



PROFLUID1.0 – PROCEDIMIENTO PARA EL ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE FLUIDOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR CON NANOPARTÍCULAS MEDIANTE CONTROL DE VARIABLES CON SOFTWARE LABVIEW Y HARDWARE ARDUINO.

Autores:

- Arly Darío Rincón Quintero (DIMAT)
- Wilmar Leonardo Rondón Romero (DIMAT)
- Carlos Gerardo Cárdenas Arias (DIMAT)
- Diana Carolina Dulcey Díaz (DIMAT)
- Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez (GISEAC)

DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO:

Este proyecto de investigación, aborda un tema innovador para el mejoramiento de sistemas de transferencia de calor, con el análisis de fluidos con nano-partículas de metales, se encuentra evidencia bibliográfica que apunta a desarrollos y mejoramientos en la eficiencia de los sistemas, al incorporar estos nano-fluidos. Por ello para comenzar a profundizar en este tema se plantea el siguiente objetivo general: “Estudiar los procesos térmicos en un tanque rígido aplicando las leyes de la termodinámica para análisis de fluidos de transferencia de calor (FTC)”. Este objetivo define la necesidad de incorporar un equipo que permita mediante un proceso térmico, investigar de forma más efectiva sobre los fluidos.

Para lograr hacer una implementación idónea del equipo se plantearon unas fases para la ejecución del proyecto que son las siguiente: 1. Revisión bibliográfica, 2. diseño del sistema de caldera, 3. Procesamiento de la información (mediante un software), 4. Construcción y montaje del sistema térmico, 5. Automatización y pruebas. Con el cumplimiento de estas etapas, se logra obtener un equipo completamente funcional, con la capacidad de recolectar datos en un proceso térmico, en el cual se calienta un fluido térmico

hasta alcanzar una presión o temperatura límites. Dentro del proceso de recolección de datos se hace el acople con un software que procesa la información y entrega las curvas de los procesos, facilitando el análisis del mismo.

Como resultados de la investigación se logra analizar el agua garantizando que el equipo se encuentra calibrado, porque se comparan los resultados con los tabulados en la bibliografía y da como resultado errores de medición mínimos hasta el punto de ser despreciables. Como principal conclusión se evidencia que no hay cambios drásticos en el comportamiento del agua como fluido de transferencia de calor, al adicionar partículas de metal en ella (Cobre).

Tabla de contenido

DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO:.....1

1. INTRODUCCION2

2. DIAGNOSTICO INICIAL2

2.1 REJILLA DE DIAGNÓSTICO INICIAL2

3. OBJETIVOS DEL PROCEDIMIENTO3

3.1 OBJETIVO GENERAL DEL PROCEDIMIENTO.....3

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL PROCEDIMIENTO.....3

4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO3

5. EJECUCIÓN DE PRUEBAS Y RESULTADOS11

6. PROTOCOLO Y PROCEDIMIENTO (MANUAL DE PRÁCTICAS PARA EL EQUIPO CONSTRUIDO).....13

Autores:

- Arly Darío Rincón Quintero (DIMAT)
- Wilmar Leonardo Rondón Romero (DIMAT)
- Carlos Gerardo Cárdenas Arias (DIMAT)
- Diana Carolina Dulcey Díaz (DIMAT)
- Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez (GISEAC)



6.2 SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO 14

7. REJILLA FINAL DE EVALUACIÓN DEL PROCEDIMIENTO. 18

8. REFERENCIAS 19

1. INTRODUCCION

Los nano-fluidos, en las últimas décadas, han demostrado un gran potencial para ser utilizados como refrigerantes de nueva generación para tales dispositivos en miniatura. Varios estudios [1] y [2] han informado de una mejora inmensa en el rendimiento de enfriamiento de los dispositivos de generación de calor mediante la utilización de nano-fluidos como medios de transferencia de calor en comparación con los fluidos base comunes.

El aumento en la conductividad térmica del fluido debido a la presencia de nanopartículas como TiO_2 , CuO y Al_2O_3 en el fluido base [3] conduce a la mejora de las características de transferencia de calor. Pero la limitación del sistema de enfriamiento líquido monofásico usando un nano-fluido (no magnético) es una confiabilidad pobre debido al uso de dispositivos de bombeo mecánicos para hacer circular el fluido además de los problemas adicionales relacionados con vibración, ruido, pérdidas de presión en la tubería y fugas de fluido.

Ante esta innovadora tendencia en investigación para el mejoramiento de la transferencia de calor, en las Unidades Tecnológicas de Santander, específicamente hablando dentro del grupo de investigaciones en diseño y materiales DIMAT, se comienza a estudiar los nano-fluidos mediante la implementación de una caldera que permita,

obtener datos de presión y temperatura de fluidos térmicos.

Para solucionar las inquietudes planteadas acerca del comportamiento de los nano-fluidos, en temas de curvas de vapor entre otros, se plantea la construcción de una caldera en la cual se logre elevar la temperatura de un fluido base (Agua) y comparar su comportamiento con el mismo fluido, pero con aditivos de nano-partículas metálicas. Este estudio plantea la incorporación de equipos de medición software para el procesamiento de datos, que facilite futuros estudios en temas de transferencia de calor.

2. DIAGNOSTICO INICIAL

El programa de ingeniería Electromecánica de las Unidades Tecnológicas de Santander se ofrece con base en la reglamentación sobre ciclos propedéuticos que establece la ley 749 de 2002, además, se enmarca en el diseño, caracterización, operación y mantenimiento de los sistemas, procesos y elementos eléctricos, electrónicos, mecánicos, de control y electromecánicos integrados.

El constante desarrollo tecnológico ha generado la investigación de nuevos fluidos de transferencia de calor, que son los nanofluidos, fluidos con nanopartículas de metales que mejoran las propiedades de transferir el calor.

Para que las nuevas generaciones de estudiantes se preparen con la nueva información sobre investigaciones en temas del mejoramiento de la transferencia de calor en sistemas intercambiadores del mismo. Se hace necesario contar con los equipos y métodos de trabajo que fomenten el análisis de los nanofluidos entre otros

2.1 Rejilla de diagnóstico inicial

Teniendo en cuenta que el objeto de este documento es mejorar el proceso de preparación de los estudiantes de ingeniería electromecánica, se

Autores:

Arly Darío Rincón Quintero (DIMAT)
Wilmar Leonardo Rondón Romero (DIMAT)
Carlos Gerardo Cárdenas Arias (DIMAT)
Diana Carolina Dulcey Díaz (DIMAT)
Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez (GISEAC)



diseña una rejilla de diagnóstico inicial donde se chequean los pre-saberes.

La rejilla diseñada cuenta con una serie de preguntas con dos únicas opciones “SI” o “NO”, aunque parezcan preguntas subjetivas ayudan a realizar un sondeo de los saberes y las expectativas de los estudiantes frente a esta nueva tendencia.

Tabla 1. Rejilla de diagnóstico inicial

REJILLA DE DIAGNOSTICO INICIAL			
CRITERIOS	INDICADORES	Cumple	
		SI	NO
SENSIBILIZACIÓN	¿Conoce los mecanismos de transferencia de calor?		X
	¿Identifica la importancia de la conductividad térmica en los materiales y la influencia de esta propiedad en los procesos industriales?		X
	¿Conoce la diferencia entre un fluido y un nano-fluido?		X
	¿Conoce algún equipo que permita analizar el comportamiento de los fluido al adicionar calor?		X
MARCO TEÓRICO	¿Maneja las propiedades térmicas de los fluidos?		X
	¿Identifica los diagramas de fase?		X
	¿Interpreta el fenómeno de conducción de calor en condiciones de estado estable?		X
MARCO EXPERIMENTAL	¿Identifica la distribución de temperatura de un material y la densidad de flujo de calor que viaja a través del mismo?		X
	¿Conoce los diferentes tipos de termocoplas que se encuentran comercialmente y la sensibilidad de cada una?		X
	¿Ha realizado un informe de laboratorio en formato IEEE?		X
	¿Conoce las normas de seguridad que se deben llevar a cabo durante una prueba de laboratorio?		X

Fuente: Autor

En la tabla 1, se plantean tres (3) criterios con los indicadores para cada uno, estos son:

Sensibilización: En este criterio se realizan unas preguntas de entrada, con ello se busca un acercamiento a conceptos básicos del tema investigado.

