalladas en el ANEXO VI.



Figura 5. Sensor de temperatura PT100 modelo TMR31 [13].

La calibración de estos sensores viene dada por la casa alemana fabricante bajo la certificación IEC 60751. En adición, los sensores cuentan con el aval del laboratorio de termodinámica perteneciente a la Facultad de Ingeniería Mecánica la cual es participante en este proyecto. Por lo tanto, los datos obtenidos se consideran como datos aceptables dentro del rango establecido por la norma.

Es importante mencionar que para el desarrollo de este proyecto la calibración de los sensores PT100 no fue necesaria, puesto que cuentan con él periodo de garantía de la casa comercial y la calibración de fábrica necesaria para el registro de temperatura tanto a la entrada del colector como a la salida. Se sabe también que, la obtención de datos requeridos va a ser mucho menor al rango máximo estipulado por la hoja técnica ya que los sensores pueden medir temperaturas de hasta 200°C y la temperatura máxima

alcanzada en los ensayos será menor. El modelo TMR31 cuenta con dos opciones de señal de salida la primera es el protocolo estándar para sensores de temperatura PT 100 clase A de 4 hilos y el segundo es el protocolo de salida de 4 a 20 [mA] o de 20 a 4 [mA]. [13]. Para propósitos de este documento se opta por la segunda opción la cual requiere una alimentación de 10 a 35 [V] por sensor.

- Selección sensor de temperatura para el absorbedor.

Se requiere también, medir la temperatura en el absorbedor puesto que es un requerimiento esencial para el cálculo de la temperatura de estancamiento. El sensor empleado en este ensayo debe contar con los requerimientos mínimos establecidos por la norma en el apartado 21.3 “Medición de temperatura” que han sido descritos para la selección de los sensores PT100. El sensor debe ubicarse de manera obligatoria sobre el absorbedor a una distancia de $2/3$ de la altura y $1/2$ del ancho. Se debe considerar que los canales de fluido que conforman el absorbedor son generalmente circulares y de sección transversal reducida por lo que el sensor escogido debe poder adaptarse a espacios reducidos. Adicionalmente, estudios previos realizados con enfoques similares a los propuestos en este documento, muestran que la temperatura de estancamiento calculada puede encontrarse en un rango de 120°C a 160°C [14].

Considerando los criterios descritos anteriormente, se selecciona la opción que mejor se adapta a los requerimientos de espacio y rango de operación como es el caso de la termocupla tipo J mostrada en la Figura 6.



Figura 6. Termocupla tipo J [15].

Dentro de las principales características de estos sensores de temperatura, se puede destacar su simplicidad de manejo y conexión. Son usadas para una gran variedad de aplicaciones principalmente por su capacidad de medición que van desde -200°C a 750°C con lo que se garantiza la operabilidad para el desarrollo de los ensayos. Un posible inconveniente que puede presentarse durante el uso de termocuplas tipo J es la

interferencia eléctrica a la que es susceptible cuando se supera los 20 metros desde el sitio de la medición y el instrumento receptor de señal [16]. Para esta aplicación en particular, este inconveniente no es relevante ya que la distancia entre el absorbedor y el sistema de adquisición de datos no supera los 10 metros. La ficha técnica de este sensor se encuentra detallada en el ANEXO VII.

- Selección del medidor de caudal másico.

Para la medición del caudal másico, la normativa estipula que la incertidumbre estándar debe ser de $\pm 1\%$ del valor medido. El medidor de flujo debe ser calibrado para el rango de caudal estimado que se requiera durante el ensayo a ejecutar. Adicionalmente, el medidor debe ser capaz de trabajar bajo el rango de temperaturas de operación estipuladas por el ensayo que, para este caso en particular, será de 0°C a 100°C .

Considerando los criterios descritos anteriormente, las propuestas analizadas en el apartado 2.8.2 “Flujo a la entrada del colector” del trabajo realizado previamente [4], y contando con la disponibilidad de equipos del Laboratorio de Termodinámica de la Institución, se selecciona un medidor de caudal de la casa comercial estadounidense Omega modelo FPR 200 como se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Medidor de caudal Omega FPR200 [17].

Las características que resaltan en este equipo se centran en su operabilidad, debido a que tiene un rango de medición de 1.5 a 50 [GPM] soportando presiones de trabajo de hasta 500 [psi] y temperatura máxima de 107°C . Cuenta con una cubierta robusta de acero inoxidable, es de fácil instalación ya que cuenta con roscas $3/4''$ normalizadas bajo la designación NPT (National Pipe Taper). Adicionalmente, tiene una precisión de medida de caudal de $\pm 2\%$ y una incertidumbre de $\pm 0.5\%$ con resolución infinita. Cuenta con cuatro tipos de señal de salida, el primero es el protocolo de 4 a 20 [mA] con alimentación de 12 a 35 [V_{DC}], el segundo es una salida de 0 a 5 [V] con alimentación de 12 a 35 [V_{DC}], el tercero es la señal de salida de pulsos con alimentación de 5 a 24 [V_{DC}] y el cuarto es la salida tipo relé [17]. Para propósitos de este documento se opta por la primera opción para

lo cual se requiere una fuente de alimentación capaz de suministrar de 12 a 35 voltios de corriente continua [V_{DC}]. La ficha técnica de este sensor se encuentra detallada en el ANEXO VIII.

- Radiación solar directa y difusa, velocidad del viento y temperatura ambiente.

La recolección de estos datos se realiza a través de la estación meteorológica designada como “Estación EPN – Campus Rubén Orellana” perteneciente al grupo de investigación SCINERGY ubicada en la terraza del edificio 17 de la Escuela Politécnica Nacional. Esta estación envía el historial de datos recolectados durante 24 horas a la página oficial del grupo de investigación y se actualiza diariamente, por lo que puede ser descargado a través del enlace meteo-scinergy.epn.edu.ec de manera remota. Como método alternativo, se puede transferir de manera física los datos almacenados por la estación a una unidad de almacenamiento con una interfaz USB con lo que se agiliza el acondicionamiento de los archivos. Actualmente, el banco de pruebas se encuentra operando en la misma ubicación de la estación mencionada por lo que los datos recaudados están disponibles inmediatamente luego de finalizar el ensayo.

La estación meteorológica cuenta con la firma de la empresa Nippon Electric Instruments Inc. (NEI) y consta de tres equipos: piranómetro modelo N-70-03E de segunda clase, sensor de temperatura ambiente modelo TS-301C-2 y anemómetro modelo N-564P11 [18]. La Figura 8, muestra los equipos que constituyen la estación meteorológica “Estación EPN – Campus Rubén Orellana”



Figura 8. Piranómetro, Sensor de temperatura ambiente y anemómetro de la “Estación EPN – Campus Rubén Orellana” [18].

- Dispositivo de transferencia de datos al ordenador

En el proceso de selección de un dispositivo de transferencia de datos adquiridos por los sensores al ordenador, se consideró como criterio predominante la factibilidad de tomar las señales analógicas de los diferentes sensores y convertirlas en señales digitales legibles por el ordenador sin la necesidad de tarjetas conversoras o algún otro dispositivo adicional.

Se considera también el uso del programa LABVIEW y por lo tanto se requiere analizar la compatibilidad entre el equipo a seleccionar y la interfaz del programa. En adición, dentro de los equipos pertenecientes al grupo de investigación, se tiene dos registradores de datos que monitorean y almacenan automáticamente los parámetros a lo largo del tiempo. La primera opción es un equipo destinado a recolectar datos ambientales de la estación meteorológica por lo que esta opción se descarta. La segunda opción es el chasis CompactDAQ de la empresa National Instruments modelo NI CDAQ 9188 junto con el módulo para uso de termocuplas modelo NI 9213 y el módulo universal NI 9219.

Se selecciona la segunda opción como válida considerando que los equipos Compact DAQ abreviados como CDAQ son plataformas modulares basadas en PC, es decir, que pueden conectarse a un computador estándar y ejecutar el programa que sincronice, adquiera y registre datos de manera autónoma además de cumplir con todos los requisitos anteriormente descritos [19].

El sistema de adquisición de datos consta de 3 componentes. El primero es el chasis NI CDAQ 9188 mostrado en la Figura 9 y cuya hoja técnica se encuentra detallada en el ANEXO IX. El segundo es el módulo NI 9213 mostrado en la Figura 10 y cuya hoja técnica se encuentra detallada en el ANEXO X, donde destaca su capacidad de 16 canales. El tercero es el módulo NI 9219 mostrado en la Figura 11 y cuya hoja técnica se encuentra detallada en el ANEXO XI, dispone de 4 canales que permiten conectar sensores alimentados por hasta 60 [V].



Figura 9. Chasis CDAQ modelo NI CDAQ- 9188 [19].



Figura 10. Módulo para termocuplas NI 9213 [19].



Figura 11. Módulo Universal NI 9219 [19].

Una vez seleccionado los 2 sensores de temperatura tipo PT 100 modelo TMR 31 que permitirán registrar las variables a la entrada y salida del colector, junto con la termocupla tipo J que registrará la temperatura del absorbedor y el sistema de adquisición de datos compuesto por el chasis NI CDAQ 9188, módulo para uso de termocuplas NI 9213 y módulo Universal NI 9219 compatible con el programa LABVIEW se procede con el acondicionamiento de los sensores y la adaptación física de los mismos a la estructura del banco de pruebas.

2.2 Evaluación del estado de la estructura y equipos

Como se mencionó en apartados anteriores, la estructura del banco de pruebas fue entregada en la etapa previa del desarrollo de este trabajo y su construcción estuvo a cargo de Carrera William y Santamaria Mauricio [4]. El esquema del banco de pruebas disponible para la ejecución de los diferentes ensayos se muestra en la Figura 12, consta de los siguientes elementos:

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

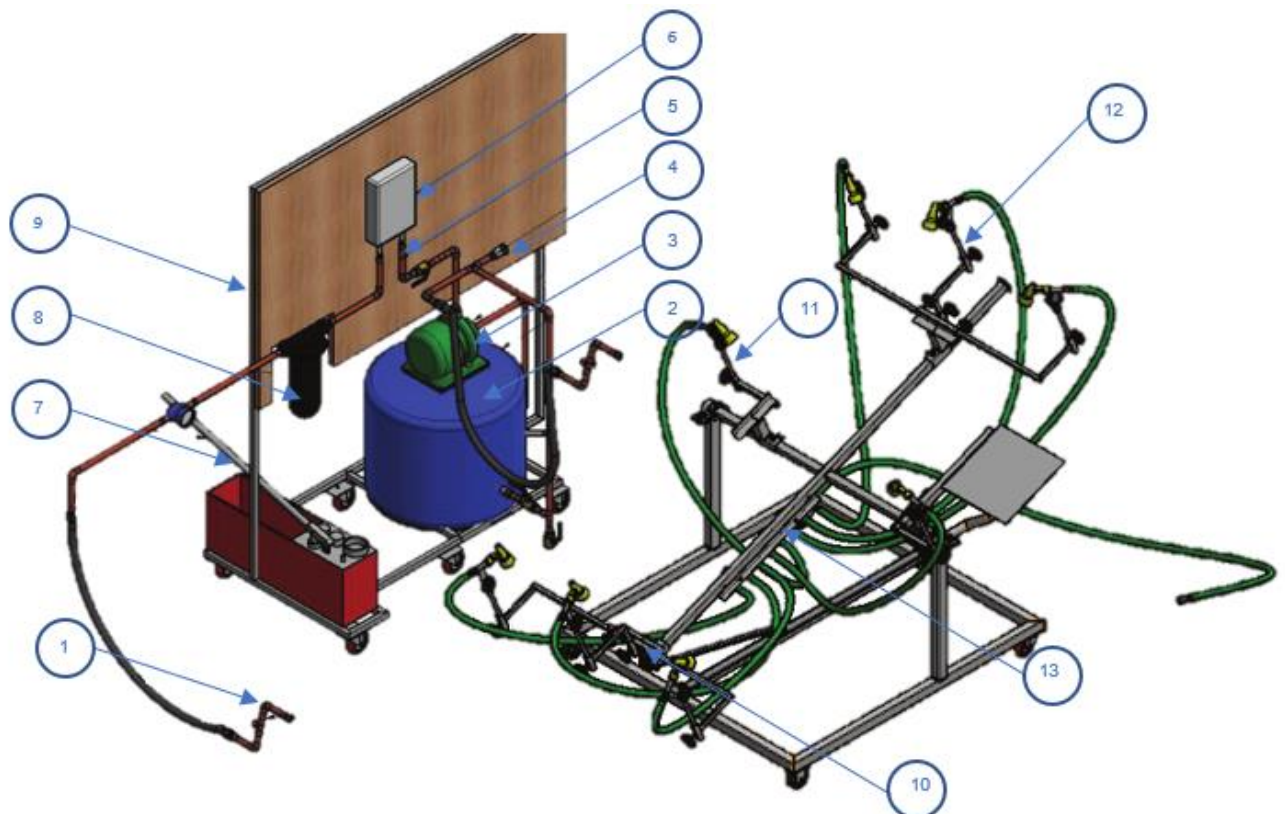


Figura 12. Esquema general del banco de pruebas [4].

El banco de pruebas cuenta con la estructura desmontable y telescópica que permite realizar el ensayo de impacto alcanzando la altura de 2 [m] requerida. Esta estructura se muestra en la Figura 13 y consta de los siguientes elementos:

1. Sistema de elevación
2. Sistema de sujeción y liberación del proyectil

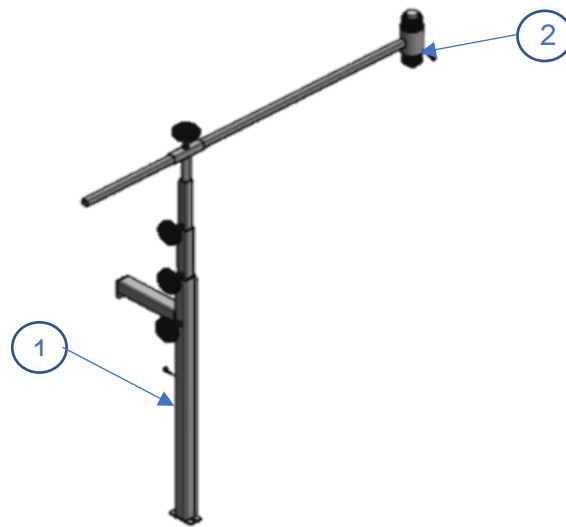


Figura 13. Estructura desmontable para el ensayo de impacto [4].

Las estructuras mostradas fueron entregadas al Laboratorio de Transferencia de Calor de la Escuela Politécnica Nacional en el año 2017. En enero del 2017, se realizó el ensamble completo al igual que el último mantenimiento para garantizar la operatividad del banco de pruebas. En 2018, el laboratorio de Transferencia de Calor fue trasladado al edificio colindante a la facultad de Química - Eléctrica (edificio 17), por lo que todo el equipo tuvo que ser desmantelado.

Debido a que ha transcurrido más de 5 años desde la última vez que se utilizó el banco de pruebas, fue necesario realizar adecuaciones generales, limpieza los componentes y engrasado de los mecanismos móviles junto con el ensamblaje de las estructuras. El sistema hidráulico compuesto por la bomba eléctrica, las diferentes tuberías y válvulas requerían limpieza de sedimentos y sustitución de algunos elementos deteriorados por el tiempo. Fue necesario también limpiar el rotor de la bomba y sustituir las mangueras que permitían la alimentación de los aspersores.

En enero del 2022, como primera instancia de este trabajo, se inició con el traslado de la estructura a la terraza del edificio 17 ya que es el espacio de trabajo designado por el grupo de investigación SCINERGY. Luego, se realizó el ensamble de los diferentes componentes del banco de pruebas y se procedió con las reparaciones respectivas permitiendo reactivar

en su totalidad el sistema hidráulico. Finalmente, debido a que se requiere que el área de trabajo cuente con las instalaciones eléctricas de 110 y 220 [V_{AC}], se solicitó la instalación de tomacorrientes para los dos casos. Es importante mencionar que, en la terraza del edificio 17, no se cuenta con tomas de agua que permitan suministrar el fluido de manera continua por lo que se ha optado por llenar el tanque a su capacidad máxima para el desarrollo de los diferentes ensayos.

La Figura 14 muestra el banco de pruebas ensamblado y operativo en el espacio de trabajo junto con las tomas eléctricas requeridas para su funcionamiento.



Figura 14. Izq. Banco de pruebas operativo, Dcha. Tomacorrientes 100 y 220 [V_{AC}]
(Fuente: Propia).

2.3 Montaje de sensores a la estructura del banco de pruebas y conexiones eléctricas.

Con la selección de sensores descritos en el apartado 2.1 y el montaje de la estructura descrito en el apartado 2.2 concluidos, se procede con la instalación de los sensores de temperatura y medidor de flujo en concordancia con las distancias y requerimientos descritos en la norma. En este apartado, se especifica también los diagramas de conexión entre los diferentes sensores y el sistema de adquisición de datos junto con su alimentación eléctrica.

En la metodología aplicada a este caso de estudio, el paso 3 considera dos alternativas. La primera es el montaje de sensores en posición fija y la segunda es la instalación desmontable. Se selecciona la segunda opción debido a que los elementos empleados pertenecen al grupo de investigación y pueden ser empleados en el desarrollo de más de un proyecto a la vez.

- Montaje sensores PT100 a la entrada y salida del colector.

La norma estipula que para todos los ensayos donde se requiera registrar la temperatura de entrada y salida del fluido de transferencia de calor, el sensor NO debe instalarse a más de 200 [mm] desde la entrada del colector [6]. Por otro lado, la hoja técnica del sensor PT 100 TMR31 especifica que al menos 40 [mm] del sensor deben estar en contacto directo con el fluido [13].

Debido a que el colector presenta roscas macho de 1/2", se emplea conectores tipo Tee roscable de 1/2" para agua caliente y se instala el sensor en la rosca lateral superior. En la rosca central se conecta la entrada o salida del colector y la tercera rosca sirve para conectar la tubería de alimentación del fluido. La Figura 15 y muestra el acople empleado.

