

Desarrollo de una Novedosa Guía Educativa Teórico-Práctica para el Aprendizaje de la Transferencia de Calor por Convección en Estado Transitorio

Development of a theoretical-practical guide for the study of heat convection in a transient state

Guillermo VALENCIA Ochoa [1](#); Sergio DE LA HOZ Truyoll [2](#); Wilmer ESCOBAR Sanchez [3](#)

Recibido: 08/07/2017 • Aprobado: 01/09/2017

Contenido

- [1. Introducción](#)
 - [2. Metodología](#)
 - [3. Análisis y Resultados](#)
 - [4. Conclusiones](#)
- [Referencias Bibliográficas](#)

RESUMEN:

Con el fin de mejorar los procesos de aprendizaje del fenómeno de la transferencia de calor por convección en estado transitorio, se presenta una guía de laboratorio donde se calcula experimentalmente el coeficiente de convección acompañada del desarrollo de un equipo de laboratorio de bajo presupuesto. El objetivo principal de este trabajo es determinar los coeficientes convectivos de transferencia de calor utilizando el agua y el aire como refrigerantes de dos cilindros de diferentes materiales, tanto en convección libre y convección forzada. Los resultados son presentados por los estudiantes de manera gráficas y tabulada, lo que permitió comparar valores experimentales y teóricos. De esta manera los estudiantes de ingeniería pueden tener una experiencia teórico-práctica sobre el fenómeno que ocurre en la transferencia de calor por convección como experiencia complementaria a los

ABSTRACT:

In order to improve the learning processes of the convection heat transfer phenomenon in transient state, a laboratory guide is presented where the convection coefficient is experimentally calculated together with the development of low budget laboratory equipment. The main objective of this work is to determine the convective heat transfer coefficients using water and air as refrigerants of two cylinders of different materials, both in free convection and forced convection. The results are presented by the students graphically and tabulated, which allowed comparing experimental and theoretical values. In this way, students of engineering can have a theoretical-practical experience on the phenomenon that occurs in convective heat transfer as a complementary experience to the theoretical concepts studied in the classroom, which allows to strengthen their knowledge and to appropriate the same.

conceptos teóricos estudiados en el aula de clase, lo que permite fortalecer sus conocimientos y apropiarse de los mismos.

Palabras clave: Transferencia de calor, Convección libre y forzada, Coeficiente convectivo, Experiencia de laboratorio.

Keywords: Heat Transfer, Free and Forced Convection, Convective Coefficient, Laboratory Experience.

1. Introducción

Las prácticas de laboratorio en ingeniería son utilizados como mecanismos de enseñanza-aprendizaje y se han convertido en un puente entre la teoría y la práctica real. Por lo anterior, se hace necesario desde el proceso de formación de los ingenieros desarrollar un conjunto de estrategias para promover sus capacidades, habilidades y competencias necesarias que les permita aportar a la innovación, incluyendo aspectos tecnológicos, de sostenibilidad y construcción social. Se podría decir que las prácticas de laboratorio en la ingeniería tiene connotación similar a la de un taller en otra áreas, definiéndose el taller como como estrategia metodológica de trabajo grupal que va más allá del aprendizaje de conceptos y que permite integrar teoría y práctica al mismo nivel, al lograr que el estudiante “aprenda haciendo” (García Rodríguez and Cañal de León 1995). La importancia de las prácticas de laboratorio radica en la ayuda que se le brinda al estudiante y futuro ingeniero a complementar todo tipo de conceptos o dudas que surgen en el aula de clase basados en un modelo pedagógico CDIO (Concebir – Diseñar – Implementar – Operar), el cual favorece la apropiación del conocimiento, ya que establece una interacción con el entorno real, lo que permite corroborar las teorías y modelos aprendidos durante todo el curso (Téllez Gutiérrez and García 2013). Este programa moderno de educación en ingeniería busca impartir a los estudiantes una amplia base de conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para convertirse en jóvenes ingenieros exitosos y así hacer frente a las demandas que tiene la industria. Según la American Society for Engineering Education, se considera que el 71 % de responsabilidad del desarrollo del pensamiento crítico por medio del aprendizaje basado en resolución de problemas y trabajo colaborativo corresponden a los procesos académicos que se llevan a cabo en las instituciones de educación (Steffens, Ojeda, and Martinez 2017). De lo anterior, se puede decir que se han desarrollado diferentes modelos de apoyo a los procesos académicos para el aprendizaje interactivo que permiten al estudiante tener mejor experiencia educativa (Bautista, Martinez, and Hiracheta 2014) para que el proceso educativo sea más efectivo.

Para complementar los conceptos teóricos que se desarrollan en un curso de pregrado en ingeniería se hace necesaria la práctica en los laboratorios, espacio donde se comprueban las ecuaciones y conceptos estudiados previamente. De igual manera, al desarrollar equipos de laboratorio en los que el estudiante pueda tomar datos de una experiencia específica se estimula el autoaprendizaje, permitiendo que el modelo de laboratorio implementado se enfoque en mejorar el proceso de apropiación conceptual del estudiante de una manera más práctica y accesible gracias a los materiales usados.

Por otro lado, se ha demostrado que uno de los principales problemas que se encuentran en las prácticas de laboratorio, son en su mayoría, la falta de comprensión e interés en el curso, ocasiones en gran medida que exista una gran desmotivación para el aprendizaje de esta temática. Sin embargo, el mundo globalizado exige que los profesionales sean integrales en los conocimientos técnicos específicos, además en el desarrollo de habilidades sociales como el trabajo en equipo, resolución de problemas y de competencias en comunicación oral y escrita (Téllez Gutiérrez and García 2013), por lo que se hace necesario desarrollar y poner en práctica herramientas adecuadas como las guías educativas para el aprendizaje de los futuros ingenieros, que le permitan enfrentarse a situaciones particulares, donde puedan tomar decisiones efectivas a partir de los recursos disponibles.