Marco teórico: Este criterio mide la capacidad teórica del estudiante referente a fenómenos y leyes termodinámicas de la naturaleza.

Marco experimental: Acá se plantean preguntas de conocimiento referentes componentes usados en equipos del área térmica, así como el manejo de normas de trabajo en el laboratorio y el estilo para presentar el informe de la práctica realizada en un formato específico (IEEE).

Al diligenciar la rejilla de diagnóstico inicial (Tabla 1), se pudo evidenciar que los estudiantes carecen de presaberes y que se hace necesario la implementación de este procedimiento para

determinar el comportamiento de los fluido al adicionarles nano-partículas de metales.

3. OBJETIVOS DEL PROCEDIMIENTO

El diseño y la aplicación de un procedimiento innovador basado en fase experimental que conlleva a la adquisición de los saberes de una temática específica en el área térmica de un egresado del programa constituyen un valor agregado en su formación.

3.1 OBJETIVO GENERAL DEL PROCEDIMIENTO.

Estudiar los procesos térmicos en un tanque rígido aplicando las leyes de la termodinámica para análisis de fluidos de transferencia de calor (FTC).

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL PROCEDIMIENTO

- Diseñar Implementar un sistema de caldera para el control de variables termodinámicas en procesos térmicos.
- Automatizar el sistema de caldera mediante una interfaz aplicando el software LabView.
- Graficar las variables termodinámicas de los FTC analizando el comportamiento de estos basados en las leyes termodinámicas.

4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

4.1 DISEÑO DE LA CALDERA

Como se ha establecido dentro del planteamiento del problema el objeto de este proyecto es el análisis de fluidos térmicos, más específicamente del agua y un nano-fluido compuesto por agua y partículas de cobre que será el tema de investigación, para dar una idea más clara de que tipo de equipo es diseñado se presenta una ilustración con su funcionalidad.

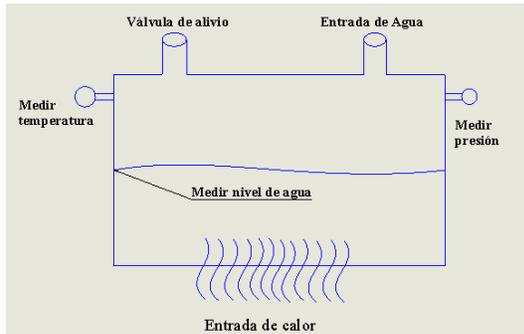
Ilustración 1. Esquema funcional de la caldera

Autores:

- Arly Darío Rincón Quintero (DIMAT)
- Wilmar Leonardo Rondón Romero (DIMAT)
- Carlos Gerardo Cárdenas Arias (DIMAT)
- Diana Carolina Dulcey Díaz (DIMAT)
- Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez (GISEAC)



Innovación de proceso o procedimiento
 Grupo de Investigación en Diseño y Materiales DIMAT
 Ingeniería Electromecánica
 Unidades Tecnológicas de Santander



Fuente: autores

Como se muestra en el esquema la caldera tendrá una entrada de calor con el cual induce el fluido a un cambio de estado, creando vapor de agua, en el proceso de cambio se mide las variables de presión y temperatura para tabular la información y construir las respectivas gráficas.

El dimensionamiento de la caldera parte de la carcasa que se usara para la construcción que es de forma cilíndrica con un radio de 0.106 m y una altura de 0.491 m y unas resistencias de 800 W, 110 v, 1/2 pulgada de diámetro y 50 cm de diámetro. Con base en esos datos se hace un cálculo del volumen disponible para el agua.

$$V_{Total} = V_{cilindro} - 3V_{cil, resistencias}$$

$$V_c = \pi r^2 \cdot h$$

$$V_c = \pi \cdot 0,106^2 \cdot 0,491$$

$$V_c = 0,017332 \text{ m}^3$$

$$V_{cil.Resist} = 3 (\pi \cdot 0,00944^2 \cdot 0,491)$$

$$V_{cil.Resist} = 0,000291738 \text{ m}^3$$

$$V_T = 0,017332 - 0,000291738$$

$$V_T = 0,01704 \text{ m}^3 = 17.04 \text{ L}$$

Lo que se busca es que dentro de la caldera el agua no ocupe más del 60 % del volumen disponible por ello:

$$V_{liquido} = \frac{3}{5} V_T$$

$$V_{liquido} = 0,01 \text{ m}^3$$

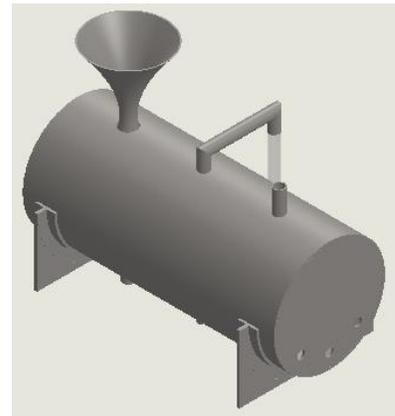
Volumen de m^3 a Litros

$$V_{liquido} = 10 \text{ Litros}$$

Ahora con estos datos se hace la simulación de la caldera para lograr posicionar todos los elementos

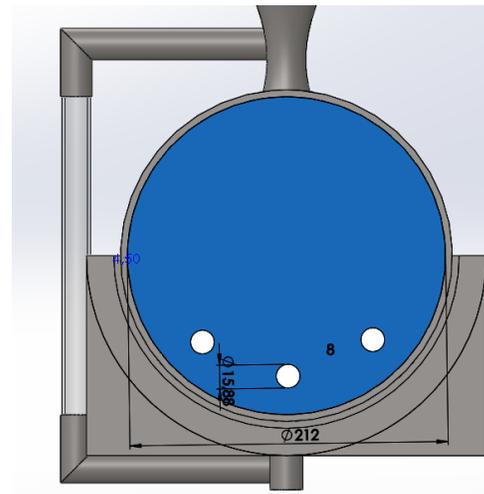
que lo componen entre estos, soportes para asegurar una estabilidad y un sistema de medición de nivel, como también la entrada del agua y la válvula de alivio. Estos diseños se enfocan en establecer los elementos que deben ser construidos o mandados a cortar y soldar, por lo que la posición de elementos como termostatos y manómetros puede variar.

Ilustración 2. Simulación de piezas para corte y ensamble



Fuente: autores

Ilustración 3. Dimensiones generales, vista derecha



Fuente: autores

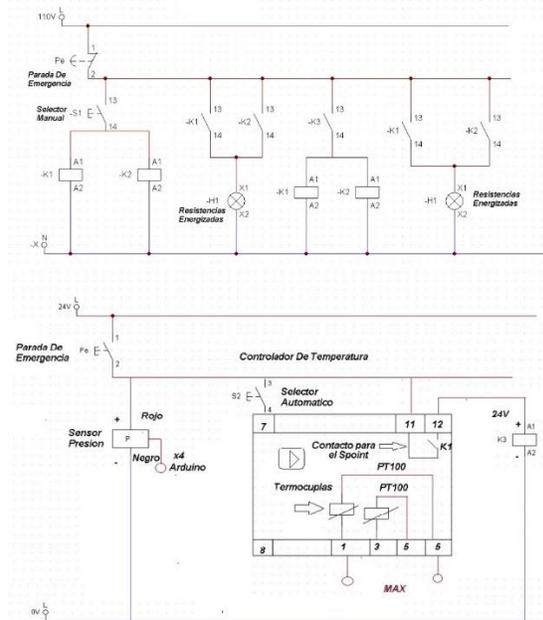
Autores:

- Arly Darío Rincón Quintero (DIMAT)
- Wilmar Leonardo Rondón Romero (DIMAT)
- Carlos Gerardo Cárdenas Arias (DIMAT)
- Diana Carolina Dulcey Díaz (DIMAT)
- Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez (GISEAC)



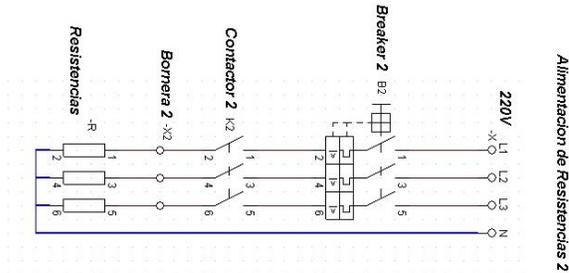
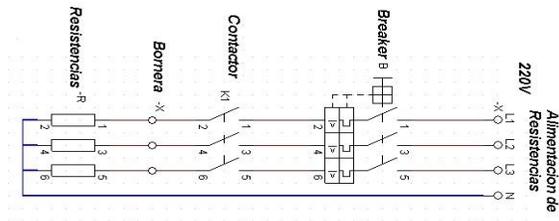
- Planos eléctricos para el control y alimentación

Ilustración 4. Control para encendido y parada de emergencia

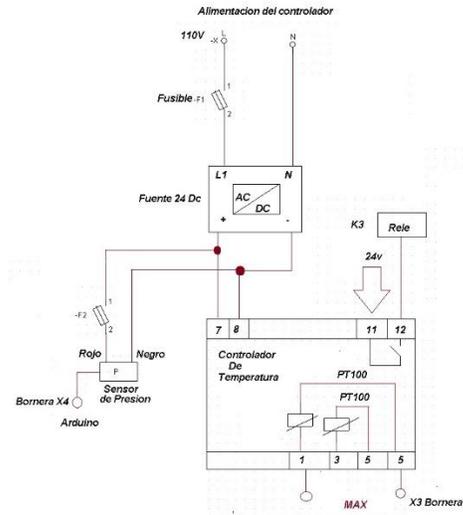


Fuente: autores

Ilustración 5. Circuitos de alimentación



Alimentación de Resistencias 2



Fuente: autores

4.2 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN (MEDIANTE UN SOFTWARE)

Para la fase de pruebas en los quipos necesarios hay que hacer un acoplamiento para que estos se puedan comunicar con el software que hará el procesamiento de la información (LABVIEW), este proceso se lleva de la siguiente forma.

- **SENSOR DE PRESIÓN**

El sensor de presión utilizado da valores en voltaje, siendo 0 bar 1,097 voltios. con este dato hacemos una tabla de datos tomando un dato cada 0.5 bar

Tabla 1. Toma de datos sensor de presión

vol	bar
0	1.097
0.5	1.234

Autores:
 Arly Darío Rincón Quintero (DIMAT)
 Wilmar Leonardo Rondón Romero (DIMAT)
 Carlos Gerardo Cárdenas Arias (DIMAT)
 Diana Carolina Dulcey Díaz (DIMAT)
 Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez (GISEAC)



1	1.272
1.5	1.505
2	1.638
2.5	1.771
3	1.899
3.5	2.032
4	2.196
4.5	2.332
5	2.488
5.5	2.623
6	2.733
6.5	2.868
7	2.988
7.5	3.123

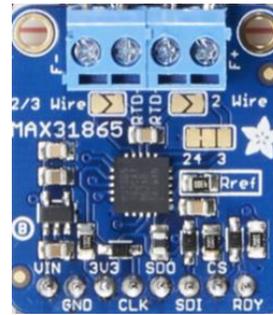
Fuente: autores

Con la tabla terminada se comienza a programar el controlador arduino. Para leer los datos entregados del sensor de presión activamos un puerto análogo (A0). Con esto es posible leer el voltaje entregado por el sensor de presión y calculando que presión está entregando el sensor.

• SENSOR DE TEMPERATURA (TERMOCUPLA TP100)

Para determinar la temperatura se utiliza una Termocupla TP100 de 3 salidas. Para leer los datos de la termocupla se necesita utilizar un amplificador MAX31865. Lo primero es configurar el amplificador para que funcione con la termocupla tp100 de 3 salidas. Esta configuración solo funciona para termocuplas TP100 de tres salidas, para otro tipo de termocupla ver el manual de referencia,

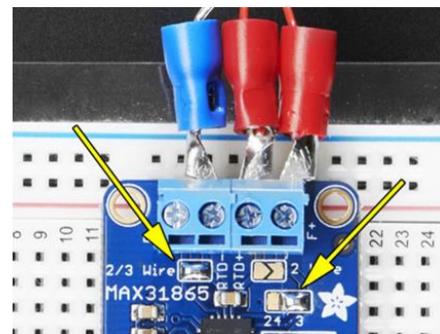
Ilustración 6. Configuración electrónica para la Termocupla



Fuente: autores

Primero se hace soldadura en los contactos 2/3 wires, y los puertos 4 y 3 quitando la pequeña pestaña entre 2 y 4. Como se muestra en la siguiente imagen.

Ilustración 7. Soldaduras y pestañas



Fuente: autores

Con esto hecho, conectamos los cables de la termocupla al amplificador, los cables del mismo color se conectan a los puertos F+ Y RTD+ y el cable faltante se conecta ya sea en el puerto F- o en el puerto RTD-. Lo siguiente es programar Arduino, con la plantilla del amplificador. Así se tienen los datos entregados por la termocupla. Ya teniendo los datos del sensor de presión como el de temperatura pasamos a programar la parte grafica con el programa LABVIEW

• LABVIEW

Con la comunicación ya hecha, pasamos a recibir los datos que nos entregan el Arduino, los de presión y temperatura. Cada dato se va graficando

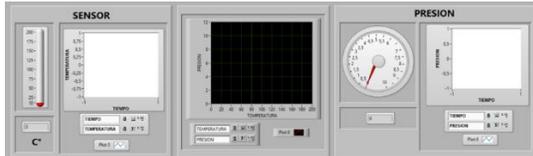
Autores:

Arly Darío Rincón Quintero (DIMAT)
 Wilmar Leonardo Rondón Romero (DIMAT)
 Carlos Gerardo Cárdenas Arias (DIMAT)
 Diana Carolina Dulcey Díaz (DIMAT)
 Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez (GISEAC)



y mostrando en la pantalla así podemos visualizar los cambios que se van haciendo a través del tiempo

Ilustración 8. Visualización en el LABVIEW



Fuente: autores

• **GRAFICAR TEMPERATURA VS PRESIÓN**

El apartado de la parte grafica se enfoca en visualizar los datos de temperatura, presión, densidad, calor específico, conductividad térmica, viscosidad dinámica y número de Prandtl

Estos valores son tomados de la siguiente tabla:

Ilustración 9. Tabla de datos

Temp., T °C	Presión de saturación, P _{sat} KPa	Densidad, ρ kg/m ³		Entalpia de vaporización, h _{fg} KJ/kg		Calor específico, c _p J/Kg · K		Conductividad térmica, k W/m · K		Viscosidad dinámica, μ kg/m · s		Número de Prandtl, Pr		Coeficiente de expansión volumétrica, β 1/K	
		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2.501	4.217	1.854	0.561	0.0171	1.792 × 10 ⁻⁴	0.922 × 10 ⁻⁴	13.5	1.00	0.008 × 10 ⁻³		
5	0.8721	999.9	0.0068	2.480	4.205	1.857	0.571	0.0173	1.519 × 10 ⁻⁴	0.934 × 10 ⁻⁴	11.2	1.00	0.015 × 10 ⁻³		
10	1.2276	999.7	0.0094	2.478	4.194	1.862	0.580	0.0176	1.307 × 10 ⁻⁴	0.946 × 10 ⁻⁴	9.45	1.00	0.733 × 10 ⁻³		
15	1.7051	999.1	0.0128	2.466	4.185	1.863	0.589	0.0179	1.138 × 10 ⁻⁴	0.959 × 10 ⁻⁴	8.09	1.00	0.138 × 10 ⁻³		
20	2.339	998.0	0.0173	2.454	4.182	1.867	0.598	0.0182	1.002 × 10 ⁻⁴	0.973 × 10 ⁻⁴	7.01	1.00	0.195 × 10 ⁻³		
25	3.169	997.0	0.0231	2.442	4.180	1.870	0.607	0.0186	8.891 × 10 ⁻⁵	0.987 × 10 ⁻⁴	6.14	1.00	0.247 × 10 ⁻³		
30	4.246	996.0	0.0304	2.431	4.178	1.875	0.615	0.0189	0.798 × 10 ⁻⁴	1.001 × 10 ⁻⁴	5.42	1.00	0.294 × 10 ⁻³		
35	5.628	994.0	0.0397	2.419	4.178	1.880	0.623	0.0192	0.720 × 10 ⁻⁴	1.016 × 10 ⁻⁴	4.83	1.00	0.337 × 10 ⁻³		
40	7.384	992.1	0.0512	2.407	4.179	1.885	0.631	0.0196	0.653 × 10 ⁻⁴	1.031 × 10 ⁻⁴	4.32	1.00	0.377 × 10 ⁻³		
45	9.593	990.1	0.0655	2.395	4.180	1.892	0.637	0.0200	0.596 × 10 ⁻⁴	1.046 × 10 ⁻⁴	3.91	1.00	0.415 × 10 ⁻³		
50	12.35	988.1	0.0831	2.383	4.181	1.900	0.644	0.0204	0.547 × 10 ⁻⁴	1.062 × 10 ⁻⁴	3.55	1.00	0.451 × 10 ⁻³		
55	15.76	985.2	0.1045	2.371	4.183	1.908	0.649	0.0208	0.504 × 10 ⁻⁴	1.077 × 10 ⁻⁴	3.25	1.00	0.484 × 10 ⁻³		
60	19.94	983.3	0.1304	2.359	4.185	1.916	0.654	0.0212	0.467 × 10 ⁻⁴	1.093 × 10 ⁻⁴	2.99	1.00	0.517 × 10 ⁻³		
65	25.03	980.4	0.1614	2.346	4.187	1.926	0.659	0.0216	0.433 × 10 ⁻⁴	1.110 × 10 ⁻⁴	2.75	1.00	0.548 × 10 ⁻³		
70	31.19	977.5	0.1983	2.334	4.190	1.936	0.663	0.0221	0.404 × 10 ⁻⁴	1.126 × 10 ⁻⁴	2.55	1.00	0.578 × 10 ⁻³		
75	38.58	974.7	0.2421	2.321	4.193	1.948	0.667	0.0225	0.378 × 10 ⁻⁴	1.142 × 10 ⁻⁴	2.38	1.00	0.607 × 10 ⁻³		
80	47.39	971.8	0.2935	2.309	4.197	1.962	0.670	0.0230	0.355 × 10 ⁻⁴	1.159 × 10 ⁻⁴	2.22	1.00	0.633 × 10 ⁻³		
85	57.83	968.1	0.3536	2.296	4.201	1.977	0.673	0.0235	0.333 × 10 ⁻⁴	1.176 × 10 ⁻⁴	2.08	1.00	0.650 × 10 ⁻³		
90	70.14	965.3	0.4235	2.283	4.206	1.993	0.675	0.0240	0.315 × 10 ⁻⁴	1.193 × 10 ⁻⁴	1.96	1.00	0.702 × 10 ⁻³		
95	84.55	961.5	0.5045	2.270	4.212	2.010	0.677	0.0246	0.297 × 10 ⁻⁴	1.210 × 10 ⁻⁴	1.85	1.00	0.716 × 10 ⁻³		
100	101.33	957.9	0.5978	2.257	4.217	2.029	0.679	0.0251	0.282 × 10 ⁻⁴	1.227 × 10 ⁻⁴	1.75	1.00	0.750 × 10 ⁻³		
110	143.27	950.6	0.8053	2.230	4.229	2.071	0.682	0.0262	0.255 × 10 ⁻⁴	1.261 × 10 ⁻⁴	1.58	1.00	0.798 × 10 ⁻³		
120	198.53	943.4	1.121	2.203	4.244	2.120	0.683	0.0275	0.232 × 10 ⁻⁴	1.296 × 10 ⁻⁴	1.44	1.00	0.858 × 10 ⁻³		
130	270.1	934.6	1.496	2.174	4.263	2.177	0.684	0.0288	0.213 × 10 ⁻⁴	1.330 × 10 ⁻⁴	1.33	1.01	0.913 × 10 ⁻³		
140	361.3	921.7	1.965	2.145	4.286	2.244	0.683	0.0301	0.197 × 10 ⁻⁴	1.365 × 10 ⁻⁴	1.24	1.02	0.970 × 10 ⁻³		
150	475.8	916.6	2.546	2.114	4.311	2.314	0.682	0.0316	0.183 × 10 ⁻⁴	1.399 × 10 ⁻⁴	1.16	1.02	1.025 × 10 ⁻³		
160	617.8	907.4	3.256	2.083	4.340	2.420	0.680	0.0331	0.170 × 10 ⁻⁴	1.434 × 10 ⁻⁴	1.09	1.05	1.145 × 10 ⁻³		
170	791.7	897.7	4.119	2.050	4.370	2.490	0.677	0.0347	0.160 × 10 ⁻⁴	1.468 × 10 ⁻⁴	1.03	1.05	1.178 × 10 ⁻³		
180	1.002.1	887.3	5.153	2.015	4.410	2.590	0.673	0.0364	0.150 × 10 ⁻⁴	1.502 × 10 ⁻⁴	0.983	1.07	1.210 × 10 ⁻³		
190	1.254.4	876.4	6.388	1.979	4.460	2.710	0.669	0.0382	0.142 × 10 ⁻⁴	1.537 × 10 ⁻⁴	0.947	1.09	1.280 × 10 ⁻³		

Fuente: [4]

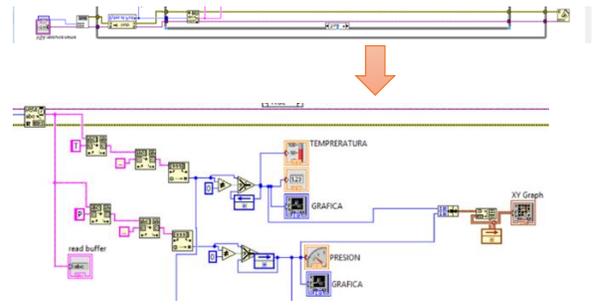
Para visualizar los datos se puede hacer de dos maneras diferentes, automática y manual. La manera automática se maneja a través del sensor de temperatura. Dependiendo de la temperatura entregada vamos visualizando automáticamente dichos valores anteriormente. La manera manual la podemos visualizar dependiendo del valor de temperatura escogido por el usuario.

Ilustración 10. Cuadro de datos en LABVIEW



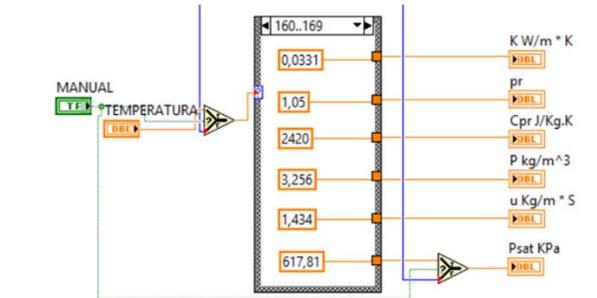
Fuente: autores

Ilustración 11. Comunicación vía serial. entre el ARDUINO Y LABVIEW



Fuente: autores

Ilustración 12. Programación para visualización de tablas



Fuente: autores

Ilustración 13. Toma de datos sensor de temperatura

Autores:
 Arly Darío Rincón Quintero (DIMAT)
 Wilmar Leonardo Rondón Romero (DIMAT)
 Carlos Gerardo Cárdenas Arias (DIMAT)
 Diana Carolina Dulcey Díaz (DIMAT)
 Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez (GISEAC)



```
#include <Adafruit_MAX31865.h>

// Use software SPI: CS, DI, DO, CLK
Adafruit_MAX31865 max = Adafruit_MAX31865(10, 11, 12, 13);

#define RREF 430
#define ANALOGPILA 0
float ten = 0;
int analogValor = 0;
float voltaje = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  max.begin(MAX31865_3WIRE); // set to 2WIRE or 4WIRE as necessary
}

void loop() {
  uint16_t rtd = max.readRTD();
  float ratio = rtd;
  ratio /= 32768;
  ten = max.temperature(100, RREF);

  Serial.print("T "); Serial.println(ten);
}
```

Fuente: autores

Ilustración 14. Toma de datos sensor de presión

```
analogValor = analogRead(ANALOGPILA);

// Obtenemos el voltaje
voltaje = 0.0048 * analogValor;
//Serial.print("Voltaje: ");
Serial.println(voltaje);

// Dependiendo del voltaje mostramos un LED u otro
if (voltaje > 1.097 && voltaje < 1.233)
{
  Serial.println("P 0");
}
else if (voltaje > 1.234 && voltaje < 1.371)
{
  Serial.println("P 0.5");
}
else if (voltaje > 1.372 && voltaje < 1.504)
{
  Serial.println("P 1");
}
else if (voltaje > 1.505 && voltaje < 1.637)
{
  Serial.println("P 1.5");
}
else if (voltaje > 1.638 && voltaje < 1.770)
{
  Serial.println("P 2");
}
else if (voltaje > 1.771 && voltaje < 1.898)
{
  Serial.println("P 2.5");
}
}
```

Fuente: autores

Para lograr obtener todas las variables que influyen en la generación de vapor en la caldera mientras se

pone en régimen transitorio. Para hallar el estado estable, simplemente se integra con respecto al tiempo y se obtienen los valores de las variables en un momento específico. Para ello hay que establecer los siguientes parámetros.

