



NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:  
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

13 - 16  
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,  
COLOMBIA



# Empleo del laboratorio de plantas térmicas de la Universidad Libre sede Bogotá para la integración conceptual de asignaturas estudiadas durante la época de la pandemia

**Astrid Altamar, Nikolay Agudelo, Salvador Vargas, Gabriel Camargo**

**Universidad Libre  
Bogotá, Colombia**

## Resumen

Después de dos años de impartir las asignaturas correspondientes al pensum de Ingeniería Mecánica, debido a la pandemia ocasionada por el COVID 19, las directivas de la Universidad Libre decidieron volver a la metodología presencial en todas sus actividades y diferentes sedes. Desde el primer instante del regreso se hizo evidente que mucho de lo impartido durante la modalidad virtual, no había sido del todo asimilado por los estudiantes y que, aunque se generaron contenidos y se obtuvieron notas el proceso de aprendizaje y apropiación del conocimiento dejaba mucho que desear. Como parte de una estrategia para enfrentar esta falencia, el Departamento de Ingeniería Mecánica, implemento un plan de contingencia basado en el uso de prácticas integradoras en sus diferentes laboratorios. En el área de térmicas y fluidos una materia que facilitaba esta integración es la transferencia de calor por ser esta asignatura parte de una operación importante en la formación de los ingenieros vinculados a procesos de diversos tipos, sean estos mecánicos, químicos, alimentos, transporte, seguridad, etc. En el presente documento se muestra el esquema de la guía de laboratorio seguida para integrar, de manera armónica, algunos de los conceptos de física térmica, mecánica de los fluidos, maquinas hidráulicas y termodinámica mediante equipos y preguntas que aborden teoría y práctica en su desarrollo.

**Palabras clave:** pandemia; transferencia de calor; educación

## Abstract

*After two years of teaching the subjects corresponding to the Mechanical Engineering and Environmental Engineering curriculum, due to the pandemic caused by COVID 19, the directors of the Universidad Libre decided to return to the face-to-face methodology in all its activities and different campus.*

*From the first moment of return it became evident that much of what was taught during the virtual modality had not been completely assimilated by the students and that, although content was generated and notes were obtained, the learning process and appropriation of knowledge left much to be want. As part of a strategy to address this shortcoming, the Department of Mechanical Engineering implemented a contingency plan based on the use of integrative practices in its different laboratories.*

*In the area of thermal and fluids, a subject that facilitated this integration is heat transfer course, as this subject is part of an important operation in the training of engineers linked to processes of various types, be they mechanical, chemical, food, transport, etc. security etc  
This document shows the outline of the laboratory guide followed to integrate, in a harmonic way, some of the concepts of thermal physics, fluid mechanics, hydraulic machines and thermodynamics through equipment and questions that address theory and practice in its development.*

**Keywords:** pandemic; heat transfer; education

## 1. Introducción

Durante el periodo comprendido entre marzo del 2020 y diciembre del 2021, la docencia en general se vio sometida al reto de impartir clases “virtuales”. Este desafío se asumió de prisa y sobre la marcha, convirtiéndose la docencia en una nueva interacción desconocida hasta ese entonces. Los resultados de esta pedagogía aún se desconocen de manera global, pero para las carreras universitarias y en especial aquellas que tienen una elevada carga de laboratorios, como la Facultad de Ingeniería de la Universidad Libre los resultados son poco satisfactorios. Para los departamentos de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Ambiental las asignaturas de Termodinámica, transferencia de calor, mecánica de fluidos, generación de potencia, balance de materia, procesos entre otras, que conforman los fundamentos ingenieriles de estas profesiones usaron el laboratorio de plantas térmicas para acercar y evidenciar a los estudiantes de las aplicaciones de los conceptos impartidos en dichas clases.

La idea central que se detalla en este trabajo es el uso del laboratorio de plantas térmicas para reforzar aspectos tales como diferencias entre dimensiones y unidades, factores de conversión, diversas unidades de medición, equipos de uso común en múltiples industrias, tipos de flujo, números adimensionales, etc.

En el laboratorio de Plantas térmicas se encuentran una Caldera piro tubular, intercambiadores de tubo y coraza, de placas y doble tubo, trampas de vapor, tanques de calentamiento, bombas de



diversa índole y una torre de enfriamiento con sus respectivos equipos de medición de caudales básicos, temperaturas y presiones. Además de disponer de una cámara termográfica y un analizador de gases. Con estos dispositivos se estableció una estrategia pedagógica para adelantar las materias mencionadas anteriormente, mientras se recordaba de manera crítica y valorativa los conceptos fundamentales impartidos en las asignaturas del ciclo básico.

