

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SIMULACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE FRÍO: CHILLER

Data de aceite: 05/03/2023

Ricardo Fabricio Muñoz Farfán
<https://orcid.org/0000-0001-6960-6869>

Telly Yarita Macías Zambrano
<https://orcid.org/0000-0002-5005-7967>

Vicente Paúl Zambrano Valencia
<https://orcid.org/0000-0003-2192-4889>

Víctor Manuel Delgado Sosa
<https://orcid.org/0000-0002-0757-4483>

Adrián Adalberto Hernández Solís
<https://orcid.org/0000-0003-1028-4169>

Carlos José Junquí Vélez
<https://orcid.org/0000-0001-5519-308X>

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A COLD PRODUCTION SIMULATOR SYSTEM: CHILLER

RESUMEN: Se realizó el diseño y construcción de un sistema de producción de frío a partir del agua helada sometida por un sistema mecánico de expansión directa contribuyendo con el desarrollo del conocimiento en el área de la climatización.

Entre los parámetros técnicos de diseño se seleccionó un sistema de expansión directa con capacidad de enfriamiento de 9000 BTU/Hrs, gas refrigerante R134 a una turbina para el trabajo del Fan Coil de ½ Hp de fuerza 220 V, al igual que el motor de ventilador de la torre de enfriamiento como medios fundamentales para la transferencia de calor. El sistema de bombeo en la recirculación se realiza por bombas de 0.37 Kw de potencia y un caudal máximo de 40 l/min. Tanto para el sumidero del evaporador (frío) y el sumidero del condensador (caliente). La etapa de trabajo está dada en dos circuitos independientes el sistema de Fan Coil se conecta con el sumidero del evaporador y la torre de enfriamiento a su vez se conecta con el sistema de condensación para su adecuado funcionamiento y lograr temperaturas de condensación de 35°C y en el caso de tener requerimientos de agua en el sumidero frío se conecta la torre mediante una válvula electromagnética para su abastecimiento.

PALABRAS CLAVES: chiller, diseño, frío, simulación, sistema.

1 | INTRODUCCIÓN

La refrigeración y climatización son procesos fundamentales en la producción industrial y de servicios, pues el avance tecnológico continuo hace imprescindible el entender y operar adecuadamente estos sistemas, así como la optimización de los diferentes equipos que se utilizan en la fabricación y montaje de estos sistemas de obtención de frío. Los chillers se utilizan tanto para la implementación de sistemas de bombeo de agua fría, como para el mejoramiento de procesos productivos en que se requiere el enfriamiento de ciertas maquinarias para su correcto funcionamiento, así mismo en la implementación de aire acondicionado en distintos espacios de trabajo como son oficinas, despachos, edificios, centros comerciales, hospitales, entre otros. El sistema de refrigeración por agua helada, es uno de varios sistemas que permiten climatizar un ambiente determinado, pues este tipo de equipos son muy utilizados en el sector industrial. Estos sistemas de manejo de agua para cada área, abren y cierran el flujo de agua a través de áreas específicas manteniendo el aire en los cuartos a la temperatura deseada. Es importante destacar que, dentro de los sistemas de aire acondicionado o sistemas de climatización, los enfriadores de agua helada (sistemas chiller) son uno de los más utilizados en la actualidad para grandes capacidades de enfriamiento; siendo estos equipos enfriados por agua los que presentan mayor eficiencia que los enfriados por aire, debido a que las temperaturas alcanzadas para la condensación del refrigerante, son menores cuando se utiliza el agua que cuando se emplea el aire.

Por definición chiller proviene del vocablo inglés “chill” significando helar, por consiguiente, un chiller es un equipo enfriador industrial en general de agua, anticongelante o cualquier tipo de salmuera que es común en el tratado de alimentos. El objetivo principal del equipo chiller es el intercambio de calor en determinado proceso con el cual se extrae calor de un fluido, la energía calorífica ganada retorna a la unidad de enfriamiento y así reduce su temperatura repitiendo el proceso de circulación (Copeland, 2010).

El chiller es un equipo que sirve para enfriar agua, también se conoce como unidad generadora de agua helada. Chiller en idioma inglés, se traduce como refrigerador, nevera o frigorífico. Water Chiller es un término más apropiado para un enfriador de agua. Un chiller, como cualquier equipo de refrigeración está compuesto por compresor, condensador, dispositivo de expansión y evaporador. Las variaciones en estos componentes dan lugar a diferentes tipos de enfriadores de agua. Por ejemplo, según el tipo de compresor utilizado, los chillers se pueden clasificar como chillers scroll, chillers tornillo, chillers centrífugos y chillers recíprocos (Ruelas, 2017).

De acuerdo a (Castro, C. y Mendoza, C., 2015) el chiller es un mecanismo utilizado regularmente en la industria para producir agua fría en procesos industriales es el Chiller (enfriador de agua), cuyo principio de funcionamiento es el de extraer el calor del agua utilizada en un determinado proceso con la finalidad de reducir su temperatura para reducir también la temperatura del producto a obtener. En otros procesos el agua retorna al Chiller para ser enfriada nuevamente ya que ésta no se encuentra en contacto directo con el producto. En el caso del hormigón, el agua se utiliza para la mezcla y es parte contenida en el producto final. El chiller es básicamente un intercambiador de calor, compuesto por un compresor, condensador, evaporador, válvula de expansión y refrigerante, así como también de una bomba para la impulsión de agua desde su contenedor hacia el chiller por medio de tuberías. También cuenta generalmente con un tablero de control electrónico automatizado. Según el tipo de condensador, los encontramos como chillers con condensador enfriado por aire o condensador enfriado por agua. La función del condensador es transformar el refrigerante en estado gaseoso al estado líquido y de esta manera rechazar el calor que se pretende extraer del sistema. El condensador es un intercambiador de calor donde por un lado entra el gas caliente a alta presión y sale líquido con destino al dispositivo de expansión (Ruelas, 2017).

El chiller utiliza dos tipos de refrigerantes, el principal lo constituye aquel que utiliza la unidad condensadora para disminuir la temperatura del mismo a través de la compresión mecánica, esta energía térmica es transmitida a un refrigerante secundario por medio del intercambiador de calor. La energía cedida requiere que las propiedades de estos refrigerantes secundarios lleguen a temperaturas muy por debajo del punto de congelación del agua, usándose mezclas en base glicol y otras sales diferentes. El cloruro de calcio disuelto en agua mejor conocido como salmuera es uno de los refrigerantes secundarios más utilizados en la industria debido a su bajo costo y formas de presentación, el mismo presenta diferentes propiedades tanto químicas como físicas por el cambio de solución concentrada en agua lo que hace que estas salmueras se adapten con gran facilidad a diferentes tipos de procesos. Dentro de los componentes importantes del sistema de refrigeración chiller se tiene el compresor hermético, evaporador de placas, válvula de expansión, carga de refrigerante, efecto de carga de refrigerante en el evaporador (Macas, J. y Toinga, E., 2015).

El proceso de refrigeración es confundido por la mayoría de personas con el término enfriamiento cuando no es más que un proceso de transferencia de calor. La refrigeración consiste en descender la temperatura de determinado recinto o cámara por debajo de la del medio ambiente y que se mantenga a esa temperatura, para esto es necesario extraer el calor de dicho recinto de manera continua o al menos intermitente en un ciclo cerrado

(ASHRAE, 2010). En equipos de refrigeración la transferencia de calor se lleva a cabo a través de fluidos conocidos como refrigerantes, el calor pasa de un cuerpo caliente a uno frío por la aportación de un trabajo mecánico o calor del exterior. La refrigeración por compresión de vapor es un caso de aportación de trabajo mecánico y se ha constituido en el método más utilizado en la actualidad para equipos que no necesitan entregar mayor capacidad (Tecumseh, 2002).

El efecto de refrigeración es entendido como la cantidad de calor que un refrigerante es capaz de absorber mientras fluye en el evaporador como líquido y terminando como vapor. Podemos referir el hecho que los líquidos tienen un buen efecto de refrigeración por su alto calor latente de vaporización, por lo mismo se puede decir, que no es más que la diferencia de calor por el cambio de fase al pasar por el evaporador. Cuando el refrigerante en estado líquido se aproxima a la válvula su temperatura generalmente siempre es mayor que la temperatura de vaporización del refrigerante dentro del serpentín del evaporador, de lo mismo podemos deducir que el efecto de refrigeración normalmente es menor que el calor de vaporización (Macas, J. y Toaing, E., 2015).