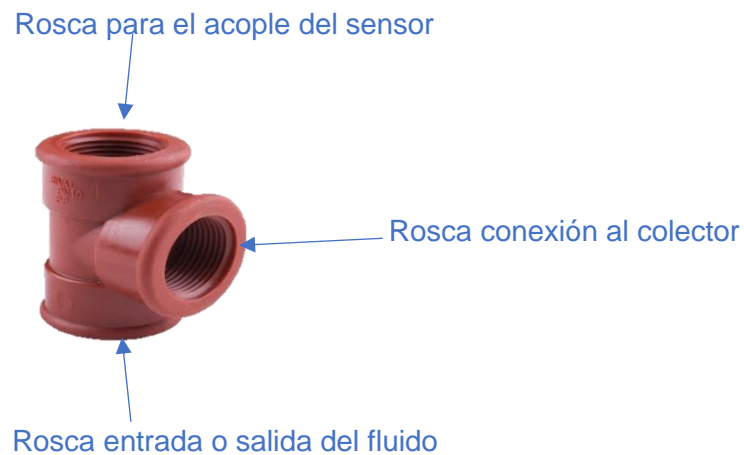


Figura 15. Acople tipo Tee empleado para la instalación de los sensores PT100 (Fuente: Propia).



Figura 16. Adaptación PT100 a la entrada y salida del colector. (Fuente: Propia).

Por recomendación de la casa comercial Endress+Hauser, se debe colocar no más de 3 vueltas de cinta teflón en la rosca del sensor cada vez que se enrosque [13]. Al desmontar el sensor, se debe colocar un tapón macho de ½” en la rosca lateral superior.

Para la conexión eléctrica del sensor, se debe conectar el módulo universal NI 9219 en cualquiera de las ranuras del chasis CDAQ 9188. Posteriormente, se debe enlazar el borne positivo de la fuente de tensión continua (DC) con el cable de color marrón del PT100 y el borne negativo de la fuente de alimentación se conecta al puerto 5 de cualquier canal del módulo. El cable de color azul del PT100 se conecta al puerto 3 del canal del módulo usado. El esquema de conexión se muestra en la Figura 17.

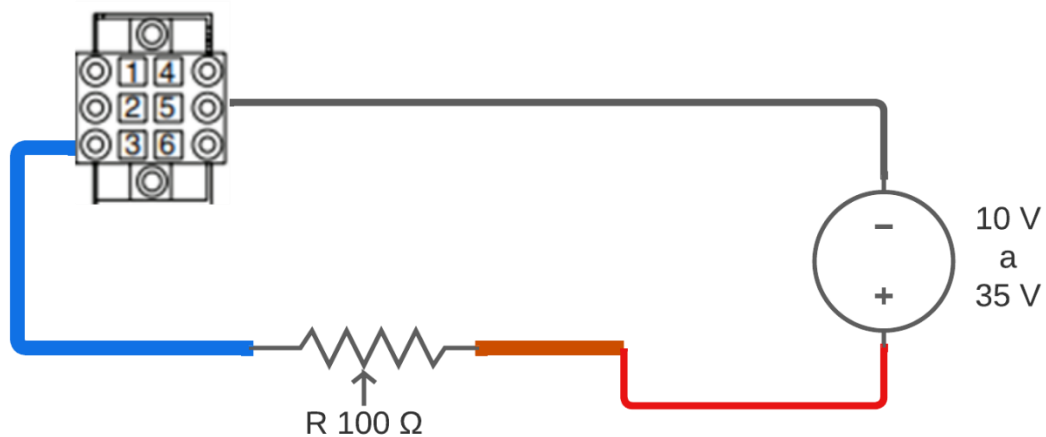


Figura 17. Esquema de conexión del sensor PT100 al módulo NI 9219 (Fuente: Propia).

- Montaje de la termocupla tipo J.

La norma establece que el sensor de temperatura debe ser colocado directamente sobre el absorbedor y se debe garantizar conductividad térmica adecuada [6]. Por lo tanto, se requiere desmontar la cubierta del colector hasta acceder a los canales por donde circula el fluido y realizar una perforación para la inserción de la termocupla.

En este caso en particular, fue necesario retirar los remaches de la cubierta posterior del colector junto con el aislante térmico de lana de vidrio para acceder al absorbedor. Luego, se estableció el punto situado a $\frac{2}{3}$ de la altura y $\frac{1}{2}$ de ancho del colector donde se realizó una marca para la adaptación de la termocupla. Se aplicó pasta térmica alrededor del punto y se soldó el extremo del sensor; adicionalmente, se recubrió el punto de soldadura con silicón resistente a altas temperaturas. La Figura 18 muestra la termocupla instalada.

Con la termocupla instalada, se debe armar el colector colocando el aislante térmico en su lugar y los demás elementos retirados. Se debe sellar la carcasa de tal manera que se garantice su hermeticidad.



Figura 18. Instalación de la termocupla tipo J en el absorbedor (Fuente: Propia).

Para la conexión eléctrica del sensor, se debe insertar el módulo de termocuplas NI 9213 en cualquiera de las ranuras del chasis CDAQ 9188. Posteriormente, se debe conectar el polo positivo de la termocupla de color blanco al puerto positivo (puerto izquierdo) del módulo y el polo negativo de la termocupla de color rojo al puerto negativo del módulo (puerto derecho). Los puertos del módulo denotados como NC son puertos especiales en los cuales no se puede conectar termopares. El esquema de conexión se presenta en la Figura 19.

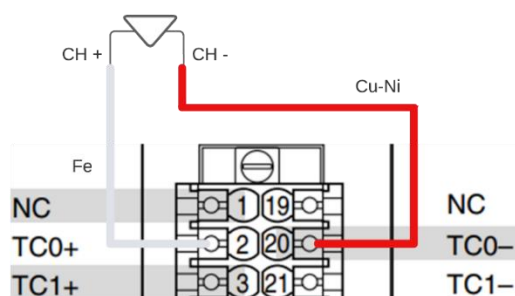


Figura 19. Esquema de conexión de la termocupla tipo J al módulo NI 9213 (Fuente: Propia).

- Montaje del medidor de caudal FPR200.

La norma establece que el medidor debe ubicarse a la entrada del colector y antes de los sensores de temperatura [6]. La hoja técnica del medidor estipula que, para mejores resultados, el sensor de caudal debe ubicarse a una distancia de al menos 10 veces el diámetro de la tubería empleada luego de cualquier válvula, codo, reductor o accesorio usado [17].

Para este caso de estudio en particular, se debe conectar el medidor de caudal a la rosca intermedia de la Tee de $\frac{1}{2}$ " instalada a la entrada del colector, es así como, se debió usar una reducción roscable de $\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ " además de un neplo corrido de $\frac{1}{2}$ ". Debido a que se requiere que el medidor sea desmontable se acoplo conectores rápidos para este fin. La adaptación del sensor se muestra en la Figura 21.

Para la conexión eléctrica del medidor, se debe conectar el módulo universal NI 9219 en cualquiera de las ranuras del chasis CDAQ 9188. Posteriormente, se debe enlazar el borne positivo de la fuente de tensión continua (DC) con el cable de color rojo del sensor y el borne negativo de la fuente de alimentación se conecta al puerto 5 de cualquier canal del módulo. El cable de color negro del sensor se conecta al puerto 3 del canal del módulo usado. El esquema de conexión se muestra en la Figura 20.

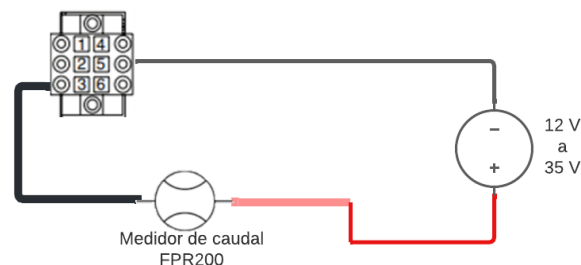


Figura 20. Esquema de conexión del medidor de caudal al módulo NI 9213 (Fuente: Propia).



Figura 21. Adaptación del medidor de caudal a la entrada del colector (Fuente: Propia).

- Conexión del chasis CDAQ al ordenador.

El chasis NI 9188 se conecta al ordenador mediante un cable de red con la terminal RJ45.

2.4 Diseño del sistema de adquisición de datos

En este apartado se describe la programación en bloques dentro del entorno LABVIEW para gestionar el proceso de adquisición y registro de datos. Se describe las principales librerías y elementos empleados en el desarrollo de la interfaz gráfica personalizada y la visualización de los parámetros de interés junto con las gráficas en función del tiempo de ejecución del ensayo.

Con el objetivo de visualizar y almacenar los datos recaudados por los sensores, se ha creado dos programas ejecutables en formato nativo de LABVIEW cuya extensión es “.vi”. El primero de estos ejecutables se encarga de establecer conexión entre el ordenador y el dispositivo físico comprendido por el chasis CDAQ 9188, el módulo que se requiera usar al igual que los sensores para el ensayo. La Figura 22, muestra el diagrama de flujo basado en la programación usada. En primera instancia se crea un canal virtual que se encarga de establecer la conexión entre el ordenador y los dispositivos físicos designando un nombre específico para cada uno basado en el número de ranura en el chasis y canal en el módulo, la librería usada se denomina “NI DAQmx” ubicada en el panel de funciones del panel de bloques. A continuación, se verifica que las variables físicas se encuentren registradas por los sensores y se procede a cambiar el tipo de dato recolectado a analógico puesto que es la señal de salida estándar de los sensores de temperatura y flujo, la librería usada se denomina “Read” ubicada dentro del menú principal “NI DAQmx”. Como tercer paso, se selecciona el nodo de propiedad para el canal y se aumenta la velocidad de recolección de datos a aquella que se acople de mejor manera considerando la resolución del sensor y el módulo, la librería usada se denomina “Channel Node” dentro del menú principal NI. Luego, se crea un arreglo de dos dimensiones donde se guarda temporalmente las lecturas del sensor y también el tiempo transcurrido desde la primera lectura, con este arreglo se puede realizar la gráfica en el plano, la librería usada se denomina “Index Array” ubicada dentro del menú “Array”. LABVIEW ofrece la posibilidad de agregar una gráfica XY desde el panel frontal, y al enlazarla con el arreglo antes creado se obtiene una gráfica cuyo eje X representa la variable medida por el sensor y el eje Y representa el tiempo en segundos. Cabe mencionar que esta gráfica es una ayuda visual para el operador durante la realización del ensayo y no se guardará una vez finalizado el programa. Finalmente, se guarda la información en un archivo de texto bajo la extensión “.txt”, la librería usada se denomina “Write Delimited Spread Sheet” ubicada en el menú “File I/O”. La descripción

detalla para la operación del programa será descrita en el manual de usuario anexada a este documento. La programación en bloques usada para el desarrollo del ejecutable se muestra en la Figura 23.

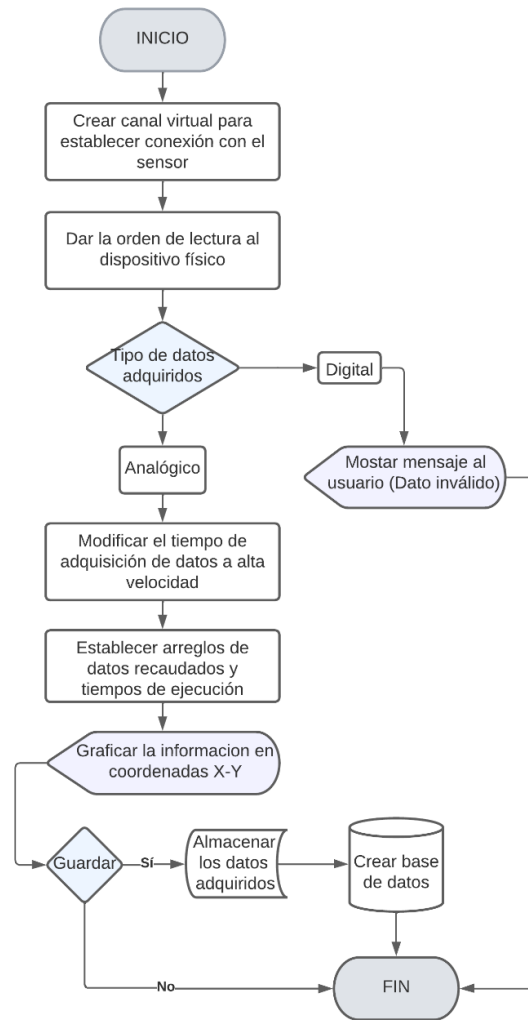


Figura 22. Diagrama de flujo del primer programa empleado (Fuente: Propia).

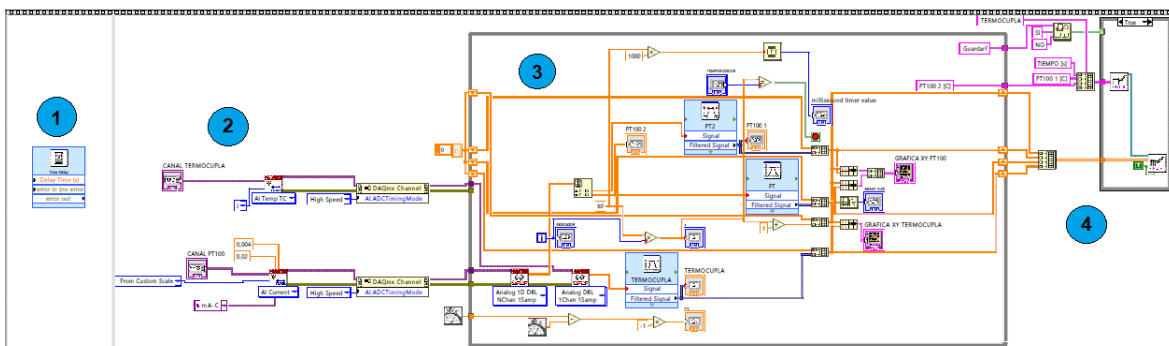


Figura 23. Programación en bloques empleada en el primer programa (Fuente: Propia).

El segundo ejecutable se encarga de recolectar los archivos .txt generados con anterioridad para procesarlos mediante el entorno de LABVIEW y generar la curva de eficiencia térmica. El manejo de este programa se describe a detalle en el manual de usuario anexo. En la Figura 25 muestra el diagrama de flujo basado en la programación usada.

El programa consta de 3 bloques principales, el primero está destinado a leer los archivos .txt ingresados y crear un arreglo individual de dimensión n para la temperatura de entrada, salida, ambiente y radiación global. Para esto se utiliza la librería "Read Meas File" ubicada dentro del menú "File I/O", el segundo bloque está destinado a registrar variables ingresadas por el usuario como son: área efectiva del colector, calor específico del fluido de trabajo y flujo másico puesto que son datos requeridos para realizar operaciones matemáticas relacionadas con el desarrollo de los ensayos. En este bloque principalmente se utiliza operadores numéricos de adición, sustracción, multiplicación y división que se encuentran dentro del menú "Numeric" en el panel de funciones del diagrama de bloques. Se presenta también una ventana de visualización para el usuario la cual muestra las dimensiones de los arreglos almacenados de manera temporal en el programa, para esto se utiliza la librería "Display Msg" ubicada dentro del menú "Dialog & User Interface". El tercer y último bloque, se encarga de ejecutar operaciones entre los arreglos formados y generar un archivo en formato .xslm compatible con Microsoft Excel con macros activados que ordena y guarda los datos obtenidos de manera permanente usados para generar la curva de desempeño térmico del colector. Finalmente, se muestra al usuario un mensaje de confirmación cuando el archivo sea generado además de permitir ubicar la ruta de destino. En la Figura 24 se muestra la programación en bloques para el programa.

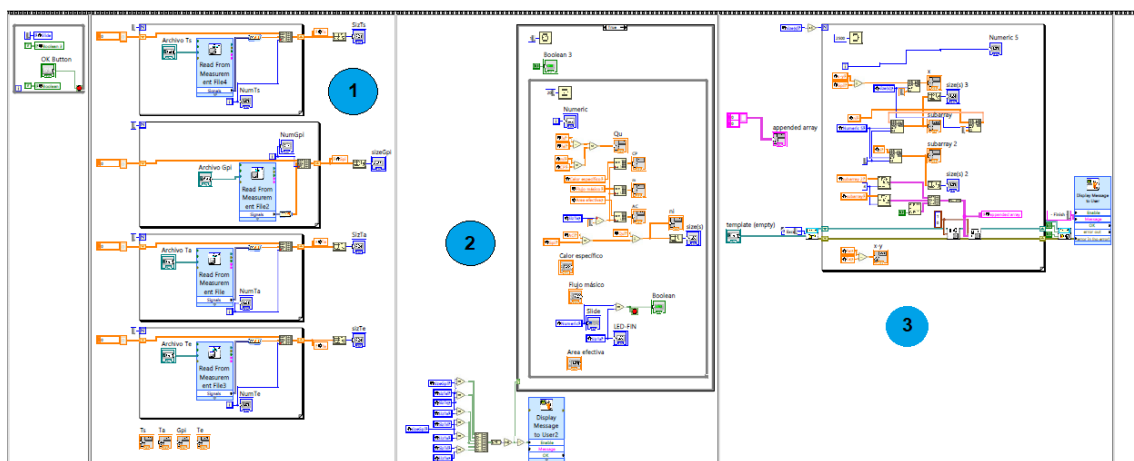


Figura 24. Programación en bloques empleada en el segundo programa (Fuente: Propia).

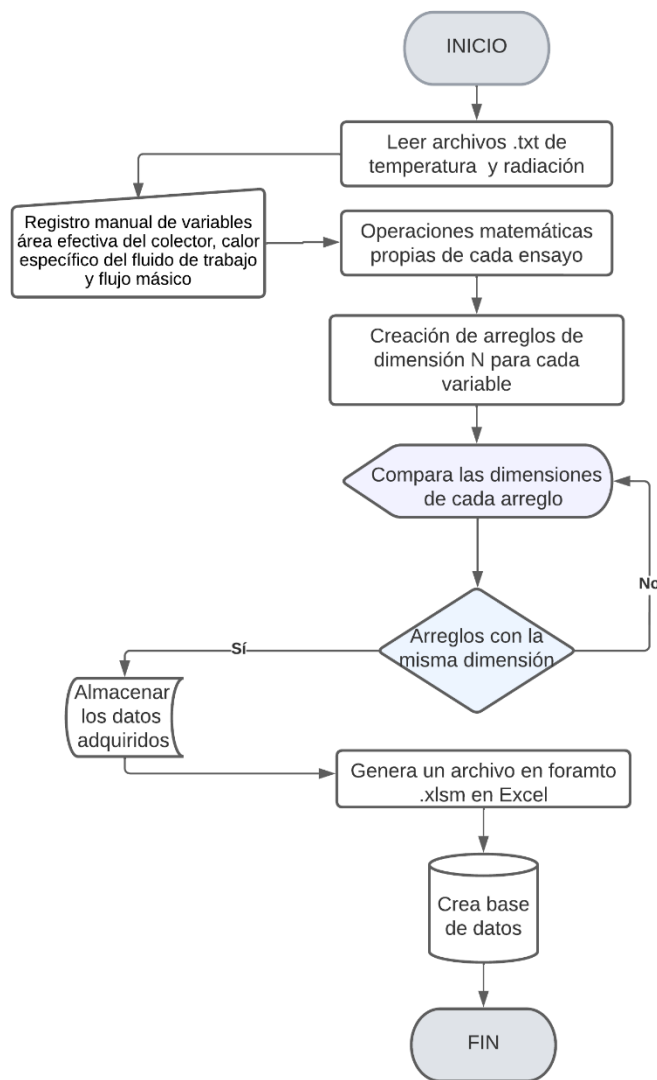


Figura 25. Diagrama de flujo del segundo programa empleado (Fuente: Propia).