La estrategia consistía en preparar una serie de interrogantes para diagnosticar que tanto de lo impartido durante los casi 4 semestres de educación virtual había sido asimilado y ya constituía una base de su pensamiento como ingenieros. La estrategia se materializó alrededor de los contenidos programáticos de las asignaturas de Mecánica de Fluidos y transferencia de calor por ser estas asignaturas materias de aplicación práctica para las ingenierías ambiental y mecánica.

## 2. Materiales y métodos

La transferencia de calor es una operación importante en la formación de los ingenieros vinculados a procesos de diversos tipos, sean estos mecánicos, químicos, alimentos, transporte, seguridad, etc. La transferencia de calor es una forma de transferir energía debido a una diferencia de temperatura y por lo tanto se puede evidenciar su aplicación en equipos como calderas, hornos, vehículos, computadores, intercambiadores de calor, aire acondicionado, cocinas de gas, planchas de calefacción entre otros. Existen tres métodos mediante los cuales se puede presentar la transferencia de calor, a saber: CONDUCCIÓN, CONVECCIÓN Y RADIACIÓN. (1,2,3)

En esta práctica de laboratorio se mostrarán diferentes equipos y se indagará sobre él, o los, mecanismo(s) de transferencia de calor presentes en los mismos, asociando los equipos con conceptos estudiados en asignaturas tales como: termodinámica, mecánica de los fluidos, física térmica entre otros. Para ello se procura determinar, de manera cuantitativa y lo más precisa posible, el valor de parámetros tales como números adimensionales, áreas, espesores, caudales y demás, procediendo para ello con la medición directa o mediante la ayuda de ecuaciones y nomogramas a lograr concretar un estimativo aproximado a su valor real.

### PREGUNTAS PREVIAS:

- ¿QUE SE ENTIENDE EN TERMODINÁMICA POR SISTEMA?
- ¿CUALES DE LOS SISTEMAS QUE HACEN PARTE DEL LABORATORIO DE PLANTAS TÉRMICAS DE SU UNIVERSIDAD LIBRE, SE PUEDEN CONSIDERAR ABIERTOS Y CUALES CERRADOS? (4)
- ¿Qué ES EL NUMERO DE REYNOLDS Y QUE FUERZAS INVOLUCRA EN SU DEFINICIÓN?
- ¿Qué LE SUCEDE A LA VISCOSIDAD DE UN LIQUIDO AL AUMENTAR LA TEMPERATURA? ¿LE OCURRE LO MISMO A LA DE GASES Y VAPORES?
- ¿PODRÍA USTED DETERMINAR EL VALOR CUANTITATIVO DE LA DIFUSIVIDAD TÉRMICA, COMO?



### 3. Objetivos

1. Conceptualizar e identificar en la práctica los diferentes mecanismos de transferencia de calor y determinar las ecuaciones que los gobiernan.
2. Evaluar el valor de algunas de las variables y parámetros termodinámicos que se registran en la transmisión de calor.
3. Asociar equipos con ecuaciones

### 4. Procedimiento

1. Armar grupos constituidos por dos estudiantes y responder las preguntas que aparecen antes de la descripción de los equipos.
2. Los grupos se les asignara un determinado sistema y dispondrán de un tiempo límite de 15 minutos para responder una serie de interrogantes. Al concluir el tiempo límite deberán rotar y pasar a otro sistema hasta completar los equipos empleados en el desarrollo de la práctica. En cada uno de los equipos se le solicita hacer unos pequeños cálculos numéricos y en todos los casos determinar la ecuación de transferencia de calor involucrada. ASI EL TEMA NO HAYA SIDO AUN ESTUDIADO EN EL CURSO.

### Caldera pirotubular

La Caldera (imagen 1) es un dispositivo en el que se aprovecha una fuente de energía (generalmente proveniente de algún combustible fósil o nuclear, aunque ya existen instalaciones solares), para generar vapor de agua en alguna determinada aplicación. En el caso de emplear combustible fósil las calderas se pueden considerar piro tubular en la cual la llama y gases calientes están en un tubo alrededor del cual se encuentra el agua que se vaporiza; las otras son acua tubulares donde el agua es la que circula por los tubos. Se le suministra al estudiante la cámara termográfica (imágenes 2 y 3), que es un dispositivo que al tomar una imagen también puede registrar su temperatura. Se le formulan algunas preguntas que deben desarrollar cálculos numéricos. Se reportan aquí alguna de las preguntas.





Imagen No 1 Caldera del Laboratorio de Plantas térmicas.

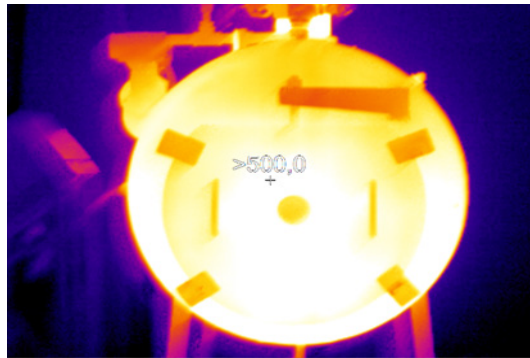


Imagen No 2. Vista frontal de la caldera Fuente: Cámara Fluke TI-400.