El proceso de cambio de fase líquido-vapor es un fenómeno bien conocido que ejemplifica los principios básicos de termofísica y transporte que motivan los mecanismos de los procesos de condensación y vaporización (Carey, 2007) citado por (Zafar-Hayat, K.; Rashid, A. y Licheng, S., 2019). Los procedimientos de cambio de fase en materiales porosos exhiben una amplia gama de configuraciones termodinámicas. Estos procedimientos están comúnmente influenciados por tres factores (i) por medio de la orientación del calentamiento y enfriamiento de las superficies, (ii) a través de la geometría de micro y macroescala de un material poroso y (iii) por interacciones con procedimientos convectivos y conductivos. En regiones cercanas. Los problemas de valor límite móvil en medios porosos tienen importancia práctica en el almacenamiento de energía térmica, congelación de tejidos biológicos, enfriamiento de equipos electrónicos para el procesamiento de alimentos (Masur et al., 1989; Mortensen et al., 1989) citado por (Zafar-Hayat, K.; Rashid, A. y Licheng, S., 2019).

En un enfriador centrífugo, el evaporador es generalmente un evaporador de líquido lleno. Para mantener el nivel de líquido del evaporador constante, generalmente está equipado con una válvula de bola flotante, que controla el caudal del refrigerante según al nivel líquido del evaporador. El nivel de líquido del evaporador se considera constante. Aplicando la conservación de energía, la cantidad de calor perdido ser el agua enfriada es igual a la cantidad de calor transferido del lado del agua enfriada al lado del refrigerante (Hao, X. y Wang, T., 2014).

Como es bien sabido, el sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) juega un papel importante en la vida moderna. Es imprescindible en grandes edificios como hoteles, talleres, hospitales, etc. En términos de consumo de energía, la energía consumida en HVAC El sistema representa más del 50% de la energía total del edificio. El sistema HVAC se ejecuta bajo carga máxima, sin embargo, en la mayoría de los casos, la carga real en El tiempo de funcionamiento es inferior a la carga completa. Obviamente, estas condiciones causan grandes suma de residuos. En consecuencia, para ahorrar energía, la eficiencia del sistema HVAC necesita ser mejorado. Un sistema HVAC típico consiste en un circuito de aire interior, circuito de agua fría, circuito de refrigerante, circuito de agua del condensador y circuito de aire exterior. Investigadores concentrados en diferentes componentes, algunos en circuito de agua fría, algunos en agua de condensador bucle. Para controlar todo el sistema, es necesario identificar los modelos de HVAC. Entre Los cinco procedimientos mencionados anteriormente, dos circuitos de agua y el circuito de refrigerante son de lo más importante, porque el consumo de energía de las tres partes explica una proporción abrumadora del uso total de energía. Los consumidores de energía primaria de los circuitos de agua y el circuito de refrigerante son bombas y enfriadores respectivos (Yukui Zhang¹, Shiji Song¹, Cheng Wu¹, and Kang Li, 2010).

El objetivo de este estudio se centra en diseñar y construir un sistema simulador de producción de frío, conocido como Chiller para ser utilizado en la formación técnica-tecnológica de los estudiantes de la carrera de electromecánica del Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías.

2 | MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la ciudad de Portoviejo, provincia de Manabí, república del Ecuador, posición 341° N, 170 ft de altura, 1 atm de presión atmosférica; en las instalaciones del Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías, con un diseño experimental basado en varias pruebas de testeó a intervalo de razón variable, aplicadas a un sistema de climatización que se pretende alcanzar temperaturas desde de 29°C a 18°C. Para lograr este objetivo se seleccionaron los siguientes materiales, detallados en la tabla 1, a continuación:

Descripción	Cantidad
Ángulo 50x3mm2x1/8	4
Plancha galv.1220x2440x0.70mm 1/32	5
Plancha galv.1220x2440x0.40mm	5
Sumidero de agua 60x60x30mm	2
Sumidero de agua de 1.18x1.15x15mm	1
Sistema de expansión directa capacidad 9000 BTU/h	1
Bomba de agua 0.5hp	1
Contactores de 9 Amp. de 220V	3
Tubo plastigama ½	4
Manómetro pedrollo de150 psi	2
Tee de ½	10
Bushin 1x1/2"	5
Extensión de 5 m	1
Disco de cortes 4 ½"x 1/16".	2
Válvula de carga de ¼	2
Broca p/metal 1/8	4
Cable #12 m	10
Broca p/metal ¼	5
Codo de 1/2x90plastigama (90°)	10
Teflón	10
Cinta aislante.	2
Radiador	1
Ventilador	1
Cañería de cobre m	10
Gas refrigerante r22	2
Gas propano	2
Varilla de suelda de plata	2
Silicona	2
Turbina 0.5 hp	1

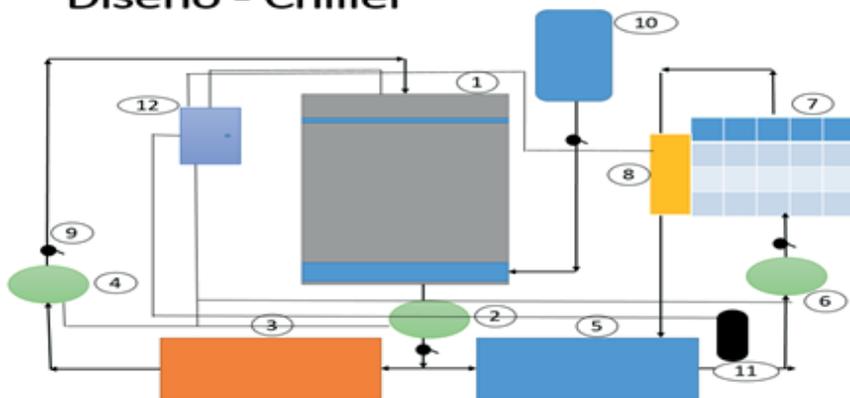
Tabla 1. Materiales y equipos para la elaboración del sistema de congelación

Fuente: Elaboración propia

Descripción del sistema

En la figura 1, a continuación se puede apreciar el diseño realizado para la construcción del sistema de enfriamiento Chiller.

Diseño - Chiller



1. Torre de enfriamiento
2. Bomba de succión en el sumidero de la torre de enfriamiento.
3. Sumidero del condensador.
4. Bomba de descarga de agua caliente a la torre de enfriamiento.
5. Sumidero del vaporador
6. Bomba de succión y descarga de la línea de baja.
7. Intercambiador de calor fain coil.
8. Turbina de verificación.
9. Válvulas de control de flujo.
10. Reservorio de agua
11. Compresor.
12. Panel de control.

Figura 1. Diseño del chiller

El módulo de simulación - chiller es un equipo de simulación con aplicación didáctica en el área de la climatización, alcanzando temperatura de 18°C con dimensiones internas de 2 m³ de volumen donde se encuentran todas las unidades de funcionamiento. En las figura 2 se puede apreciar estas unidades de funcionamiento en el Chiller.



Figura 2. Unidades de funcionamiento del Chiller

Unidad de expansión mecánica directa

Este equipo cuenta con capacidad de 9000 BTU/h¹, con sus equivalencias de 2267 Kcal/hr, 2.636 Kw/Hr, 2636 W/hr, 2267 frig/Hr, 9450 KJ/Hr; destinado al intercambio de calor en los sumideros de alta y baja, su operación lo realizará con el gas refrigerante R22 a un volumen de 600 gr.

1. Unidad Térmica Británica sobre Hora

Sistemas de Bombeo

Cuenta con 3 bombas de agua, 2 para el circuito de alta y 1 para el de baja; sus características Caudal máximo Q_{max} : 40 l/min., potencia P : 0.37 Kw, voltaje V : 115-230, Frecuencia: 60 Hz.

Controladores de nivel de fluidos

Los controles de nivel nos permitirán garantizar el nivel del agua en un rango de variación preestablecido. Existen algunas diferencias en la concepción de los controles de nivel, según se trate de: canales; plantas de tratamiento; tanques de almacenamiento de agua o un embalse, para nuestro equipo existirá un dispositivo de control en el sumidero de reserva, sumideros del circuito de baja y alta, así como también en el sumidero de la torre de enfriamiento.

Sensores

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación aplicadas en el sistema serán de temperatura, presión, volumen; ubicadas en los sumideros de la torre, del circuito de alta y baja para la detección de las temperaturas y así controlar los procesos de producción de frío.

Unidad Condensadora

La función del condensador es transformar en su interior el gas refrigerante comprimido en el compresor en líquido refrigerante. En el interior del condensador el gas refrigerante pierde el calor que absorbió durante el proceso de su evaporación desde el espacio a enfriar, así como también hace entrega del calor absorbido durante su circulación a través de la línea de retorno al compresor y el calor absorbido durante el fenómeno de compresión en el interior del compresor.

Unidad Evaporadora

Un evaporador es un intercambiador de calor utilizado en los sistemas refrigerantes, donde se intercambia energía termina proveniente desde un medio cuyo objetivo es ceder calor al refrigerante, es decir que el refrigerante absorba calor del medio para evaporarse.

Unidad manejadora de frío

Está compuesta por un panel de tipo radiador logrando alcanzar hasta 3°C , con una turbina para la absorción de calor y entrega al medio con temperatura de 18°C .

Torre de enfriamiento

Esta unidad tiene el diseño de Tiro Inducido corriente al flujo de agua al sumidero de recolección donde existirá un intercambio de temperatura con respecto a la interacción entre el sumidero de condensación y la torre obteniendo la reducción de 60°C a 35°C temperaturas óptimas para garantizar el proceso de condensación, así mismo aportará con el suministro de agua tanto para el circuito de alta y baja, en el caso de ser necesario. Estructuralmente se ha trabajado con materiales de Planchas Galvanizadas fabricada bajo norma ASTM A653G40 de 1.4 mm de espesor, sus dimensiones son 1220 mm de ancho por 2440 mm de largo² y ángulos de hierro de 3.2 mm de espesor³ como chasis de soporte tanto de cámara como de equipos mecánicos y conexiones eléctricas y electrónicas; así mismo la estructura será unida mediante pernos de 1" x 3/16 acerado.

Sistema de conexión mecánica

Se utilizaron tuberías plásticas PVC de ½ pulgada de diámetro interior, codos a 90° acoples T, cubiertos de material aislantes como el poliestireno en las tuberías de conexión con un coeficiente de transferencia de calor $K = 0,032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ a $0,044 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Unidad de mando y control automático

Se emite una orden para realizar el control automático del chiller.

Procesos de verificación

El procedimiento de testeo se realizó en el taller laboratorio de sistemas de acondicionamiento industrial del Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías, en 15 mediciones a razón de intervalos variables de 5 horas, durante 5 días. Como instrumento de medición se utilizó varios medidores de temperatura (Faghri, A. y Zhang, Y., s.f.) , con las siguientes características mostradas en la tabla 2.

Descripción	Características técnicas
Termómetro infrarrojo Medidor de temperatura de líquidos y sólidos Medidor de temperatura ambiental y humedad	<i>PEAK METER PM6530C</i> Rango -50° a 800°C TA288 Sonda de acero inoxidable Rango: 50 ° C y 300 ° C PEAK METER MS6508 Rango: -20 a 60°C Precisión: +/- 0.5°C RH: 0 a 100%, precisión 2,0%

Tabla 2. Especificaciones de instrumentación

Fuente: Elaboración propia

2. Kubiec-Conduit más que un acero (Metalmecánica y cerrajería)
3. Acindar Grupo Arcelor Mittal-Pefiles, barras y plancuelas

3 I RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de la fase de experimentación se obtuvieron los datos técnicos de operación del sistema chiller con parámetros en cada unidad de trabajo, en la unidad de torre de enfriamiento se lograron temperaturas de 45 °C de entrada y 23,4 °C de salida, la unidad de condensación oscila entre 45°C y 35°C, la unidad de frío se encuentra a 8°C de temperatura y en la Unidad Manejadora de frío se obtuvo una temperatura de aire de 18°C y de humedad de 65% como puede verse en la tabla 3.

Unidad	Consumo (KW/h)	Tiempo de funcionamiento (h)	Consumo de operación (KW/h)
Sistema de funcionamiento de circuito de baja:			0.66
Compresor	0.66	0.5	0.33
Bomba de circuito de baja	0.33	1.00	0.33
Sistema de funcionamiento de circuito de alta:			0.41
Bomba de circuito de alta	1.21	0.25	0.30
Ventilador de torre de enfriamiento	0.44	0.25	0.11
Circuitos de tablero de control:			
Tablero de control	0.22	1	0.20
Total consumo del sistema (KW/h)			1.27
Costo por consumo (\$0.12-KW/h)			\$0.15
Consumo por 16h/30 días operativos			\$73.15

Tabla 3. Parámetros de costos energéticos del sistema chiller-torre de enfriamiento

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 puede observarse los parámetros de funcionamiento técnico del sistema en conjunto.

#	Descripción	Valor obtenido
1	Temperatura de ingreso de agua del condensador a la torre de enfriamiento	58.86 °C
2	Temperatura de salida de agua en la unidad evaporadora	6.74 °C
3	Temperatura de ingreso de agua de la torre de enfriamiento al condensador	23,74 °C
4	Temperatura de fan Coil	18.07 °C
5	Presión de descarga de refrigerante R22	250 PSI
6	Presión de succión de refrigerante R22	50 PSI
7	Voltaje	220 V
8	Consumo	1.27KW/h
9	Capacidad de enfriamiento	9.000 BTU/h

Tabla 4. Datos técnicos de funcionamiento del sistema chiller-torre de enfriamiento

Fuente: Elaboración propia

La importancia de un sistema como el citado es que tiene la capacidad de enfriar grandes áreas como centros comerciales, hospitales, edificios entre otros con gran eficiencia, debido a su control de forma electrónica, proporcionando el agua a una temperatura deseada con más precisión, y puede bajar más la temperatura al agua en comparación con otros equipos como torres de enfriamiento. Por ser un circuito generalmente cerrado, el agua se contamina menos y la reposición de esta es menor, es decir que no hay tanta pérdida por evaporación. La instalación es relativamente reducida y el chiller generalmente tiene gran cantidad de sensores de presión, temperatura, flujo, voltaje, corriente, lo que lo hace muy útil en cuanto a la detección de problemas en el sistema.

En el estudio de (Ruelas, 2017) se realizó el remplazo del condensador aluminio-aluminio a condensador cobre aluminio para evitar la pérdida de gas refrigerante, ya que el nuevo material utilizado para la fabricación del condensador es más resistente a la corrosión y la humedad.

En esta investigación el chiller se fabricó con materiales distintos a los usuales teniendo resultados funcionales en relación a las variables estudiadas, esto es que el sistema diseñado está aportando al proceso de formación técnica-tecnológica de estudiantes de la carrera de electromecánica del Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías de la ciudad de Portoviejo.

4 | CONCLUSIONES

El sistema de enfriamiento chiller, diseñado y construido para aportar a la formación práctica en la tecnología superior, en electromecánica dentro de la asignatura de sistemas de refrigeración es un ejemplo vivencial, de que la utilización de materiales reciclados para la generación de equipos como el chiller, proporciona una fuente útil para la obtención de datos y resultados positivos en determinadas áreas que requieren mantener una temperatura de enfriamiento, en las que un sistema convencional no es recomendable.

El sistema construido es funcional desde el punto de vista académico-técnico-tecnológico, sin embargo, para llevarlo a escalas industriales se precisa de materiales que se comercializan en el mercado para estos fines.

REFERENCIAS

ASHRAE. (2010). *Ashrae handbook refrigeration*. Atlanta GA 30329: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ISBN 978-1-933742-82-3.

Castro, C. y Mendoza, C. (2015). *Cálculo y selección de un enfriador (chiller) en la planta de hormigón GEO 1 de la constructora Ripconci de la ciudad de Guayaquil para reducir la temperatura del agua de mezcla del hormigón*. Manta: Universidad Laica ELOY Alfaro de Manabí.

Copeland. (2010). *Manual de refrigeración*. Barcelona: Eras.

Faghri, A. y Zhang, Y. (s.f.). Appendix A: Constants, Units, and conversion factors. Em *Heat Transfer and Flow* (pp. 747-820). Springer Nature Switzerland AG 2020.

Hao, X. y Wang, T. (2014). Simulation Analysis of Factors Influencing Chiller EER. *Journal of Thermal Science Vol.23, No.3*, 285-289 .

Macas, J. y Toainga, E. (2015). *REPOTENCIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS DEL CHILLER DEL LABORATORIO DE TRANSFERENCIA DE CALOR, PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS DE ENFRIAMIENTO*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo ESPOCH.

Ruelas, C. (2017). *CHILLER CARRIER 30RBA12054 CON CONDENSADOR COBRE – ALUMINIO, COMO ALTERNATIVA PARA EVITAR FUGA DE GAS REFRIGERANTE EN EL SISTEMA DE AIRE ACONDIONADO DEL EDIFICIO CORPORACIÓN MG SAC*. Villa El Salvador: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.

Tecumseh. (2002). *Aplicaciones de refrigeración*. Inglaterra : Tecumseh.

Yukui Zhang¹, Shiji Song¹, Cheng Wu¹, and Kang Li. (2010). Identification of Chiller Model in HVAC System Using Fuzzy Inference Rules with Zadeh's Implication operator. *Lecture Notes in Computer Science book series (LNCS, volume 6328)*, 399-408.

Zafar-Hayat, K.; Rashid, A. y Licheng, S. (2019). Effect of instantaneous change of surface temperature and density on an unsteady liquid–vapour front in a porous medium. *Experimental and Computational Multiphase Flow. Vol. 2, No. 2, 2020, 115–121*, 115-121.