



CADI 2016

7,8 Y 9 DE SEPTIEMBRE
RESISTENCIA - CHACO

ISBN 978-950-42-0173-1



9 789504 201731



III CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERIA

En conjunción con:

CAEDI 2016
IX CONGRESO ARGENTINO DE
ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA



**UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NORDESTE
FACULTAD
DE INGENIERIA**



confedi

ISBN 978-950-42-0173-1

Editores:

Alejandro Farias

Jorge Pilar

Cesar J. Acuña

CADI 2016

III CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERIA

En conjuncion con:

CAEDI 2016

IX CONGRESO ARGENTINO DE ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA

7,8 y 9 de Septiembre de 2016
Resistencia | Chaco | Argentina

Actas del III Congreso Argentino de Ingeniería: CADI 2016. 1° Edición
Compilado por Alejandro Rubén Farías, Jorge Pilar, César J. Acuña
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Resistencia - 2016.
Libro digital, PDF - Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-950-42-0173-1

PROMOCIÓN DEL USO DE ENERGÍAS NO CONVENCIONALES EN CLASES EXPERIMENTALES DE CURSOS DE INGENIERÍA EN FACENA

Marta Gabriela Stoppello, GER -FaCENA-UNNE mstopello@hotmail.com

Guillermo Rubén Sánchez, GER- FaCENA-UNNE guillermo_682@yahoo.com.ar

Arturo Juan Busso, GER-FaCENA-UNNE ajbusso@gmail.com

G.E.R – Grupo en Energías Renovables – FaCENA – UNNE

Campus Libertad – Av. Libertad 5460 – 3400 Corrientes

Tel: +54 379 4473931 int. 116 / Fax: +54 379 4473930

Resumen

El Grupo en Energías Renovables de la Facultad de Ciencias Exactas Naturales y Agrimensura entre sus líneas de investigación y desarrollo está abocado al diseño e implementación de refrigeradores de compresión de vapor convencional utilizando energía eléctrica fotovoltaica de origen solar y al mismo tiempo la promoción del uso de energías no convencionales.

Desde la asignatura Termodinámica se pretende acercar el campo de las energías renovables a los estudiantes de ingeniería eléctrica innovando en los trabajos prácticos de laboratorio con la incorporación del estudio de transmisión del calor en placas poliuretánicas, cambios de fases, y eficiencia energética (coeficiente de desempeño) en ciclos frigoríficos de baja presión utilizando gases ecológicos; propiedades requeridas en el diseño del refrigerador alimentado con energía solar. La asignatura Termodinámica integra el plan de estudio de la carrera Ingeniería Electricista, de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales -FaCENA- de la Universidad Nacional del Nordeste -UNNE, en tercer año segundo cuatrimestre

En esta oportunidad se presentan los resultados del decaimiento térmico en los gabinetes utilizados en el prototipo del equipo frigorífico, obtenidos por alumnos de las cohortes 2014 y 2015, integradas por 12 y 10 alumnos respectivamente

Esta manera de organizar los trabajos prácticos permite que los alumnos se apropien significativamente de los nuevos conceptos en situaciones muy próximas a las reales de su futura problemática profesional.

Palabras clave— energía renovables – termodinámica – conducción de calor

1. Introducción

La práctica de laboratorio por si sola o sin claridad en las metas e intenciones de apoyar la teoría y la base conceptual de los contenidos programáticos en ciencias; aporta poco casi nada para los estudiantes, ellos deben reconocer la importancia del experimento y la práctica experimental como fuente primordial de construcción del conocimiento, refuerzo, fijación y enriquecimiento

del mismo, con el uso del método científico y la aplicación de las operaciones de la mente o el pensamiento. “El diseño y construcción de un equipo de laboratorio conlleva una práctica consciente, no mecánica, que involucra todas las operaciones del pensamiento, para aprender y adaptar adecuadamente un método secuencial (sin pretender que sea único o el mejor); que un docente apoyado en su experiencia y conocimientos, reconoce basado en fundamentos académicos y habilidades pretéritas que fundamentos y habilidades debe desarrollar el estudiante y cuáles son los conceptos de las ciencias que deben ser reforzados con experimentos y las prácticas de laboratorio pertinentes”. (Holguín, C [1])