El objetivo principal de esta guía es propiciar el aprendizaje de la transferencia de calor por convección en estado transitorio a nivel experimental de una manera más práctica y accesible al estudiante, que la que ofrecen soluciones comerciales como el equipo HT17 DE transferencia

térmica en régimen transitorio, diseñada por la empresa Armfield, o el CD-11604 que es un modelo creado por la empresa Amatrol, el cual mediante interacciones atractivas e impresionantes animaciones 3D acompañado con texto y audio, explican la transferencia de calor por conducción y convección de una manera más didáctica para los estudiantes. Estas propuestas a pesar de permitir estudiar de manera muy clara como es el fenómeno de la transferencia de calor por convección, presentan un conjunto de limitantes como los altos precios de adquisición, la necesidad de contratar capacitaciones especializadas para el entrenamiento y mantenimiento. Teniendo en cuenta lo anterior, es importante tener claro que los estudiantes pueden elaborar su propio equipo de una manera más práctica y formativa, creando más interés por la asignatura, y así promoviendo el pensamiento crítico del personal en formación con miras a un mejor desempeño en el mundo laboral (Coto et al. 2015).

Al desarrollar un equipo económico e instrumentado con sus sistema de visualización de datos, es posible realizar un estudio comparativo entre los datos obtenidos experimentales con los valores teóricos para el fenómeno de la transferencia de calor por convección en estado transitorio, teniendo en cuenta que este fenómeno ocurre al interior del metal a la superficie y la temperatura en cada punto disminuye hasta que alcanza una condición estable (Incropera et al. 2007), lo cual se logra estudiar con el equipo en conjunto con la guía.

Este artículo presenta el desarrollo y aplicación de una guía educativa teórico práctica para el estudio de la transferencia de calor por convección en estado transitorio y los resultados de la toma de datos de su aplicación para la mejora del pensamiento crítico en términos de claridad, precisión y pertinencia en los estudiantes de pregrado en ingeniería en el marco de la asignatura transferencia de calor (Borghetti et al. 2013), tomando como muestra 15 estudiantes de VIII semestre del programa de ingeniería mecánica se dividieron en grupos de 3 a 4 estudiantes.

2. Metodología

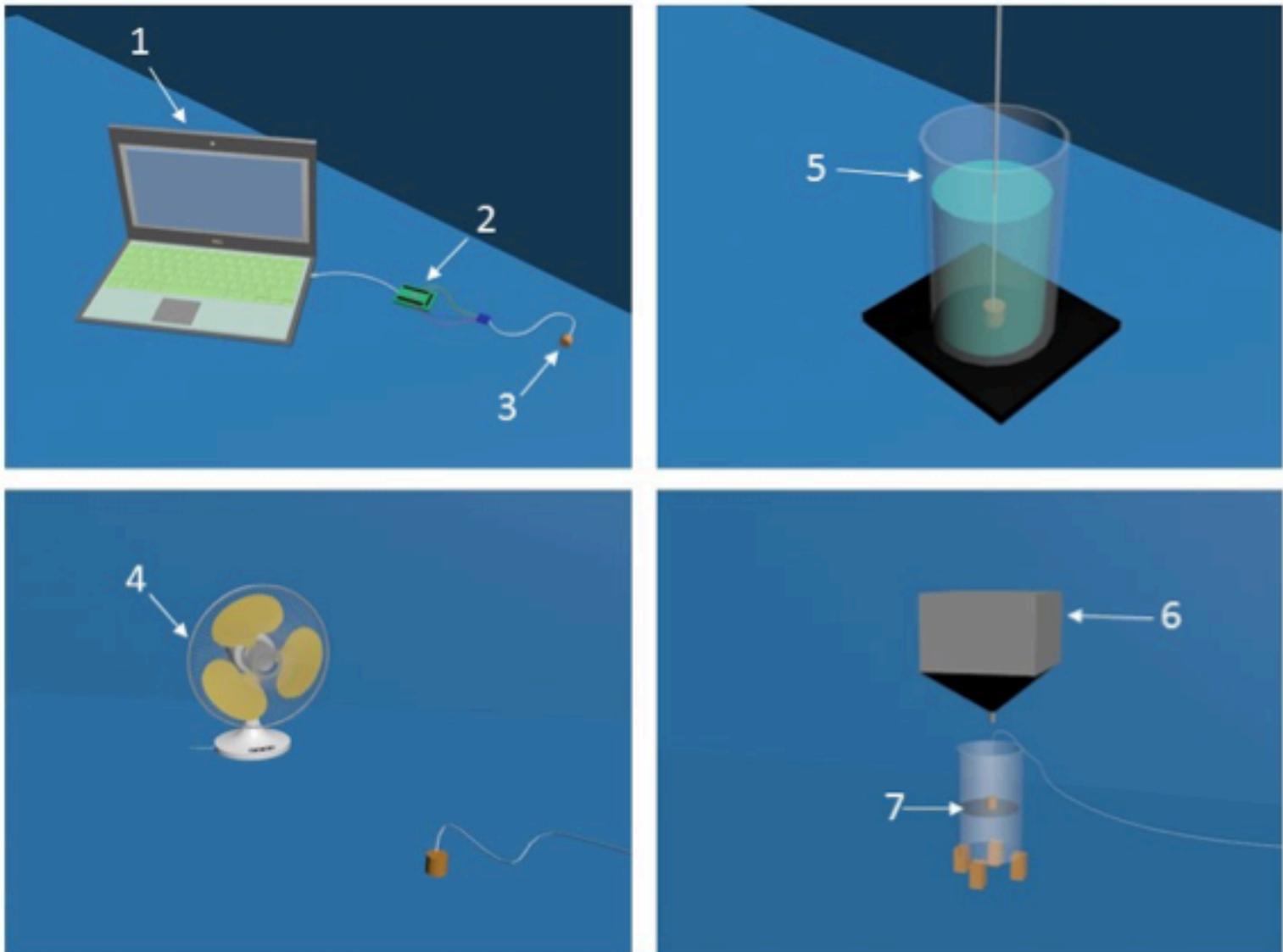
La experiencia fue diseñada para que el estudiante interactuara con el equipo desarrollado y realizara el análisis y la discusión de resultados con su grupo de trabajo. Previo al desarrollo del componente práctico se estudió de manera detallada las bases teóricas del fenómeno para poder comprender el alcance de la experiencia y así poder garantizar el desarrollo de las competencias cognitivas que involucra esta estrategia. En especial se hizo énfasis en estudiar los tipos de transferencia de calor, la diferencia entre el estado transitorio y estacionario; y cuando se presenta la convección libre y forzada.