2.5 Desarrollo de la interfaz hombre-máquina HMI

En esta sección del documento se detalla la interfaz gráfica personalizada diseñada para cada uno de los 2 programas que se requieren ejecutar. Las herramientas con las que cuenta el usuario para monitorear la ejecución del programa, al igual que la visualización de datos ingresado y adquiridos en tiempo real son parte del desarrollo de este apartado.

En el apartado 2.3 de este documento, se menciona que los sensores empleados envían una señal entre 4 a 20 miliamperios de tipo analógica al ordenador; por esta razón, es necesario definir las ecuaciones para transformar la señal recibida a unidades respectivas de medición para cada sensor.

Los sensores PT100 requieren escalar los valores de corriente a grados centígrados cuyas lecturas serán mostradas en la interfaz del programa. Para esto se emplea el método de obtención de la ecuación de la recta conociendo dos puntos. Las coordenadas conocidas son: $P_1 = (0,004; -50)$ donde la componente X representa el valor de amperaje correspondiente a la medición mínima capaz de ser registrada por el sensor (-50°C).

$P_2 = (0,02; 200)$, donde la componente X representa el valor de amperaje correspondiente a la medición máxima capaz de ser registrada por el sensor (200°C).

La pendiente de la ecuación se calcula con:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \rightarrow m = \frac{200 - (-50)}{0,02 - 0,004} \rightarrow m = \frac{250}{0,016} \rightarrow m = 15625$$

La ecuación de la recta se calcula reemplazando la pendiente y un punto conocido con:

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

$$y = 15625x - 112,5$$

El medidor de flujo requiere escalar los valores de corriente a unidades comunes de flujo volumétrico; sin embargo, debido que el sensor FPR200 trabaja a una tasa de frecuencia mayor al doble de la velocidad de adquisición de datos del módulo universal NI 9219, esta conversión no es posible ya que muestra lecturas dispersas y sin sentido instrumental aplicable. Este fenómeno de adquisición de datos se conoce como “Teorema de Nyquist” donde resumidamente se tiene que, si la velocidad de adquisición del módulo es igual a la frecuencia del sensor, la lectura coincidirá solo con los picos máximos emitidos por el sensor. Si la velocidad de adquisición del módulo es del doble de la frecuencia del sensor, la lectura coincidirá solo con los picos máximos y mínimos. En contraste, si la velocidad de adquisición del módulo es de más del doble de la frecuencia del sensor, la lectura coincidirá con todos los puntos emitidos por el sensor lo cual muestra sentido instrumental. Es decir, si se necesitan medir pulsos, se requiere de un módulo de adquisición de datos tipo contador, o un módulo analógico de alta velocidad [20].

Para solventar este inconveniente, se obtiene el flujo volumétrico de manera física considerando que es un valor constante y se introduce como una entrada manual en la interfaz desarrollada. El proceso de medición emplea el uso de un recipiente de 10 litros de capacidad con apreciación de 1 litro, un cronómetro y el equipo hidráulico del banco de pruebas en condiciones de uso normal. Se registra el tiempo en el que se llega a la medida de 10 litros realizando varias mediciones. El tiempo promedio de 15 mediciones consecutivas fue de 92 segundos. Dividiendo el contenido del recipiente para el tiempo

registrado se obtiene un flujo volumétrico $\dot{V} = 0,1087 \left[\frac{l}{s} \right]$. El flujo másico se obtiene con:
 $\dot{m} = \rho * \dot{V}$, donde: $\rho =$ aproximadamente un kilogramo por litro (1kg/l) para las condiciones de ensayo.

$$\dot{m} = 1 \left[\frac{Kg}{l} \right] \times 0,1087 \left[\frac{l}{s} \right] \rightarrow \dot{m} = 0,1087 \left[\frac{Kg}{s} \right]$$

Es valor deberá ser digitado por el operador junto con el área del colector y el valor de calor específico en el programa 2.

A continuación, la Figura 26 muestra la interfaz hombre-máquina (HMI) del programa 1 con sus respectivos controladores. La gráfica superior muestra el registro en tiempo real de los sensores PT100 de entrada y salida, mientras que la gráfica inferior muestra el registro en tiempo real de las lecturas de la termocupla. En la parte superior derecha de la ventana bajo el título x, se presenta un contador que permite visualizar el tiempo transcurrido en segundos desde la ejecución del programa. Bajo el título CANAL PT100 y CANAL TERMOCUPLA, se despliega un menú interactivo para la selección de los canales reconocidos. El control denominado TEMPORIZADOR, permite al usuario digitar la duración del ensayo en segundos considerando que las mediciones de temperatura se registran cada minuto. Los contadores restantes son herramientas de visualización y control para el operario ya que registran las lecturas de los sensores y el número de mediciones realizadas desde la ejecución del programa. El programa finaliza cuando el temporizador y el contador x se igualan, mostrando al usuario una ventana emergente para guardar los datos. Las temperaturas registradas y el tiempo de lectura son almacenados en un archivo de texto en columnas como se muestra en la Figura 27.

La conexión de los sensores, al igual que el procedimiento de operación para este programa se encuentran detallados en el manual de usuario adjunto en el ANEXO XIII.

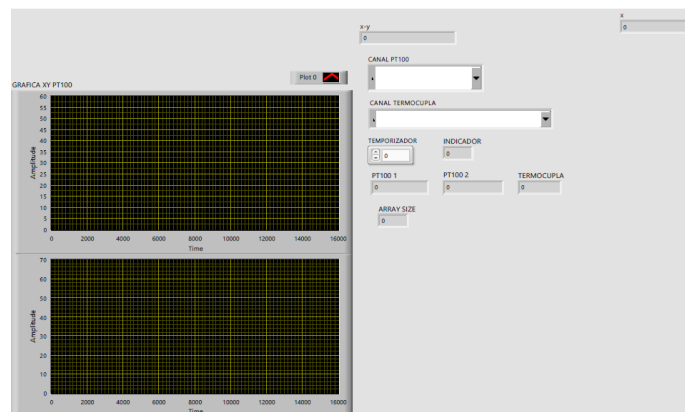


Figura 26. HMI del programa 1 encargada de recolectar datos de temperatura del colector solar (Fuente: Propia).

Prueba 2 min: Bloc de notas					
Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda	
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 27. Archivo de datos de temperatura (Fuente: Propia).

La interfaz del programa 2 se muestra en la Figura 28, donde el bloque superior izquierdo es un menú interactivo que permite seleccionar la ruta de destino para el archivo de Excel generado al finalizar el programa. Los controles de área efectiva, calor específico y flujo másico permiten al usuario digitar los valores según se requiera para cada ensayo. Las casillas denominadas “Archivos ...” son botones operativos que permiten seleccionar la ruta donde se ha almacenado los datos necesarios para el cálculo de rendimiento térmico y temperatura de estancamiento, junto a la ruta se encuentra un visor del tamaño de datos que contiene cada archivo. Además, en la parte inferior derecha se muestran siete controles que permiten al usuario verificar los valores registrados. Las barras y botones de color verde son indicadores visuales del progreso de ejecución del programa. Finalmente, cuando el programa termina de realizar los cálculos requeridos se despliega una hoja de cálculo de Excel mostrando la gráfica de rendimiento térmico linealizada bajo la regla de mínimos cuadrados la cual se muestra en la Figura 29. La conexión de los sensores, al igual que el procedimiento de operación para este programa se encuentran detallados en el manual de usuario adjunto en el ANEXO XIII.



Figura 28. HMI del programa 2 encargado de obtener la gráfica de rendimiento térmico y la temperatura de estancamiento (Fuente: Propia).

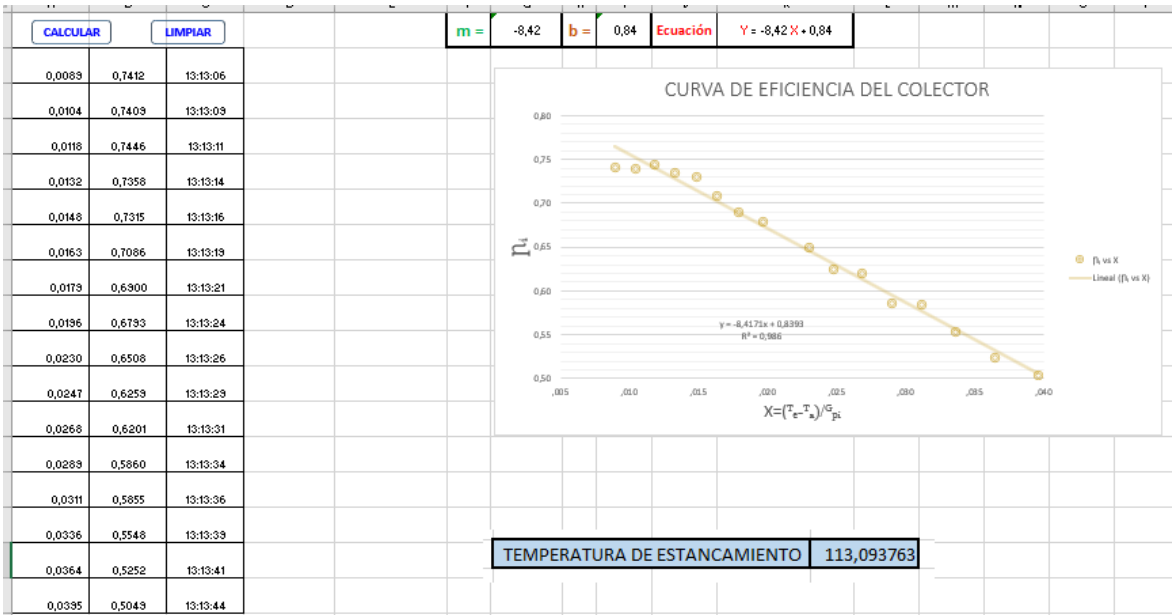


Figura 29. Gráfica de rendimiento térmico linealizada (Fuente: Propia).

3. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Resultados

3.1.1 Resultados del ensayo de penetración de lluvia

Para asegurar el buen funcionamiento de los equipos durante la realización del ensayo de penetración de lluvia en condiciones normales, se ejecuta todo el proceso descrito en el apartado 1.4.5 (página 8) siguiendo los pasos definidos por la norma. Para este ensayo se emplea la estructura del banco de pruebas, el sistema hidráulico y un colector solar de prueba.

El colector solar ensayado, no cuenta con especificaciones técnicas por parte del fabricante por lo que, para este caso se usa un ángulo de inclinación de 30° sobre la horizontal. Las boquillas aspersoras se colocan como lo estipula la Figura 3, respetando la distancia e inclinación. La Figura 30 muestra la medición de la distancia lineal entre el colector y las 8 boquillas junto con su inclinación de 30° medidos desde la superficie del colector.

Una hora antes de comenzar con el ensayo, se encendió el calentador eléctrico para mantener el fluido de trabajo a 55°C, se mantuvo esta temperatura constante durante el periodo de estabilización de 60 [min] requeridos por la norma y se apagó el calentador.

El ensayo fue realizado bajo una cubierta plástica con lo que se garantizó radiaciones globales inferiores a 200 [W/m²] durante el periodo de 4 horas que dura el ensayo. Una vez finalizado el ensayo, el colector fue almacenado bajo dicha cubierta registrando que los valores de radiación se mantengan por debajo de 200 [W/m²] durante el periodo de espera de 72 horas, este proceso se muestra en la Figura 31.

Considerando que en el espacio de trabajo no se cuenta con una toma de agua directa, el tanque con capacidad de 30 litros tuvo que ser llenado varias veces para cumplir con el rociado continuo de 4 horas. La Figura 32 muestra la ejecución del ensayo sin reportar anomalías durante su desarrollo.

Transcurrido las 72 horas de espera para la generación del reporte propio del ensayo descrito en el ANEXO I y la inspección final ANEXO IV, se realiza la inspección visual de las anomalías presentes en el colector solar. Con esta inspección se busca identificar principalmente filtraciones de agua al interior del colector. La Figura 33 muestra el colector ensayado y las anomalías registradas.



Figura 30. Ángulo de inclinación de las boquillas y distancia de separación (Fuente: Propia).



Figura 31. Almacenamiento del colector solar luego de realizar el ensayo de penetración de lluvia (Fuente: Propia).



Figura 32. Ejecución del ensayo de penetración de lluvia (Fuente: Propia).

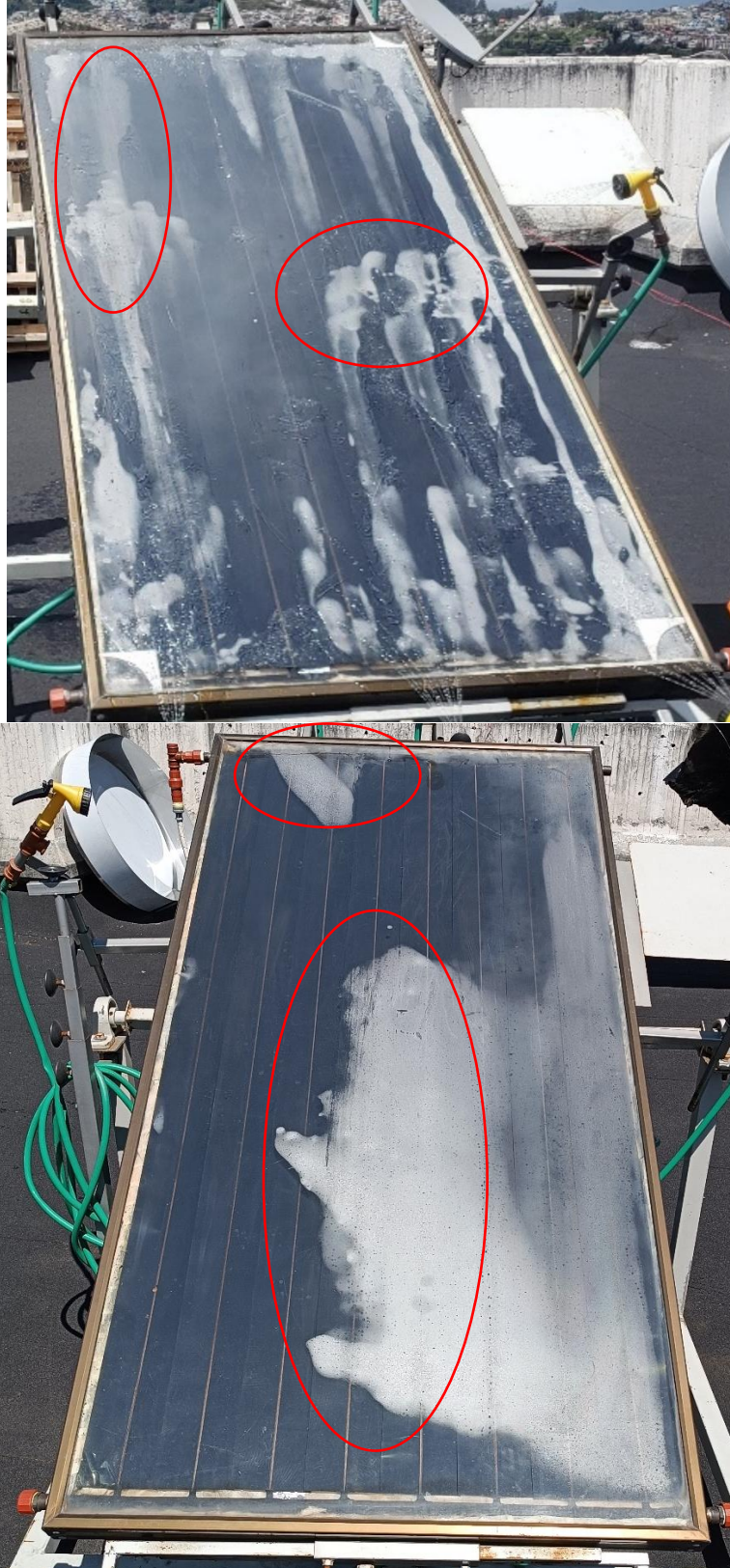


Figura 33. Colector solar ensayado luego de 72h de espera (Fuente: Propia).

El colector solar presenta filtraciones considerables en su interior por lo que recibe una calificación 2 - *Falla severa* en concordancia con los criterios descritos en el apartado 1.4.8 (página 13). Esta información se registra en los formatos como se muestra en la Figura 34.

1. Condiciones de ensayo:

Descripción del montaje del colector (en el techo, sobre el techo, etc.): Sobre Techo

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

Número y descripción de la(s) posición(es) de las boquillas de aspersion:8 boquillas ubicadas según la norma

Duración del rociado de agua: 4[h]

2. Resultado del ensayo:

Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la inspección final (ANEXO IV) junto con su descripción y fotos: El colector presenta filtraciones en su interior, presenta gasificación considerable por lo tanto obtiene la calificación 2- *Falla Crítica*.

Otras observaciones y comentarios: Sin observaciones ni comentarios.

Resultado del ensayo: NO PASA EL ENSAYO DE PENETRACIÓN DE LLUVIA.

Firma de responsabilidad: Medina Ramos, Reascos Robinson.

Comienzo del ensayo: 10am (1 hora antes del periodo estabilización).

Fin del ensayo: 77 horas después del inicio del ensayo.

Instituto a cargo del ensayo: SCINERGY.

Fecha: junio 2022

Figura 34. Resultados registrados en el ensayo de penetración de lluvia (Fuente: Propia).