“La práctica en ingeniería es la mejor oportunidad para comprobar si los conceptos han sido bien enseñados y por ende comprendidos” ... porque la práctica es algo mucho más complejo, mucho más dinámico. La práctica, es el contacto con la realidad, y la realidad de la ingeniería está por fuera de las aulas. Es necesario que la universidad tome la iniciativa de crear un ambiente de aprendizaje donde la formación práctica adquiera un papel preponderante y no dejar dicha acción y responsabilidad a las empresas del sector productivo. En ingeniería se encuentran diversos aspectos que para ser comprendidos demandan una actividad práctica que refleje toda la teoría trabajada en el aula, pero esa actividad no es el estado simple de estructurar situaciones de comprobación de conocimientos que redunden en la repetición y repartición de labores que terminen agrupadas en un documento llamado informe; por el contrario, debe ser un espacio donde se ponga a prueba el sentido crítico, la observación del fenómeno, la capacidad de resolver problemas en el acto mismo, la posibilidad de escribir y redactar un informe con conclusiones que apunten a la construcción de conocimiento en su área específica de formación y, finalmente, es un espacio para fortalecer el trabajo cooperativo de los estudiantes. (Cruz y Valencia, 2005 [2])

“¿De qué manera se pueden integrar en una propuesta didáctica que resulte efectiva para lograr el desarrollo de las principales competencias en la formación básica de los ingenieros? Responder a esta pregunta implica un replanteo de la forma en que se enseña en el laboratorio y una reflexión acerca del marco de referencia desde el cual se va a proponer la metodología de trabajo, se van a diseñar las actividades para los alumnos y se van a evaluar los resultados”. (Pesa, M *et al* 2014 [3])

“Teniendo en cuenta que, en la Universidad, la investigación es ejecutada en su mayoría por personas vinculadas a ella en calidad de docentes o estudiantes, la articulación de estas actividades en el ámbito institucional, grupal e individual, debería ser casi natural”. (Lozano, G [4]) El uso de la infraestructura, equipos o instrumentos de medición y prototipos que el GER posee en el taller o instalados en el campus de Av. Libertad son recursos disponibles que sus miembros pueden utilizar en el desarrollo de actividades docentes que complementan y fortalecen los recursos de los laboratorios de las asignaturas de grado en la capacitación de los alumnos, pudiendo éstos acceder a clases prácticas que buscan el desarrollo de competencias específicas en los futuros ingenieros.

Se presenta en este trabajo el desarrollo de una propuesta específica para el estudio y aprendizaje de la transmisión del calor por conducción a través de paredes planas paralelas del gabinete de un ciclo frigorífico de compresión de vapor con almacenamiento de energía térmica (frio) mediante cambio de fase de una masa de solución salina al 10% en peso (salmuera).

2. Materiales y Métodos

Se analizará la transmisión del calor en un proceso real: decaimiento térmico a través de las paredes del gabinete de un prototipo de refrigerador de ciclo evaporativo alimentado con energía solar (en desarrollo por el GER).

La práctica de laboratorio real, está asociada con la implementación de situaciones concretas susceptibles de alteraciones externas no incluidas en un modelo teórico.

Es de interés evaluar la máxima autonomía térmica en estado pasivo del ciclo a través de las propiedades de aislación del gabinete y el auxilio de un cambio de fase interna (6 kg de agua salina al 10%).

Previo a las mediciones se conduce el refrigerador a una temperatura inicial de equilibrio de 5°C.

Los alumnos se involucran desde las actividades preparatorias de los ensayos, familiarizándose con el sistema de adquisición de datos y montaje de los sensores en los puntos de medición. Así mismo, realizan la bajada de datos recolectados y el procesamiento de los mismos. Este procesamiento requiere la aplicación de los contenidos específicos del tema conducción del calor.

Las mediciones, en estado pasivo del ciclo, se realizaron durante el tiempo necesario para llegar al equilibrio térmico con la temperatura ambiente (entre 4 a 5 días).

Sistema de medición: Se utilizaron dos módulos de adquisición autónomos ADAM 4018M y un módulo conversor RS232 ADAM 4520 para descarga a PC.

Como sensores de temperatura se utilizaron termocúplulas tipo K. Estos sensores se distribuyeron para medir la temperatura exterior e interior en diferentes secciones del gabinete, de la puerta, de la pared derecha (sobre la cual se ubica el condensador) y de la pared frontal. El registro de datos de temperatura se realizó cada 5 min.

Con el objetivo de garantizar la provisión continua de frío, aun bajo situaciones de malas condiciones climáticas, se incluyó un medio de almacenamiento de energía térmica mediante cambio de fase de una solución salina al 10% en peso (salmuera).

La salmuera se colocó en bolsas de polietileno de alta densidad las cuales se ubicaron en íntimo contacto con el evaporador que fue construido con forma de U tal como puede apreciarse en la Figura 1. El frío generado se almacenará como hielo en el interior del gabinete de forma que, durante periodos sin alimentación eléctrica (noche y con malas condiciones climáticas), la temperatura interior se mantenga de manera natural a partir de la masa congelada.

El nivel de aislación del gabinete se evaluó mediante ensayos de pérdida térmica y cálculos teóricos del flujo de calor basados en la técnica denominada “*graficación de flujo*” (Welty, 1978), que es cómoda y rápida para la conducción de calor bidimensional en estado estable que cumpla ciertas condiciones de borde.

En la Tabla 1 se presentan las especificaciones técnicas del sistema de refrigeración y sus componentes y en la Tabla 2 detalles del ensayo en laboratorio con alimentación de red.

La Figura 2 muestra los resultados obtenidos con una masa de agua en el interior del refrigerador de 32 kg distribuida en botellas de gaseosa 1.5 y 2.25 L. Se instalaron sensores de temperatura en dos botellas (marcadas 1 y 2) (ver Fig 1).

Las orientaciones y las consultas fueron necesarias para la interpretación de las gráficas, asistidos con explicaciones por parte de los docentes.

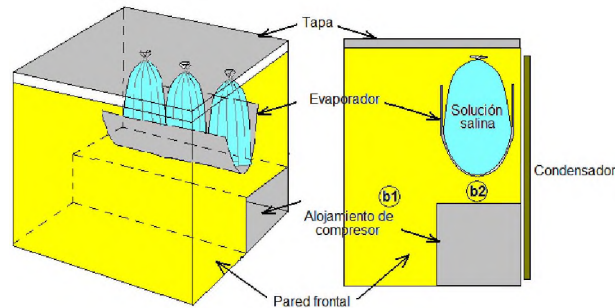


Figura 1.- Esquema general del gabinete

Tabla 1.- Especificaciones técnicas

Año 2014 ESPECIFICACIONES			
<u>Refrigerador</u> Ciclo de trabajo por compresión de vapor con almacenamiento de híbrido de energía batería-cambio de fase	<u>Compresor:</u> EMBRACO Modelo: EMI 30ER Volumen a refrigerar admitido: 180-220 L Cap. Frigorífica: 80 W Referencia comercial: 1/10 HP	<u>Gabinete:</u> Tipo cajón con fondo escalonado Dimensiones exteriores: Alto = 0.85 m Frente = 0.58 m Fondo = 0.58 m Espesor de pared: 0.06 m Aislante: poliuretano expandido Capacidad bruta = 137 L Vol. Evaporador y solución = 10.3 L Capacidad neta = 127 L	<u>Refrigerante:</u> DUPONT SUVA MP39 (R-401A) Temperatura de Evaporación: - 20°C Presiones de trabajo (manométricas): Lado de alta: 150 PSI Lado de baja: 25 PSI

Fuente: elaboración propia

Tabla 2: ensayo en laboratorio con alimentación de red.

Condición	Duración	Objetivo
Gabinete lleno con 32 kg de agua + 6 kg de solución salina. Arranque hasta régimen. Tensión de alimentación: 220 V AC	5 días	Análisis del comportamiento de las variables térmicas

Fuente: elaboración propia

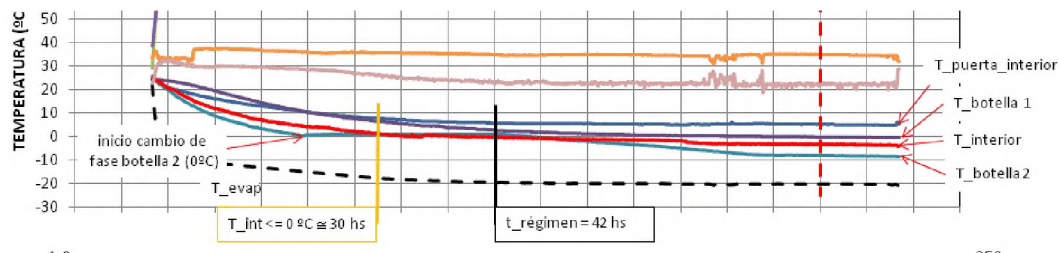


Figura 2.- Evolución de los parámetros térmicos. Refrigerador lleno con 32 kg de agua.

En la Tabla 3 se presentan las especificaciones técnicas correspondientes al sistema de refrigeración y sus componentes del ensayo realizado en laboratorio con alimentación en 12 V DC y en la Figura 3 se muestra una fotografía del gabinete, esquema del interior y puntos de medición.

Tabla 3.- Especificaciones técnicas

Año 2015 ESPECIFICACIONES				
<u>Refrigerador:</u>	<u>Compresor:</u>	<u>Gabinete:</u>	<u>Evaporador:</u>	<u>Refrigerante:</u>
Ciclo de trabajo por compresión de vapor con capacidad variable	DANFOSS Modelo: BD 35K Volumen a refrigerar admitido: 100 L máximo para T ambiente = 32°C Electrónica de control: 101N0210 Nro. de revoluciones: 2500 rpm	Tipo cajón con fondo escalonado Dimensiones exteriores: Alto = 0.90 m Frente = 0.59 m Fondo = 0.68 m Espesor pared: 0.06 m Aislante: poliuretano expandido Capacidad bruta = 115L. Capacidad neta = 112L	Tipo cajón Dimensiones exteriores: Alto = 0.20 m Ancho = 0.20 m Largo = 0.40 m	DUPONT SUVA R134a Temp. de Evaporación: -15°C Presiones de trabajo (manométricas): Lado de alta: 130 PSI Lado de baja: 10 PSI

Fuente: elaboración propia

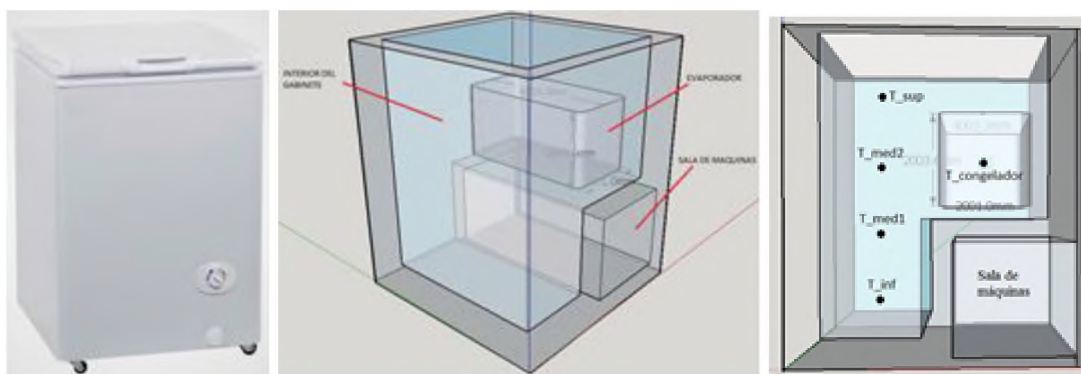


Figura 3: Fotografía del gabinete, esquema del interior y puntos de medición.

En las Tablas 4 y 5 se detallan las especificaciones del sistema fotovoltaico autónomo empleado para energizar el ciclo y las condiciones durante el ensayo respectivamente.

Tabla 4: Especificaciones técnicas del sistema fotovoltaico autónomo.

Módulos FV	Regulador	Batería
Marca: Photon Modelo: PM 055 $P_{max} = 55 \text{ Wp}$ $V_{mp} = 17.7 \text{ V}$ $I_{mp} = 3.1 \text{ A}$ $V_{oc} = 21.6 \text{ V}$ $I_{cc} = 3.5 \text{ A}$	Marca: Solartec Modelo: SRX10 Tensión: 12/24 Vcc Icarga: 10 A	Marca: AUTOBAT Modelo: Solar I-29 Tensión: 12 V Capacidad: 220 Ah en 100 horas

Fuente: elaboración propia

Tabla 5: ensayo en laboratorio conectada al sistema fotovoltaico.

Condición	Duración	Objetivo
Gabinete vacío Presión de trabajo: 130 PSI / 10 PSI Arranque termostatzado entre 0/6 °C Tensión de alimentación: 12 V CC. Directo de batería y conectada al sistema fotovoltaico.	4 días	Análisis del comportamiento de las variables térmicas y eléctricas

Fuente: elaboración propia

En el gráfico de la figura 4 se aprecian las líneas negras horizontales que definen la banda de regulación de temperatura obtenida en el interior del gabinete.

Aquí, el profesor tiene un rol fundamental como orientador en la argumentación e interpretación de los estudiantes de las gráficas obtenidas.

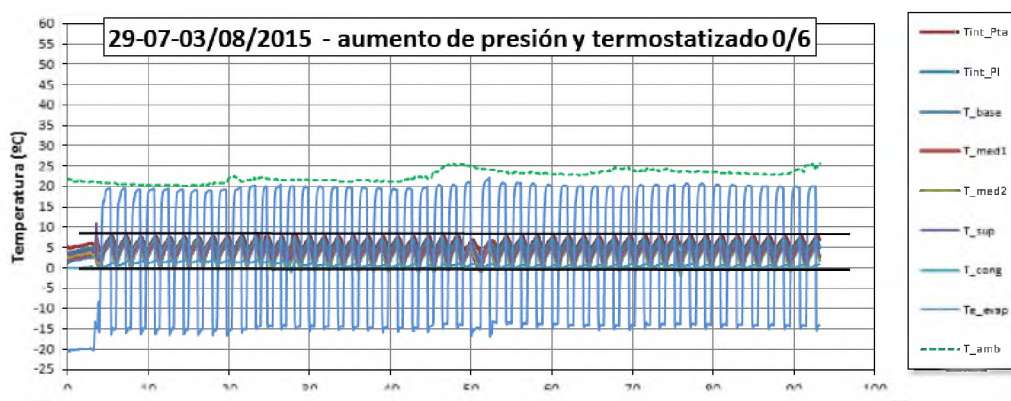


Figura 4.- Evolución general de parámetros con gabinete vacío y presión del gas refrigerante 130/10 PSI.

3. Resultados y Discusión

Los resultados alcanzados, evaluados a través de los informes (datos medidos y su procesamiento con recursos informáticos, comparación y análisis de los resultados del modelo teórico y los resultados del experimental; conclusiones y observaciones de la práctica realizada) y las presentaciones grupales integradoras orales, de cada grupo en plenario apoyadas por recursos TIC (argumentaciones para justificar los resultados), pueden considerarse muy alentadores y favorecen el desarrollo de las competencias necesarias en la formación de un estudiante de ingeniería. Esta metodología permite verificar de distintas maneras los conocimientos adquiridos.

Por el grado de participación en el proceso completo y contextualizado del experimento, se observa un mayor entusiasmo en las clases experimentales. Esta modalidad de trabajo hace que surjan cuestionamientos, tanto técnicos como teóricos en los temas abordados. Las actividades que se proponen se orientan a que el laboratorio sea un espacio de construcción colectiva y de trabajo en equipo; superando las visiones que hacen del laboratorio un ámbito de mediciones acrílicas y manipulación de instrumentos. Otro aspecto, a resaltar, de la metodología utilizada en el dictado de las clases experimentales es la no utilización de las “guías tradicionales” en las que se detallan completamente las actividades que debe realizar el estudiante, convirtiéndose en una receta y como tal, la práctica termina siendo una mecanización de acciones.

Las actividades de discusión y síntesis tienen como principal objetivo la explicación de los comportamientos observados a través del uso de un modelo para la conducción, y el análisis de los límites de validez de este modelo al considerar las aplicaciones tecnológicas de los distintos materiales. Estas constituyen situaciones propias de la actividad profesional del ingeniero, cuyo abordaje requiere el conocimiento de la física y promueve la adquisición de las competencias deseadas.

4. Conclusiones y recomendaciones

La implantación de esta metodología ha permitido a los alumnos desarrollar destrezas y habilidades imposibles de ejercer con la metodología de los prácticos “guiados y estructurados” de resultados uniformes.

Destacamos los resultados, satisfactorios, obtenidos en las presentaciones de los trabajos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la SGCyT - UNNE por el financiamiento del proyecto PI12F020.

5. Referencias

- [1] HOLGUÍN TABARES, CARLOS (2011) *Diseño y construcción de equipo sencillo para la enseñanza de la física* Revista Científica. Volumen Extra Año 2011.pag 144-149
- [2] CRUZ ARDILA, JUAN; VALENCIA, JOSÉ (2005) *La formación práctica del ingeniero electrónico en el laboratorio*. CIVE 2005 Congreso Internacional Virtual de Educación
- [3] PESA, M; BRAVO, S; PERZ, S; VILLAFUERTE, M (2014) *Las actividades de laboratorio en la formación de ingenieros: propuesta para el aprendizaje de los fenómenos de conducción eléctrica*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 31, n. 3, p. 642-665, dez. 2014.
- [4] LOZANO CASABIANCA, GUSTAVO (2006) *La articulación entre investigación y docencia en la universidad de Antioquia*. Revista Educación y Pedagogía, vol. XVIII, núm. 46 Pag 93 a 99.

Bibliografía

BUIGUES NOLLENS, A et all (2014) *Estudio térmico experimental y alternativas de usos de dos modelos de cocinas solares en zonas áridas*. Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica. Vol. 18, N.º 2, pp. 03-17, 2014

BUSO, J.A: et all (2015) *Caracterización de un compresor de capacidad variable de 12 v cc para refrigeración solar*. Extensionismo, innovación y transferencia tecnológica - Claves para el desarrollo - volumen 2 FaCENA-UNNE

BUSO, J.A: et all (2014) *Refrigeración solar fotovoltaica mediante ciclo convencional de compresión de vapor con almacenamiento de energía térmica por cambio de fase: primeros resultados*. Acta de la XXXVII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 2, pp. 04.57-04.66, 2014. Impreso en la Argentina. ISBN 978-987-29873-0-5.

CARP, D, et all (2012) *Trabajos prácticos de laboratorio sin receta de cocina en cursos masivos*. Avances en Ciencias e Ingeniería (ISSN: 0718-8706). Vol. 3 (1), pp. 167-173 (Enero/Marzo, 2012)

DE LA HOZ I CASAS, JORDI et all (2005) *Adaptación de la metodología PBL a la enseñanza de las energías renovables*. V Congreso Internacional Virtual de Educación 7-27 de febrero de 2005.