Para el desarrollo de la experiencia se tuvieron en cuenta diversos criterios, entre los que se destacan la factibilidad del equipo y la guía para adaptarse a nuevas técnicas de análisis, la interactividad entre el equipo y el usuario y los buenos niveles de seguridad y ergonomía del ensamble experimental (Rodríguez Mendez and Carcel Carrasco 2013). Otro criterio fundamental para el desarrollo de la herramienta fue la efectividad que esta permite en el aprendizaje del usuario, que se compone de la autocorrección en los resultados, la guía que presta la herramienta y la visualización eficiente de los datos.

El laboratorio se desarrolló para satisfacer los criterios mencionados y obtener una herramienta rápida, fácil de usar y de apoyo para la solución de problemas de convección por parte de los estudiantes en formación, permitiéndoles encontrar la relación entre los diferentes parámetros que pueden ser el tiempo, la geometría, el material y el calor transferido, lo cual propicia su compromiso con el aprendizaje (Ngabonziza and Delcham 2014). El gran alcance del contenido curricular de la asignatura de transferencia de calor y el limitado tiempo para alcanzar los objetivos del curso (Mulop, Yusof, and Tasir 2012), le demandan al docente ser más proactivo siempre y cuando realice un cambio en la metodología para disminuir los tiempos de cálculo y complementar el aprendizaje en el estudiante (Jiang 2003). Para el ingeniero en formación o estudiante interesados en el área de transferencia de calor en especial la convección se hace necesario tener una experiencia más cercana a lo que se vive en la industria.

En el caso del Laboratorio de Transferencia de calor, se han implementado prácticas, basadas en la metodología ya mencionada con nuevas ideas que incluyen la integración de equipos y sistemas accesibles a los estudiantes y que puede armar por sí mismo, así como se muestra en la Figura 1.

Figura 1
Montaje del equipo



Para poder realizar las dos experiencias el equipo está compuesto por un computador (1) que debe tener una aplicación que permita leer las temperaturas tomadas por el Arduino Mega 2560 (2), donde se conecta la termocupla (3) con su respectivo transductor para la lectura de la temperatura y visualización en la computadora. Se hizo uso de un ventilador casero de 7", operando a 110v (4), utilizado para la convección forzada con aire. Para el caso de convección forzada por agua se implementó un cilindro acrílico (5) lleno de agua, con una tolva (6) para facilitar el llenado. Cabe resaltar que se usaron otros elementos de laboratorio como cronometro, pinza, guantes, horno, anemómetro y balanza.

2.1. Desarrollo de la guía teórico-práctica

Se diseñó una guía teórico-práctica para trabajar con el banco de pruebas, la primera parte presenta toda la parte teórica de los conceptos, en la segunda parte se explica la experiencia a realizar y las pautas que el estudiante debe seguir para el uso adecuado de los implementos de laboratorio y las medidas de seguridad a tomar. Finalmente, la tercera parte está orientada al registro de los datos y análisis de los resultados. Para el diseño de la guía de aprendizaje se utilizó el enfoque del modelo CDIO, el cual plantea que el ejercicio formativo nace con una iniciativa que promueve una educación que imparte los conceptos fundamentales en un contexto de Concebir – Diseñar- Implementar – Operar sistemas y productos. El objetivo principal de este sistema es generar ingenieros expertos en el aspecto técnico para así alcanzar los estándares más altos de exigencia y poder posicionarse mundialmente.

La introducción de la guía está enfocada en utilizar los conocimientos previos del estudiante para empezar a relacionarse con el campo de la transferencia de calor por convección y mostrar el alcance en la industria actual, seguido del marco teórico, los conceptos principales como se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Guía teórica: Introducción y marco teórico

TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCION

1.1 INTRODUCCION

La transferencia de calor se lleva a cabo a través de los límites de un sistema y no es más que el transporte de energía originado por una diferencia de temperatura [1]. En todos los caso de transferencia de calor por convección, el intercambio de energía ocurre entre una superficie y un fluido adyacente en movimiento[2], como se observa en la Figura 1; por lo que debe entenderse y describirse adecuadamente la naturaleza del flujo del fluido antes de que puede resolverse el problema asociado a la transferencia de calor [3].

La convección libre se presenta como resultado del movimiento del fluido, que está en contacto con el límite del sólido, debido a los cambios de densidad del fluido, consecuencia del proceso del calentamiento [4]. La convección libre se lleva a cabo sin agitación mecánica del fluido, mientras que cuando el fluido se agita mecánicamente el calor se transfiere por convección forzada, como se observa en la Figura 2. Estos procesos de transferencia de calor ocurren a diferente velocidades, la ultima es más rápida y por tanto más común, ya que los factores que promueven las altas velocidades de transferencia por convección forzada no tienen el mismo en la transferencia por convección libre [5].

En las aplicaciones industriales la naturaleza del flujo del fluido, antes que pueda llevarse a cabo la transferencia de calor, debe describirse y entenderse. Por ejemplo la convección libre tiene su aplicación en procesos como evaporadores del tipo sifón y calentadores sobre superficie de aire o gases estancados; mientras que con convección forzada incluye la gran mayoría de procesos de intercambiadores de calor, calentadores y enfriadores, donde los fluidos son forzados por bombas o sopladores [6].

1.2 MARCO TEORICO

El tratamiento riguroso de la convección conlleva la inmensa dificultad de manejar la ecuación de continuidad del calor con el término de transporte másico, esto implica además que hay que introducir también el balance diferencial de cantidad de movimiento. Si el fluido es además compresible, también es necesaria la ecuación de continuidad de la masa y si el fluido se dilata o contrae con facilidad, las tres ecuaciones de continuidad aparecerán acopladas. Esto no es imposible pero conlleva un esfuerzo extraordinario de definición del problema y cálculos de elementos finitos que requieren una potencia de computación intensiva. Por ello se acude a la sencilla definición empírica del coeficiente individual de transferencia del calor por convección h_l .

$$q_l = \frac{Q_l}{S_l} = h_l(T_2 - T_1), \quad (1.1)$$

donde q_l es la densidad del flujo de calor, Q_l es el flujo de calor, S_l es el área de contacto, $(T_2 - T_1)$ es la diferencia de temperaturas usada como fuerza impulsora.