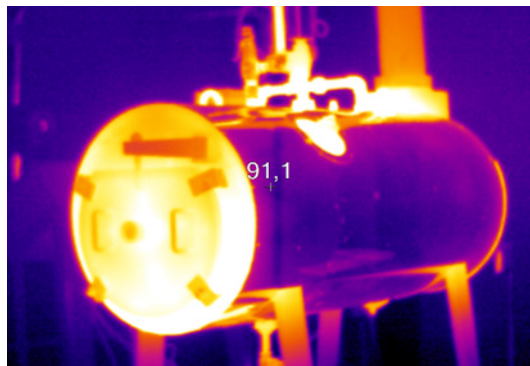


Imagen No 3. Vista lateral de la caldera. Fuente: Cámara Fluke TI-400.

PREGUNTAS: Suponga estado estable.

- 1) ¿Qué mecanismos de transferencia están presentes en el funcionamiento imaginario de la caldera? Considere desde el interior de la caldera hasta:
  - a) Una distancia de 0.5 m de la cara frontal de la caldera y a una distancia de 2 metros

- b) Una distancia de 0.5 de la cara lateral de la caldera y a una distancia de 2 metros.
- c) Establezca con base en las imágenes cuales serían las ecuaciones de cada uno de los mecanismos de transferencia de calor. INVOLUCRE NUMEROS. HAGA MEDICIONES.
- 2) Construya un diagrama de temperatura y resistencia para el caso de los mecanismos de transferencia de calor involucrados en la cara lateral de la caldera.
- 3) Según la primera ley de la termodinámica cual es la ecuación de conservación de la energía (primera ley de la termodinámica), para este equipo.
- 4) Si la caldera se presurizaba hasta 50 psi ¿Qué T y entalpía se alcanzaban?

### Intercambiador de calor de coraza y tubos



Imagen No 4. Intercambiador de coraza y tubos.

En la figura 4 se muestra (encerrado) un intercambiador de coraza y tubos en el cual, permitía que el vapor de agua saturado proveniente de la caldera calentara agua de enfriamiento proveniente de la torre de enfriamiento.

PREGUNTAS suponga estado estable

- 1) Este intercambiador de calor ¿opera en paralelo o en contracorriente?
- 2) Establezca un diagrama de temperatura y resistencias partiendo desde la temperatura del fluido más caliente hasta la temperatura ambiente en el exterior y a una distancia de 0.5 m?
- 3) ¿Por qué parte de este intercambiador circula el agua y por donde el vapor?
- 4) ¿Cuál sería la ecuación para la transferencia de calor por convección entre el exterior del intercambiador y la temperatura ambiente?
- 5) Interrogante de la isla de la fantasía: En estado estable y suponiendo que el sistema opera de forma adiabática e imaginando que la caldera esta prendida y el medidor de flujo másico de la caldera está descompuesto. Cuantifique el flujo másico de vapor, si el flujo de masa de agua es el señalado por el medidor de masa y suponiendo un aumento de 30 C para la temperatura del agua.

- 6) Con los datos anteriores calcule la MLDT (media logarítmica de la diferencia de temperatura)
- 7) ¿Cómo calcularía el Reynolds del fluido que circula por fuera de los tubos?

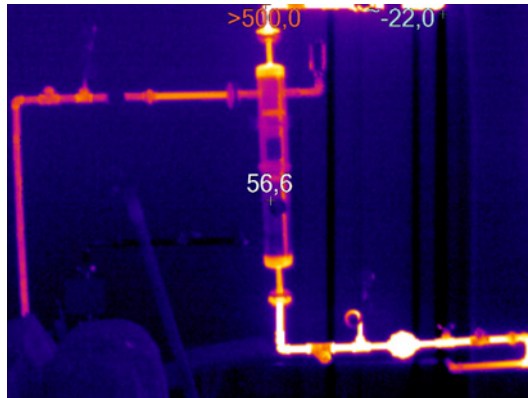


Imagen No 4. Intercambiador de tubo y coraza

### Tanque de calentamiento de aceite

En este equipo se calienta un aceite térmico que se envía al intercambiador de doble tubo mediante una bomba, en este intercambiador se enfría al calentar agua de enfriamiento. Para el aceite empleado calcule:

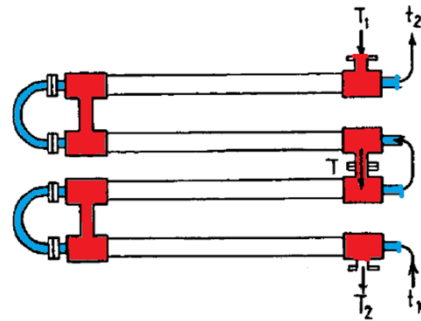
- 1.) El número de Reynolds cuando circula por el intercambiador.
- 2.) Según la cifra del número de Reynolds Circularía en régimen laminar o turbulento
- 3.) Cuál sería la ecuación del balance de energía para este equipo
- 4.) Cuál sería el valor de la difusividad térmica de este aceite

### Intercambiadores de calor de doble tubo

Se muestra aquí un sistema de tres horquillas que constituyen un intercambiador de doble tubo donde un aceite térmico se usa para calentar el agua de enfriamiento.

- 1.) Cuál es el número de Reynolds del agua y del aceite térmico a la entrada del intercambiador
- 2.) Para cada uno de los intercambiadores de calor (tres en total establezca la MLDT
- 3.) Cuál sería el diagrama de Temperaturas y resistencias para cada uno de los intercambiadores partiendo del fluido más caliente hasta la temperatura ambiente a 0.5 m del intercambiador.





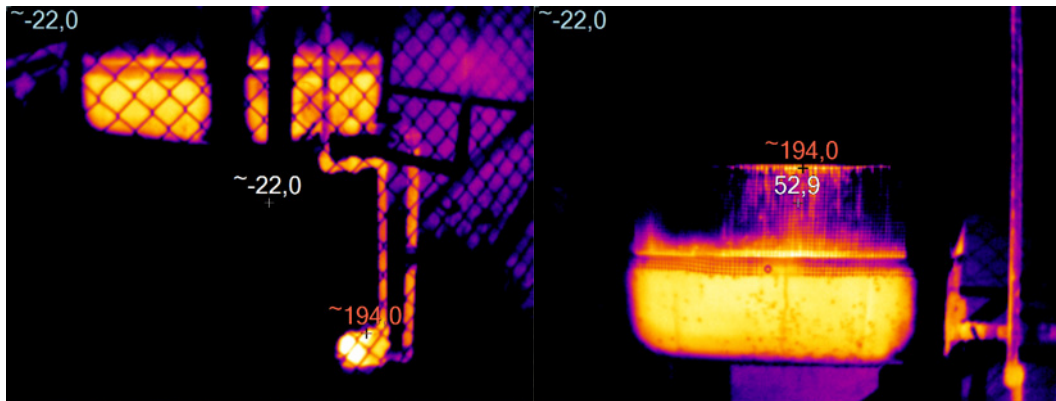
Intercambiadores de doble tubo en serie

Imagen No 5. Intercambiadores de Doble tubo

## Torre de enfriamiento

En una torre de enfriamiento o Schiller se vuelve a enfriar el agua de enfriamiento que se recirculaba al proceso. La torre de enfriamiento, de color azul, permite que al atomizar el agua esta se enfríe con el aire que es impulsado por un extractor ubicado en la parte superior del mismo.

- 1.) ¿Cuál sería la ecuación del balance de energía para este dispositivo donde se intercambia calor?
- 2.) ¿Estime con base en las imágenes No 6 y 7, los posibles mecanismos de transferencia de calor involucrados en el proceso?



## 5. Resultados y conclusiones

Algunos de los cálculos fueron más dispendiosos que otros, por ejemplo, en el número de Reynolds de los gases y vapores, el conocer la viscosidad y valor de flujo másico fue muy demorado. Conocer la densidad a pesar de tener las tablas de vapor de agua no fue sencillo que se llegara a captar que ese valor lo conocían. Para la viscosidad de los vapores, una vez explicado el uso del nomograma (1) el conocimiento del valor de la viscosidad fue sencillo. Para algunos de estos cálculos el estudiante usaba calibradores, para verificar la información disponible en los manuales de los equipos y de esta manera determinar diámetros de tuberías y conocer así la velocidad de los fluidos que circulaban por las tuberías. A pesar de usar dispositivos móviles y la información contenidos



en el internet el aplicar las ecuaciones para los cálculos de la transferencia de calor por radiación, convección o conducción no fueron tan fácil como se presuponía al diseñar la práctica. El cálculo de la humedad relativa del aire a la entrada y salida de la torre de enfriamiento sirvió para explicar de nuevo la carta psicométrica y sus aplicaciones.

## 6. Bibliografía

- Kern Donald. Procesos de Transferencia de Calor. Editorial CECSA (1980)
- Cengel Yanus. Transferencia de calor y masa. Editorial McGraw Hill (2019)
- Levenspiel O. Flujo de Fluidos e Intercambio de Calor. Editorial Reverte (1978)
- Cengel Y, Boles M. Termodinámica. Editorial Mc Graw Hill (2011)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