- **Los datos de entrada son:**

- \dot{Q}_t = Calor total proveniente de las resistencias (Para obtener el calor de cada resistencia dividir por 3)
- \dot{m}_{ae} = Flujo másico de agua de entrada
- \dot{m}_{vs} = Flujo másico de vapor de salida
- h_{ain} = Entalpía del agua de entrada
- h_{vs} = Entalpía del vapor de salida

- **Las variables de la caldera son:**

- P = Presión del vapor en la caldera
- m_a = Masa de agua dentro de la caldera
- h_a = Entalpía de la masa de agua dentro de la caldera
- m_v = Masa de vapor dentro de la caldera
- h_v = Entalpía del vapor de agua dentro de la caldera
- m_{av} = Masa de agua que se evapora
- V = volumen total de la caldera
- V_a = Volumen de agua en la caldera
- V_v = Volumen de vapor en la caldera
- v_a = Volumen específico del agua
- v_v = Volumen específico del vapor

Del balance global de energía en el volumen de control determinado tenemos:

$$\dot{Q}_t + \dot{m}_{ae} * h_{ae} - \dot{m}_{vs} * h_{vs} = \frac{d(H_v + H_a)}{dt}$$

Descomponiendo las entalpías del agua y el vapor tenemos:

$$\dot{Q}_t + \dot{m}_{ae} * h_{ae} - \dot{m}_{vs} * h_{vs} = \frac{d(m_v * h_v)}{dt} + \frac{d(m_a * h_a)}{dt}$$

Se aplica regla de la cadena

$$\begin{aligned} \dot{Q}_t + \dot{m}_{ae} * h_{ae} - \dot{m}_{vs} * h_{vs} &= \frac{dm_v}{dt} * h_v + m_v * \frac{dh_v}{dt} \\ &+ \frac{dm_a}{dt} * h_a + m_a * \frac{dh_a}{dt} \end{aligned}$$

Autores:

- Arly Darío Rincón Quintero (DIMAT)
- Wilmar Leonardo Rondón Romero (DIMAT)
- Carlos Gerardo Cárdenas Arias (DIMAT)
- Diana Carolina Dulcey Díaz (DIMAT)
- Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez (GISEAC)



$$\begin{aligned} \dot{Q}_t + \dot{m}_{ae} * h_{ae} - \dot{m}_{vs} * h_{vs} \\ = \frac{dm_v}{dt} * h_v + m_v * \frac{dh_v}{dT} * \frac{dT}{dt} \\ + \frac{dm_a}{dt} * h_a + m_a * \frac{dh_a}{dT} * \frac{dT}{dt} \\ \dot{Q}_t + \dot{m}_{ae} * h_{ae} - \dot{m}_{vs} * h_{vs} \\ = \frac{dm_v}{dt} * h_v + \frac{dm_a}{dt} * h_a + \frac{dT}{dt} \\ * \left(m_v * \frac{dh_v}{dT} + m_a * \frac{dh_a}{dT} \right) \end{aligned}$$

Finalmente, se despeja el diferencial de masa de vapor en el tiempo y tengo:

$$\text{Ecuación 1. } \frac{dm_v}{dt} = \left[\dot{Q}_t + \dot{m}_{ae} * h_{ae} - \dot{m}_{vs} * h_{vs} - \frac{dm_a}{dt} * h_a - \frac{dT}{dt} * \left(m_v * \frac{dh_v}{dT} + m_a * \frac{dh_a}{dT} \right) \right] * \frac{1}{h_v}$$

Con el balance de masa en el agua:

$$\text{Ecuación 2. } \dot{m}_{ae} - \dot{m}_{av} = \frac{dm_a}{dt}$$

Teniendo en cuenta que el volumen de la caldera es constante:

$$V = V_a + V_v = m_a * v_a + m_v * v_v$$

Se deriva (la derivada es igual a 0)

$$\begin{aligned} \frac{dV}{dt} = 0 = v_a * \frac{dm_a}{dt} + \frac{dv_a}{dt} * m_a + \frac{dm_v}{dt} * v_v + m_v \\ * \frac{dv_v}{dt} = \\ v_a * \frac{dm_a}{dt} + \frac{dm_v}{dt} * v_v + m_v * \frac{dv_v}{dT} * \frac{dT}{dt} + m_a \\ * \frac{dv_a}{dT} * \frac{dT}{dt} \end{aligned}$$

Despejo la variación de temperatura en el tiempo y tengo:

$$\text{Ecuación 3. } \frac{dT}{dt} = - \frac{1}{m_v * \frac{dv_v}{dT} + m_a * \frac{dv_a}{dT}} * \left(v_a * \frac{dm_a}{dt} + \frac{dm_v}{dt} * v_v \right)$$

4.3 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA TÉRMICO

Como se ha establecido el equipo desarrollado para las pruebas con los nano-fluidos, tiene unos requerimientos para procesos térmicos con altas presiones y por ello debe ser hermético, con la finalidad de realizar procedimientos de generación de vapor, con el que se pueda construir una curva de presión y temperatura. El objetivo principal es elaborar un sistema que simule una caldera con un volumen constante.

Al realizar los diseños de la caldera en SolidWorks, se tiene en cuenta tuberías y placas que excedieran 3 veces la operación normal del trabajo, lo que quiere decir que, si se va a trabajar a 100 Psi, la tubería y placas van a soportar cinco (5) o seis (6) veces más la presión a la que se van a ejecutar las pruebas.

Para iniciar la construcción y ya teniendo el diseño en SolidWorks, se toman medidas y se realizan los cortes de las bases y tapas laterales, de igual manera, se procede a comprar un tubo de 8 pulgadas de diámetro, al cual se le rectifican sus extremos. A continuación, se realizan las perforaciones al tubo, para este procedimiento se utiliza plasma en los orificios de media (1/2) y de una (1) pulgada, y para los orificios de medidas más pequeñas se utiliza una broca del tamaño que corresponda.

Ilustración 15. Tanque y tapas



Fuente: autores

Las bases que previamente fueron recortadas se ensamblan y se adaptan al cilindro, con el objetivo de darle estabilidad y que se pueda así realizar el trabajo de la mejor manera. La tubería portadora de resistencias se ensambla a las tapas laterales y se refuerza.

Autores:

Arly Darío Rincón Quintero (DIMAT)
 Wilmar Leonardo Rondón Romero (DIMAT)
 Carlos Gerardo Cárdenas Arias (DIMAT)
 Diana Carolina Dulcey Díaz (DIMAT)
 Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez (GISEAC)



Ilustración 16. Unión con bases



Fuente: autores

Las tapas laterales anteriormente soldadas a la tubería de las resistencias, son ensambladas en el tubo de 8 pulgadas, punteadas y alineadas; después de esto, son soldadas por completo y reforzadas al tubo anteriormente mencionado. Seguidamente, se procede a alinear los racores utilizados para el montaje de la mirilla del nivel de agua de la caldera, son punteados, soldados y reforzados. Posteriormente, son alineados los niples faltantes, que son: el de suministro de agua, el de despresurización y evacuación; estos se sueldan por completo y se refuerzan.