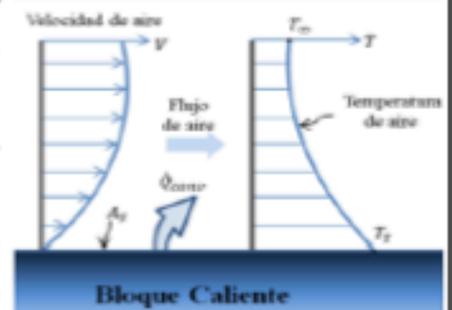


Figura 1.1. Transferencia de calor de una superficie caliente hacia el aire por convección.

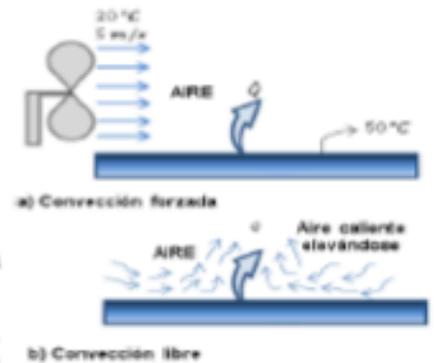


Figura 1.2. Transferencia de calor de una superficie caliente hacia el fluido circundante, por convección.

De igual manera la guía presente los objetivos de la experiencias a realizar, permitiendole a los estudiantes identificar cuales las metas que se desean alcanzar con el desarrollo de este trabajo, como se muestra en la figura 3.

1.3. OBJETIVOS

1. Brindarle al estudiante una herramienta de aprendizaje significativo para el dominio del tema de convección, a partir de la construcción, ensamble y puesta en marcha de un equipo experimental.
2. Desarrollar un conjunto de experimentos en el sistema cilíndrico con enfriamiento por convección libre y forzada.
3. Determinar la distribución de temperatura como función del tiempo y el flujo de calor en un cilindro haciendo uso del método de la capacidad térmica concentrada y de los diagramas de Heisler.
4. Realizar cálculos de transferencia de calor (coeficientes de transferencia de calor, temperaturas, áreas) en un cilindro con convección libre y forzada.

Por último, el componente práctico de la guía está compuesto inicialmente por la representación gráfica de la experiencia y nombre de la práctica como se muestra en la figura 4, la metodología para llevar a cabo la experiencia, la recolección de datos y elaboración de gráficos, y finalmente un espacio donde el estudiante o profesional debe realizar el análisis y discusión de los resultados, los cuales están encaminados a conocer la relación entre las diferentes variables de la transferencia de calor por convección ya sea libre o forzada, como se muestra en las figuras 4 para el caso particular de la experiencia práctica N°1.

Figura 4

Guía práctica: Metodología, recolección de datos y análisis de resultados

1.4. METODOLOGÍA

Experiencia 1. Transferencia de calor por Convección en aire libre.

En primer lugar se debe tomar un cilindro de acero (Material # 1) 0.03 m de diámetro, y calentarlo hasta una temperatura de 230 °C. Posteriormente, se debe garantizar homogeneidad en la distribución de temperatura del sólido, por lo que se hace necesario mantener durante 20 minutos la pieza dentro del horno-calentador. Al sacar la pieza en una base estable se le instala una termocupla como se muestra en la Figura 4, con el fin de registrar cada 1 minutos las temperaturas en el transitorio hasta enfriarse en la Tabla 1, proceso que finaliza al observar que la temperatura no cambia. En caso de desear otro tiempo de muestreo se debe modificar el código en arduino. Repita lo anterior para el Material #2 y Material #3.}

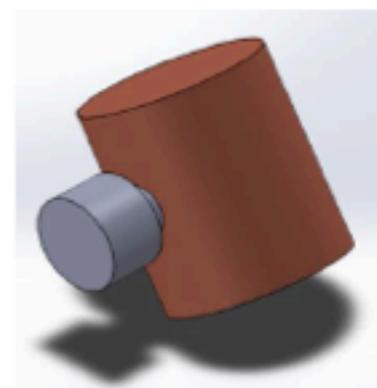


Figura.1.4. Ensamble de la termocupla al cilindro de bronce.

EXPERIENCIA	T _{1min} (°C)	T _{2min} (°C)	T _{3min} (°C)	T _{4min} (°C)	T _{5min} (°C)	T _{6min} (°C)	T _{7min} (°C)	T _{8min} (°C)	T... (°C)
Material #1									
Material #2									
Material #3									

Tabla 1. Lectura de temperaturas en estado transitorio para cada Material

Teniendo en cuenta las temperaturas en estado estacionario y las características térmicas del cilindro realice los cálculos del coeficiente convectivo y llene la Tabla 2, que se muestra a continuación

EXPERIENCIA	M (Kg)	C _p (J/kg°C)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	ΔT (°C)	T _∞ (°C)	Q (J)	q̇ (W)	h (W/m ² °C)
Material #1									
Material #2									
Material #3									

Tabla 2. Cálculos del coeficiente convectivo

Teniendo en cuenta el valor del coeficiente de transferencia de calor por convección obtenido para cada material, y la información disponible en literatura de los valores promedio de estos parámetros para la convección libre que se muestra en la Tabla 3, realice un análisis comparativo entre los valores teóricos y experimentales obtenidos.

Fluido	Valor de h teórico
Aire convección libre	2-25
Aire convección forzada	25-250
Agua convección libre	20-1000
Agua convección forzada	50-20000

Tabla 3. Valores teóricos del coeficiente de convección. Tomado de [2].

Análisis: _____

A partir de la experiencia N°1 se espera lograr que el estudiante comprenda los parámetros que participan en la transferencia de calor por convección cuando es en un estado transitorio y estacionario, observando cómo interactúan entre ellos e identificando de forma práctica el grado de correlación entre estos.

3. Análisis y Resultados.

En la realización de la experiencia, los tiempos para la convección libre tanto en el acero como en el bronce fueron muy prolongados, pues alcanzaron cerca de los 3600 segundos para alcanzar la temperatura del ambiente circundante. Para los cálculos que se muestran en la Tabla 1, se tomó un tiempo de 1200 segundos después del calentamiento puesto que esta primera etapa el descenso de temperatura era muy estable, de ahí los datos obtenidos para el gradiente de temperatura.