3.1.2 Resultados del ensayo de presión interna para canales de fluido.

Para asegurar el buen funcionamiento de los equipos durante la realización del ensayo de penetración de presión interna para canales de fluido, se ejecuta todo el proceso descrito en el apartado 1.4.6 (página 10) siguiendo los pasos definidos por la norma. Para este ensayo se emplea la estructura del banco de pruebas, una fuente de presión y un colector solar de prueba.

El colector solar ensayado, no cuenta con especificaciones técnicas por parte del fabricante por lo que, para este caso se usa el 1.5 de la presión máxima consultada para un colector solar de placas planas fabricado por la empresa Solar Systems Manufacturer certificado bajo la norma ISO-9806 con características similares al ensayado en este documento. La presión máxima de ensayo es de 130.53 [psi] (9 bares aproximadamente) según la ficha

técnica consultada y adjunta en el ANEXO XII [21]. El colector ensayado tiene un absorbedor con canales de fluido fabricados con materiales no poliméricos (Cobre).

El equipo se monta como establece la norma y se procede a purgar el aire dentro de los canales de fluido antes de comenzar el ensayo con ayuda de la válvula de purgado. Posteriormente, se llena los canales de fluido con agua a temperatura ambiente de 23°C para este caso y se presuriza el fluido con la bomba manual. Una vez alcanzada la presión de 9 bares, se aísla los canales de fluido de la fuente de presión y se monitorea constantemente verificando que la pérdida de presión no supere el 5% de la presión de prueba, que para este caso representa 0,45 bares. La presión se mantiene durante 15 minutos y se libera mediante la válvula de alivio. Finalmente, se desmonta la carcasa exterior para visualizar el absorbedor en busca de hinchazón y distorsión.

Transcurrido 15 minutos de espera para la generación del reporte propio del ensayo descrito en el ANEXO II y la inspección final ANEXO IV, se realiza la inspección visual de las anomalías presentes en el colector solar. Con esta inspección se busca identificar principalmente pérdidas de presión, hinchazón y distorsión de los canales de fluido al interior del colector. La Figura 35 muestra el colector ensayado y las anomalías registradas.

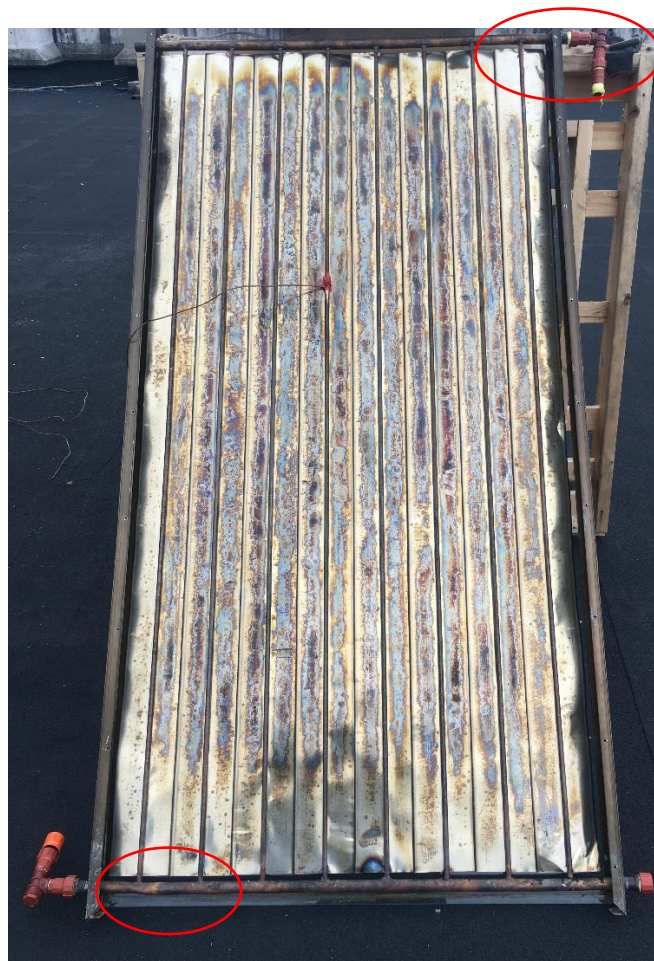




Figura 35. Colector solar ensayado luego de 15 minutos del ensayo de presión interna (Fuente: Propia).

El colector solar presenta pérdidas de presión superiores a 0,45 bares; también presenta deformaciones en los canales de fluido por lo que recibe una calificación 2 - *Falla severa* en concordancia con los criterios descritos en el apartado 1.4.8 (página 13). Esta información se registra en los formatos como se muestra en la Figura 36.

1. Condiciones de ensayo

Método de prueba: Canales de fluido no poliméricos.

Fluido de prueba: Agua a temperatura ambiente.

Temperatura ambiente: 23 [°C]

Duración del ensayo: 15 [min]

2. Resultados de la prueba

Presión máxima de prueba: 900 [kPa]

Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la inspección final (ANEXO IV) junto con su descripción y fotos: El colector presenta pérdida de presión superior al 5% de la presión máxima de prueba. Presenta deformaciones e hinchazón en los canales de fluido por lo tanto obtiene la calificación 2- Falla Crítica.

Otras observaciones y comentarios: Sin observaciones ni comentarios.

Resultado del ensayo: NO PASA EL ENSAYO DE PRESIÓN INTERNA PARA CANALES DE FLUIDO.

Firma de responsabilidad: Medina Ramos, Reascos Robinson.

Comienzo del ensayo: 9am.

Fin del ensayo: 9:15am.]

Instituto a cargo del ensayo: SCINERGY.

Fecha: junio 2022

Figura 36. Resultados registrados en el ensayo de presión interna para canales de fluido no poliméricos (Fuente: Propia).

3.1.3 Resultado del ensayo de resistencia al impacto con esferas de acero.

Para asegurar el buen funcionamiento de los equipos durante la realización del ensayo de resistencia al impacto, se ejecuta todo el proceso descrito en el apartado 1.4.7 (página 12) siguiendo los pasos definidos por la norma. Para este ensayo se emplea la estructura del banco de pruebas, la extensión telescópica, un electroimán de 3 [kg] de capacidad, una esfera de acero y un colector solar de prueba.

El colector solar ensayado cuenta con marcaciones en sus esquinas visibles de 75 [mm] de radio como se muestra en la **Figura 37**. Esta montado sobre la estructura de manera horizontal como se indica en la **Figura 38**. La esfera tiene una masa de 150 [g].

Se comienza el ensayo con la primera serie de impactos a una altura de 0,4 [m]. Cada serie consta de un impacto de igual altura en cada esquina. Se aumenta la altura a 0,6 [m], 0,8 [m], 1,2 [m], 1,4 [m], 1,6 [m], 1,8 [m] progresivamente hasta una altura de 2 [m].

El ensayo finaliza cuando el vidrio falla, luego se registra la información recaudada mediante inspección visual y se llena el reporte propio del ensayo descrito en el ANEXO III y la inspección final ANEXO IV, La Figura 39 muestra el colector ensayado y las anomalías registradas.

El colector falla a una altura de 0,8[m] por lo que recibe una calificación 2 - *Falla severa* en concordancia con los criterios descritos en el apartado 1.4.8 (página 13). Esta información se registra en los formatos como se muestra en la Figura 40.



Figura 37. Área de impacto en el colector ensayado (Fuente: Propia).



Figura 38. Montaje del colector sobre la estructura para el ensayo de impacto (Fuente: Propia).

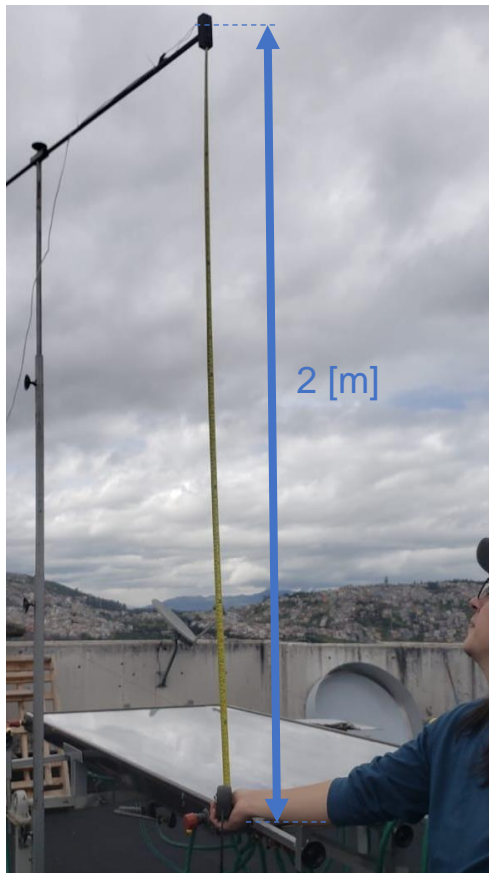


Figura 39. Colector solar ensayado a altura máxima (Fuente: Propia).

1. Condiciones de ensayo:

Dirección de impacto:

Vertical: SI

Diámetro de bola: 30 [mm]

Masa de la esfera: 150 [g]

Lista de todos los puntos de impacto (descripción si es posible ilustrada con fotos): Esquina superior derecha.

2. Resultado del ensayo:

Altura máxima de caída (precisión de 1 dígito) sin daños: 0,6 [m]

Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la inspección final (ANEXO IV) junto con su descripción y fotos: Presenta falla por lo tanto obtiene la calificación 2- Falla Crítica.

Otras observaciones y comentarios: Sin observaciones ni comentarios.

Resultado del ensayo: NO PASA EL ENSAYO DE RESISTENCIA AL IMPACTO

Firma de responsabilidad: Medina Ramos, Reascos Robinson.

Comienzo del ensayo: 9am.

Fin del ensayo: 10am.

Instituto a cargo del ensayo: SCINERGY.

Fecha: junio 2022

Figura 40. Resultados registrados en el ensayo de resistencia al impacto (Fuente: Propia)

3.1.4 Inspección Final

La inspección final es considerada como el ensayo final dentro de la norma 9806. Su objetivo es evaluar el estado de los componentes del colector luego de realizar la secuencia de ensayos completa. En este apartado se muestra el registro del formato del ANEXO IV.

Reporte de 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.	1
b) Montaje / estructura	Fuerza / seguridad / alabeo / fatiga / etc.	0
c) Sellos / juntas	Agrietamiento / pérdida de adherencia / elasticidad / fragilidad / etc.	1
d) Cubierta	Agrietamiento / rotura / fisuración / pandeo / delaminación / perforación / alabeo y deformación permanente / desgasificación / etc.	1
e) Absorbedor en conjunto	Deformación / corrosión / pandeo / etc.	2
f) Recubrimiento absorbedor	Agrietamiento / fisuración / ampollas / decoloración / descamación / etc.	2
g) Tubos del absorbedor y colector	Deformación / agrietamiento / fisuración / ampollas / decoloración / pandeo / pelado / descamación / pérdida de unión / etc.	2
h) Montaje del absorbedor	Deformación permanente / corrosión / ruptura / etc.	1
i) Aislamiento	Retención de agua / desgasificación / hinchazón / degradación / quemaduras / chamuscado / cualquier otro cambio perjudicial que podría afectar negativamente el rendimiento del colector / incrustaciones / etc.	1
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.	1
k) Retención de agua en cualquier parte del colector	Excesiva retención de agua en cualquier parte del colector en el colector.	2
l) Otros componentes	Cualquier otra anomalía que resulte en una reducción del rendimiento térmico o tiempo de vida útil.	*

3.1.5 Manual de usuario

El manual de usuario explica el funcionamiento del sistema computacional desarrollado en la plataforma LABVIEW, permite al usuario conocer a detalle las actividades que deben desarrollarse para la ejecución de los programas y los pasos requeridos en la instalación de los sensores. Debido a su extensión se presenta el manual completo en el ANEXO XIII.

3.2 Conclusiones

Los objetivos guías de este trabajo fueron tres. El primero, poner en marcha un banco de pruebas para colectores solares de placa plana que permita evaluar su desempeño estructural y térmico bajo la norma ISO 9806. El segundo, crear un protocolo de ensayos que describa el proceso a seguir para la homologación de colectores de placa plana en concordancia con la norma. El tercero, implementar un sistema computacional de lectura y registro de temperaturas, radiación global y flujo volumétrico obtenidos en los ensayos. Estos objetivos se cumplieron satisfactoriamente al aplicar una metodología cuantitativa experimental de 6 pasos. Al final de este trabajo, el banco de pruebas puede ser utilizado para ensayar colectores solares de placa plana siguiendo la secuencia del protocolo creado y empleando los datos registrados por dos programas computacionales desarrollados en el entorno de LABVIEW.

Se efectuó la revisión bibliográfica de la normativa vigente que permita evaluar el desempeño de colectores solares de placa plana. Es así como se decide aplicar la normativa ISO 9806:2017 en el desarrollo de este trabajo debido a su designación como estándar global desde 2011.

Previo al estudio del sistema de adquisición de datos, se verificó el correcto funcionamiento del banco de pruebas puesto que se cuenta con la estructura del banco de pruebas, el sistema hidráulico del mismo y un análisis de costos para el sistema de recolección de datos del trabajo previo presentado en el año 2017.

Para la selección de sensores se consideran 3 aspectos fundamentales que son: requisitos mínimos descritos en la norma, compatibilidad entre los sensores y disponibilidad de los equipos dentro del grupo de investigación. Se seleccionan 2 PT100 modelo TMR31, una termocupla tipo J, 1 sensor de flujo FPR200, Chasis CDAQ, módulos NI-9213 y NI-9219.

El montaje de los sensores en la estructura del banco de pruebas se realizó respetando las distancias obligatorias descritas en la normativa y las recomendaciones puntualizadas en las hojas técnicas emitidas por las casas comerciales de cada sensor.

Se cumplió con el objetivo propuesto de diseñar una interfaz gráfica que permita al usuario visualizar datos en tiempo real, para luego almacenarlos en archivos de texto y usarlos para obtener la curva de rendimiento térmico de un colector de placa plana. Esto fue posible, mediante la programación en bloques del entorno LABVIEW.

Finalmente, se presentó los formatos de reporte para cada ensayo junto con un manual de usuario que detalla la correcta conexión de los sensores y el manejo de los 2 programas.

3.3 Recomendaciones

La norma ISO 9806: 2017 estipula que los ensayos requeridos para la certificación de colectores solares de placa plana son 14; por lo tanto, se recomienda expandir el alcance de este documento abarcando el desarrollo de todas las pruebas descritas en la Tabla 1 siguiendo la secuencia establecida.

Es recomendable utilizar 2 colectores solares de placa plana pertenecientes al mismo lote de fabricación, con características idénticas y preferentemente nuevos con el fin de realizar los ensayos estructurales en uno de ellos y los ensayos térmicos en el otro.

Para el desarrollo del ensayo de penetración de lluvia, es necesario la adecuación de una toma de agua en el lugar de operación del banco de pruebas que garantice el flujo continuo en el transcurso de las 4 horas de rociado.

El banco de pruebas opera con un tanque hidroneumático de 30 litro, por lo que durante el ensayo de penetración de lluvia se debe alimentar dicho tanque continuamente para garantizar el flujo de agua. Se recomienda implementar una estructura captadora de agua que permita recircular el líquido hacia el tanque para que el sistema trabaje de manera autónoma.

En el ensayo de presión interna para canales de fluido se requiere elevar la presión del colector hasta valores que podrían ser peligrosos para la integridad de los operarios del banco de pruebas; por lo tanto, es recomendable colocar una barrera protectora entre el operario y el colector ensayado lo suficientemente fuerte para detener impactos en caso de estallido del absorbedor.

La adquisición de una fuente de presión neumática que trabaje de manera autónoma se recomienda para la ejecución del ensayo de presión interna para canales de fluido.

Para alcanzar las diferentes alturas requeridas durante el ensayo de impacto, se sugiere implementar un aditamento a la extensión telescópica que mantenga fija la altura para cualquier punto del colector solar sin necesidad de ajustar toda la estructura.

Se aconseja incrementar la información contenida en el manual de usuario abarcando todos los ensayos que la norma exige. Además, se sugiere que el manual contenga ayudas audio visuales de corta duración semejantes a un video tutorial.

Finalmente, se propone al público interesado en la homologación de colectores solares a continuar con el desarrollo del proyecto implementando mejoras en cada aspecto que crea conveniente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] P. Rufes Martínez, *Energía Solar Térmica: Técnicas para su aprovechamiento*, vol. IV, Barcelona: Marcombo, 2010.
- [2] J. C. Schallenberg Rodríguez, G. Piernavieja Izquierdo y C. Hernández Rodríguez, *Energías renovables y eficiencia energética*, Canarias: Insituto Tecnológico de Canarias, S.A., 2008.
- [3] J. Calle, J. Fajardo y L. Sánchez, *Agua caliente sanitaria de uso doméstico con energía solar, una alternativa para la ciudad de Cuenca*, Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2010.
- [4] W. A. Carrera Villamar y M. A. Santamaria Vinueza, *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*, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2017.
- [5] O. García Valladares y I. Pilatowsky Figueroa, *Aplicaciones térmicas de la energía solar en los sectores residencial, servicios e industrial*, Ciudad de México: Instituto de Energías Renovables, UNAM, 2017.
- [6] Organismo Internacional de Normalización ISO, *Energía Solar-Colectores Térmicos Solares- Métodos de Prueba. (ISO 9806:2017E)*, 2017.
- [7] C. Navntoft y M. Paz Cristófaló, *Introducción a la energía solar térmica*, Buenos Aires: Secretaria de Bobierno de Energía Argentina, 2019.
- [8] Instituto Tecnológico de Canarias, *Guía didáctica de Energía Solar Captadores Solares Térmicos*, Canarias: Gobierno de Canarias, 2007.
- [9] C. Gómez del Rey, «El Rincón de la Ciencia,» julio 2008. [En línea]. Available: <http://rincondelaciencia.educa.madrid.org/Curiosid2/rc-109/rc-109.html>. [Último acceso: junio 2022].
- [10] M. Á. Lozano Serrano, *Colectores Solares Térmicos*, Zaragoza: Universidad de Zaragoza, 2019.
- [11] Vaillant, «Colector de placa plana,» febrero 2022. [En línea]. Available: <https://www.vaillant.es/usuarios/servicios/glosario/colector-de-placa->

4. ANEXOS

4.1 ANEXO I: Reporte para el 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 aspersión:

Duración del rociado de agua: [h]

2. Resultado del ensayo:

Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la inspección final (ANEXO IV) junto con su descripción y fotos:

.....