Ilustración 17. Equipo con piezas generales



Fuente: autores

Cabe destacar que la soldadura utilizada en todo el procedimiento de construcción es soldadura en argón certificada. Finalmente, se realiza el montaje

de válvulas, se adiciona teflón a todos los racores con el fin de evitar posibles fugas, y se les da un torque necesario a los accesorios para garantizar la seguridad a la hora de hacer la prueba.

LISTA DE MATERIALES

- Tubo de 8" t SCH 40
- 2 tapas circulares de 3/16" inoxidable
- 3 tubos de 5/8" calibre 16
- 1 mirilla para caldero con válvulas
- 1 cola de marrano con acople
- 3 válvulas de bola de 1/2"
- 1 válvula de bola de 1"
- 3 resistencias de 800 watts, 110v, 1/2" de diámetro y 50 cm de largo
- 2 soportes inoxidables de 3/16"
- 3 niples de 1/2"
- 1 niple de 1"
- 1 tramo de ángulo de 1 1/2" x 3/16" acero A36
- 1 bandeja de 50x60 cm
- Aporte 16 para argón inoxidable
- Gel decapante
- 1 lija para carpintería
- 1 tubo capilar de cobre con adaptadores
- 1 manómetro
- 1 soporte con adaptador para manómetro
- 4 tornillos 6 mm con tuercas
- 2 tornillos 4 mm con tuercas
- 1 broca de 1/4"
- 1 broca de 6.75 mm
- 1 machuelo de 8 mm

Para finalizar con la instalación del equipo se hacen las conexiones como se estableció en los planos eléctricos para el control y alimentación de los instrumentos de medición y conversión de las señales.

Ilustración 18. Control eléctrico

Autores:

Arly Darío Rincón Quintero (DIMAT)
 Wilmar Leonardo Rondón Romero (DIMAT)
 Carlos Gerardo Cárdenas Arias (DIMAT)
 Diana Carolina Dulcey Díaz (DIMAT)
 Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez (GISEAC)



Fuente: autores

Ilustración 19. Caldera terminada



Fuente: autores

Como se puede observar en la imagen la caldera tiene una cubierta que funciona como aislante térmico, este equipo está proyectado para ser utilizado en futuras investigaciones y para

capacitación de estudiantes, por lo que debe tener protecciones adecuadas para evitar posibles accidentes.

5. EJECUCIÓN DE PRUEBAS Y RESULTADOS

Al tener construido el equipo para el análisis de fluidos térmicos, se deben realizar unas pruebas que permitan estandarizar su funcionalidad, por ello se hacen primero actividades con el agua, para comparar los datos obtenidos con los tabulados en la bibliografía y con esto definir el margen de error de los equipos. Hace falta aclarar que se tienen dos medidores de temperatura y presión, uno que es visible para el operador del equipo y otro que lee el LABVIEW, que serán analizados al mismo tiempo.

Tabla 2. Datos preliminares del Agua

Tiempo	Temperatura LabView	Temperatura Controlador
0	26,8	27,2
2	26,9	27,8
4	29,1	34,1
6	33,6	41,3
8	39,4	49,2
10	46,6	58,8
12	54,3	66,2
14	63,2	73,1
16	72,4	82,2
17 minutos con 21 segundos	79,2	87

Fuente: autores

Los resultados tomados anteriormente son los cambios de temperatura en segundos antes de que empezara a aumentar la presión, el registro se toma a partir de 0,33 bar porque el manómetro solo registra a partir de ese dato. La tabla con la información de las pruebas se observa en el Anexo A.

La prueba realizada tiene una duración de 37 minutos con 47 segundos, para alcanzar una presión manométrica de 7 Bares y una temperatura de 165° Celsius.

Al comparar los datos obtenidos en los instrumentos con los del LabView se identifica que, el error porcentual para la presión es de 1.083

Autores:

- Arly Darío Rincón Quintero (DIMAT)
- Wilmar Leonardo Rondón Romero (DIMAT)
- Carlos Gerardo Cárdenas Arias (DIMAT)
- Diana Carolina Dulcey Díaz (DIMAT)
- Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez (GISEAC)



% y para la temperatura es de 4.13%. Los errores presentes entre los datos del LabView y los instrumentos, son producto de un desfase en el tiempo, por lo que las gráficas obtenidas en el programa reflejan unas tendencias acordes al comportamiento del agua como fluido de transferencia de calor. Para esto se usaron las siguientes ecuaciones:

$$Error = \left[1 - \frac{P_{manometrica}}{P_{LabView}} \right] * 100\%$$

$$Error = \left[1 - \frac{T_{LabView}}{T_{controlador}} \right] * 100\%$$

Para lograr hacer una comparación con los datos tabulados en la bibliografía se carga en el sistema los siguientes datos.

Tabla 3. Tabla A-9 [4]

Temperatura (Celsius)	Presión (kpa)
65	25,03
70	31,19
75	38,58
80	47,39
85	57,83
90	70,14
95	84,55
100	101,33
110	143,27
120	198,53
130	270,1
140	361,3
150	475,8
160	617,8
170	791,7

Fuente: autores

Se hacen las conversiones necesarias y las interpolaciones para lograr comparar los datos. Al hacer estas actividades se obtiene que la presión manométrica tiene un error de 0.3549% con respecto a los datos tabulados en la bibliografía y los datos obtenidos por LabView tienen un error de 16.0011%.

Con la información recolectada se identifica que el comportamiento en funcionalidad de la caldera está acorde y calibrado basados en los bajos errores porcentuales entregados por los instrumentos. Esto nos permite pasar a hacer pruebas con el nano-fluido.

En la ejecución de la prueba para el análisis del agua con partículas de cobre se obtienen los siguientes datos.

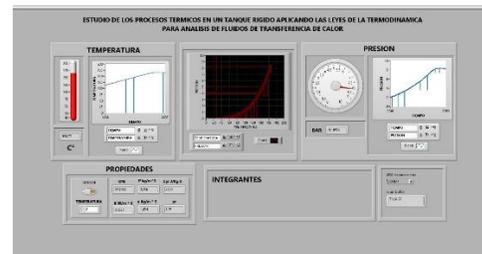
Tabla 4. Datos preliminares del Agua y cobre

Tiempo	Temperatura LabView	Temperatura Controlador
0	25,3	27,2
2	25,5	27,8
4	27,9	34,1
6	32,5	41,3
8	38,4	49,2
10	46,3	58,8
12	54,1	66,2
14	63,2	73,1
16	72,7	82,2
17 minutos con 30 segundos	78	88

Fuente: autores

La tabla anterior muestra los datos obtenidos antes de que se comience a evidenciar cambios en la presión. Para las variaciones de presión y temperatura posteriores se encuentran en el Anexo A. Estas tablas muestran que las diferencias entre los dos fluidos son prácticamente insignificantes, como se observa en las siguientes imágenes.

Ilustración 20. Prueba con Agua



Fuente: autores

Ilustración 21. Prueba con Agua y cobre

Autores:
 Arly Darío Rincón Quintero (DIMAT)
 Wilmar Leonardo Rondón Romero (DIMAT)
 Carlos Gerardo Cárdenas Arias (DIMAT)
 Diana Carolina Dulcey Díaz (DIMAT)
 Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez (GISEAC)



Fuente: autores

Al observar las tablas y las gráficas anteriormente expuestas se evidencia que no hay cambios drásticos en la duración de las pruebas, las temperaturas alcanzadas son cercanas y las tendencias de las curvas son prácticamente iguales.

Al comenzar el proyecto se parte con la hipótesis de que al adicionar las partículas de metal al agua cambiaría sus propiedades térmicas, pero esto no ha pasado. Para lograr entender la razón de esto hace falta aclarar las condiciones de las partículas usadas en esta investigación.

Las partículas de cobre fueron obtenidas mediante el pulido de una varilla de cobre, como se observa a continuación.

Ilustración 22. Proceso de obtención de partículas de cobre



Fuente: autores

Al comparar el tamaño de las partículas con los dedos en la imagen se evidencia que el tamaño de estas es bastante pequeño, pero al introducir estas partículas en el agua sin una agitación constante tienden a mantenerse en el fondo, esto no garantiza que el agua aproveche sus propiedades de transferencia de calor y por ello al ejecutar las pruebas no se observan cambios en las propiedades del agua ni mejoramientos en la transferencia de calor.

6. PROTOCOLO Y PROCEDIMIENTO (MANUAL DE PRÁCTICAS PARA EL EQUIPO CONSTRUIDO)

6.1 SISTEMA TÉRMICO DE CALENTAMIENTO DE FLUIDOS

El sistema térmico de calentamiento de fluidos está dispuesto con el fin de realizar una transferencia de calor por conducción a un fluido en reposo, por medio, de tres resistencias eléctricas.

6.1.1 CALDERÍN

El calderín, se encuentra aislado térmicamente, tiene una capacidad de trabajo de 10 litros de fluidos, posee tres válvulas, una válvula extractora de vapor, otra de admisión y una última de drenaje. Adicionalmente, tiene tres portas de resistencias y tres puertos para conexión de sensores.

Imagen 1. Calderín

Autores:

Arly Darío Rincón Quintero (DIMAT)
 Wilmar Leonardo Rondón Romero (DIMAT)
 Carlos Gerardo Cárdenas Arias (DIMAT)
 Diana Carolina Dulcey Díaz (DIMAT)
 Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez (GISEAC)



Fuente: autores

6.1.2 RESISTENCIAS

Las resistencias poseen una potencia 800 kilowatts, las cuales generan temperatura suficiente para realizar el cambio de fase del fluido.

Imagen 2. Resistencias



Fuente: autores

6.1.3 PUNTOS DE MONITOREO Y CONTROL

Estos puntos de monitoreo y control son analógicos y digitales, con el fin, de tener una correcta lectura del estado del fluido sometido a trabajo durante un tiempo determinado.

Imagen 3. Puntos de monitoreo y control



Fuente: autores

6.1.4 AISLAMIENTO TÉRMICO

El calderín se encuentra aislado térmicamente, con el fin, de restringir la pérdida de calor con el ambiente y tener resultados más precisos.

6.2 SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO

El sistema de control eléctrico, se caracteriza por monitorear y controlar los datos de temperatura y regularlos según sean programados, ya que cuenta con un controlador que regula el flujo de corriente a las resistencias según parámetros de programación (set point).

6.2.1 CONTROLADOR

El controlador, se encarga de realizar la lectura de temperatura por medio de una termocupla, estos datos son registrados y procesados por el controlador, así mismo, el controlador los compara con los datos de programación y envía una señal digital, si es necesario cortar el flujo de corriente, esto sucede cuando la temperatura excede los 220 grados Celsius.

Autores:

Arly Darío Rincón Quintero (DIMAT)
 Wilmar Leonardo Rondón Romero (DIMAT)
 Carlos Gerardo Cárdenas Arias (DIMAT)
 Diana Carolina Dulcey Díaz (DIMAT)
 Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez (GISEAC)



Imagen 4. Controlador.



Fuente: autores

6.2.2 CONEXIONES ELÉCTRICAS

Posee un circuito de control diseñado para cuidar las resistencias y evitar que se dañen con el tiempo; así mismo, tiene un piloto de funcionamiento y la opción de trabajar con el calderín de modo manual o automático.

Imagen 5. Conexión eléctrica.



Fuente: autores

6.3 SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES

6.3.1 SOFTWARE LABVIEW

Este software posee una programación prediseñada que grafica las señales emitidas por los sensores de temperatura y presión mediante la interface Arduino.

Imagen 6. Software LabView



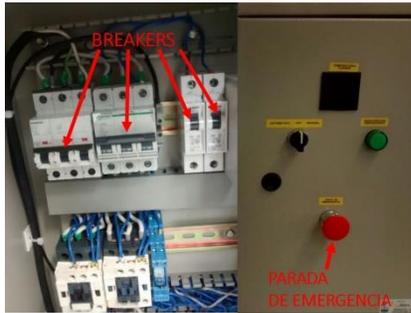
Fuente: autores

6.4 PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO

1. Los breakers internos deben estar en la posición de encendido y pulsada la parada de emergencia del tablero de control.

Imagen 7. Breakers y parada de emergencia

Autores:
 Arly Darío Rincón Quintero (DIMAT)
 Wilmar Leonardo Rondón Romero (DIMAT)
 Carlos Gerardo Cárdenas Arias (DIMAT)
 Diana Carolina Dulcey Díaz (DIMAT)
 Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez (GISEAC)

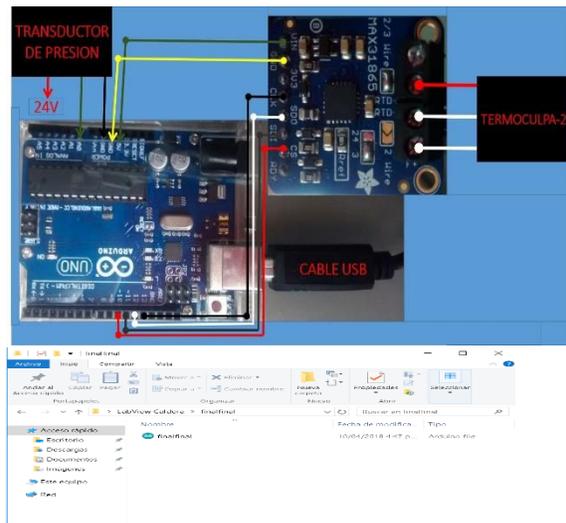


Fuente: autores

2. Verifique que el cableado de la tarjeta Arduino, amplificador y sensores de presión y temperatura se encuentren conectados correctamente.

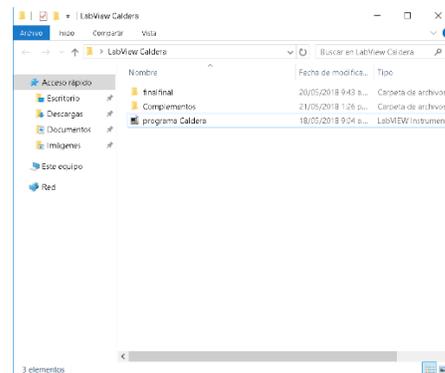
3. Cierre la válvula de drenaje y la válvula de despresurización del calderín.
4. Mida en una probeta la cantidad de fluido que va a utilizar. Recuerde que puede oscilar entre 7 a 10 litros; esto con el fin, de cuidar el estado de funcionamiento de las resistencias.
5. Adicione el fluido medido al calderín por la válvula de admisión y ciérrela.
6. Verifique que todas las válvulas tengan su broche de seguridad puesto.
7. conecte el arduino por medio del cable USB al computador.
8. Ingrese a la carpeta donde se encuentra el archivo del software.
9. Dentro de la carpeta se encuentran dos archivos con los nombres finalfinal (carpeta) y programa Caldera, ingresamos en la carpeta finalfinal.

Imagen 8. Conexión amplificadora, Arduino y sensores.



Fuente: autores

Imagen 9. Selección de carpeta



Fuente: autores

10. Doble clic nuevamente en el archivo finalfinal para abrir el programa Arduino.

Imagen 10. Arduino finalfinal

Fuente: autores

11. La tarjeta Arduino ya posee la programación en caso de que se pierda o

Autores:
 Arly Darío Rincón Quintero (DIMAT)
 Wilmar Leonardo Rondón Romero (DIMAT)
 Carlos Gerardo Cárdenas Arias (DIMAT)
 Diana Carolina Dulcey Díaz (DIMAT)
 Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez (GISEAC)



se borre dentro de la tarjeta se debe de realizar nuevamente tal cual se deja a continuación:

```
#include <Adafruit_MAX31865.h>

// Use software SPI: CS, DI, DO, CLK
Adafruit_MAX31865 max = Adafruit_MAX31865(10, 11, 12, 13);

#define RREF 432
#define ANALOGPILA 0
float tem = 0;
int analogValor = 0;
float voltaje = 0;

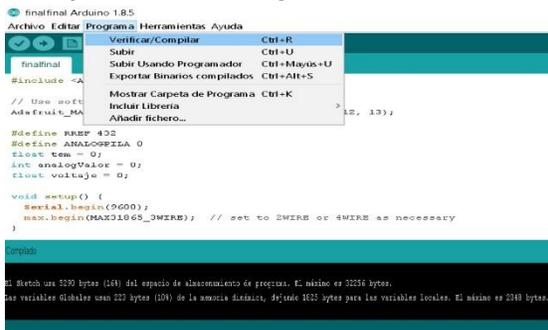
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  max.begin(MAX31865_3WIRE); // set to 2WIRE or 4WIRE as necessary
}

void loop() {
  uint16_t rtd = max.readRTD();
  float ratio = rtd;
  ratio /= 32768;
  tem = max.temperature(100, RREF);

  Serial.print("T "); Serial.println(tem);
  //Serial.println();

  analogValor = analogRead(ANALOGPILA);
```

```
// Obtenemos el voltaje
voltaje = 0.0048 * analogValor;
```



```
delay(2000);
Serial.print("P ");
Serial.println(voltaje);
delay(2000);
```

}

Imagen 11: Visualización de la programación Arduino



Fuente: autores

12. Seleccione la pestaña “programa” y seguidamente “verificar/compilar”; el software realizará un chequeo de la programación; verifique que todo el programa se encuentre en condiciones normales.