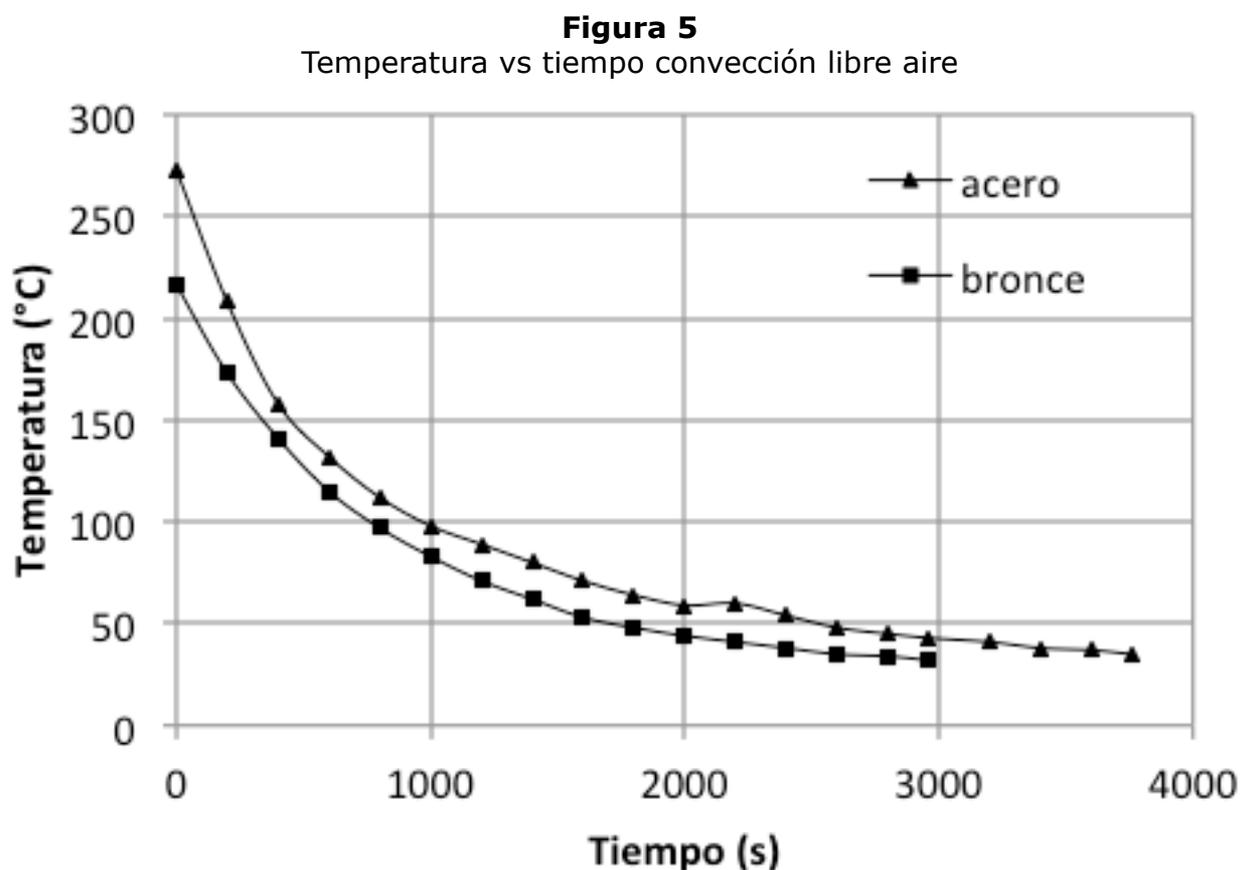
Tabla 1
Datos obtenidos experimentalmente.

EXPERIENCIA	M (Kg)	Cp (J/kg°C)	T1 (°C)	T2 (°C)	T∞ (°C)	Q (J)	q (W)	h (W/m ² °C)
Material #1 Libre Aire	0,2	434	272,75	89,25	25	15927,8	13,27	27,714
Material #1 Forzada Aire	0,2	434	267,25	30,5	23	20549,9	17,12	44,314
Material #1 Libre Agua	0,2	434	150,5	30,5	26	10416	96,44	484,056
Material #1 Forzado Agua	0,2	434	169	32,5	26	11913	476,53	14499,29
Material #2 Libre Aire	0,178	385	216,75	72,25	25	9902,585	8,25	24,574
Material #2 Forzada Aire	0,178	385	270	28	23	16584,26	15,64	44,188
Material #2 Libre Agua	0,178	385	137,75	28	26	7521,1675	69,64	435,746
Material #2 Forzado Agua	0,178	385	227	31,75	26	13380	257,31	15858,59