.....

.....

Otras observaciones y comentarios:

.....

.....

Resultado del ensayo:

.....

.....

.....

Firma de responsabilidad:

Comienzo del ensayo:

Fin del ensayo:

Instituto a cargo del ensayo:

Fecha:

4.2 ANEXO II: Reporte para el ensayo de presión interna para canales de fluido

1. Condiciones de ensayo

Método de prueba:

Fluido de prueba:

Temperatura ambiente: [°C]

Duración del ensayo: [min]

2. Resultados de la prueba

Presión máxima de prueba: [kPa]

Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la inspección final (ANEXO IV) junto con su descripción y fotos:

.....

.....

Otras observaciones y comentarios:

.....

.....

.....

Resultado del ensayo:

.....

.....

.....

Firma de responsabilidad:

Comienzo del ensayo:

Fin del ensayo:

Instituto a cargo del ensayo:

Fecha:

4.3 ANEXO III: Reporte para el ensayo de resistencia al impacto utilizando bolas de acero

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):

.....
.....

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:

.....

Otras observaciones y comentarios:

.....

Resultado del ensayo:

.....

.....

Firma de responsabilidad:

Comienzo del ensayo:

Fin del ensayo:

Instituto a cargo del ensayo:

Fecha:

4.4 ANEXO IV: Reporte de 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
m) Carcasa del colector / fijadores	Agrietamiento / alabeo / corrosión / penetración de lluvia / deformación permanente / acumulación de humedad / etc.	
n) Montaje / estructura	Fuerza / seguridad / alabeo / fatiga / etc.	
o) Sellos / juntas	Agrietamiento / pérdida de adherencia / elasticidad / fragilidad / etc.	
p) Cubierta	Agrietamiento / rotura / fisuración / pandeo / delaminación / perforación / alabeo y deformación permanente / desgasificación / etc.	
q) Absorbedor en conjunto	Deformación / corrosión / pandeo / etc.	
r) Recubrimiento absorbedor	Agrietamiento / fisuración / ampollas / decoloración / descamación / etc.	
s) Tubos del absorbedor y colector	Deformación / agrietamiento / fisuración / ampollas / decoloración / pandeo / pelado / descamación / pérdida de unión / etc.	
t) Montaje del absorbedor	Deformación permanente / corrosión / ruptura / etc.	
u) Aislamiento	Retención de agua / desgasificación / hinchazón / degradación / quemaduras / chamuscado / cualquier otro cambio perjudicial que podría afectar negativamente el rendimiento del colector / incrustaciones / etc.	
v) 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.	
w) Retención de agua en cualquier parte del colector	Excesiva retención de agua en cualquier parte del colector en el colector.	
x) Otros componentes	Cualquier otra anomalía que resulte en una reducción del rendimiento térmico o tiempo de vida útil.	

4.5 ANEXO V: Descripción inicial del colector

1. Información general sobre el colector solar

Nombre del Fabricante:

Nombre Comercial: No de serie:

Tipo de captador: No de plano:

Montaje del colector:

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

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.

2. 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:

Tasa de flujo mínima, recomendada y máxima: [kg/h]

Otras limitaciones:

Dimensiones e información general

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

Largo [mm]

Ancho [mm]

Alto [mm]

Área neta, A_G (definida en 21.8 "Dimensiones colector", con 2 dígitos de precisión):
..... [m²]

Área de apertura, A_{AP} (definida en ISO 9488, con 2 dígitos de precisión):
..... [m²]

Área del absorbedor, A_{ABS} (definida en ISO 9488, con 2 dígitos de precisión):
..... [m²]

Peso en vacío: [kg]

Contenido de fluido: [l]

3. Marco, envoltorio, carcasa

Material(es) del envoltorio lateral:

Material(es) del envoltorio trasero:.....

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

Absorbedor

Material(es):.....

Número de elementos absorbentes (aletas, tubos, etc.):

Longitud del elemento absorbente: Longitud [mm]

Ancho [mm]

Longitud total del absorbedor, ancho total:

Longitud [mm]

Ancho [mm]

Espesor del absorbente (con precisión de 1 dígito): [mm]

Absorción solar, α : [%]

Emitancia hemisférica, ϵ : [%]

Recubrimiento absorbente (tipo y marca):

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

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:

Material de las uniones:

Longitud de las uniones:

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

Tipo y/o tamaño del conector hidráulico del colector:

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.):

.....

Aislamiento

Material:

Espesor: [mm]

Conductividad térmica: [W/m²K]

4. Otra información

Fotografías del colector:

.....

.....

.....

Comentarios del diseño del colector:

.....

.....

Diagrama esquemático del montaje del colector:.....

.....

.....

.....

5. Registro de la secuencia de ensayos y resumen de los principales resultados

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

4.6 ANEXO VI: Ficha técnica sensor PT100-TMR31

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)
frecuencia			
Señal de salida	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estándar: Pt100, Clase A, a 4 hilos ▪ Opcional: de 4 a 20 mA o de 20 a 4 mA 		
Señal de alarma	Señal de alarma según NAMUR NE43 <ul style="list-style-type: none"> ▪ Por debajo del rango: Caída lineal hasta 3,8 mA ▪ Por encima del rango: Subida lineal hasta 20,5 mA ▪ Rotura del sensor; cortocircuito sensor: ≤ 3,6 mA o ≥ 21,0 mA (en los parámetros de configuración ≥ 21,0, se garantiza la salida 21,5 mA) 		
Carga máxima	$(V_{\text{fuente de alimentación}} - 10 \text{ V}) / 0,023 \text{ A}$ (salida de corriente)		
Consumo mín. de corriente	≤ 3,5 mA		
Corriente máxima	≤ 23 mA		
Activación integración	2 s		
Tensión de alimentación	$U_b =$ de 10 a 35 V CC		

Características de funcionamiento

Tiempo respuesta	≤ 3 s con transmisor
Condiciones de proceso de referencia	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperatura adecuada (baño de hielo) 0 °C (32 °F) para sensor Pt100 ▪ Temperatura ambiente 25 °C ± 5 °C (77 °F ± 9 °F) para transmisor
Error medido máximo	Electrónica 0,1 K (0,18 °F) o 0,08 %. El % es respecto al span configurado. El valor mayor es aplicable. Sensor (Pt100) para versión sin transmisor <ul style="list-style-type: none"> ▪ Clase de tolerancia A según IEC 60751, rango de temperatura de funcionamiento de -50 a 200 °C (de -58 a 392 °F) con cuello ▪ Error medido máximo en °C = $\pm 0,15 + 0,002 \cdot T$ T = Valor numérico de la temperatura en °C sin tener en cuenta el signo inicial. Desviación total de la electrónica + sensor <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rango de temperatura de operación: de -50 a 150 °C (de -58 a 302 °F) sin cuello de -50 a 200 °C (de -58 a 392 °F) con cuello ▪ $0,25 \text{ K} + 0,002 \cdot T$
Estabilidad de la electrónica a largo plazo	≤ 0,1 K (0,18 °F)/año o ≤ 0,05 %/año Datos bajo condiciones de referencia. El % es respecto al span configurado. El valor mayor es aplicable.
Influencia de la temperatura ambiente (deriva por variación de temperatura)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Termorresistencia Pt100: $T_d = \pm(15 \text{ ppm/K} * (\text{valor de fondo de escala del rango de medición} + 200) + 50 \text{ ppm/K} * \text{set rango de medición}) * \Delta T$ $\Delta T =$ desviación de la temperatura ambiente con respecto a la temperatura de trabajo de referencia.

Influencia de la carga	$\pm 0,02\%/100 \Omega$ Las especificaciones hacen referencia al valor de fondo de escala del rango de medición.				
Tiempo de respuesta del transmisor	1 s				
Tiempos de respuesta del sensor	Medido según IEC 60751, en agua fluyendo a 0,4 m/s (1,3 ft/s)				
	<table border="1"> <tr> <td>t_{50}</td> <td>t_{90}</td> </tr> <tr> <td>< 1,0 s</td> <td>< 2,0 s</td> </tr> </table>	t_{50}	t_{90}	< 1,0 s	< 2,0 s
t_{50}	t_{90}				
< 1,0 s	< 2,0 s				
Influencia de la tensión de alimentación	$\leq \pm 0,01 \%/V$ de desviación respecto a 24 V Las especificaciones porcentuales hacen referencia al valor de fondo de escala del rango de medición.				
Autocalentamiento	Insignificante pequeño				
Corriente del sensor	$\leq 0,6$ mA				

Condiciones de instalación

Orientación	Sin restricciones. Sin embargo, se debe garantizar el autodrenaje en el proceso. Si hay una abertura para detectar fallos en la conexión a proceso, esta abertura debe estar en el punto más bajo posible.
Instrucciones de instalación	<p>Lugar de instalación</p> <p>La longitud de inserción de la sonda compacta de temperatura puede influir mucho en la precisión. Si la longitud de inserción no es suficiente, la disipación del calor mediante las conexiones a proceso y la pared del container pueden causar errores de medición. Para minimizar los errores causados por la disipación del calor, se recomienda una longitud de inserción mínima de $L_{\min} = 40$ mm (1,6 pulgadas).</p>

Ciclos productivos

Límites de temperatura de proceso	<p>La electrónica del TMR31 y el TMR35 debe protegerse de temperaturas por encima de los 85 °C (185 °F) con un cuello de la longitud adecuada. Las sondas compactas de temperatura TMR31 y TMR35 sin electrónica (Pt100, a 4 hilos) no requieren cuello.</p> <ul style="list-style-type: none"> de -50 a 150 °C (de -58 a 302 °F) sin cuello de -50 a 200 °C (de -58 a 392 °F) con cuello -50 a 200 °C (-58 a 392 °F) sin electrónica <p>Restricciones que dependen de la conexión a proceso y la temperatura ambiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Para instalación con longitud de inserción ajustable (conexión soldada, con separador cónico, núm. de producto 51004751; conexión soldada de collar núm. de producto 51004752; racor de compresión con separador cónico, núm. de pedido 51004753) proporcione un cuello con la longitud apropiada. Para TMR31 con conexión a proceso:
--	--

Temperatura ambiente máx.	Temperatura máx. de proceso	
	Sin cuello	Con cuello de 35 mm (1,38 pulgadas)
Hasta 25 °C (77 °F)	150 °C (302 °F)	200 °C (392 °F)
Hasta 40 °C (104 °F)	135 °C (275 °F)	180 °C (356 °F)
Hasta 60 °C (140 °F)	120 °C (248 °F)	160 °C (320 °F)
Hasta 85 °C (185 °F)	100 °C (212 °F)	133 °C (271 °F)

Certificados y homologaciones

Marcado CE	El sistema de medición cumple con los requisitos legales de las directrices CE aplicables. Estos están incluidos en la correspondiente Declaración de Conformidad CE junto con las normas estándares aplicadas. Endress+Hauser confirma que el equipo ha pasado las correspondientes verificaciones adhiriendo al mismo la marca CE.
Normativa sanitaria	<p>Certificación EHEDG TIPO EL CLASE I. Conexiones a proceso admisibles conforme a EHEDG, véase la sección "Conexiones de proceso" → 11</p> <ul style="list-style-type: none"> Aprobación 3-A n.º 1144, norma sanitaria 3-A. Conexiones a proceso admisibles conforme a 3-A, véase la sección "Conexiones a proceso" Conexiones a proceso con marcación 3-A → 11 Las superficies en contacto con el producto cumplen con las normas FDA. Para las cubiertas no hay conformidad según FDA del PCM antes

4.7 ANEXO VII: Ficha técnica termocupla tipo J

Cable para termopar tipo "J", especificaciones técnicas

El termopar tipo J puede ser utilizado en atmósferas de vacío, reducción e inertes. Se recomienda un calibre robusto (igual o mayor a 20) para prolongar la vida útil del cable sobre 500°C debido a que el elemento de hierro tiene alta oxidación a dichas temperaturas.

Máximo rango de temperatura¹

Grado Termopar: 0 a 750°C

Grado extensión: 0 a 200°C

Límite de error

Estándar: 2.2°C o 0.75%

Especial: 1.1°C o 0.4%

Características ambientales de operación

Reducción, vacío, inerte, uso limitado en oxidación a altas temperaturas, no recomendado para bajas temperaturas

Compensación de punta fría a 0°C

Material

Composición Hierro- Cobre---Níquel (Constantan)

Elemento positivo: Hierro

Elemento negativo: Cobre---Níquel (Constantan)

Magnéticamente sensible: Hierro

Designación de colores

Elemento positivo: Blanco

Elemento negativo: Rojo

Tabla de correlación Temperatura Vs. mV

Referencia: N.I.S.T.

Termopar tipo J - Voltaje termoelectrico como función de la temperatura												J°C
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
	Voltaje termoelectrico en Milivolts											
0	0.000	0.050	0.101	0.151	0.202	0.253	0.303	0.354	0.405	0.456	0.507	0
10	0.507	0.558	0.609	0.660	0.711	0.762	0.814	0.865	0.916	0.968	1.019	10
20	1.019	1.071	1.122	1.174	1.226	1.277	1.329	1.381	1.433	1.485	1.537	20
30	1.537	1.589	1.641	1.693	1.745	1.797	1.849	1.902	1.954	2.006	2.059	30
40	2.059	2.111	2.164	2.216	2.269	2.322	2.374	2.427	2.480	2.532	2.585	40
50	2.585	2.638	2.691	2.744	2.797	2.850	2.903	2.956	3.009	3.062	3.116	50
60	3.116	3.169	3.222	3.275	3.329	3.382	3.436	3.489	3.543	3.596	3.650	60
70	3.650	3.703	3.757	3.810	3.864	3.918	3.971	4.025	4.079	4.133	4.187	70
80	4.187	4.240	4.294	4.348	4.402	4.456	4.510	4.564	4.618	4.672	4.726	80
90	4.726	4.781	4.835	4.889	4.943	4.997	5.052	5.106	5.160	5.215	5.269	90
100	5.269	5.323	5.378	5.432	5.487	5.541	5.595	5.650	5.705	5.759	5.814	100
110	5.814	5.868	5.923	5.977	6.032	6.087	6.141	6.196	6.251	6.306	6.360	110
120	6.360	6.415	6.470	6.525	6.579	6.634	6.689	6.744	6.799	6.854	6.909	120
130	6.909	6.964	7.019	7.074	7.129	7.184	7.239	7.294	7.349	7.404	7.459	130
140	7.459	7.514	7.569	7.624	7.679	7.734	7.789	7.844	7.900	7.955	8.010	140
150	8.010	8.065	8.120	8.175	8.231	8.286	8.341	8.396	8.452	8.507	8.562	150
160	8.562	8.618	8.673	8.728	8.783	8.839	8.894	8.949	9.005	9.060	9.115	160
170	9.115	9.171	9.226	9.282	9.337	9.392	9.448	9.503	9.559	9.614	9.669	170
180	9.669	9.725	9.780	9.836	9.891	9.947	10.002	10.057	10.113	10.168	10.224	180
190	10.224	10.279	10.335	10.390	10.446	10.501	10.557	10.612	10.668	10.723	10.779	190

4.8 ANEXO VIII: Ficha técnica del medidor de caudal Omega

Mechanical Specifications

FLOW SENSOR WITH STAINLESS STEEL BODY

Maximum pressure: 200 PSI clear cover, 500 PSI SS cover

Maximum temperature: 225°F

Measuring range*

1/2" NPT Ported: 0.5 - 15 GPM

3/4" & 1" NPT Ported: 1.5 - 50 GPM

Wetted materials: 316SS, acetal copolymer, Buna, PEEK and polycarbonate

Non-wetted materials: Epoxy, Lexan® and PVC

Electronic Specifications

ALL VERSIONS WITH 4-20 MA CIRCUIT

Power requirements: 12-35VDC, 20mA

Load driving capacity: Max. Load (Ω) = 50(Power Supply Voltage - 12)

Trans. Distance: limited only by wire resistance & supply voltage

LED: provides power indication

Flow rate accuracy: $\pm 2\%$ of full scale

Repeatability: $\pm 0.5\%$ of scale

Resolution: infinite

Response time: 2 seconds to 90%

Over-current protection: self limiting at 30mA

Fail safe indication: 4 mA

ALL VERSIONS WITH 0-5 VDC CIRCUIT

Power requirements: 12-35VDC, 20 mA

Maximum Current: 30 mA DC

Max. Trans. Distance: <200 feet recommended

Min. Load Resistance: 1000 Ω

Flow rate accuracy: 2% of full scale

Repeatability: 0.5% of scale

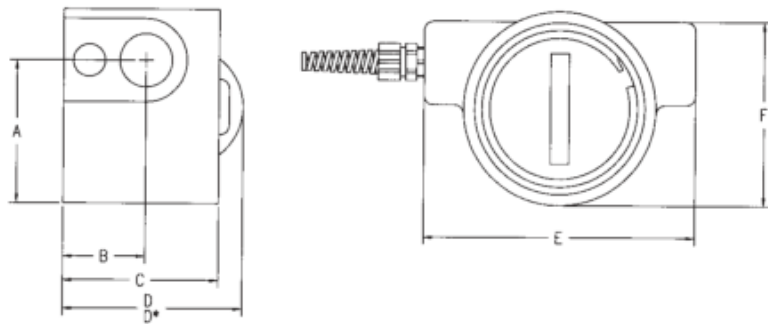
Resolution: infinite

Response time: 2 seconds to 90%

ALL VERSIONS WITH PULSE OUTPUT CIRCUIT

Power requirements:	5-24VDC, 20 mA
Maximum Current:	25 mA DC
Max. Trans. Distance:	<200 feet recommended
Flow rate accuracy:	2% of full scale
Linearity:	0.5% of scale
Resolution:	Infinite
Response time:	< 100 mS

Dimension Drawings



DIM	1/2" NPTF Ports	3/4" & 1" NPTF Ports
A	1.94" (49 mm)	3.06" (78 mm)
B	1.13" (29 mm)	1.33" (34 mm)
C	2.00" (51 mm)	2.46" (62 mm)
D	2.45" (62 mm)	2.78" (71 mm)
D'	2.60" (66 mm)	2.88" (73 mm)
E	3.70" (94 mm)	5.25" (133 mm)
F	2.63" (67 mm)	3.80" (97 mm)
F ²	3.38" (86 mm)	n/a

4.9 ANEXO IX: Chasis NI CDAQ-9188

Specifications

These specifications are for the NI cDAQ-9181/9184/9188/9191 chassis only. These specifications are typical at 25 °C unless otherwise noted. For the C Series I/O module specifications, refer to the documentation for the C Series I/O module you are using.

Analog Input

Input FIFO size	127 samples per slot
Maximum sample rate ¹	Determined by the C Series I/O module(s)
Timing accuracy ²	50 ppm of sample rate
Timing resolution ²	12.5 ns
Number of channels supported	Determined by the C Series I/O module(s)

Analog Output

Numbers of channels supported	
Hardware-timed task	
Onboard regeneration	16
Non-regeneration	Determined by the C Series I/O module(s)
Non-hardware-timed task	Determined by the C Series I/O module(s)

¹ Performance dependent on type of installed C Series I/O module(s) and number of channels in the task.

² Does not include group delay. Refer to C Series I/O module(s) documentation for more information.

Maximum update rate	
Onboard regeneration	1.6 MS/s (multi-channel, aggregate)
Non-regeneration	Determined by the C Series I/O module(s)
Timing accuracy	50 ppm of sample rate
Timing resolution	12.5 ns
Output FIFO size	
Onboard regeneration	8,191 samples shared among channels used
Non-regeneration	127 samples per slot
AO waveform modes	Non-periodic waveform, periodic waveform regeneration mode from onboard memory, periodic waveform regeneration from host buffer including dynamic update

Chassis PFI Characteristics (NI cDAQ-9188)

Maximum input or output frequency1 MHz
 Cable length3 m (10 ft)
 Cable impedance50 Ω
 PFI 0, PFI 1 connectorsBNC
 Power-on stateHigh impedance

Input/output voltage protection

Voltage	Minimum	Maximum
Input	-20 V	25 V
Output	-15 V	20 V

Maximum operating conditions¹

Level	Minimum	Maximum
I _{OL} output low current	—	8 mA
I _{OH} output high current	—	-8 mA

DC input characteristics

Level	Minimum	Maximum
Positive going threshold	1.43 V	2.28 V
Negative going threshold	0.86 V	1.53 V
Hysteresis	0.48 V	0.87 V

Digital Triggers

Source

NI cDAQ-9181/9184/9191Any module PFI terminal
 NI cDAQ-9188Any chassis PFI BNC or
 module PFI terminal

PolaritySoftware-selectable for most
 signals

Analog input functionStart Trigger, Reference Trigger,
 Pause Trigger, Sample Clock,
 Sample Clock Timebase

Analog output functionStart Trigger, Pause Trigger,
 Sample Clock, Sample Clock
 Timebase

Counter/timer functionsGate, Source, HW_Arm, Aux,
 A, B, Z, Up_Down

4.10 ANEXO X: Módulo para termocuplas NI 9213

Safety Voltages

Connect only voltages that are within the following limits:

Channel-to-channel	None
Channel-to-earth ground	
Continuous	250 Vrms, Measurement Category II
Withstand up to 4,000 m	3,000 Vrms, verified by a 5 s dielectric withstand test

NI 9213 Pinout

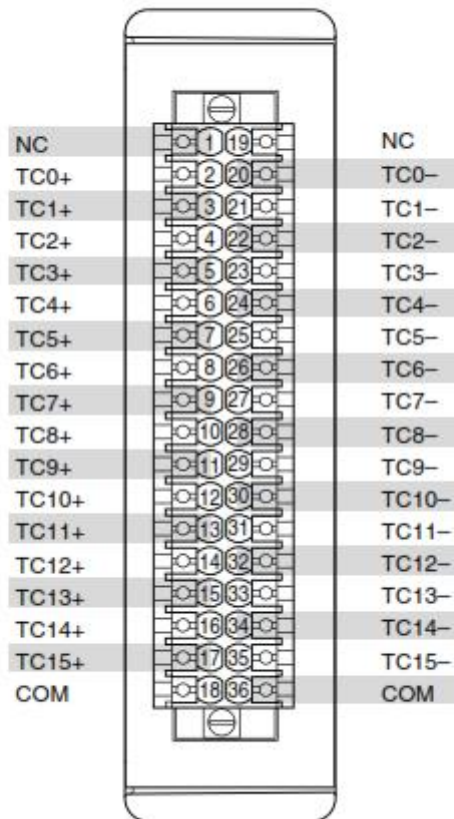
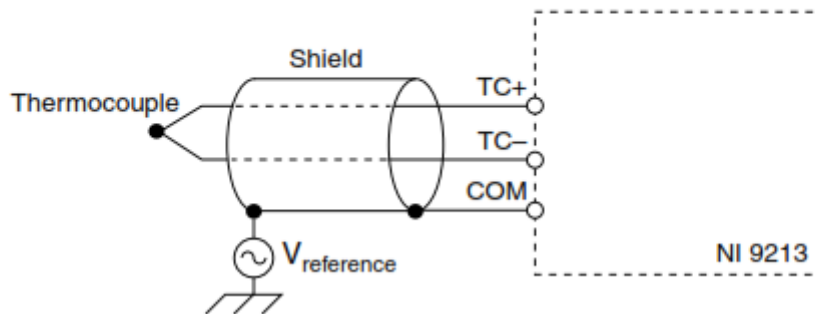


Table 1. Signal Descriptions

Signal	Description
COM	Common reference connection
NC	No connection
TC+	Positive thermocouple connection
TC-	Negative thermocouple connection

Thermocouple Connections



Preparing the Environment

Ensure that the environment in which you are using the NI 9213 meets the following specifications.

Operating temperature -40 °C to 70 °C
(IEC 60068-2-1, IEC 60068-2-2)

Operating humidity 10% RH to 90% RH,
(IEC 60068-2-78) noncondensing

Pollution Degree 2

Maximum altitude 4,000 m

Indoor use only.

4.11 ANEXO XI: Módulo universal NI 9219

NI 9219 Terminal Assignments

The NI 9219 has four 6-terminal spring-terminal connectors that provide connections for four analog input channels.

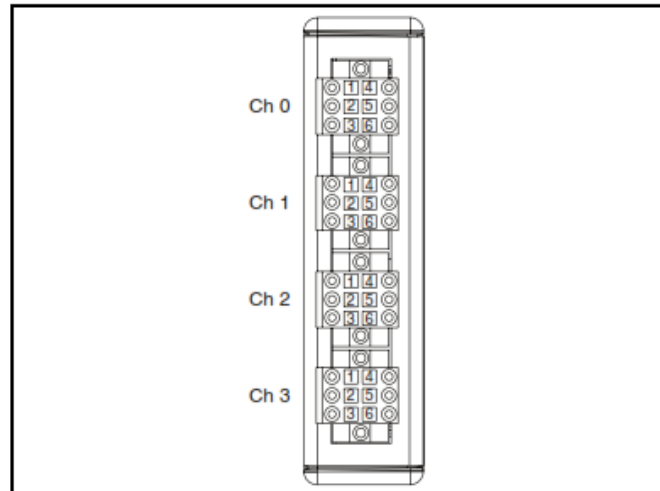


Figure 2. NI 9219 Channel and Terminal Assignments

Table 1. NI 9219 Signal Names

Terminal	Signal Name	Signal Description
1	T+	TEDS Data
2	T-	TEDS COM
3	EX+/HI*	Positive excitation or input signal
4	HI	Positive input signal
5	EX-/LO*	Negative excitation or input signal
6	LO	Negative input signal

* Depending on the mode, terminals 3 and 5 are either the excitation signals or the input signals.

2-Wire Resistance and Quarter-Bridge Modes

In 2-Wire Resistance and Quarter-Bridge modes, the NI 9219 sources a current, which varies based on the resistance of the load, between the HI and LO terminals. The NI 9219 computes measured resistance from the resulting voltage reading.

2-Wire Resistance and Quarter-Bridge modes do not compensate for lead wire resistance.

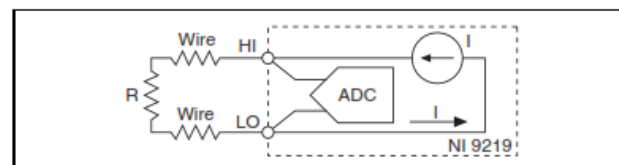


Figure 10. Connections in 2-Wire Resistance and Quarter-Bridge Modes

Table 2. NI 9219 Terminal Assignments by Mode

Mode	Terminal					
	1	2	3	4	5	6
Voltage	T+	T-	—	HI	LO	—
Current	T+	T-	HI	—	LO	—
4-Wire Resistance	T+	T-	EX+	HI	EX-	LO
2-Wire Resistance	T+	T-	HI	—	LO	—
Thermocouple	T+	T-	—	HI	LO	—
4-Wire RTD	T+	T-	EX+	HI	EX-	LO
3-Wire RTD	T+	T-	EX+	—	EX-	LO
Quarter-Bridge	T+	T-	HI	—	LO	—
Half-Bridge	T+	T-	EX+	HI	EX-	—
Full-Bridge	T+	T-	EX+	HI	EX-	LO
Digital In	T+	T-	—	HI	LO	—
Open Contact	T+	T-	HI	—	LO	—

Specifications

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

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 II (Interface)

Mode input ranges

Mode	Nominal Range(s)	Actual Range(s)
Voltage	± 60 V, ± 15 V, ± 4 V, ± 1 V, ± 125 mV	± 60 V, ± 15 V, ± 4 V, ± 1 V, ± 125 mV
Current	± 25 mA	± 25 mA
4-Wire and 2-Wire Resistance	10 k Ω , 1 k Ω	10.5 k Ω , 1.05 k Ω
Thermocouple	± 125 mV	± 125 mV
4-Wire and 3-Wire RTD	Pt 1000, Pt 100	5.05 k Ω , 505 Ω
Quarter-Bridge	350 Ω , 120 Ω	390 Ω , 150 Ω
Half-Bridge	± 500 mV/V	± 500 mV/V
Full-Bridge	± 62.5 mV/V, ± 7.8 mV/V	± 62.5 mV/V, ± 7.8125 mV/V
Digital In	—	0–60 V
Open Contact	—	1.05 k Ω

4.12 ANEXO XII: Ficha técnica Colector Climasol 2.00 de la empresa Solar Systems Manufacturer

DIMENSIONES Y DATOS TÉCNICOS DE LOS COLECTORES SOLARES

Modelo	Absorbedor	Peso (kg)	Contenido de líquido (L)	Dimensiones (mm)				
				A	B	C	D	E
Climasol 1.75	Cobre con revestimiento selectivo azul	38	1.30	1000	1760	1050	895	1668
Climasol 2.00	Cobre con revestimiento selectivo azul	41	1.36	970	1970	1020	895	1878
Climasol 2.50	Cobre con revestimiento selectivo azul	49	1.64	1175	1970	1235	895	1878
Climasol 2.70	Cobre con revestimiento selectivo azul	55	1.86	1248	2145	1298	895	2053

ESPECIFICACIONES

Absorbedor: tubos de cobre y aletas de cara completa de cobre o aluminio con recubrimiento selectivo o no selectivo.

Prueba de presión: 9 bares

Presión máxima: 6 bares

Aislamiento térmico:

- Parte trasera: lana de roca de (50kg/m³)
- Laterales: lana de vidrio de (30kg/m³)

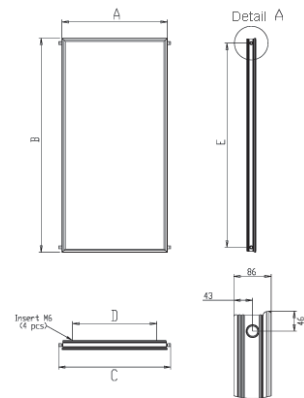
Revestimiento: recubrimiento en polvo de perfil de aluminio, sin tornillos ni remaches.

Vidrio templado: vidrio templado prismático bajo en hierro de 4 mm.

Sellado: caucho EPDM

Conector: unión de compresión de 22x22

Flujo recomendado: 40 L/h/m²



Certificate no.
Certificado nº PSK-001/2021



Name and address of certificate holder: Nome e morada do titular do certificado:	SOLE S. A. Lefktron and Laikon Agonon, Acharnai - 13671, Athens Greece
Product: Produto:	Thermal solar collector Coletor solar térmico
Type references: Referências:	Climasol 200; Climasol 250; Climasol 270
Trademark(s): Marca(s) comercial(is):	EUROSTAR, AQUASOL, OLYMPUS, SUNLIT
Technical characteristics: Características técnicas:	Summary of EN ISO 9806 Test Results: Registration No. PSK-001/2021 (in annex) Resumo dos resultados dos ensaios realizados segundo a norma EN ISO 9806: Registo Nº PSK-001/2021 (em anexo)
This product is in conformity with: Este produto está em conformidade com:	EN 12975-1:2006 + A1:2010, EN ISO 9806:2017
Test report(s) no. / issued by: Relatório(s) de ensaios nº(s) / emitido(s) por:	4290 DG2, 4298 DE3 and / e 4299 DE3 / DEMOKRITOS
Additional information (if any): Informação adicional (se existir):	----
This certificate is valid until: Este certificado é válido até:	2026-01-17
and supersedes certificate no: e substitui o certificado nº:	----
Date of issue: Data de emissão:	2021-01-18


Francisco Barroca
General Manager / Diretor Geral



This Certificate includes one Annex with 2 (two) pages
Este Certificado é constituído por um Anexo com 2 (dois) páginas

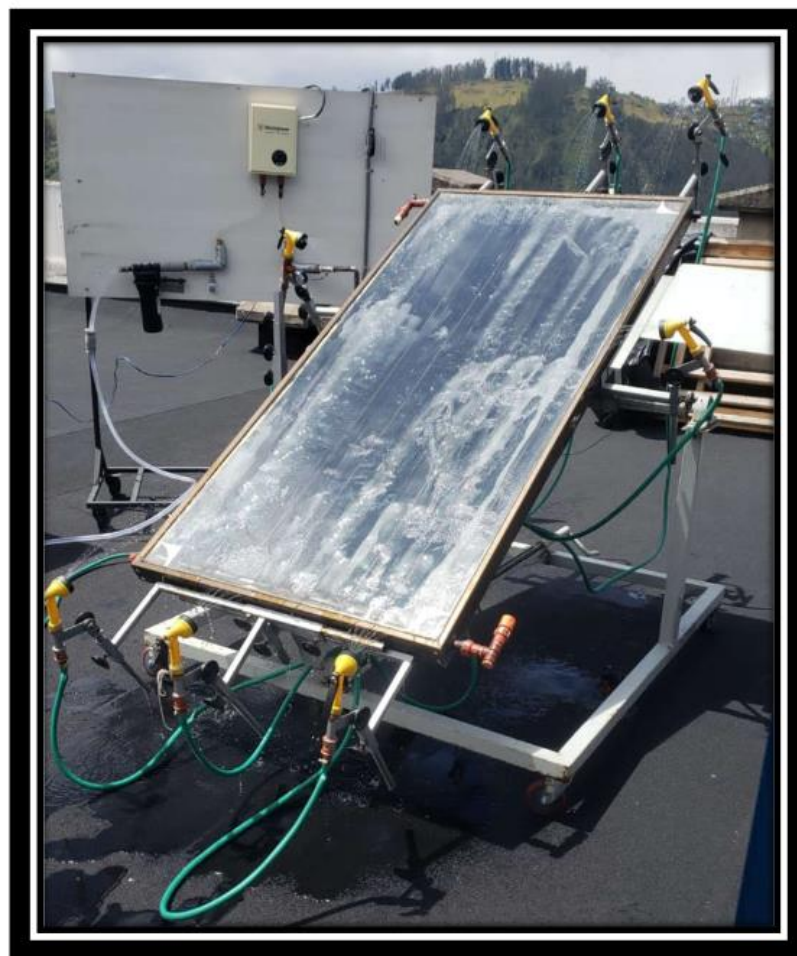
4.13 ANEXO XIII: Manual de usuario



MANUAL DE USUARIO



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



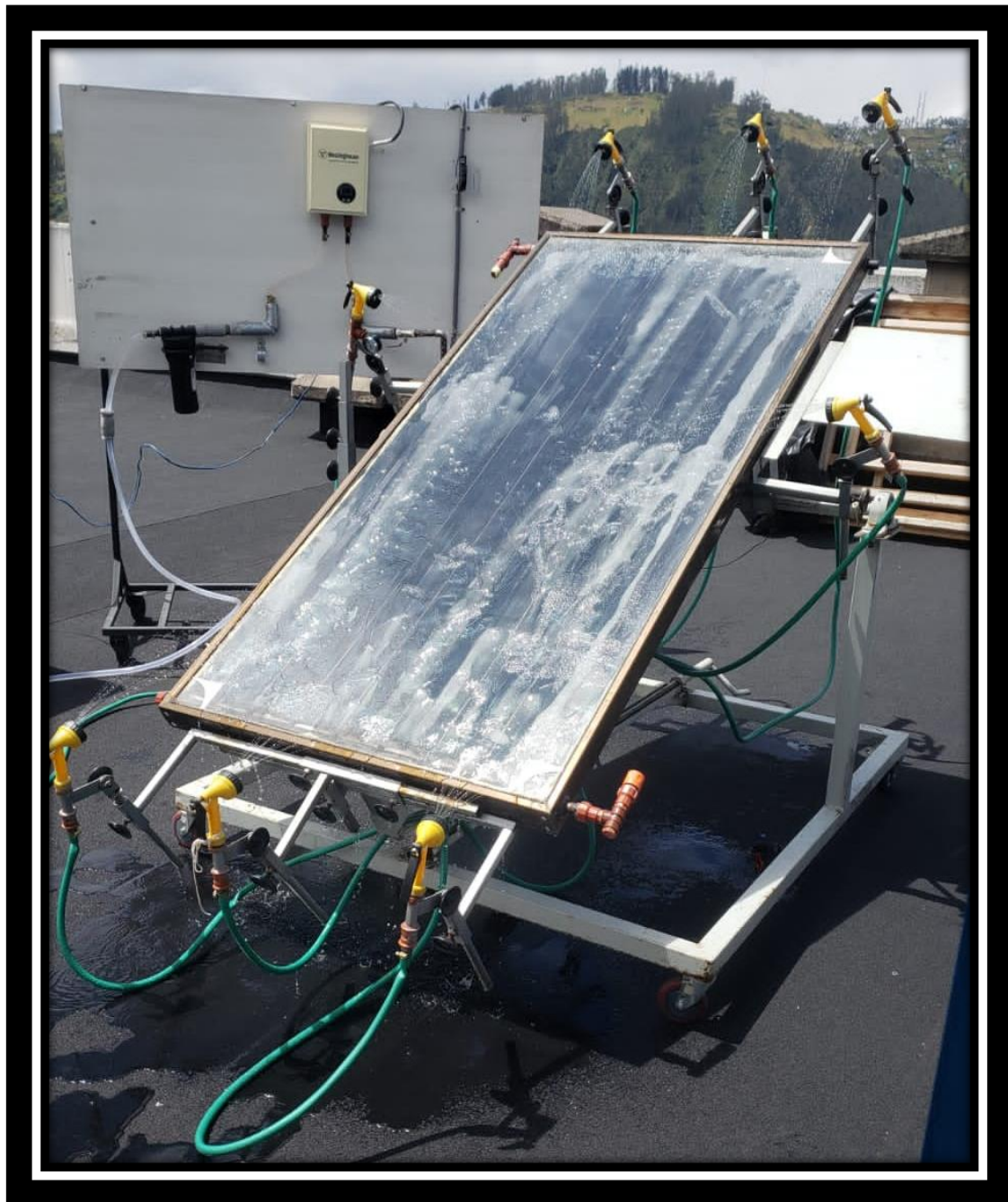
Elaborado por:
MEDINA RAMOS ROSSEL XAVIER
REASCOS YAGLOA ROBINSON FITZGERALD

Directores:
Ing. CARLOS NARANJO MENDOZA, Ph.D.
Ing. FREDDY ORDOÑEZ, Ph.D.

SCINERGY
RESEARCH IN ALTERNATIVE ENERGY

1 de 14

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.

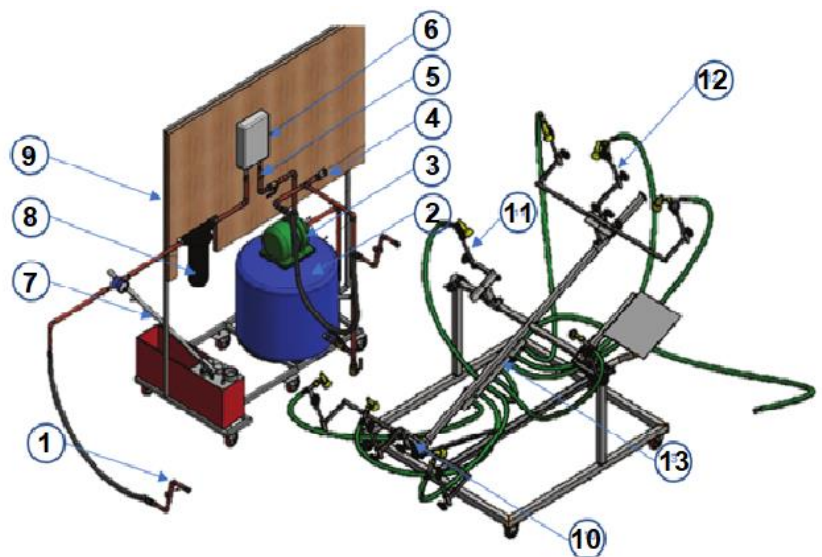
Por el ambiente de trabajo y los riesgos asociados, es obligatorio utilizar los equipos de protección personal descritos en la siguiente tabla:

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 de desplome.	Caída de objetos por desplome. Caída de objetos por manipulación

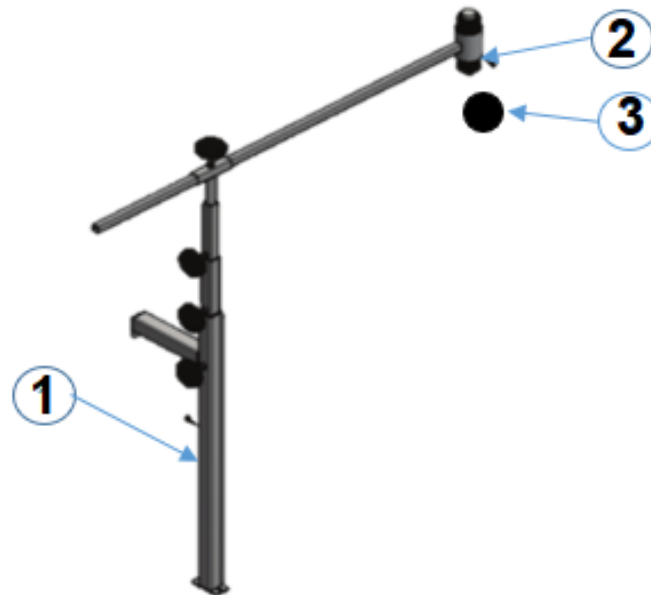
5.3. Banco de pruebas e instrumentos

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

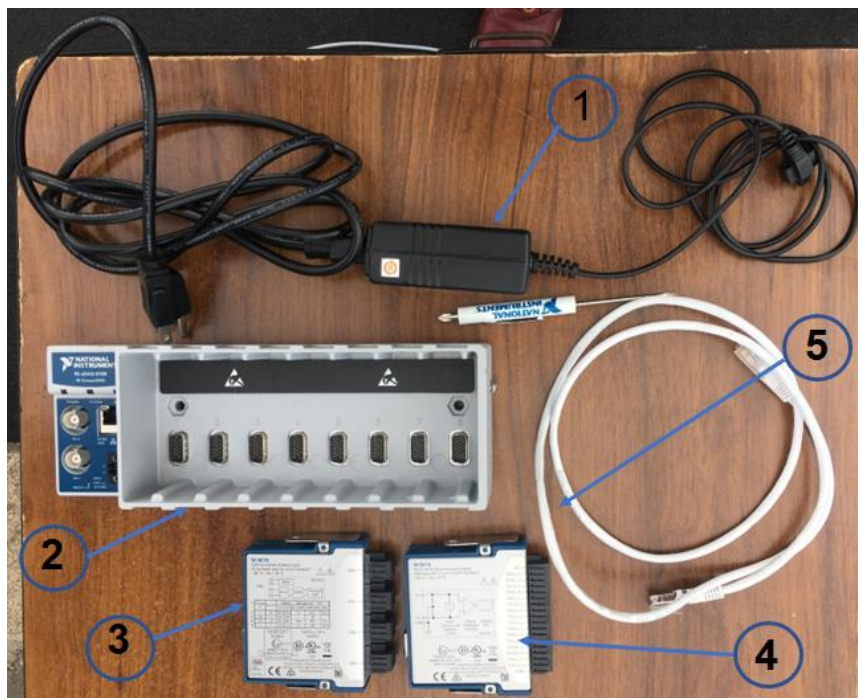


5.3.2. Partes de la estructura desmontable para el ensayo de impacto.



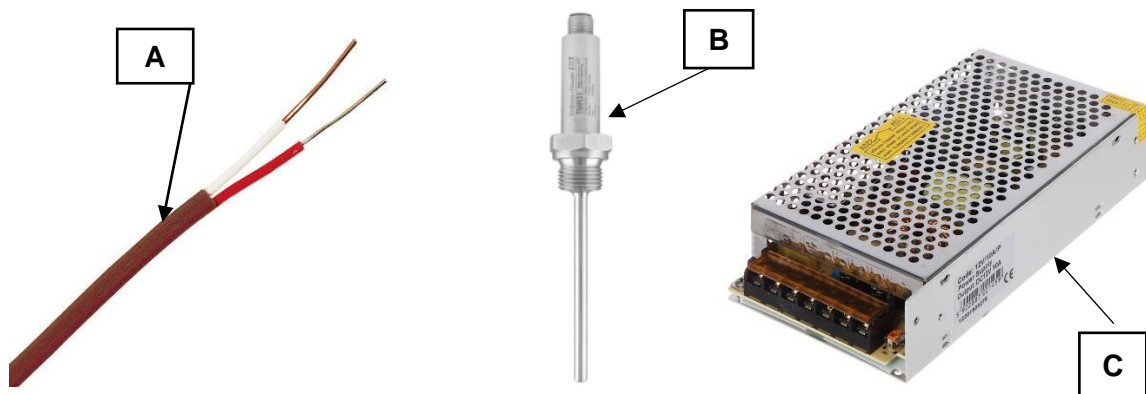
1. Sistema de elevación.
2. Sistema de sujeción y liberación del proyectil.
3. Proyectil tipo esfera

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

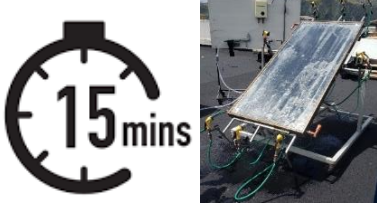








5.4. Ensayos

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.		FRECUENCIA: 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>3. 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>Figura 3.</p>	<p>En el área de trabajo.</p>	 
<p>4. 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 $20^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$.</p>	 <p>Figura 4.</p>	<p>En el banco de pruebas.</p>	 
<p>5. 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>Figura 5.</p>	<p>En el banco de pruebas.</p>	 
<p>6. 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>Figura 6.</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>Figura 7.</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>Figura 8.</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>Figura 9.</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>Figura 10.</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>Figura 11.</p>	<p>En el área de trabajo.</p>	

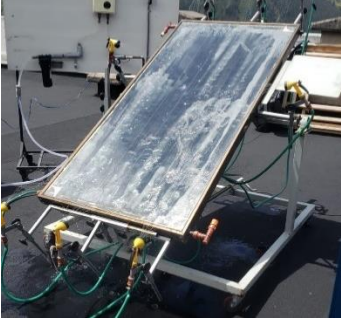




5.4.2. Ensayo de exposición.

¿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.	 Figura 12.	Sobre el banco de pruebas.	 
2. Llenar de agua el colector	Llenar los conductos del colector con agua por un lapso de 15 minutos.	 Figura 13.	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.	 Figura 14.	En el banco de pruebas / colector.	 
4. Sellar entrada y salida del colector.	Sellar herméticamente los tubos de entrada y salida del colector	 Figura 15.	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 ² y una temperatura ambiente mayor o igual a 20°C	 Figura 16.	En el banco de pruebas.	 







<p>6. 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>Detalle cualquier cambio observable indicando su localización exacta, sea tan específico como sea posible</p> <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="font-size: small;">Fecha de la inspección (año/mes/día)</th> <th style="font-size: small;">Resultados de la inspección</th> </tr> </thead> <tbody> <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> </tbody> </table> <p>Figura 17.</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>¿DÓNDE?: Banco de Pruebas.</p> <p>¿QUIÉN?: Operador.</p>		<p>FRECUENCIA: Al iniciar y durante el desarrollo del ensayo de choque térmico externo.</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 18.</p>	<p>Sobre el banco de pruebas.</p>																															
<p>2. Sellar las tuberías del colector</p>	<p>Sellar la entrada y salida del colector para evitar pérdidas de calor por convección natural.</p>	<p>Figura 19.</p>	<p>En el banco de pruebas / colector.</p>																															
<p>3. 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; 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;">G_{hem} [W/m²]</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;">T_a [°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;">H [MJ/m²]</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;">$H/2$ [MJ/m²]</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>Figura 20.</p>	Valores para clases climáticas						Clase C Templado	Clase B Soleado	Clase A Muy Soleado	Clase A+ En extremo Soleado	G_{hem} [W/m ²]	800	900	1000	1100	T_a [°C]	10	15	20	40	H [MJ/m ²]	420	540	600	700	$H/2$ [MJ/m ²]	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 ²]	800	900	1000	1100																														
T_a [°C]	10	15	20	40																														
H [MJ/m ²]	420	540	600	700																														
$H/2$ [MJ/m ²]	210	270	300	350																														

4. Rocíar el colector.	Rocíar el colector con agua a temperatura menor a 25°C durante un lapso de 15 minutos. Someter a dos choques térmicos.	 Figura 21.	En el colector. <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">   </div>
5. Registrar datos.	Registrar datos del estado del colector y de las observaciones realizadas.	<p style="font-size: small; margin: 0;">ENSAYO DE CHOQUE TÉRMICO EXTERNO</p> <p style="font-size: x-small; margin: 0;">1. Condiciones de ensayo</p> <p style="font-size: x-small; margin: 0;">Método del ensayo (simulador interior, exterior, etc.): _____</p> <p style="font-size: x-small; margin: 0;">Ángulo de inclinación del colector (medido desde la horizontal): _____ [°]</p> <p style="font-size: x-small; margin: 0;">Radiación media durante el ensayo: _____ [W/m2]</p> <p style="font-size: x-small; margin: 0;">Radiación mínima durante el ensayo: _____ [W/m2]</p> <p style="font-size: x-small; margin: 0;">Temperatura media del ambiente: _____ [°C]</p> <p style="font-size: x-small; margin: 0;">Temperatura mínima del ambiente: _____ [°C]</p> <p style="font-size: x-small; margin: 0;">2. Resultados del ensayo</p> <p style="font-size: x-small; margin: 0;">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; margin: 0;">Cualquier evidencia de problemas, daños y fallas de acuerdo con la Cláusula 17 (descripción y fotos): _____</p> <p style="font-size: x-small; margin: 0;">Otras observaciones y comentarios: _____</p> Figura 22.	En el área de trabajo. <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">   </div>

5.4.4. Ensayo de choque térmico interno










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

<p>3. 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>G_{hem} [W/m²]</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>T_a [°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>H [MJ/m²]</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>$H/2$ [MJ/m²]</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 style="text-align: center;">Figura 25.</p>	Valores para clases climáticas						Clase C Templado	Clase B Soleado	Clase A Muy Soleado	Clase A+ En extremo Soleado	G_{hem} [W/m ²]	800	900	1000	1100	T_a [°C]	10	15	20	40	H [MJ/m ²]	420	540	600	700	$H/2$ [MJ/m ²]	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 ²]	800	900	1000	1100																														
T_a [°C]	10	15	20	40																														
H [MJ/m ²]	420	540	600	700																														
$H/2$ [MJ/m ²]	210	270	300	350																														
<p>4. 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 style="text-align: center;">Figura 26.</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: x-small; text-align: center;">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/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 style="text-align: center;">Figura 27.</p>	<p>En el área de trabajo.</p>	 																														




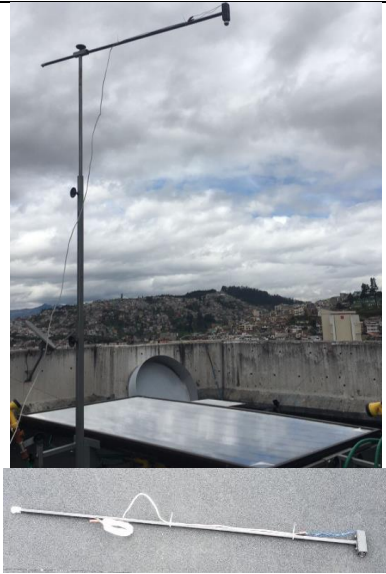








5.4.5. Ensayo de penetración de lluvia


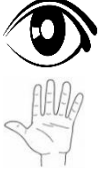

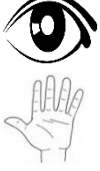

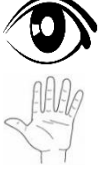
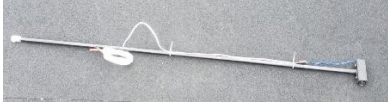



<p>¿DÓNDE?: Banco de Pruebas.</p> <p>¿QUIÉN?: Operador.</p>		<p>FRECUENCIA: Al iniciar y durante el ensayo de penetración de lluvia.</p>		
ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	IMÁGENES E ILUSTRACION	UBICACIÓN	CONTROL
<p>1. Montar el colector sobre la estructura</p>	<p>Colocar el colector sobre la estructura con la inclinación mínima recomendada por el fabricante o de 30° sobre la horizontal</p>	<p style="text-align: center;">Figura 28.</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>Figura 29.</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/m²].</p>	<p>Figura 30.</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>Figura 31.</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>Figura 32.</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>Figura 33.</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>Figura 34.</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>Figura 35.</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>Figura 36.</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>Figura 37.</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 de 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>Figura 38.</p>	<p>En el área de trabajo.</p>	

5.4.6. Ensayo de resistencia al impacto




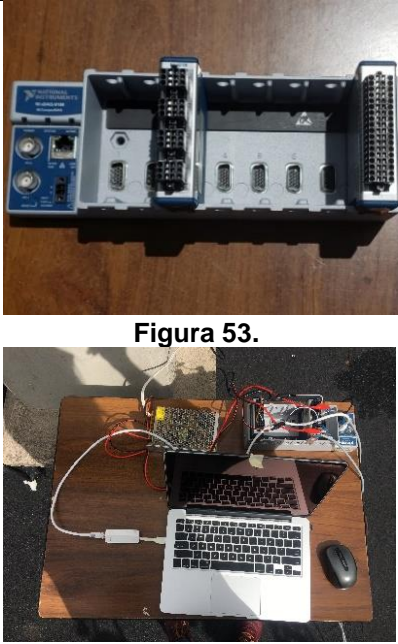
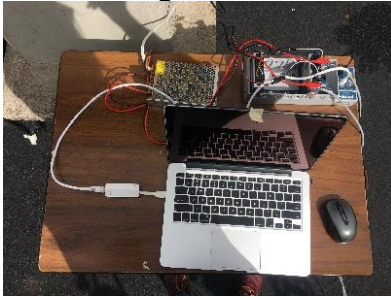





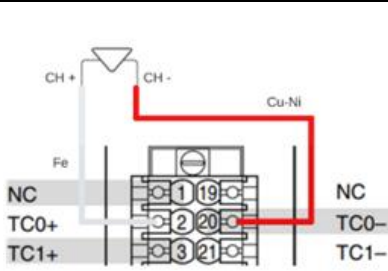


¿DÓNDE?: Banco de Pruebas.		FRECUENCIA: Al iniciar el ensayo.		
¿QUIÉN?: Operador.		IMÁGENES E ILUSTRACION	UBICACIÓN	CONTROL
1. Montar el colector sobre la estructura	<p>Colocar el colector sobre la estructura.</p> <p>Se debe asegurar que el colector se encuentre de manera horizontal.</p>	 Figura 39.	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>	 Figura 40.	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.	 Figura 41.	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	 Figura 42.	En el banco de pruebas.	 