Imagen 12. Chequeo de variables de programación

Fuente: autores

13. Una vez comprobado que la programación se encuentra funcional y sin anomalías, se dirige a la opción de la ventana “Monitor Serie”, ubicada en la parte superior izquierda, se verifica el estado de las

Autores:
 Arly Darío Rincón Quintero (DIMAT)
 Wilmar Leonardo Rondón Romero (DIMAT)
 Carlos Gerardo Cárdenas Arias (DIMAT)
 Diana Carolina Dulcey Díaz (DIMAT)
 Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez (GISEAC)



señales de entrada al Arduino, seguidamente se abrirá una ventana que mostrará los voltajes de los mismos.

Imagen 13. Monitor serie

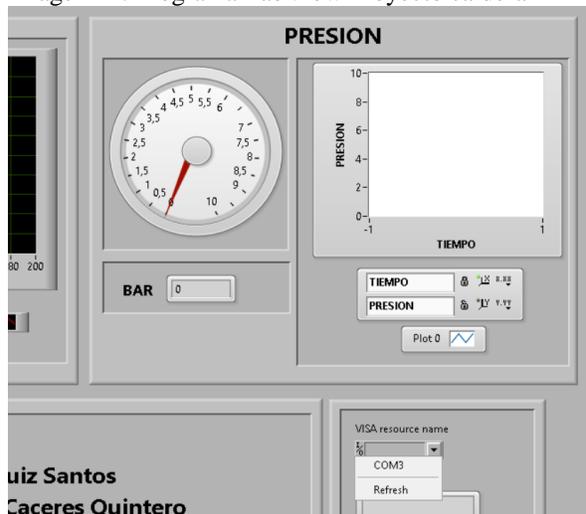


Fuente: autores

14. Cierre las ventanas y regrese a la carpeta “LabView caldera” donde se encuentran los dos archivos, finalfinal y programa caldera.

Ejecute “programa caldera”, el cual abre el software LabView en el que se encuentra el programa de recolección de datos. Asegurar que en la opción “VISA resource name” se encuentra seleccionado el puerto USB que comunica con el Arduino. Ejemplo el COM3 (ver imagen 11).

Imagen 14. Programa LabView Proyecto caldera

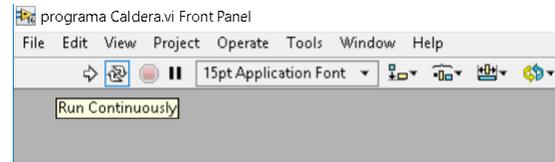


Arly Santos
 Wilmar Caceres Quintero

Fuente: autores

15. Sacar la parada de emergencia del tablero eléctrico para que el calderin empiece a generar calor e iniciar la práctica.
16. Correr el programa como se muestra en la imagen.

Imagen 15. Correr programa de recolección de datos



Fuente: autores

17. La práctica finaliza cuando la presión del calderin llega a 7 bares, esta presión es la presión máxima a la que se debe someter el calderin por la seguridad de la práctica.
18. Se pone la parada de emergencia, se guarda el documento y se procede a despresurizar.
19. Utilizar guantes de carnaza para realizar la despresurización.
20. Abra la válvula de despresurización 1/8 y deje que el vapor salga hasta que la presión llegue a cero.
21. Utilice un recipiente para drenar el calderín; se debe tener precaución al momento de realizar esta maniobra ya que la temperatura del fluido puede producir quemaduras al contacto con la piel. Desconecte el banco y deje el lugar ordenado.

7. REJILLA FINAL DE EVALUACIÓN DEL PROCEDIMIENTO.

Luego de llevar a cabo el manual de operaciones del equipo, la construcción y puesta en funcionamiento con pruebas experimentales, se procede a realizar la evaluación del procedimiento con los resultados de aprendizaje en los estudiantes. Estos resultados se logran luego de seguir con los pasos del manual.

Autores:

- Arly Darío Rincón Quintero (DIMAT)
- Wilmar Leonardo Rondón Romero (DIMAT)
- Carlos Gerardo Cárdenas Arias (DIMAT)
- Diana Carolina Dulcey Díaz (DIMAT)
- Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez (GISEAC)



Para la evaluación del proceso se diseña una nueva rejilla de resultados finales (Tabla 9), basados en la competencia, los resultados de aprendizaje, los objetivos del procedimiento y los saberes adquiridos durante todas las etapas del proceso de aprendizaje.

Tabla 5. Rejilla de evaluación final.

REJILLA DE DIAGNOSTICO INICIAL			
CRITERIOS	INDICADORES	Cumple	
		SI	NO
SENSIBILIZACIÓN	¿Conoce los mecanismos de transferencia de calor?	X	
	¿Identifica la importancia de la conductividad térmica en los materiales y la influencia de esta propiedad en los procesos industriales?	X	
	¿Conoce la diferencia entre un fluido y un nano-fluido?	X	
	¿Conoce algún equipo que permita analizar el comportamiento de los fluido al adicionar calor?	X	
MARCO TEÓRICO	¿Manejas las propiedades térmicas de los fluidos?	X	
	¿Identifica los diagramas de fase?	X	
	¿Interpreta el fenómeno de conducción de calor en condiciones de estado estable?	X	
MARCO EXPERIMENTAL	¿Identifica la distribución de temperatura de un material y la densidad de flujo de calor que viaja a través del mismo?	X	
	¿Conoce los diferentes tipos de termocoplas que se encuentran comercialmente y la sensibilidad de cada una?	X	
	¿Ha realizado un informe de laboratorio en formato IEEE?	X	
	¿Conoce las normas de seguridad que se deben llevar a cabo durante una prueba de laboratorio?	X	

Fuente: Autor

8. Referencias

- [1] Y. Xuan y Q. Li, «Heat Transfer Enhancement of Nanofluids,» *J. Heat Fluid Flow*, p. 58–64., 2000.
- [2] M. Moosavi, E. K. Goharshadi y A. Youssefi, «Fabrication, Characterization, and Measurement of Some Physicochemical Properties of ZnO Nanofluids,» *J. Heat Fluid Flow*, p. 599–605, 2010.
- [3] S. K. Das, N. Putra, P. Thiesen y W. Roetzel, «Temperature Dependence of Thermal Conductivity Enhancement for Nanofluids,» *J. Heat Transfer*, p. 567–574, 2003.

- [4] Y. A. Cengel, *Termodinamica*, Mc Graw Hill, 2014.
- [5] A. Hofstein y V. N. Lunetta, «The Role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research,» *Review of Educational Research*, vol. 52, n° 2, pp. 201-217, 1982.
- [6] COMSOL, *Multiphysics Modeling, Finite Element Analysis, and Engineering Simulation Software.*, Estocolmo: COMSOL, 2012.
- [7] L. Cortez y Leonel, «Sistema de medición de la conductividad térmica de los materiales solidos conductores, diseño y construcción,» Centro nacional de metrología., Querétaro, México, 2008.

Autores:

Arly Darío Rincón Quintero (DIMAT)
 Wilmar Leonardo Rondón Romero (DIMAT)
 Carlos Gerardo Cárdenas Arias (DIMAT)
 Diana Carolina Dulcey Díaz (DIMAT)
 Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez (GISEAC)