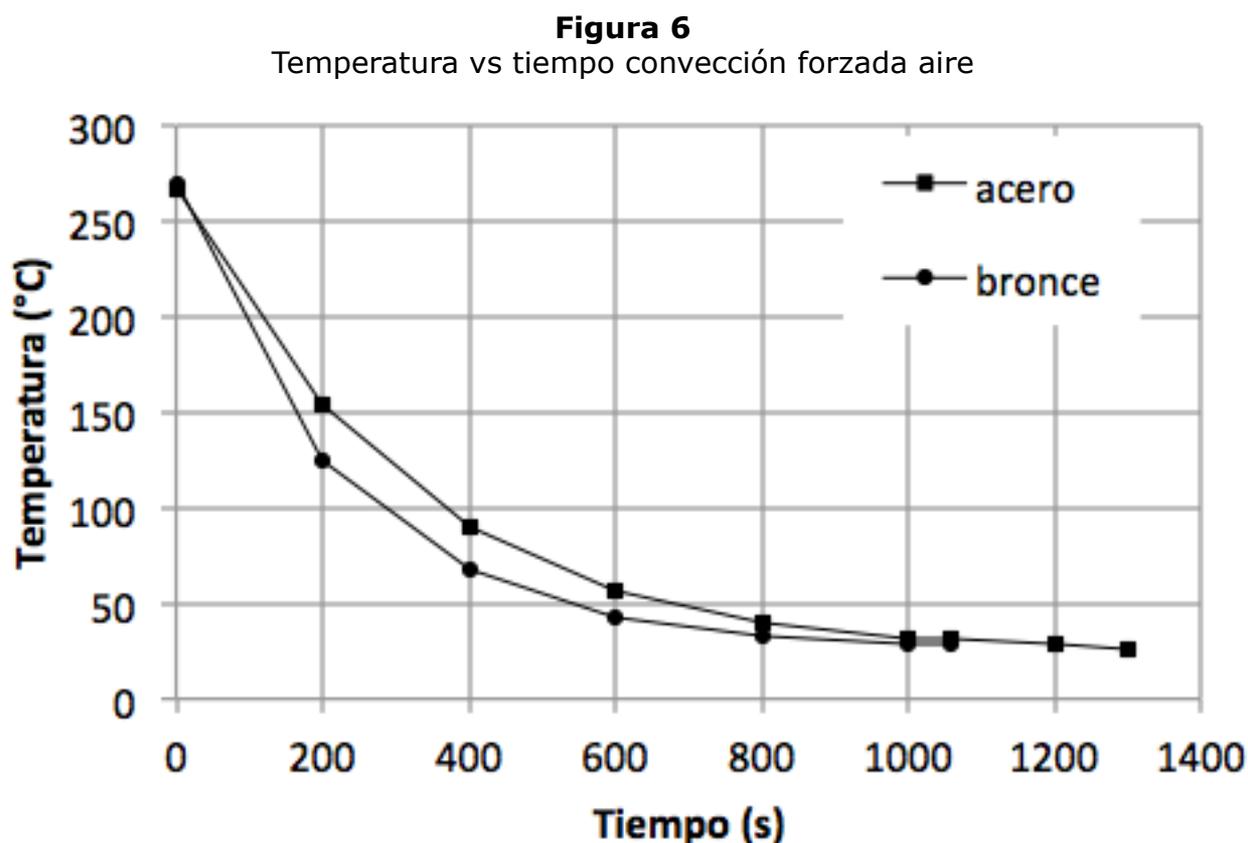
La cantidad total de transferencia de calor entre el sólido y el medio circundante durante un intervalo de tiempo fue ligeramente mayor en el acero que en el bronce y una razón por la cual esto se dé es que el cilindro de acero tenía más masa que el cilindro de bronce además el gradiente de temperatura era también un poco mayor en el acero lo que daba como resultado un aumento en el calor.

Con el fin de realizar un análisis de la variación de la temperatura con respecto al tiempo para el acero y el bronce, y realizar un estudio comparativo de cada material frente al fenómeno de la transferencia de calor por convección en estado transitorio se obtuvieron los perfiles de

temperatura que se observan de la Figura 5, donde se aprecia que la pendiente en el acero y en el bronce es menor con respecto a los otros casos, ya que en la convección libre el tiempo es mucho mayor, ya que el acero fue calentado a una mayor temperatura, por lo que la curva está por encima que la del bronce, pero su comportamiento en general es muy similar.



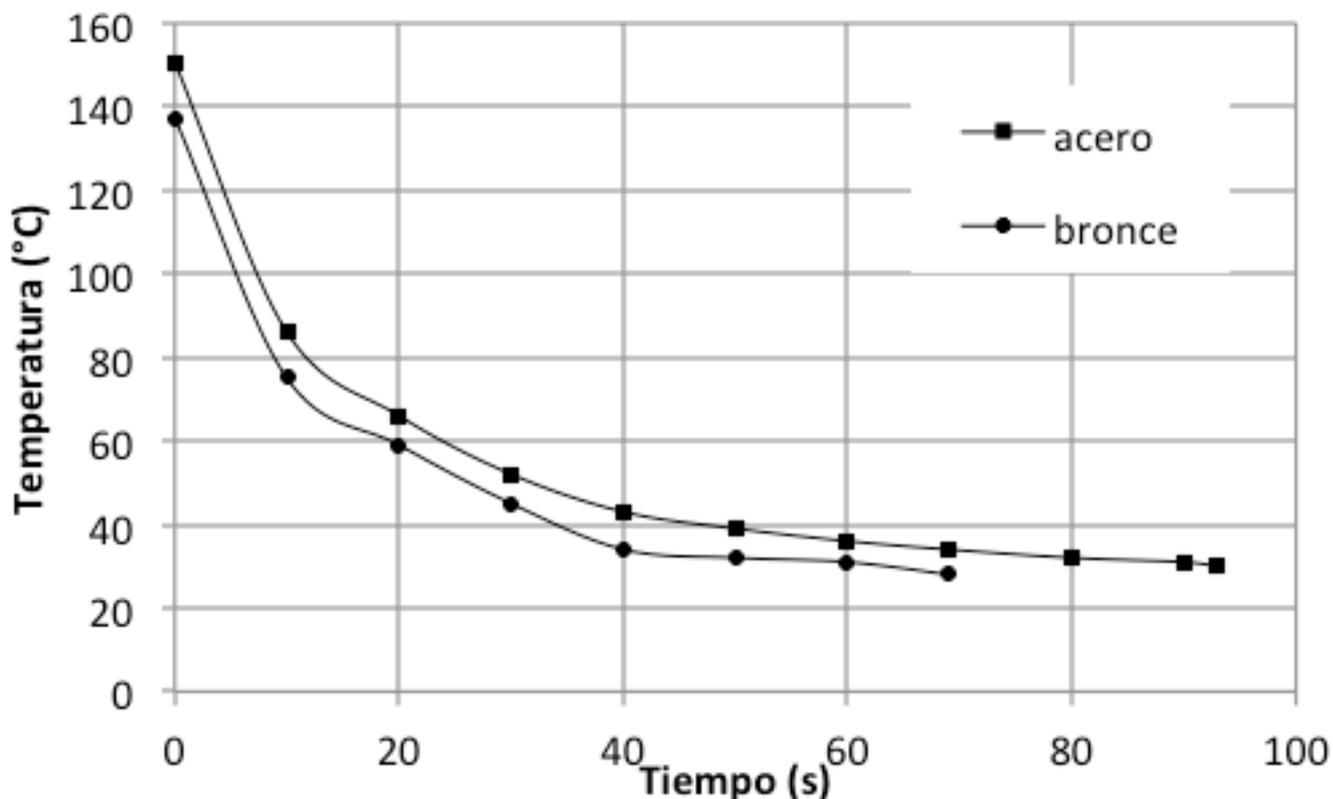
La Figura 6, se aprecia que tanto el acero como el bronce fueron calentados hasta alcanzar temperaturas similares y que tienen un descenso uniforme, donde el bronce se estabiliza primero en cuanto a la temperatura. Con base en la cantidad total de transferencia de calor entre el cuerpo y el medio circundante entre el bronce y el acero en convección forzada, puede decirse que su valor en ambos casos es muy cercano.