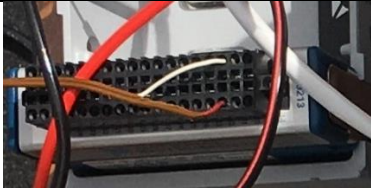
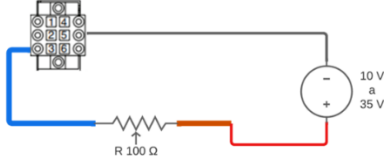
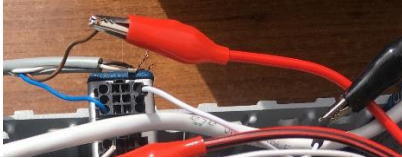


<p>5. Colocar la esfera de acero en el sistema de liberación.</p>	<p>Se debe conectar el electroimán a la fuente de alimentación.</p> <p>Ubicados los puntos de impacto, se debe colocar la esfera en el sistema de liberación.</p> <p>Desconectar el electroimán de la fuente.</p> <p>Se debe repetir el proceso en las 4 esquinas del colector.</p>	 <p>Figura 43.</p>	<p>En el banco de pruebas.</p>	
<p>6. 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: 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>Figura 44.</p>	<p>En el banco de pruebas.</p>	
<p>7. Realizar la inspección visual.</p>	<p>Inspeccionar visualmente el colector y registrar la altura a la que el vidrio falló.</p>	 <p>Figura 45.</p>	<p>En el área de trabajo.</p>	
<p>8. 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>Figura 46.</p>	<p>En el banco de pruebas.</p>	
<p>9. 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>Figura 47.</p>	<p>En el área de trabajo.</p>	

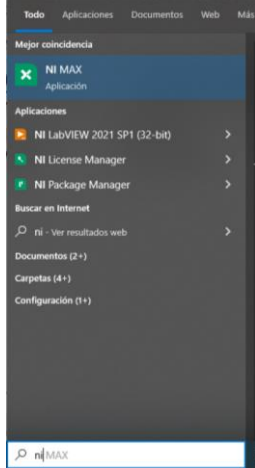


10. Reporte del ensayo realizado.	Completar las hojas de inspección.	<p style="text-align: center;">4.3 ANEXO III: Reporte para el ensayo de resistencia al impacto utilizando bolas de acero</p> <p>1. Condiciones de ensayo: Dirección de impacto: Vertical: Horizontal:</p> <p>Díámetro de bola: [mm] Masa 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;">Figura 48.</p>	En el área de trabajo.	
--	------------------------------------	--	------------------------	--

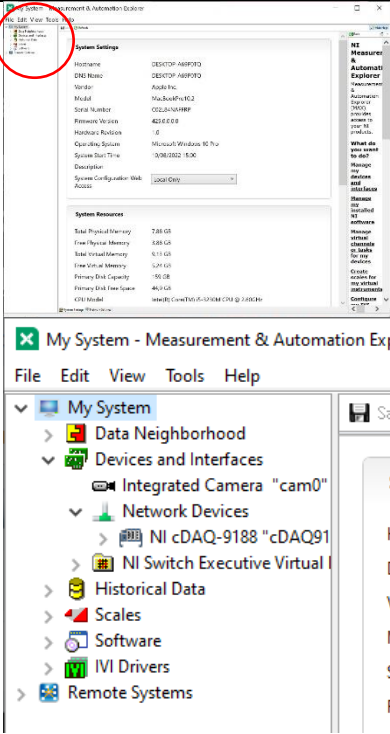
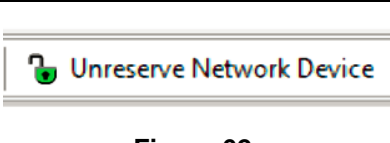
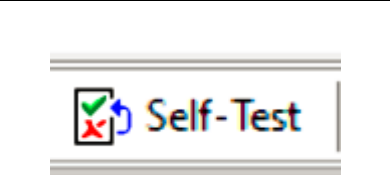
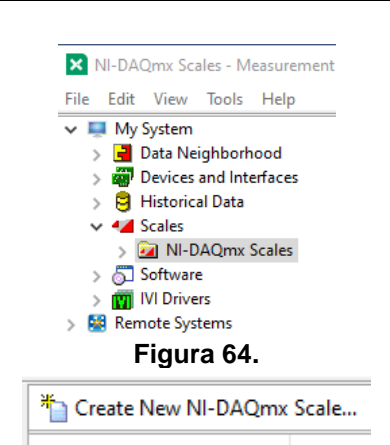
5.4.7. Ensayos de temperatura de estancamiento y rendimiento térmico

¿DÓNDE?: Ubicación del Banco de Pruebas.		FRECUENCIA: Al empezar el ensayo (Adaptación de sensores).			
¿QUIÉN?: 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.	<p style="text-align: center;">Figura 49.</p>	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.	<p style="text-align: center;">Figura 50.</p>	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. Nota: No usar ningún tipo de herramienta para el roscado.	<p style="text-align: center;">Figura 51.</p>	Entrada y salida del colector.		

¿DÓNDE?: Banco de Pruebas. ¿QUIÉN?: Operador.		FRECUENCIA: Al empezar el ensayo (Conexión de los instrumentos).		
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.	 Figura 52.	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.	Conectar los módulos NI 9219 y NI 9213 en cualquiera de las ranuras del chasis. Conectar el cable de alimentación al chasis y posteriormente a la una toma de 110V AC de tres clavijas. Conectar el cable ethernet al chasis y al ordenador.	 Figura 53.  Figura 54.	Cerca del banco de pruebas y las instalaciones eléctricas para la alimentación de los sensores.	 
3. Conectar la fuente conmutable de 12V-5 ^a .	Conectar la fuente a una toma de corriente de 110V de dos clavijas. Empalmar dos cables a los bornes positivos y dos cables a los bornes negativos de la fuente.	 Figura 55.	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.	 Figura 56.	Chasis CDAQ.	 

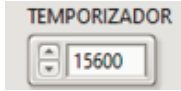
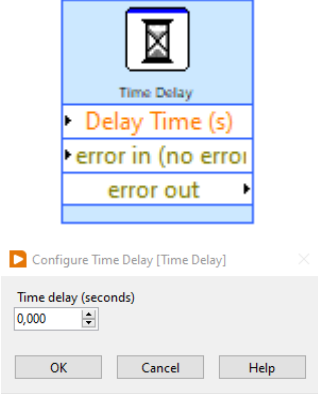
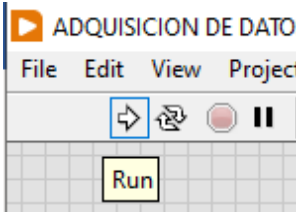
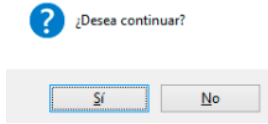
	<p>El cable blanco corresponde al polo positivo y el cable rojo corresponde al polo negativo de la termocupla.</p>	 <p>Figura 57.</p>		
<p>5. Conexión de los sensores PT100.</p>	<p>Conectar los sensores PT100 como se muestra en el diagrama de la figura 10 al módulo universal NI 9219.</p> <p>Conectar 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>Figura 58.</p>  <p>Figura 59.</p>	<p>Chasis CDAQ.</p>	 

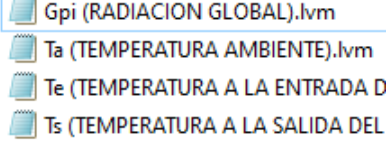
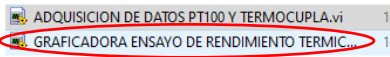
<p>¿DÓNDE?: Ordenador.</p> <p>¿QUIÉN?: Operador.</p>		<p>FRECUENCIA: Al conectar el chasis con el Ordenador.</p>		
ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	IMÁGENES E ILUSTRACION	UBICACIÓN	CONTROL
<p>1. Abrir el programa NI-MAX.</p>	<p>Ejecutar el programa NI-MAX en el ordenador.</p>	 <p>Figura 60.</p>	<p>Ordenador.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

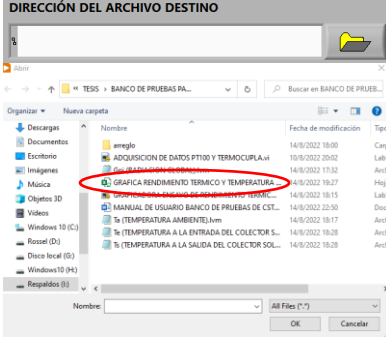


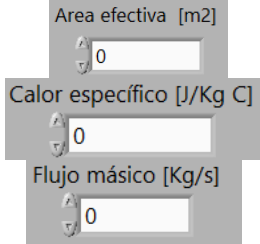


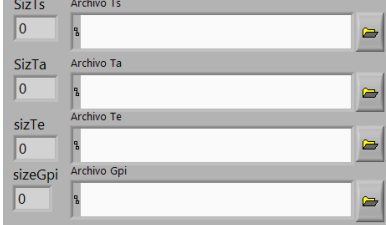


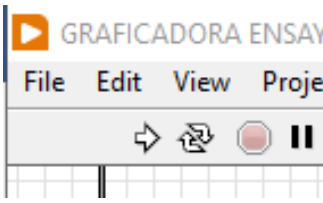


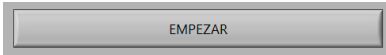


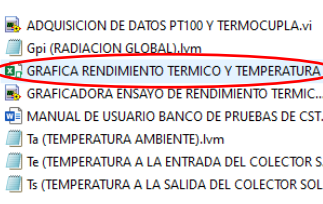


<p>2. Establecer conexión con el chasis CDAQ.</p>	<p>Desplegar la pestaña Devices and interfaces y seleccionar la opción Network Devices.</p>	 <p>Figura 61.</p>	<p>Ordenador.</p>	
<p>3. Reservar el dispositivo de red.</p>	<p>Seleccionar el dominio del chasis en el ordenador dando clic en el botón Reserve Network Device.</p>	 <p>Figura 62.</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>Figura 63.</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>Figura 64.</p> <p>Figura 65.</p>	<p>Ordenador.</p>	

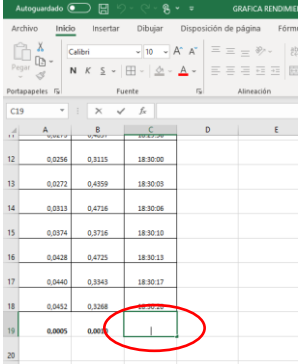


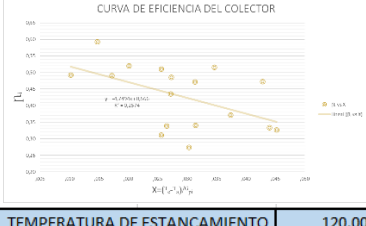


	<p>Seleccionar el tipo de escala.</p>	<p style="text-align: center;">Figura 66.</p>	
	<p>Registrar los parámetros de la ecuación para escalar las unidades</p>	<p style="text-align: center;">Figura 67.</p>	

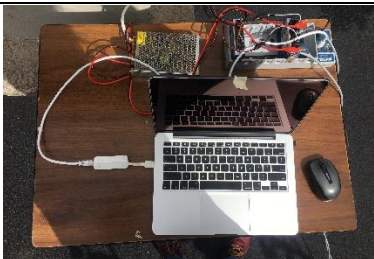


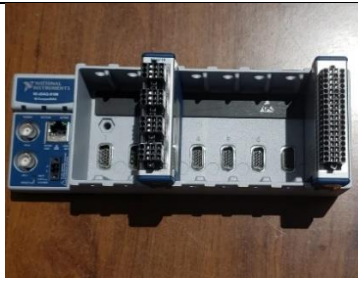



<p>¿DÓNDE?: Ordenador.</p> <p>¿QUIÉN?: Operador.</p>		<p>FRECUENCIA: Al tomar datos de temperatura.</p>		
ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	IMÁGENES E ILUSTRACION	UBICACIÓN	CONTROL
<p>1. Ejecutar el programa.</p>	<p>Abrir el programa ADQUISICION DE DATOS PT100 Y TERMOCUPLA.vi.</p>	<p style="text-align: center;">Figura 68.</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 style="text-align: center;">Figura 69.</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;">Figura 70</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;">Figura 71.</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;">Figura 72.</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;">Figura 73.</p>	<p>Interfaz LABVIEW.</p>	







<p>¿DÓNDE?: Ordenador.</p>		<p>FRECUENCIA: Al graficar el rendimiento térmico.</p>		
<p>¿QUIÉN?: 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;">Figura 74.</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;">Figura 75.</p>	<p>Interfaz LABVIEW.</p>	

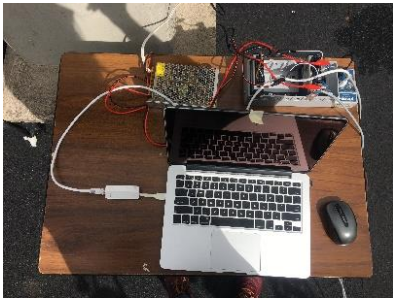


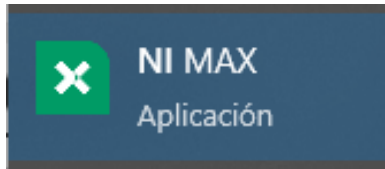


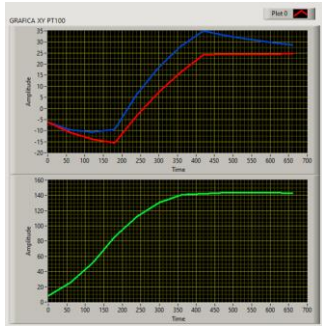





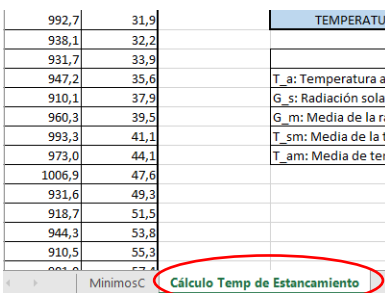


<p>3. Seleccionar la ruta de guardado.</p>	<p>Dar clic en el icono de apertura de carpeta.</p> <p>Seleccionar el archivo de Excel GRAFICA RENDIMIENTO TERMICO Y TEMPERATURA DE ESTANCAMIENTO y dar clic en OK.</p>	 <p style="text-align: center;">Figura 76.</p>	<p>Interfaz LABVIEW.</p>	 
<p>4. Ingresar los 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;">Figura 77.</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;">Figura 78.</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;">Figura 79.</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;">Figura 80.</p>	<p>Interfaz LABVIEW.</p>	 
<p>8. Abrir el archivo Excel.</p>	<p>Abrir el archivo de Excel GRAFICA RENDIMIENTO TERMICO Y TEMPERATURA DE ESTANCAMIENTO mediante el explorador de Windows.</p>	 <p style="text-align: center;">Figura 81.</p>	<p>Interfaz EXCEL.</p>	 

9. Ordenar datos registrados.	Direcccionarse al último valor registrado y en la ventana de hora de cálculo dar doble clic y enter. Después del enter borrar esta última fila que no posee hora de cálculo.	 <p style="text-align: center;">Figura 82.</p>	Interfaz EXCEL.  
10. Guardar el archivo.	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 style="text-align: center;">Figura 83.</p>	Interfaz EXCEL.  

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

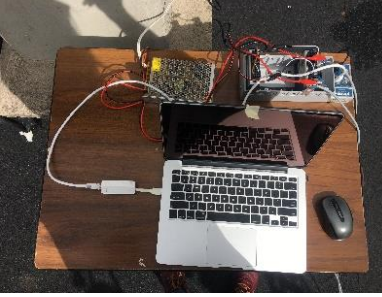


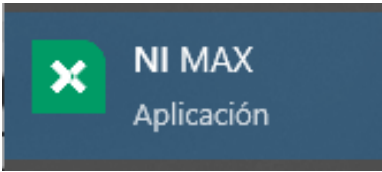


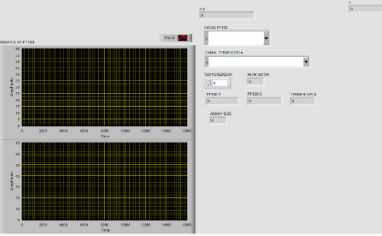





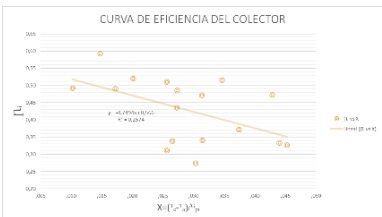


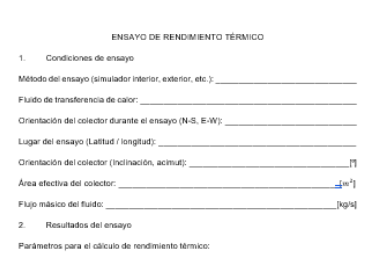
<p>3. Desconectar el cable adaptador del sensor PT100.</p>	<p>Desenroscar y desconectar el cable adaptador del PT100.</p> <p>Desenroscar el Pt100 de la entrada y salida del colector.</p> <p>Remover el teflón sobrante del sensor.</p>	 <p>Figura 87.</p>	<p>Banco de pruebas.</p>	 
<p>4. Guardar los equipos.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

<p>¿DÓNDE?: Banco de Pruebas.</p>		<p>FRECUENCIA: Al iniciar y durante el desarrollo del ensayo de temperatura de estancamiento.</p>		
<p>¿QUIÉN?: 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 Al empezar el ensayo (Adaptación de sensores).</p>	 <p>Figura 90.</p>	<p>En el banco de pruebas / colector.</p>	 

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

8. 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;"> <th colspan="2">TEMPERATURA DE ESTANCAMIENTO</th> </tr> <tr> <td></td> <td>110,05</td> </tr> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th>Parámetro</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>T_a: Temperatura ambiente</td> <td>23,20</td> </tr> <tr> <td>G_s: Radiación solar hemisférica</td> <td>1097,62</td> </tr> <tr> <td>G_m: Media de la radiación solar hemisférica</td> <td>968,28</td> </tr> <tr> <td>T_{sm}: Media de la temperatura del absorbedor</td> <td>97,77</td> </tr> <tr> <td>T_{am}: Media de temperatura ambiente</td> <td>21,15</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Figura 96.</p>	TEMPERATURA DE ESTANCAMIENTO			110,05	Parámetro	Valor	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	Ordenador.	
TEMPERATURA DE ESTANCAMIENTO																				
	110,05																			
Parámetro	Valor																			
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																			
9. Registrar datos en el reporte	Registrar la temperatura obtenida y las observaciones dentro del reporte.	<p style="text-align: center; font-size: small;">ENSAJO 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/m²]</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/m² 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;">Figura 97.</p>	En el área de trabajo.																	

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

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