En la Figura 7 se puede ver que una vez que el cilindro entra en contacto con el agua ocurre un descenso repentino de temperatura hasta los 70°C, de ahí en adelante sigue descendiendo, pero de una manera menos vertiginosa hasta que finalmente el cilindro y el agua llegan a una

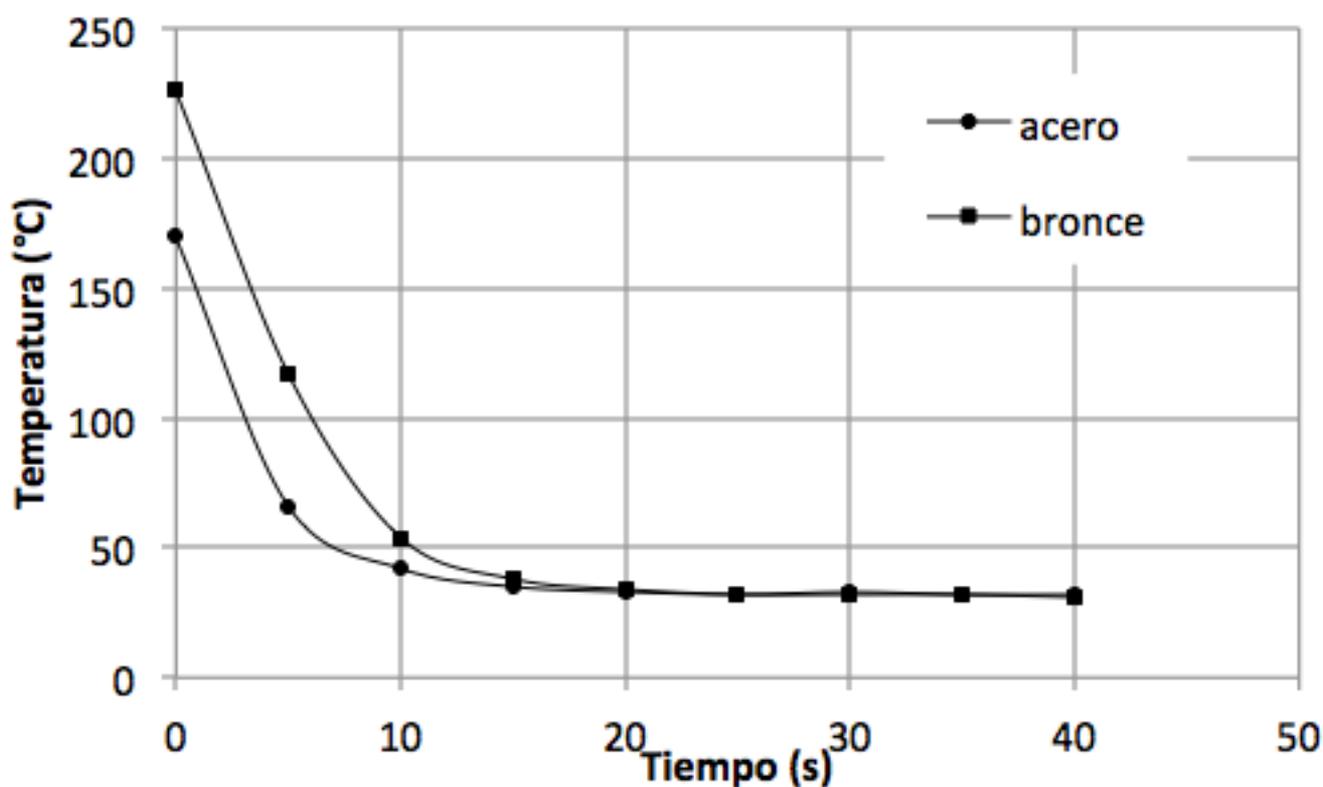
misma temperatura, ocurre lo mismo que en el caso de la Figura 3 en donde la curva del acero está por encima que la del bronce.

Figura 7
Temperatura vs tiempo convección libre agua



La Figura 8 presenta el comportamiento de la transferencia de calor por convección forzada en agua, donde se muestra que todo el proceso ocurre en los primeros 20 segundos, y como existe un fluido en movimiento que en este caso es el agua priman los fenómenos de difusividad de cantidad de movimiento, por tal motivo los coeficientes de convección para este caso son mucho mas altos.

Figura 8
Temperatura vs tiempo convección forzada agua



Finalmente, teniendo en cuenta que el principal objetivo de la guía es hallar el coeficiente de transferencia de calor por convección de manera experimental a partir del montaje de un laboratorio hecho por los estudiantes del curso de transferencia de calor, se muestra en la Tabla 2 el valor del coeficiente convectivo teórico y los valores obtenidos experimentalmente en cada

material usado. Se puede notar que los valores están dentro del rango del coeficiente teórico y que solo en dos casos particulares, los resultados estuvieron alejados en proporciones mínima de lo esperado, por lo se podría decir que el margen de error máximo fue del 10%, lo cual es un muy buen resultado, teniendo en cuenta que a este fenómeno existen múltiples variables que pueden variar los resultados cuando el agua se encuentra en movimiento.

Tabla 2
Comparación entre el h teórico y experimental.

Fluido	Valor de h teórico	Valor de h experimental material #1 (Acero)	Valor de h experimental material #2 (Bronce)
Aire convección libre	2-25	27,714	24,574
Aire convección forzada	25-250	17,124	44,188
Agua convección libre	20-1000	96,444	435,746
Agua convección forzada	50-20000	14499,286	15858,594

Para el análisis del desempeño de los estudiantes mediante el uso de la guía educativa se utilizaron las herramientas de la estadísticas descriptivas como la Media y Desviación estándar. La Media, teniendo en cuenta que es un estadígrafo utilizado para observar el valor central de los datos, en este caso permitió examinar los valores promedios obtenidos por los sujetos de la muestra en las diferentes categorías de las variables objeto de estudio, como la claridad, precisión y pertinencia con que los estudiantes realizaron el estudio, por otro lado la desviación típica, orienta en el establecimiento del grado de dispersión de los notas obtenidas en relación a la media, es decir, determinar qué tan cercanos o lejanos están éstos valores de ella.

La tabla 3 muestra las medias y desviaciones de las categorías que evalúan el pensamiento crítico de los estudiantes al implementar la guía para el estudio del fenómeno de transferencia de calor por convección en estado transitorio. Se observa que la categoría claridad tiene una media de 4.4521 (DS=.4192), la categoría precisión tiene una media de 4.4181 (DS=.1521), la categoría pertinencia tiene una media de 4.4120 (DS=.6614) y la categoría global tienen una media de 4.4274 (DS=.3919), lo cual muestra que la guía puede ser utilizada en conjunto con el equipo para el estudio del fenómeno.

Tabla 3
Medias y desviaciones de las categorías que evalúan el pensamiento crítico al aplicar la guía educativa

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Claridad	15	4,4521	,4192	3,60	4,64
Precisión	15	4,4181	,1521	3,60	4,75
Pertinencia	15	4,4120	,6614	3,60	4,88

4. Conclusiones.

Se presentó una propuesta en la cual los estudiantes de pregrado en ingeniería, puedan construir un equipo a costos muy bajos comparados con las opciones que se encuentran en el mercado y así realizar estudios en la transferencia de calor por convección en régimen transitorio.

Se presentó la herramienta educativa denominada GUIA TEORICO-PRACTICA en conjunto de un equipo experimental, desarrollada a partir de los fundamentos de la transferencia de calor para el estudio de la convección en estado transitorio, permitiendo visualizar las principales variables de entrada y salida que se deben tener en cuenta en los diferentes tipos de convección y material.

La guía teórico-práctica para trabajar con el equipo experimental permitió utilizar los conocimientos previos del estudiante estudiados en la clase teórica para empezar a relacionarse con el campo de la convección y mostrar su aplicación en la industria. La guía muestra toda la parte teórica de los conceptos donde se presentan los objetivos de las prácticas a desarrollar y se dan las pautas que el estudiante debe seguir al utilizar el equipo experimental para registrar los datos y estudiar los resultados.

Los objetivos de la práctica fueron cumplidos en su cabalidad, teniendo en cuenta que se aplicaron un conjunto de 15 estudiantes en las que se estudiaron los aspectos de claridad, precisión y pertinencia con la que los estudiantes respondieron la prueba, los cuales hacen parte de los estándares intelectuales de calidad que permitieron evaluar el desempeño de los estudiantes con una escala de valoración de 5 para el máximo puntaje y 0 para el mínimo.

Referencias Bibliográficas

Bautista, Maria, Raudel Martinez, and Reynaldo Hiracheta. 2014. "El Uso de Material Didáctico Y Las Tecnologías de Información Y Comunicación (TIC ' S) Para Mejorar El Alcance Académico." In *Ciencia Y Tecnología*, , 183–94.

Borghi, Battista Quinto et al. 2013. "Haciendo Crítico Pensamiento Visible En Las Experiencias de Los Estudiantes de La Investigación Científica '." ... *de crítico Pensamiento en ... 2015* 6(1–3): 548–79.

Coto, Mayela et al. 2015. "Modelo Colaborativo Y Ubicuo Para Apoyar Los Procesos de Enseñanza-Aprendizaje a Nivel Iberoamericano." *Revista de Educación a Distancia (RED)* 2(48): 7–22.

García Rodríguez, Juan José, and Pedro Cañal de León. 1995. *Revista Investigación en la Escuela Investigación En La Escuela Revista de Investigación E Innovación Escolar*. Universidad de Sevilla. <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/59627> (July 18, 2017).

Incropera, Frank P, David P DeWitt, Theodore L Bergman, and Adrienne S Lavine. 2007. "Heat and Mass Transfer - Incropera 6e." *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*: 997.

Jiang, Fangming. 2003. "Non-Fourier Heat Conduction Phenomena in Porous Material Heated By Microsecond Laser Pulse." *Microscale Thermophysical Engineering* 6(August): 331–46.

Mulop, Normah, Khairiyah Mohd Yusof, and Zaidatun Tasir. 2012. "A Review on Enhancing the Teaching and Learning of Thermodynamics." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 56(Ictthe): 703–12.

Ngabonziza, Yves, and Hendrick Delcham. 2014. "The Enhancement of Students Learning through COMSOL Simulation Projects." In *Proceedings of the 2014 Zone 1 Conference of the American Society for Engineering Education - "Engineering Education: Industry Involvement*

and Interdisciplinary Trends”, ASEE Zone 1 2014,.

Rodriguez Mendez, Manuel, and Francisco Javier Carcel Carrasco. 2013. “Consideraciones Para El Diseño de Laboratorios En La Industria Quimica.” *Considerations for the design of laboratories in the chemical industry* (6): 18–30.

Steffens, Ernesto, Decired del C Ojeda, and Olga Martinez. 2017. “Niveles de Pensamiento Crítico En Estudiantes de Universidades En Barranquilla (Colombia) Levels of Critical Thinking in University Students in Barranquilla (Colombia).” *Año* 38(5): 12.
<http://www.revistaespacios.com/a17v38n30/a17v38n30p05.pdf>.

Téllez Gutiérrez, Sandra Milena, and Javier Rosero García. 2013. “Implementación de metodología cdio en el laboratorio de máquinas eléctricas.” *Revista Educación en Ingeniería* 8(16): 53–61.

-
1. M.Sc. Ingeniería Mecánica, Docente, Facultad de Ingeniería, Universidad del Atlántico, Grupo de Investigación en Gestión Eficiente de la Energía, Kaí, Barranquilla, Colombia. Email: guillermoevalencia@mail.uniatlantico.edu.co
 2. Estudiante de Ingeniería Mecánica, Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia. Email: selhoz@hotmail.com
 3. Estudiante de Ingeniería Mecánica, Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia. Email: waescobar@mail.uniatlantico.com.co
-

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 38 (Nº 60) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a webmaster]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados