



Propuesta para actualización de banco didáctico para prácticas de transferencia de calor en la Universidad Antonio Nariño sede Cartagena

**Norman José Polo Fontalvo
Efraín Emilio Elles Collazos**

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Cartagena, Colombia
27/May/2020

Propuesta para actualización de banco didáctico para prácticas de transferencia de calor en la Universidad Antonio Nariño sede Cartagena

**Norman José Polo Fontalvo
Efraín Emilio Elles Collazos**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Electromecánico

Director (a):

Ingeniero **Daniel Enrique Yabrudi Mercado**

Línea de Investigación:

Transferencia de calor e ingeniería proceso

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Cartagena, Colombia

27/May/2020

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a nuestros padres, quien nos enseñaron que el mejor conocimiento que se puede tener es el que se aprende por sí mismo, incluso la tarea más grande se puede lograr si se hace un paso a la vez, también está dedicado a nuestras esposas e hijos quienes han puesto todas su confianza y un gran apoyo y comprensión en los momentos más difíciles y a lo largo de la carrera, en los momentos en los que pensamos que no seríamos capaces de lograr esta meta.

Norman José Polo Fontalvo
Efraín Emilio Elles Collazos

Agradecimientos

Agradecemos primeramente a DIOS, por darnos la sabiduría, paciencia y fortaleza para lograr las metas y objetivos propuestos, también a todos nuestros ingenieros y distinguidos profesores que siempre estuvieron dispuestos a compartir sus conocimientos y experiencia, además de brindarnos todo el apoyo integral para el desarrollo de toda la carrera y la tesis, también agradecemos a nuestra empresa ECOPETROL S.A. quien nos brindó la oportunidad de capacitarnos y en la cual nos sentimos orgullosos de pertenecer laboralmente.

También expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a:

Ingeniero **Daniel Enrique Yabrudi Mercado**, director de nuestro grupo de trabajo, quien nos apoyó y guió en toda la realización de la tesis con su gran espíritu de colaboración y todo el consejo que nos brindó.

Norman José Polo Fontalvo
Efraín Emilio Elles Collazos

Resumen

Las prácticas de la asignatura transferencia de calor son una herramienta fundamental en la formación de los ingenieros Electromecánicos. Actualmente la UAN sede Cartagena no cuenta con el banco experimental/didáctico adecuado para realizar prácticas de laboratorio en intercambiadores de tubo y coraza. A través de este proyecto, se pretende realizar el diagnóstico y adecuación de un banco didáctico de transferencia de calor existente que presenta fallas en su operación. Lo anterior servirá para el desarrollo de futuras prácticas de laboratorio y fortalecimiento de la formación del ingeniero Electromecánico UAN con la metodología CDIO. (Concebir-Diseñar-Implementar- Operar).

Palabras claves: serpentín, refrigeración, sistemas eléctricos, bombas, banco de transferencia de calor

Abstract

Laboratory Practices on heat transfer are a fundamental tool in the training of Electromechanical engineers. Currently, the UAN Cartagena Campus does not have the appropriate experimental/didactic bank to carry out laboratory practices in tube and shell exchangers. This project aims to carry out the diagnosis and adaptation of a didactic shell and tube heat exchanger that has faults in its operation. The above, for the development of future laboratory practices and strengthening the training of the UAN Electromechanical engineer with the CDIO methodology.

Keywords: coil, refrigeration, electrical systems, pumps, heat transfer bench

Contenido

	Pág.
Lista de figuras.....	XIII
Lista de tablas	XIV
Lista de Símbolos y abreviaturas.....	XV
Introducción	1
1. Generalidades	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivo general	4
1.4 Objetivos específicos	4
2. Marco Teórico.....	5
2.1 Proceso de Transferencia de Calor	5
2.2 Área de aplicación de transferencia de calor	6
2.3 Calor y otras formas de energía	6
2.4 Primera ley de la termodinámica	7
2.5 Mecanismo de transferencia de calor.....	8
2.6 Transferencia de calor por conducción.....	9
2.6.1 Conductividad térmica	10
2.6.2 Difusividad térmica	11
2.7 Transferencia de calor convección	12
2.7.1 convección forzada.....	13
2.7.2 convección natural.....	14
2.8 Transferencia de calor por radiación	15
2.9 Intercambiador de Calor.....	16
3. Reingeniería de Detalle de la Actualización	20
3.1 Diseño Metodológico.....	20
3.2 Diagnóstico del Estado del Banco	21
3.2.1 Procedimiento para desarme y armado de intercambiador de calor tipo de Carcaza y tubo	22
3.2.2 Lista de chequeo e informe de ejecutivo de diagnóstico	22
3.3 Propuesta de diseño de sistema idóneo para actualización del banco	26
3.3.1 Línea base.....	26
3.3.2 Requerimientos de ingeniería	28

3.3.3	Condiciones de diseño para sistema de refrigeración.....	30
3.4	Manuales de operación, seguridad y mantenimiento para banco didáctico	40
3.4.1	Manual de Operación	40
3.4.2	Manual de Seguridad	47
3.4.3	Procedimiento para mantenimiento y reparación de depósito o tanque de agua o aceite	55
3.4.4	Procedimiento para mantenimiento y reparación preventivo y/o correctivo de electrobomba	56
3.4.5	Procedimiento para mantenimiento y reparación preventivo y/o correctivo de unidad o motor hidráulico.....	58
3.4.6	Procedimiento para mantenimiento y reparación de resistencias	59
3.4.7	Procedimiento para mantenimiento y reparación de mesa soporte para intercambiador de calor.....	59
3.5	Guías prácticas de laboratorio	60
Conclusiones y recomendaciones		61
4.	Conclusiones.....	61
4.1	Recomendaciones	62
4.2	Trabajos Posteriores.....	62
Anexos.....		63
Bibliografía		98

Lista de figuras

	Pág.
Figura 2-1 Mecanismo de transferencia.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2-2 Rango de la conductividad térmica de diversos materiales a la temperatura ambiente	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2-3 tipos de convenciones	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2-4 Convección forzada.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2-5 convección natural o libre	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2-6 Transferencia de calor por radiación	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2-7 intercambiador de carcaza y tubo.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2-8 tipos de corazas	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2-9 Disposiciones comunes para los tubos de intercambiadores;	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2-10 Tapas planas de intercambiador de calor	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2-11 Tapa abombada de intercambiador de calor...	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2-12 Segmento de deflectores.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3-1 Diseño metodológico	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3-2 Circuito de refrigeración detallado	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3-3 Sistema de refrigeración por expiación.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3-4 Diagrama del esquema del circuito.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3-5 Circuito de refrigeración.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3-6 Estructura del sistema	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3-7 Circuito de refrigeración detallado	¡Error! Marcador no definido.

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1 Conducción térmica de materiales	11
Tabla 2-2 Difusividades térmicas de algunos materiales en temperatura ambiente	12
Tabla 3-1 Procedimiento de desarme y armado de intercambiador de calor	22
Tabla 3-2 Lista de chequeo	23
Tabla 3-3 Informe ejecutivo de diagnóstico	24
Tabla 3-4 Características técnicas de equipos de la línea base	27
Tabla 3-5 Propiedades del líquido	31
Tabla 3-6 Condiciones de diseño	31
Tabla 3-7 Variables del sistema	32
Tabla 3-8 Procedimiento para mantenimiento y reparación de depósito o tanque de agua o aceite	55
Tabla 3-9 Procedimiento para mantenimiento y reparación preventivo y/o correctivo de electrobomba	56
Tabla 3-10 Procedimiento para mantenimiento y reparación preventivo y/o correctivo de unidad o motor hidráulico	58
Tabla 3-11 Procedimiento para mantenimiento y reparación de resistencias	59

Tabla 3-12 Procedimiento para mantenimiento y reparación de mesa soporte para intercambiador de calor	59
--	----

Lista de Símbolos y abreviaturas

Esta sección es opcional, dado que existen disciplinas que no manejan símbolos y/o abreviaturas. Se incluyen símbolos generales (con letras latinas y griegas), subíndices, superíndices y abreviaturas (incluir sólo las clases de símbolos que se utilicen). Cada una de estas listas debe estar ubicada en orden alfabético de acuerdo con la primera letra del símbolo (en esta plantilla, el título del tipo de símbolo está en letra Arial de 14 puntos y en negrilla). Para escribir la definición en las tablas, se puede usar la herramienta de referencia cruzada (para textos editados en Microsoft Word). A continuación, se presentan algunos ejemplos.

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
A	Área	m^2	$\iint dx dy$
A_{BET}	Area interna del sólido	$\frac{m^2}{g}$	ver DIN ISO 9277
A_g	Área transversal de la fase gaseosa	m^2	Ec. 3.2
A_s	Área transversal de la carga a granel	m^2	Ec. 3.6
a	Coefficiente	1	Tabla 3-1

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
α_{BET}	Factor de superficie	$\frac{m^2}{g}$	$(W_{F,waf})(A_{BET})$
β_i	Grado de formación del componente i	1	$\frac{m_j}{m_{bm} \varrho}$
γ	Wandhaufreiwinkel (Stahlblech)	1	Sección 3.2
ε	Porosidad de la partícula	1	$1 - \frac{\rho_s}{\rho_w}$
η	mittlere Bettneigungswinkel (Stürzen)	1	Figura 3-1

Subíndices

Subíndice	Término
-----------	---------

Subíndice Término

bm	Materia orgánica
DR	Dubinin-Radushkevich
E	Experimental

Superíndices**Superíndice Término**

n	Exponente, potencia
---	---------------------

Abreviaturas**Abreviatura Término**

1.LT	Primera ley de la termodinámica
DF	Dimension fundamental

Introducción

En las instituciones de educación superior impera la necesidad de contar con equipos y herramientas necesarias para que los estudiantes puedan afianzar los conocimientos adquiridos en las diferentes áreas de los programas que se imparten, el estado de estos determina la utilidad dentro de los procesos de aprendizaje y práctica de la comunidad estudiantil. En la universidad se tiene la disponibilidad de un banco didáctico, el mismo ha presentado nuevas oportunidades de mejora por lo que se presenta el presente proyecto como solución a los problemas de funcionamiento del banco.

El problema de este proyecto se centra en que el banco didáctico para la transferencia de calor, diseñado con el fin de brindar conocimientos a los estudiantes, presenta en la práctica, una serie de fallas en el proceso lo que no permite que se cumpla el objetivo para el que fue diseñado. En la actualidad el banco cuenta con la implementación de tecnología que, si bien no es tan antigua, si se encuentra en vía de serlo. Carece de la posibilidad de nuevas y actualizadas funciones como el control automático y monitoreo en tiempo real, por lo que se considera una potencial oportunidad de mejora.

Lo que se propone es actualizar el equipo para implementar nuevas tecnologías que se encuentran en el mercado y que brindan a la comunidad estudiantil una serie de herramientas tecnológicas para el desarrollo de conocimientos en áreas específicas y además motiva a seguir con las investigaciones en fenómenos físicos, químicos, mecánicos etc.

Por todo lo antes mencionado, se desarrolló el diseño y la implementación para la actualización del proyecto del banco didáctico esperando poder brindar a la comunidad de la universidad Antonio Nariño herramientas tecnológicas y aportes significativos para

el desarrollo de asignaturas que se estudian en la facultad de ingeniería electromecánicas y afines.

El proyecto propuesto encuentra su pertinencia en la posibilidad de sacar el mejor aprovechamiento y desarrollo del banco didáctico por lo que es necesario hacerle un mantenimiento a todos sus componentes y sistemas para permitir que se avance en temas de investigaciones y prácticas en la materia, además que requiere una serie de actualizaciones y mejoras que en calidad de reingeniería aportarían nuevas formas y modelos para poner en óptimo funcionamiento y sacar el máximo aprovechamiento al banco y así asegurar el aprendizaje teórico práctico en diferentes materias que pueden estar relacionadas con la operación del banco.

Los beneficiarios de este proyecto se listan a continuación: la comunidad académica puesto que contarían con mejoras tecnológicas importantes en el banco, para tener un equipo óptimo en el desarrollo de prácticas para la validación de teorías y conocimientos estudiados en los ambientes académicos en el marco del programa profesional. Los autores del proyecto, porque representa una oportunidad para aplicar conocimientos adquiridos dentro del programa, mientras se ponen en acción las competencias y habilidades para optimizar la vida útil del equipo.

En general, el propósito del proyecto es proponer la actualización del banco didáctico de transferencia de calor de carcasa y tubo de la Universidad Antonio Nariño sede Cartagena. Por lo que se han planteado los siguientes objetivos específicos: realizar el diagnóstico del estado actual del banco para la identificación de posibles mejoras. Presentar el diseño de un sistema idóneo para la actualización tecnológica del banco didáctico que permita su utilización en prácticas de transferencias de calor. Proponer guías de laboratorio, manuales de operación, seguridad y mantenimiento para el banco didáctico con modificaciones.

1.Generalidades

1.1 Planteamiento del problema

Los intercambiadores de calor juegan un papel importante en los procesos térmicos industriales mundiales y son los equipos más usados para esta práctica. Los intercambiadores pueden prestar servicios como: enfriamiento de líquidos y gases, condensación de vapores y gases, evaporación de refrigerantes, extracción de calor, calentamiento regenerativo del agua de alimentación a calderas, enfriamiento de aire y aceite de lubricación para compresores, turbinas y motores. (JARAMILLO, O. A. Intercambiadores de Calor. México: Universidad Nacional Autónoma de México, noviembre de 2007.)

Colombia es un país que realiza una transición del campo agropecuario a la industrialización, de hecho, hace algunas décadas pasó de ser un país exportador de frutas, verduras y flores, a ser un país exportador minero energético, exportando minerales como esmeraldas, oro, níquel, carbón, y petróleos además de derivados del petróleo (Kalmanovitz, 1983).

En el sector industrial colombiano podemos encontrar intercambiadores para procesos de a) enfriadores de aire y aceite, b) calentadores rehervidores, c) separadores de gases de fluidos, y d) calentamiento regenerativo de agua para calderas. En todos estos procesos industriales, el intercambiador de calor según su tipo contribuye a que los procesos industriales se realicen de acuerdo con la necesidad que viene especificada en cada proceso.

En la ciudad de Cartagena, La transferencia de calor es un tópico transversal en las industrias del sector petroquímico. Así que, las prácticas de laboratorio en esta asignatura son necesarias debido a las exigencias del mercado, y al conocimiento aplicado que estas generan. En la Universidad Antonio Nariño sede Cartagena, se ha encontrado que existen pocas o nulas prácticas de laboratorio de la materia transferencia de calor sobre intercambiadores de calor de tubo y coraza, lo cual debilita la iniciativa de formación CDIO (Concebir – Diseñar – Implementar – Operar) en la que se basa la estructura curricular del programa de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Antonio Nariño. Entonces ¿Cómo actualizar el banco didáctico existente para su uso en prácticas de laboratorio de transferencia de calor?

1.2 Justificación

Para poder sacarle el mejor aprovechamiento y desarrollo del banco didáctico es necesario hacerle algunas intervenciones. Esto debido a que El banco existente de prácticas de laboratorio no tiene las características necesarias para realizar prácticas de laboratorio y presenta un funcionamiento inadecuado.

Además, no se encontraron guías de laboratorio, manual de operaciones y seguridad del equipo, ni manual de mantenimiento. se hace necesario realizar todas las modificaciones para poder conseguir el objetivo deseado.

1.3 Objetivo general

Diseñar un sistema para actualización del banco didáctico de transferencia de calor de carcasa y tubo de la Universidad Antonio Nariño sede Cartagena que permita su uso en prácticas de laboratorio.

1.4 Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico del estado actual del banco para identificar las mejoras que pueden ser realizadas.
- Presentar diseño de un sistema idóneo para actualización tecnológica de banco didáctico que permita su utilización en prácticas de transferencia de calor.
- Proponer guías de laboratorio, manuales de operación, seguridad y mantenimiento para banco didáctico con modificaciones.

2.Marco Teórico

En este apartado se hará la presentación de los fundamentos conceptuales del proyecto y que definen el estado y funcionamiento del banco. En este se profundiza sobre el proceso de transferencia de calor, se describe el proceso de intercambiador de calor y de los componentes más fundamentales del banco.

2.1 Proceso de Transferencia de Calor

La transferencia de calor es un proceso en el cual observamos que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o cualquiera parte de un mismo cuerpo que este a temperaturas dierentes. La transferencia de calor siempre ocurre desde un cuerpo más caliente a uno más frío, como resultado de la Segunda Ley de la Termodinámica. Este proceso ocurre hasta que los cuerpos y su entorno alcancen el equilibrio térmico (Incropera & DeWitt, 1999).

El calor se transfiere mediante convección, radiación o conducción. Aunque estos tres procesos pueden ocurrir al mismo tiempo, puede suceder que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos. Cuando existe una diferencia de temperatura entre dos objetos en proximidad uno del otro, la transferencia de calor no puede ser detenida; solo puede hacerse más lenta (Kreith, Bohn, & Manglik, 2012).

La conducción es la transferencia de calor a través de un objeto sólido: es lo que hace que el asa de un atizador se caliente, aunque sólo la punta esté en el fuego. La convección transfiere calor por el intercambio de moléculas frías y calientes: es la causa de que el agua de una tetera se caliente uniformemente, aunque sólo su parte inferior esté en contacto con la llama. La radiación es la transferencia de calor por radiación electromagnética (generalmente infrarroja): es el principal mecanismo por el que un fuego calienta la habitación (Camacho González & Pérez Miranda, 2005).

2.2 Área de aplicación de transferencia de calor

Normalmente pueden encontrar los procesos de transferencia de calor y termodinámica en las ramas de ingeniería y en aspectos cotidianos de la vida común, como por ejemplo se puede encontrar que en el cuerpo humano es una fuente de calor muy constante, este calor puede ser emitido por el cuerpo hacia el exterior y puede ser recibido por otro cuerpo u objeto, esta emisión es una transferencia de calor por radiación, esta se da de manera cotidiana en nuestras vidas (Cengel & Ghajar, 2007).

En las casas la mayoría de los electrodomésticos usados muy comúnmente fueron diseñados y construidos basándose en principios y fundamentos de transferencia de calor. Muestra de esto es que se puede encontrar en aires acondicionado, estufas eléctricas, calentadores de agua etc. (Cengel & Ghajar, 2007).

Con esto se puede ver que la transferencia de calor se puede encontrar en áreas muy comunes hasta llegar a grandes formas de ingeniería. La aplicación de la transferencia contribuye muchas veces en el hogar en una forma de ahorro energético y porque no, en minimizar las pérdidas de dinero. Esto lo podemos comprobar, por ejemplo, cuando en una estación del tiempo, en invierno, en la casa podemos obtener calefacción por medio de algunos electrodomésticos que emiten calor y no precisamente fueron diseñado para ello, pero por su configuración emiten una fuente de calor intensa por cualquiera de los mecanismo de transferencia y así mantienen una temperatura interna de la casa apta para el vivir cotidiano (Cengel & Ghajar, 2007).

2.3 Calor y otras formas de energía

Una fuente de calor es una fuente de energía y esta se puede manifestar en varias formas tales como: mecánica, térmica, eléctrica, potencial, cinética, química, magnética y nuclear, todas estas energías pueden computarse y así sumándose entre sí para dar como energía resultante una energía total E , de un sistema (Cengel & Ghajar, 2007).

Estas formas de energía molecularmente hablando pueden mantener una relación en un mismo sistema estructural y su actividad gradualmente se puede denominar energía microscópica, que a su vez sumándose todas estas energías microscópicas dan energía interna en un sistema como resultado y se puede expresar como **U** (Cengel & Ghajar, 2007).

Estas energías son expresadas en los dos sistemas de unidades. Por su parte en el sistema inglés se expresa como **BTU** (British thermal unit), y está definida como la energía requerida para aumentar a más de **1°F** la temperatura de **1 lb** de agua a **60°F**, y por el sistema internacional se expresa en el joule (J) o en kilojoule que es igual a (KJ= 1000 J) (Cengel & Ghajar, 2007).

La energía interna antes mencionada la conocemos como la suma de las energías moleculares cinética y potencial, de estas podemos encontrar derivaciones directas como la energía o calor sensible que se desprende de la parte molecular de la energía cinética (Cengel & Ghajar, 2007).

La velocidad en estos procesos juega también un papel fundamental ya que esta velocidad en promedio es directamente proporcional a la temperatura, entonces cuando las temperaturas son muy elevadas, las velocidades son muy altas (Cengel & Ghajar, 2007).

2.4 Primera ley de la termodinámica

La primera ley de la termodinámica se conoce también como principio de conservación de energía, esta hace referencia a que, en el flujo normal de un proceso, que la energía no se crea ni se destruye, solo se puede modificar su estado o forma. Entonces las cantidades de energías por muy pequeñas que sean no pueden ser despreciables y deben de tenerse en cuenta para ser computadas en todos los cursos de los procesos.

El principio de conservación de la energía (o balance de energía) para cualquier sistema que pasa por cualquier proceso se puede expresar como sigue: la variación neta es decir (aumento o disminución) en su totalidad de la energía en un todo el recorrido del proceso

es igual a la diferencia entre las energías totales de entrada y salida en el desarrollo de dicho proceso (Cengel & Ghajar, 2007).

$$(\text{energía entra al sist}) - (\text{energía total que sale del sist}) = (\text{cambio de la energía del sist})$$

Como la energía puede ser transferida entre sistemas, o hacia el exterior de dichos sistemas utilizando calor, trabajo y flujo de masa y que la energía total compresible está compuesta por energía interna, cinética y potencial. El balance de energía se expresa así:

$$(E_{\text{ent}} - E_{\text{sal}}) = \Delta E_{\text{sistema}} \text{ y es expresado en J}$$

$(E_{\text{ent}} - E_{\text{sal}})$ » transferencia neta de energía por calor, trabajo o masa

$\Delta E_{\text{sistema}}$ » cambio en la energía interna, cinética o potencial

O se expresa en forma de razones en:

$$(\dot{E}_{\text{ent}} - \dot{E}_{\text{sal}}) = dE_{\text{sistema}}/dt \quad \text{y se expresa en } \mathbf{w}$$

$(\dot{E}_{\text{ent}} - \dot{E}_{\text{sal}})$ » velocidad de transferencia neta de la energía por calor, trabajo y masa

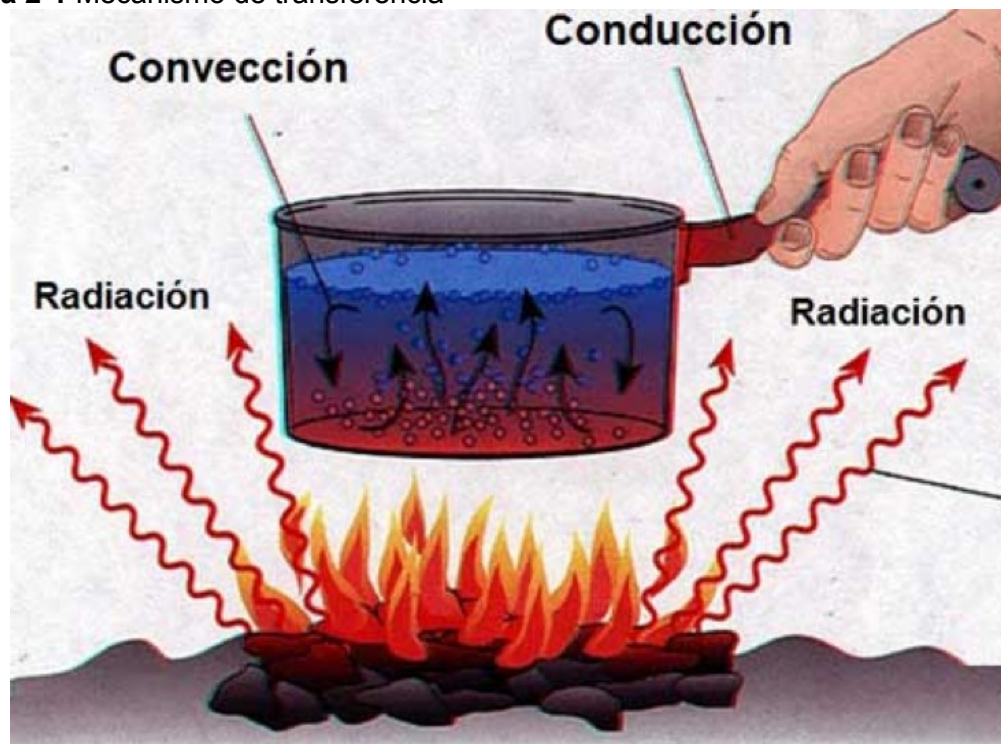
dE_{sistema}/dt » velocidad de cambio en la energía interna, cinética y potencial

2.5 Mecanismo de transferencia de calor

El calor es una energía que puede ser conducida o transportada entre dos o más cuerpos en contacto o hacia la atmósfera, este proceso se puede llevar a cabo mediante tres procesos de transferencia: conducción, convección y radiación, como se puede apreciar en la **Figura 2-1** (Cengel & Ghajar, 2007).

Para que estos mecanismos actúen necesitan tener una variación de temperatura y esta se desplaza de un cuerpo a otro por uno de los medios anteriormente señalados desde el cuerpo con la temperatura más alta hacia el cuerpo con la temperatura más baja.

Figura 2-1 Mecanismo de transferencia



Fuente: (Cengel & Ghajar, 2007).

2.6 Transferencia de calor por conducción

En este mecanismo se transfiere el calor de manera directa o por contacto directo entre dos o más cuerpos, en este proceso no hay pérdidas de material de ningún cuerpo ya que en este proceso el calor fluye desde la zona con mayor temperatura de un cuerpo a otra zona con menor temperatura del otro cuerpo, que este en contacto directo del otro cuerpo. En los cuerpos sólidos el átomo no tiene la capacidad para moverse como en los gases y líquidos, es por eso por lo que esta energía calorífica se puede almacenar en las vibraciones de átomos o moléculas. Los mejores materiales conductores de calor por

conducción son los metales, y los malos conductores son el aire y los plásticos y pueden llegar hacer aislantes del calor (Cengel & Ghajar, 2007).

La velocidad o razón con que un medio transfiere calor a otro cuerpo va ligada a la configuración geométrica de este, espesor y materiales de construcción, al igual que la diferencia entre las temperaturas a través de él, entre mayor espesor tiene el aislamiento de un material menor serán las pérdidas por calor. Por lo tanto, la razón de la conducción de calor a través de una capa plana es proporcional a la diferencia de temperatura a través de ésta y al área de transferencia de calor, pero es inversamente proporcional al espesor de esa capa así:

Razón de la conducción de calor α (área) = (diferencia de temperatura) / (espesor)

De la transferencia de calor por conducción se tienen en cuenta dos aspectos muy importantes como son la conductividad y la difusividad térmicas.

2.6.1 Conductividad térmica

La conductividad térmica es una propiedad específica que tienen los materiales y se trata de la capacidad de dejar fluir a través de sí la temperatura en forma de calor o energía, también la podemos definir como la razón de transferencia de calor a través de un espesor unitario del material por unidad de área por unidad de diferencia de temperatura (Cengel & Ghajar, 2007).

La conductividad térmica de los materiales está medida en una tabla de referencia, en esta tabla cuando un material tiene un valor por unidad más alto hace referencia a que el material es un muy buen conductor térmico y respectivamente cuando el valor es bajo hace referencia que es un mal conductor llegando incluso a ser un aislador térmico. Esta tabla se puede ver en la **Tabla 2-1**

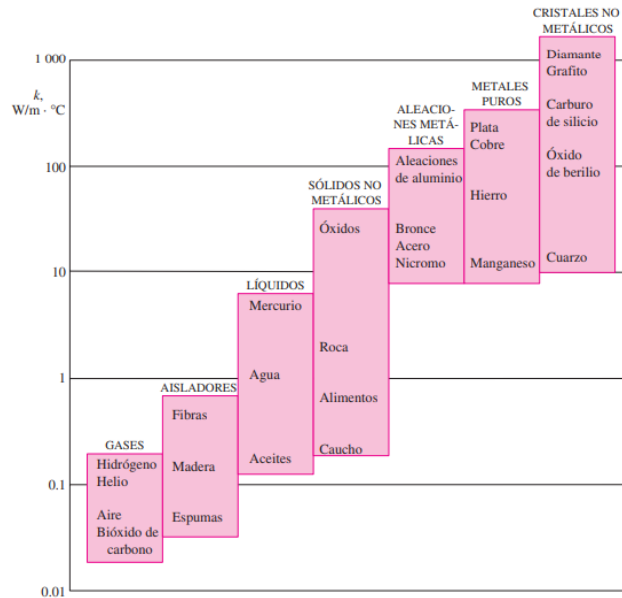
La temperatura es una medida de las energías cinéticas de las partículas, como las moléculas o los átomos de una sustancia. En un líquido o gas, la energía cinética de las moléculas se debe a su movimiento aleatorio de traslación, así como a sus movimientos de vibración y rotación.

Tabla 2-2 Conducción térmica de materiales

Metales	k kcal/(s m °C)	Gases	k kcal/(s m °C)	Otros	k kcal/(s m °C)
Aluminio	$4,9 \cdot 10^{-2}$	Aire	$5,7 \cdot 10^{-6}$	Asbestos	$2 \cdot 10^{-5}$
Bronce	$2,6 \cdot 10^{-2}$	Hidrógeno	$3,3 \cdot 10^{-5}$	Hormigón	$2 \cdot 10^{-4}$
Cobre	$9,2 \cdot 10^{-2}$	Oxígeno	$5,6 \cdot 10^{-6}$	Corcho	$4 \cdot 10^{-5}$
plomo	$8,3 \cdot 10^{-3}$			Vidrio	$2 \cdot 10^{-4}$
Plata	$9,9 \cdot 10^{-2}$			Hielo	$4 \cdot 10^{-4}$
Acero	$1,1 \cdot 10^{-2}$			Madera	$2 \cdot 10^{-5}$

Fuente: (Cengel & Ghajar, 2007)

Figura 2-2 Rango de la conductividad térmica de diversos materiales a la temperatura ambiente



Fuente: (Cengel & Ghajar, 2007)

2.6.2 Difusividad térmica

Esta es otra propiedad de la transferencia de calor por conducción, se puede concebir como la razón entre calor que es conducido a través del cuerpo de un material y el calor almacenado por unidad de volumen. Entre más se presente la difusividad térmica, más rápido se propaga el calor hacia otro medio diferente, deducimos que, todos los materiales que tienen un gran grado de conductividad térmica y una baja capacidad calorífica son poseedor de una gran difusividad térmica (Cengel & Ghajar, 2007).

Algunos materiales cotidianos tienen difusividades térmicas semejantes, ya que algunas carnes, vegetales y frutas tienen una gran composición de agua en su gran parte interior, eso lo podemos apreciar en la siguiente tabla. **Tabla 2-3**

Tabla 2-4 Difusividades térmicas de algunos materiales en temperatura ambiente

Material	α , m ² /s*
Plata	149×10^{-6}
Oro	127×10^{-6}
Cobre	113×10^{-6}
Aluminio	97.5×10^{-6}
Hierro	22.8×10^{-6}
Mercurio (l)	4.7×10^{-6}
Mármol	1.2×10^{-6}
Hielo	1.2×10^{-6}
Concreto	0.75×10^{-6}
Ladrillo	0.52×10^{-6}
Suelo macizo (seco)	0.52×10^{-6}
Vidrio	0.34×10^{-6}
Lana de vidrio	0.23×10^{-6}
Agua (l)	0.14×10^{-6}
Carne de res	0.14×10^{-6}
Madera (roble)	0.13×10^{-6}

*Multiplíquese por 10.76 para convertir a ft²/s.

Fuente: (Cengel & Ghajar, 2007)

2.7 Transferencia de calor convección

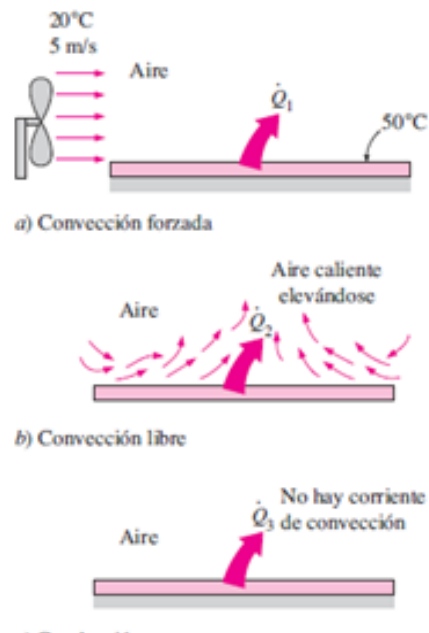
Este proceso de transferencia de calor por convección se caracteriza por tener un movimiento de masa o una circulación dentro de una sustancia líquida o gaseosa, calentándose en el tránsito de un lugar a otro y esto arrastra consigo el calor.

Este proceso puede producirse naturalmente o forzada, cuando la densidad de la materia tiene una diferencia se produce naturalmente y cuando hay movimiento obligatorio de la materia de un lugar a otro se dice que es forzada. **Figura 2-2** En este método tenemos en cuenta la rapidez del fluido en movimiento, entre más rápido se mueva, mayor es la transferencia de calor con convección.

Esta transferencia de calor por convección se divide en la convección forzada y convección natural, además que cuando en el proceso de transferencia de calor se produce

un cambio de fase de fluido se le llama convección a causa del movimiento de ese fluido inducido durante el proceso.

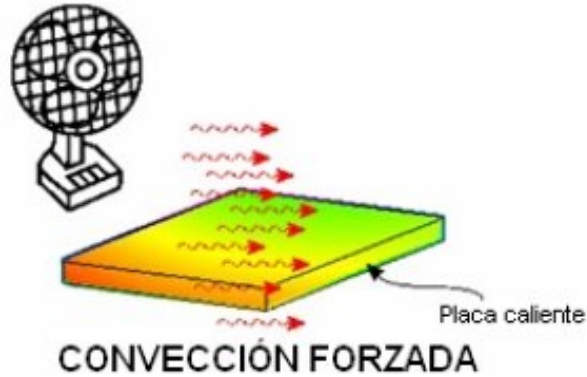
Figura 2-3 Tipos de convenciones



Fuente: (Cengel & Ghajar, 2007)

2.7.1 convección forzada

Cuando se utiliza un medio mecánico u otro medio para agitar un flujo estacionario con una diferencia de temperatura, estamos forzando un movimiento relativo, este lo podemos denominar convección forzada. la velocidad relativa puede ser muy grande, la eficacia de la convección forzada puede ser mucho mayor que la de la convección natural. La velocidad que se provoca a partir de los cambios de temperaturas se hace irrelevante, esto se da porque hay grandes velocidades relativas al partir. **Figura 2-3** (Cengel & Ghajar, 2007).

Figura 2-4 Convección forzada

Fuente: (Cengel & Ghajar, 2007)

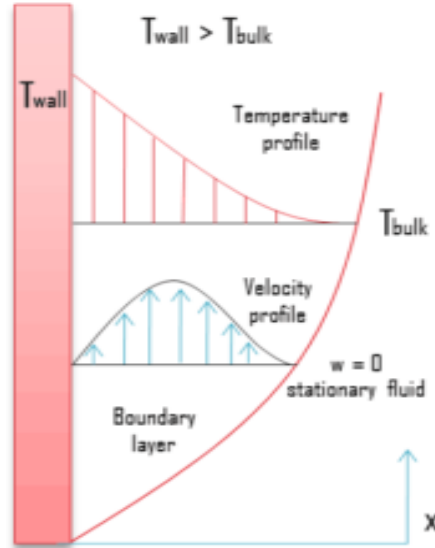
2.7.2 Convección natural

La convección natural se da cuando la transferencia de calor por convección es empujada la fuerza inducidas por la diferencia entre las densidades de dos o más cuerpos así variando la temperatura de estos mismo.

Este mecanismo de conducción de transferencia por convección es un mecanismo o transporte que se encarga de conducir masa y calor, esta conducción no la realiza ninguna fuente externa por eso es también conocido como convección libre ya que la conducción de los fluidos entres los cuerpos se lleva a cabo por diferencias en las densidades de estos fluidos y estas diferencias de densidades se dan por los cambios de temperaturas de estos mismos fluidos (Cengel & Ghajar, 2007).

La convección natural se lleva a cabo en un campo gravitacional, así que de esta forma los componentes más densos de los fluidos caerán y los menos densos se elevarán.

Figura 2-4

Figura 2-5 Convección natural o libre

Fuente: (Cengel & Ghajar, 2007)

2.8 Transferencia de calor por radiación

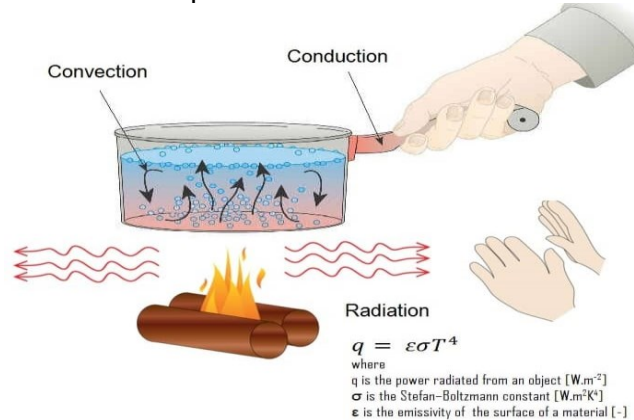
El mecanismo de transferencia de calor por radiación es como su nombre lo indica radiaciones emitidas por la materia en formas de ondas electromagnéticas, estas emisiones son un resultado de cambios de las configuraciones electrónicas de los átomos, este método no necesita un medio interventor. Se puede observar en **Figura 2-5**

La transferencia de calor por radiación la podemos encontrar en nuestro diario vivir ya que este el método por el cual la energía del sol llega todos los días hasta nuestra tierra, de manera muy veloz ya que no sufre atenuaciones en vacío. Esta transferencia trabaja a mayor velocidad que los otros métodos de transferencia.

Los cuerpos que están o tienen un aumento de temperatura emiten radiaciones y de esta forma se empieza a reflejar la transferencia por radiación, estas radiaciones son diferentes a otras radiaciones como los rayos x, los rayos gamma, las microondas, las ondas de radio y de televisión, ya que en esta no tiene relación con la temperatura.

La mayor parte de la energía de este tipo se encuentra en la región infrarroja del espectro electromagnético, aunque la demás parte está en la región visible, este proceso de radiación determina el clima y la temperatura de la tierra.

Figura 2-6 Transferencia de calor por radiación

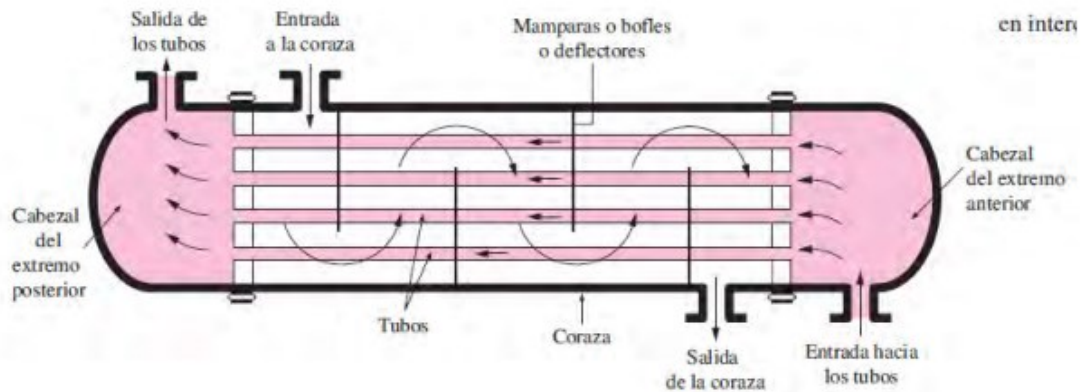


Fuente: (Cengel & Ghajar, 2007)

2.9 Intercambiador de Calor

Son dispositivos diseñados para la lograr la transferencia de calor entre fluidos que están en contacto o bien, separados por una barrera sólida. Se trata de componentes esenciales en los sistemas de climatización o refrigeración, acondicionamiento de aire, producción energética y procesamiento químico. Un mejor ejemplo de este dispositivo es teniendo en cuenta la labor que desarrolla un radiador de vehículo, este calienta el fluido refrigerante, este fluido refresca por el contacto con las corrientes de aire, logrando así reducir la temperatura del radiador (Jaramillo, 2007). Se puede ver en **Figura 2-6** El intercambiador de calor se puede usar para:

- Elevar la temperatura de un flujo a través de otro más caliente.
- Refrescar el fluido empleado otro con menor temperatura.
- Llevar al punto de ebullición a un fluido por la acción de un segundo con mayor temperatura.
- Condensar gases utilizando fluidos fríos.
- Llevar a ebullición un determinado fluido mientras se condensaba otro gaseoso más caliente.

Figura 2-7 Intercambiador de carcaza y tubo

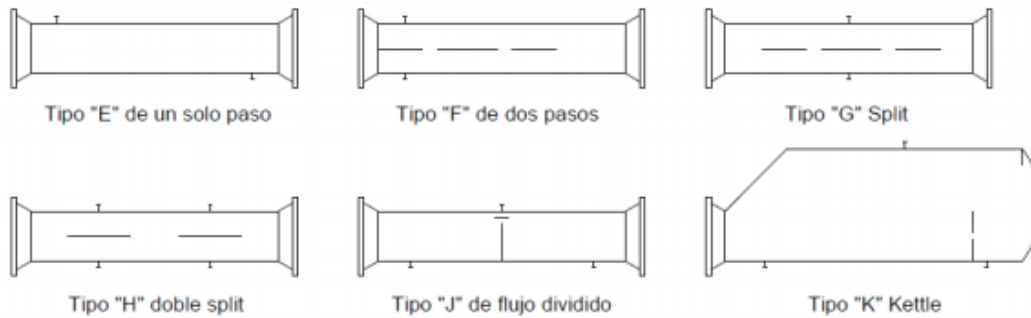
Fuente: (Cengel & Ghajar, 2007)

Las partes de un intercambiador de calos son las siguientes:

- Corazas

La coraza es el cuerpo del intercambiador, este lleva consigo apoyado las demás partes del intercambiador, estas corazas la mayor parte están fabricadas de metales, sus medidas tales como espesores y diámetros están normalizados y se rigen por las presiones de trabajo, normalmente está fabricada con acero, el tipo de acero depende si es para medidas mayores o menores de 24'' (Cuadrado, 2010).

Las bridas de succión y descarga de las corazas siempre están soldadas al cuerpo de esta y dependen de la presión que esta coraza maneja. Existen varios tipos de corazas y estas viene denominadas por las letras **E, F, G, H, J** y **K**. Pero también están divididos en dos grandes grupos **A** y **B**, representado por el tipo de canal y cubierta desmontable como el **A** y **B** que son los de tipo casquete. Se observa en la **Figura 2-7**

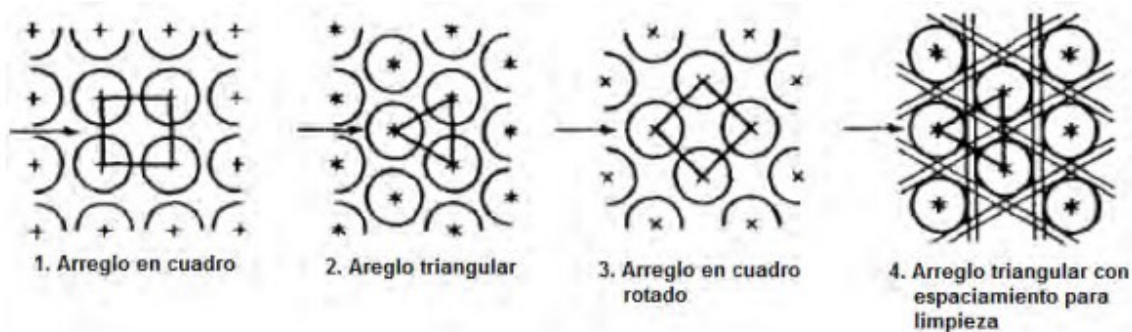
Figura 2-8 Tipos de corazas

Fuente: (Cuadrado, 2010)

- Tuberías

Las tuberías para en los intercambiadores son el conducto por donde fluyen el líquido a refrigerar, esos van internos en la carcasa y su función es permitir el paso del fluido a refrigerar, ellos evitan la mezcla entre las dos sustancias en procesos, pueden estar fabricados en diferentes materiales como el acero, cobre, latón, cobre-níquel, acero inoxidable etc.

Los tubos manejan diámetro comercial y pueden tener varias configuraciones:

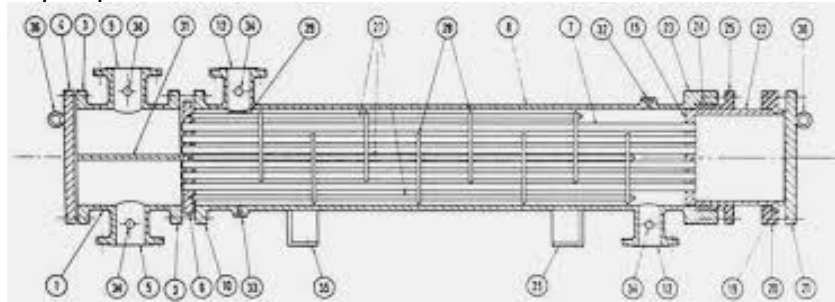
Figura 2-9 Disposiciones comunes para los tubos de intercambiadores

Fuente: (Cuadrado, 2010)

- Tapas

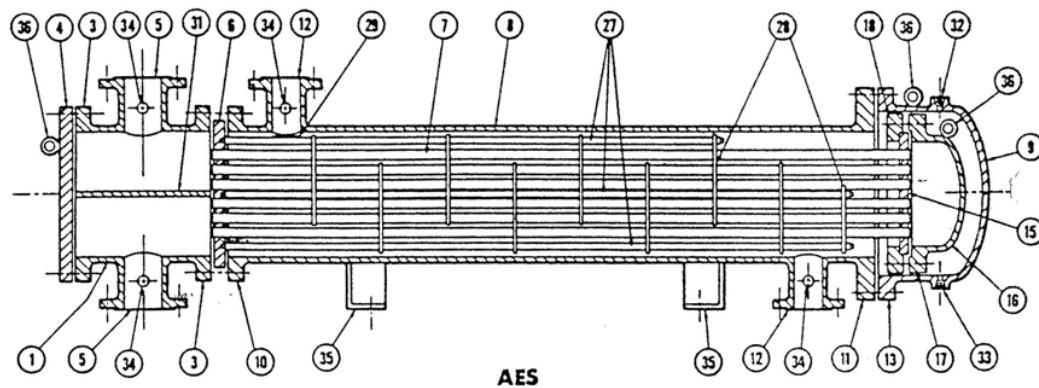
Las tapas de los intercambiadores son las que sella la coraza y no permite que los fluidos en el proceso salgan a la exterior, las tapas van en los cabezales de entrada y salida, las tapa las podemos encontrar en dos variedades tapas planas y tapas abombadas, su elección varía por el tipo de trabajo que necesita realizar y la transferencia requerida.

Figura 2-10 Tapas planas de intercambiador de calor



Fuente: (Cuadrado, 2010)

Figura 2-11 Tapa abombada de intercambiador de calor

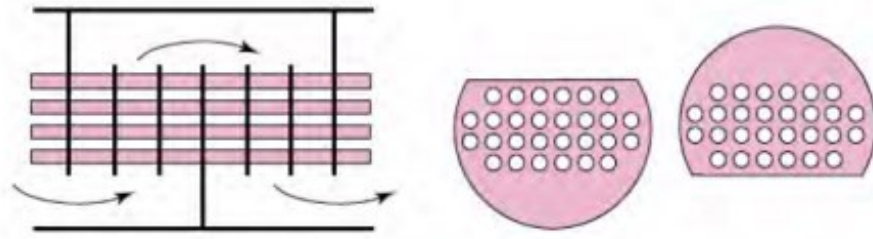


Fuente: (Cuadrado, 2010)

- Deflectores

Los deflectores son las placas metálicas internas de la coraza y por donde pasan cada uno de los tubos, estos mantienen a los tubos separados y posicionados. Para generar turbulencia en el exterior de los tubos se instala estos deflectores ya que estos hacen que el fluido circule a través de la coraza en ángulos recto-paralelos a los tubos.

La distancia de centro a centro entre dos deflectores consecutivos se denomina espaciado de deflectores, y esta dimensión se determina en función de variables como la masa-velocidad del fluido y el diámetro de la coraza.

Figura 2-12 Segmento de deflectores

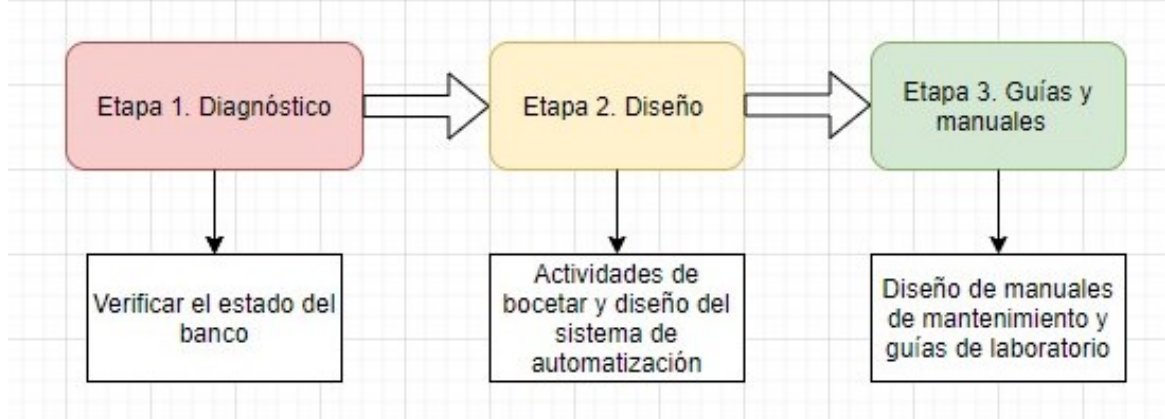
Fuente: (Cuadrado, 2010)

3.Reingeniería de Detalle de la Actualización

El presente apartado está integrado por el diseño metodológico y el desarrollo de los objetivos específicos del proyecto.

3.1 Diseño Metodológico

La metodología del presente proyecto tendrá un enfoque cuantitativo. A continuación, se describirán las tres etapas en las que se realiza:

Figura 3-1 Diseño metodológico

Fuente: Los autores

- Etapa 1: Diagnóstico del estado actual del banco didáctico. Se realizó la evaluación del banco didáctico, para establecer un punto de partida (as-built). También, como valor agregado, se realizarán actividades de mantenimiento y mejoras que no impliquen cálculos en las partes que se consideren necesarias. Lo anterior buscando la preservación del equipo.
- Etapa 2: Presentar diseño. Basado en el diagnóstico realizado en la etapa anterior, se presenta propuesta de diseño que permita utilizar el banco didacta para prácticas de laboratorio. Cabe resaltar que en estos momentos el banco no puede ser utilizado. Se entregarán algunos instrumentos y partes que sirvan para un posterior proyecto de implementación de este diseño.
- Etapa 3: Documentación relacionada. En esta etapa se propondrán guías de laboratorio, manuales de operación, seguridad y mantenimiento para banco didáctico. Lo anterior, basado en el diseño propuesto en la etapa 2.

3.2 Diagnóstico del Estado del Banco

A continuación, se presenta el desarrollo paso a paso del desarme del banco para el desarrollo del diagnóstico, posteriormente se presenta lista de chequeo de lo encontrado sobre el estado del banco, los resultados se presentan a como un informe ejecutivo a la institución.

3.2.1 Procedimiento para desarme y armado de intercambiador de calor tipo de Carcaza y tubo

A continuación, se presentan los pasos desarrollados para el desarme y armado del intercambiador de calor tipo carcaza.

Tabla 3-1 Procedimiento de desarme y armado de intercambiador de calor

Etapa	Actividades
Desarme	1. Se baja intercambiador de soporte. 1.1. Se desconectan tuberías de entrada de agua 1.2. Se desconectan tuberías de entrada de aceite 1.3. Se desatornillan abrazaderas metálicas alrededor del intercambiador 2. Se desarma intercambiador. 2.1. Se desenrosca tornillo de tapa casco 2.2. Se retiran empaque de sellado 2.3. Se saca tapa cannel 2.4. Se retira segundo empaque de sellado 2.5. Se saca haz de tubo
	3. Se verifica estado de casco. 3.1. Se verifica interior de casco 3.2. Se verifican orificios de entrada 3.3. Se verifican alojamientos de sellos 3.4. Se verifica paredes interna y externa del casco 3.5. Se rectifican rosca del casco
	4. Se verifica estado de haz de tubo 4.1. Se realiza prueba a haz de tubo 4.1.1. Se mide diámetro interno de los tubos 4.1.2. Se taponan entrada de tubos de haz de tubo 4.1.3. Se presuriza haz de tubo 4.1.4. Se verifica caída de presión de posibles entrada o fugas de fluido
	5. se hace prueba de hermeticidad a casco solo.
Armado	1. se inserta haz de tubo a casco
	2. se coloca sello de tapa chanel
	3. se coloca sello de tapa casco
	4. se aprieta tornillo de tapa casco
	5. se coloca tuberías de entrada de casco
	6. se coloca tuberías de entrada del haz de tubo
	7. se monta intercambiador a base
	8. se aprietan abrazaderas metálicas al intercambiador

Fuente: Los Autores

3.2.2 Lista de chequeo e informe de ejecutivo de diagnóstico

Una vez desarrollados los procesos de mantenimiento de la unidad de almacenamiento, unidad hidráulica y la electrobomba (Ver anexos A, B y C) se procedió a establecer el estado de cada uno de los componentes del banco, para identificar las oportunidades de mejora que son reportadas a través de informe ejecutivo.

Tabla 3-2 Lista de chequeo

Lista de chequeo					
	Elementos actuales	Condición		Mantenimiento	
		Bueno	malo	preventivo	correctivo
1	Intercambiador	X		X	
2	Electrobomba	X		X	
3	Unidad o motor hidráulicos	X		X	
4	Depósito o tanque de agua		X		X
5	Depósito o tanque de aceite		X		X
6	Medidoras de flujo o manómetros análogos	X		X	
7	Medidores de temperatura o termómetros	X		X	
8	Resistencia	X		X	
9	Tubería de fluidos		X		X
10	Mesa de montaje		X		X
11	Tablero de mando-cableado eléctrico	X		X	
Actualización					
12	Serpentín o enfriador	Nuevo		Usado	
			X		
13	Medidores de flujo digitales		X		

Tabla 3-3 Informe ejecutivo de diagnóstico

Cartagena, 14 de agosto 2019

Señores:
Comunidad estudiantil y docentes de la UAN
Atención:
Profesores

Asunto: informe técnico de inspección, evaluación, diagnóstico y reparación de banco didáctico de intercambiador de calor.

Ubicación: laboratorio de automatización

1. Equipos analizados

- 1.1. Intercambiador de calor
- 1.2. Electrobomba
- 1.3. Unidad o motor hidráulico
- 1.4. Depósitos o tanque
- 1.5. Medidores
- 1.6. Tuberías
- 1.7. Banco

2. Antecedes de funcionamiento

- 2.1. En la operación el conjunto de equipos presentó problema, en uno de los principales procesos para que esta diseñado el proyecto, el problema radica en que puesto en marcha la operación del intercambiador, pasado un tiempo aproximado de 10 minutos se iguala la temperatura de fluido enfriante (agua) con la del fluido a enfriar (aceite), esto quiere decir que el agua luego de pasar por el casco del intercambiador no alcanza a enfriar lo suficiente en el retorno de la tubería y absorbe el calor llegando a tener la temperatura del aceite dentro del haz de tubo.
- 2.2. Se encontró deposito o tanque de agua con demasiada corrosión
- 2.3. Se evidencia falta de mantenimiento a equipos rotativos del proyecto

3. Trabajos para realizar

- 3.1. Diseño de elemento enfriante (serpentín) para mantener temperatura optima del enfriante
- 3.2. Diseño eléctrico del sistema nuevo del enfriador
- 3.3. Se reparó tanque o deposito del agua
- 3.4. Se sugiere montajes medidores digitales
- 3.5. Se diseñó sistema arduino
- 3.6. Se realizó mantenimiento preventivo y correctivo a equipos rotativos del proyecto

4. Cambios realizados

- 4.1. Se cambiador manómetros análogos
- 4.2. Se cambiaron elementos rodantes de equipos
- 4.3. Se cambiaron sellos estacionarios
- 4.4. Se cambiaron tornillería en mal estado

5. Parámetros de trabajo

Terminado el trabajo de reparación y actualización, se hicieron las pruebas de funcionamiento y se tomaron los siguientes datos de trabajo:

- ✓ Intensidad de trabajo
- ✓ Tensión
- ✓ Temperatura del aceite
- ✓ Presión del aceite
- ✓ Temperatura del agua
- ✓ Presión del agua

6. Recomendación

Se recomienda realizar mantenimiento preventivo trimestralmente para mantener en buen estado, conservación y el buen funcionamiento de la máquina.

Atentamente

Norman José polo Fontalvo

Efrain Emilio Elles Collazos

En la **Figura 3-1**, se puede apreciar el intercambiador existente luego de realizadas las tareas de mantenimiento.

Figura 3-2 Banco de prueba de intercambiador de calor



Fuente: Los autores

3.3 Propuesta de diseño de sistema idóneo para actualización del banco

Esta sección se encuentra compuesta por la definición de la línea base y los requerimientos de ingeniería que se describen a continuación:

3.3.1 Línea base

Contamos con una línea base la cual se le realizó una lista de comprobación, este se hizo teniendo en cuenta la funcionabilidad de los equipos y estado actual, los equipos de nuestra línea base son:

- Electrobomba
- Bomba hidráulica
- Intercambiador de calor
- Depósito de agua
- Depósito de aceite

Características técnicas de equipos de la línea base

Tabla 3-4 Características técnicas de equipos de la línea base

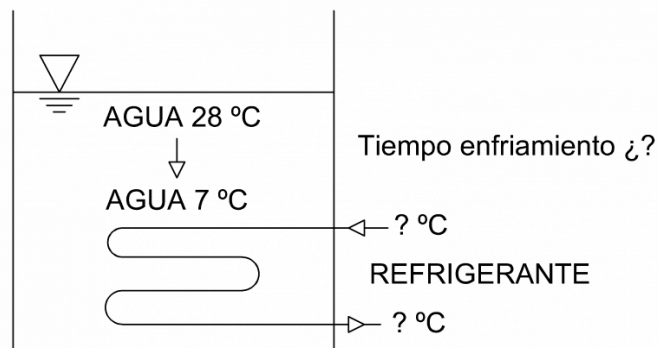
Equipos	Ficha técnica
Electrobomba	Electrobomba: USA hardware Potencia: 0,5 HP R.p.m.: 3450 RPM Voltaje: 110V Amperaje: 5.5 Altura máxima: 35 M Caudal máximo: 40 L/min Profundidad máxima: 5M Referencia: DB-60/G
Bomba hidráulica	Bomba hidráulica siemens Potencia: 0,5 HP Velocidad: 3450 RPM Voltaje: 220V Altura máxima: 28 M Flujo máximo: 49 L/min Profundidad máxima: 5M Amperaje: 0.8 Referencia: WF91710
Intercambiador de calor	Tipo: Carcaza y tubo Largo: 659 mm Diámetro: 100 mm Espesor: 5mm N de tubos: 69 entradas 69 salidas Largo de tubos: 573 mm Espesor de los tubos: 1 mm Pasos de los tubos: 2 pasos
Depósito de agua	Tanque de acero Dimensiones: 500mm alto, 500mm ancho, 500cm largo Capacidad: 74 litros Volumen: 49 litros Espesor: 1/16" Materia: lamina de acero 1020 Producto almacenado: agua temperatura ambiente Accesorios: termómetro y manómetro análogo

	Peso: 30 kilos
Depósito de aceite	Tanque de acero Dimensiones: 350mm alto, 350 cm ancho, 350cm largo Capacidad: 42 litros Volumen: 18 litros Materia: lamina de acero 1020 Espesor: 1/8" Producto almacenado: aceite Accesorios: termómetro y manómetro análogo Peso: 30 kilos

Fuente: Los Autores

Estos equipos hacen un circuito y mediante un proceso de transferencia de calor, están dispuesto a realizar la función térmica de intercambio, en la practica el banco empieza a realizar la función y no consigue su objetivo por que las temperaturas de los dos fluidos utilizados en el proceso (agua y aceite) se igualan en la temperatura y no cumple su principal objetivo. Se propone un posible sistema de refrigeración por expiación directa, Enfriamiento del líquido refrigerante con serpentín sumergido en tanque

Figura 3-3 Sistema de refrigeración por expiación



Fuente: Los autores

3.3.2 Requerimientos de ingeniería

Las condiciones y requerimientos de ingeniería para agregar sistema de refrigeración:

- Requerimientos y equipos para proceso
 - Serpentín
 - Evaporador

- Presostato de baja
- Compresor
- Presostato de alta
- Condensador
- Recipiente de almacenamiento de líquido
- Filtro de líquidos antihumedad y antiácido
- Visor
- Solenoide
- Válvula de expansión
- Refrigerante

Se propone realizar montaje de este sistema para tratar de llevar a cabo la función para que el banco fue diseñado y que no está cumpliendo. Con estos equipos instalados y funcionales se haría el circuito o sistema de refrigeración, Enfriamiento del líquido refrigerante con serpentín sumergido en tanque.

Variables requeridas

Para realizar el proceso de enfriamiento del líquido refrigerante del intercambiador de calor también se calculó por medio de software las variables siguientes.

Q = Potencia térmica intercambiada

T_{ei} = temperatura del agua a la entrada

T_{sf} = temperatura del agua a la salida

T_{re} = temperatura del refrigerante a la entrada

T_{rs} = temperatura del refrigerante a la salida

C_a = caudal de agua

C_r = caudal de refrigerante

Superficie de intercambio

Coficiente global de transmisión de calor

t = el tiempo de enfriamiento, en segundos

ρ = la densidad del agua = 1000 kg/m³

C = el calor específico del agua = 4186 J/kg °C

V = el volumen de agua = 1 m³

K, el coeficiente global de transmisión de calor del serpentín = 100 W/m²K (sin agitador en tanque), 200 W/m²K (con agitador en tanque). Estos valores son conservadores, pueden conseguirse valores mayores generalmente.

S = la superficie de intercambio del serpentín

T_{a0} = la temperatura inicial del agua

T_{af} = la temperatura final del agua

T_{re} = la temperatura de entrada del refrigerante

3.3.3 Condiciones de diseño para sistema de refrigeración

Metodología del cálculo.

Para calcular el sistema de refrigeración se utilizaron las fórmulas descritas en el libro de transferencia de calor y masa de cengel; todos esos cálculos se usaron como base para el diseño y se dio a conocer, propiedades de las sustancias utilizadas en el proceso, temperaturas, etc.

Propiedades como:

- Temperatura entrada y salida
- Densidad
- Viscosidad
- Calor específico
- Gravedad específica
- Conductividad
- Factor de ensuciamiento

Tabla 3-5 Propiedades del líquido (Agua)

Propiedades del líquido			
Líquido	:	R134a	Agua
Temperatura de referencia	°C	6,33	17,50
Líquido - Viscosidad	mPa-s	0,2460	1,0696
- Densidad	kg/m ³	1273,6	999,2
- Capacidad térmica	kJ/kg-K	1,359	4,179
- Conductividad térmica	W/m-K	0,089	0,591
Gaseoso - Viscosidad	mPa-s	0,0110	
- Densidad	kg/m ³	17,9	
- Capacidad térmica	kJ/kg-K	0,927	
- Conductividad térmica	W/m-K	0,012	
- Calor latente	kJ/kg	144,89	

Tabla 3-6 Condiciones de diseño

Condiciones de diseño			
Tipo de flujo			
Carga calorífica		kW	24,42
Temperatura de entrada		°C	25
Calor específico		j/kg °C	4,184
Gravedad específica		1	
Conductividad térmica		w/m°C	0,607
Viscosidad		Kg/ms	0.890*10 ⁻³
Factor de ensuciamiento		0	
Densidad		Kg/m³	997
Temperatura de salida		°C	50
Caudal	Total	l/m	40

A continuación, los cálculos de las variables del sistema de refrigeración de agua por medio de un serpentín, teniendo en cuenta los siguientes datos:

Tabla 3-7 Variables del sistema

	Agua	Aceite
Volumen	49lts	18lts
Temperatura de entrada	25°C	80°C
Temperatura de salida	50°C	50°C
Calor específico	4,184j/kg°C	3,364kj/kg°C
Gravedad específica	1	0,72
Conductividad térmica	0,607w/m°C	0,1160w/m°C
Viscosidad M	0,890x10 ⁻³ kg/ms	6,8cst
Factor de ensuciamiento	0	0,001
Caudal Q	40l/m	49l/m
Densidad P	997kg/m ³	840kg/m ³

Temperatura después del serpentín 106°

Se determina temp. Promedio de cada fluido mediante las ecuaciones

$$\text{Aceite } \bar{T} = T_e + T_s / 2 = 80 + 50 / 2 = 65^\circ\text{C}$$

$$\text{Agua } \bar{t} = t_e + t_s / 2 = 25 + 50 / 2 = 37,5^\circ\text{C}$$

Con las temperaturas promedios halladas, calculamos velocidad y flujo masico del agua y aceite mediante las formulas

Velocidad

$$Q_{ag} = V * A$$

$$V = Q / A$$

$$V = 40 \text{ lts/min} / 5,067 * 10^{-4} \text{ m}^2 = 6,66 * 10^4 \text{ m}^3 / 5 / 5,067 * 10^{-4} \text{ m}^2 = 1,31 \text{ m/s}$$

$$Q_{ac} = V * A$$

$$V = Q_{ac} / A$$

Aceite

$$V = 49 \text{ lts/s} / 1,266 * 10^{-4} \text{ m}^2 = 8,16 * 10^4 \text{ m}^3 / 5 / 1,2366 * 10^{-4} \text{ m}^2 = 6,445 \text{ m/s}$$

Flujo Masico

$$m = P \cdot V \cdot A$$

Agua

$$m = 997 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,31 \text{ m/s} \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$m = 0,661 \text{ kg/s}$$

$$m = P \cdot V \cdot A$$

Aceite

$$m = 840 \text{ kg/m}^3 \cdot 6,445 \text{ m/s} \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$m = 0,685 \text{ kg/s}$$

Se diseñó el intercambiador de calor de serpentín empleando ecuaciones publicadas en (Patil et al. 1982) (Kern, 1999) (Pesry & Green 2008).

Se calculó el calor intercambiando

$$Q = m \cdot c_p \cdot (T_e + T_s)$$

$$Q = 0,685 \cdot 3,364 \cdot (80 + 50) = 299,56 \text{ kcal/h}$$

Se despeja m para el del agua

$$m_{\text{agua}} = 40 / 4,184 \cdot (25 + 50) = 239,0 \text{ kg/h}$$

Potencia frigorífica necesaria para el enfriamiento del agua

$$\dot{Q}_0 = m / t \cdot C \Delta T \cdot 10^3 \text{ W}$$

t = tiempo de enfriamiento

\dot{Q} = potencia en vatios

m = masa de agua a enfriar

C = capacidad específica térmica KJ/kg·k

T_e = T. entrada al enfriador

T_s = T. salida del enfriador

$$\dot{Q} = 49 / 1620 \cdot 4,184 \cdot (43 - 10) \cdot 10^3 = 4176 \text{ W}$$

Con la diferencia entre las temperaturas del agua y temperatura de evaporación se puede utilizar un coeficiente de transmisión $k=0,607\text{W/m}^\circ\text{C}$, temperatura media $37,5^\circ\text{C}$

Superficie del serpentín

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

Determinamos

Paso (P)

Diámetro interior de la hélice (Din)

Diámetro exterior de la hélice (Den)

$$P = 1,5 \cdot de$$

$$P = 1,5 \cdot 0,032\text{m} = P = 0,048\text{m}$$

$$Din = B + de$$

$$Din = 0,32 + 0,32 = Din = 0,352\text{m}$$

$$Den = B + 2 \cdot de + de$$

$$Den = 0,32 + 2 \cdot 0,32 + 0,32 = 1,28\text{m}$$

$$Pr_{aceite} = C P_{aceite} \cdot M_{aceite} / K_{aceite}$$

$$Ho = 0,6 \cdot k / De \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,31}$$

Calculamos

Área de sección transversal del serpentín (A_{serp})

Caudal volumétrico del agua (Q_{agua})

Velocidad del agua (V_{agua})

Numero Reynolds agua (Re_{agua})

Numero Prandtl agua (Pr_{agua})

Coficiente peculiar de transferencia (hi)

Coficiente peculiar de transferencia corregida (hic)

Coficiente peculiar de transferencia Ø ext. (hio)

$$A_{serp} = \pi \cdot di^2 / 4$$

$$A_{serp} = 3,14 \cdot 0,0272^2 / 4 = 0,021\text{m}^2$$

$$Q_{agua} = m_{agua} / P_{agua}$$

$$Q_{agua} = 239,0 / 997 = 0,239\text{m}^3/\text{h}$$

$$V_{agua} = Q / A$$

$$V_{agua} = 1,31\text{m/s}$$

$$RCagua=di*Vagua*Pagua/Nagua$$

$$RCagua=0,027*1,31*997/0,890*10^{-3}=36622$$

$$Pragua=CPagua*Magua/Kagua$$

$$Pragua=4,184*0,390*10^{-3}/0,607=6,13$$

$$Hi=Kagua/di*0,023*Re0,8agua*Pr0,33agua*[Magua/M]0,14$$

$$Hic=hi*[1+35*(di/Dn)]$$

$$Hco=hic*(di/dc)$$

Por último, se determinó:

Espesor del tubo serpentín	(et)
Coefficiente global de transferencia de calor	(U)
Media logarítmica de la diferencia de T	(MLDT)
Flujo paralelo de la diferencia corregida	(Δt)
Área de transferencia de calor requerida	(A)
Numero de vueltas teórico serpentín	(N)

$$et=de-di/2$$

$$et=0,032-0,027/2=2,5$$

$$U=1/(1/h_o+1/h_i+xt/kg+Ragua+Racite)$$

$$MLDT=(T_e-t_e)-(T_s-t_s)/\ln(T_e-t_e)/(T_s-t_s)$$

$$MLDT=(80-25)-(50-50)/\ln(80-25)/(50-50)=$$

$$\Delta t=MLDT*Tt$$

$$A=Q/U*\Delta t$$

$$N=A/[\pi*de*(Lserp/N)]$$

El número de vueltas del serpentín (n) se determina redondeando (N) y la altura (H) la determina mediante:

$$H=n*P+de$$

Caída de presión

La caída de presión la determinamos empleando correlaciones publicadas en (Braver, 1964) (Anarzejczyk & Muszynski, 2016) entonces:

$$V_{aceite} = 6,445 \text{ m/s} = \text{Formula 4}$$

$$V_{agua} = 1,31 \text{ m/s} = \text{Formula 3}$$

Factor E

$$E = Dn * [1 + (P / \pi * Dn)^2]$$

$$E = 0,400 * [1 + (0,048 / 3,14 * 0,400)^2] =$$

Factor del fluido que circula por el interior del serpentín (Fagua)

$$F_{agua} = [0,3164 / Re^{0,25} \text{agua} + 0,03 (d_i / E)^{0,5}] * (N_{agua}(n) / M_{agua})^{0,22}$$

Cálculo del evaporador

$$A = Q / K(\theta - \theta_0)$$

$$L = A / S$$

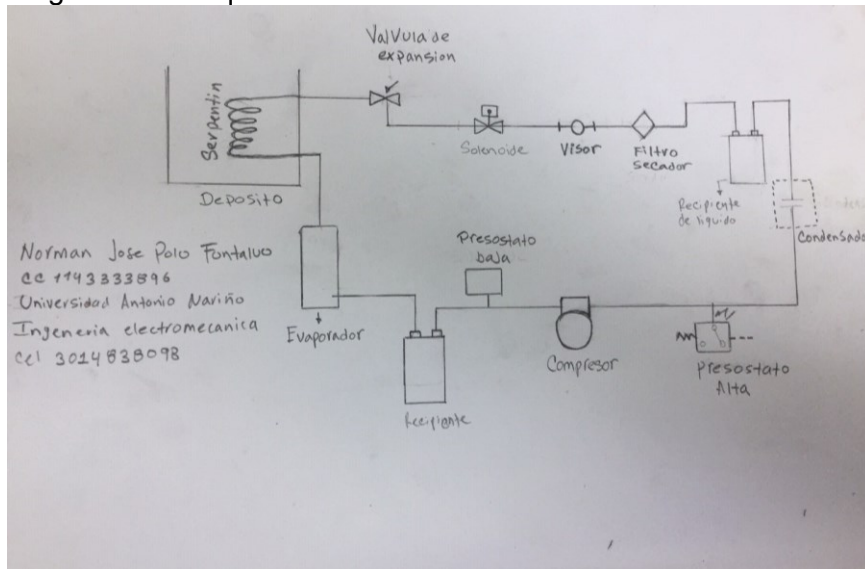
Cálculo del compresor

La potencia del compresor la podemos sacar, sabiendo que debe suministrar 4176W, con un cálculo riguroso se puede tomar margen de seguridad 10%

Entonces el compresor sería $4176 + 4176 * 10 / 100 = 4593 \text{ W}$

Teniendo en cuenta los datos anteriores se presenta el diagrama de esquema del circuito.

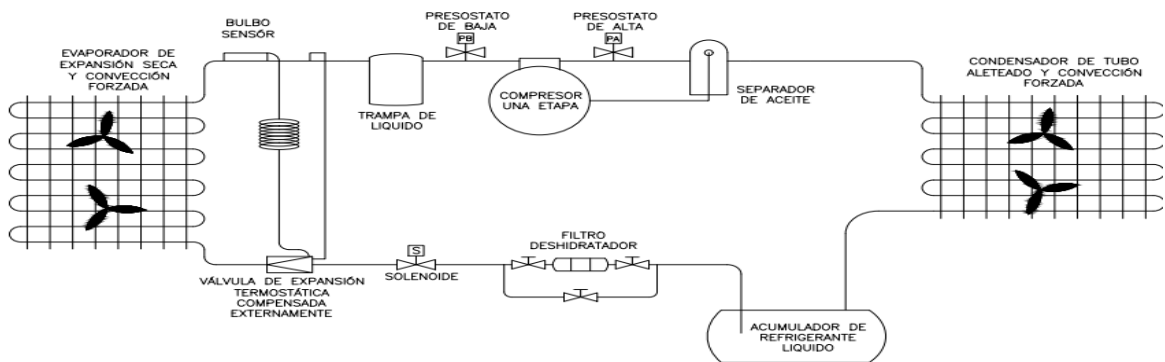
Figura 3-4 Diagrama del esquema del circuito



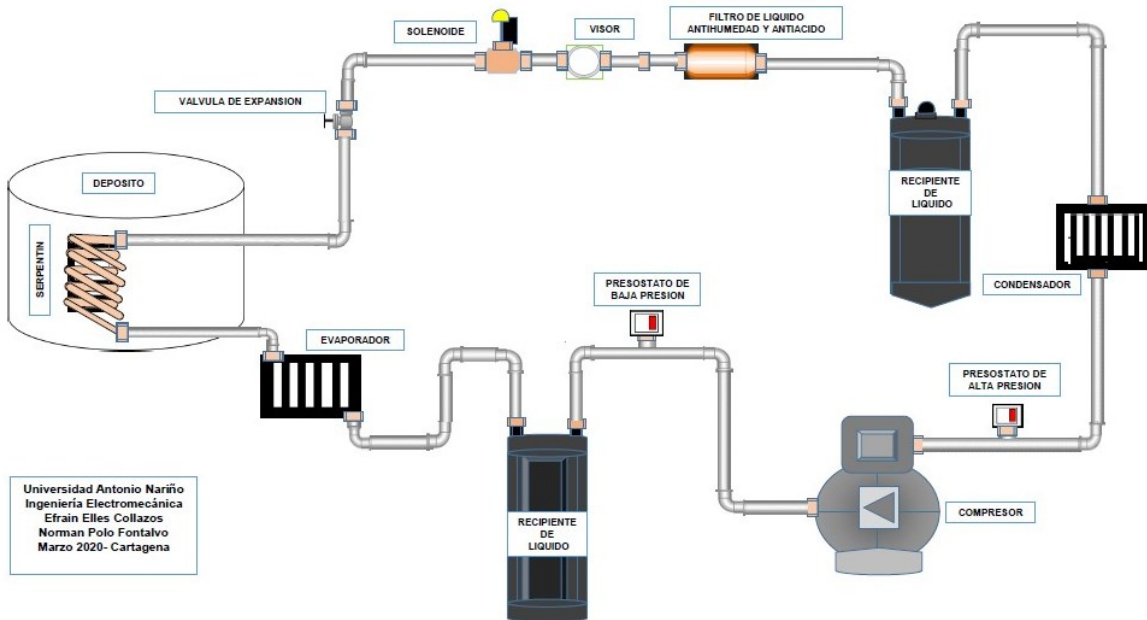
Fuente: Los autores

A continuación, se presentan planos de la estructura del sistema de acuerdo con las variables definidas.

Figura 3-5 Circuito de refrigeración



Fuente: Los autores

Figura 3-6 Estructura del sistema

Fuente: Los autores

Este proceso comienza cuando el depósito de agua sale el líquido refrigerante (agua) y pasa el proceso por intercambiador donde intenta bajar la temperatura al aceite que va por otra tubería y tiene contacto dentro del intercambiador sin mezclarse, este sale del intercambiador y en el retorno llega a la válvula de expansión, esta tiene un sensor que mide el grado de calentamiento al final del serpentín evaporador, este tiene un termostato digital, el termostato es un elemento electrónico cuya función es censar la temperatura y envía las señales de prender o apagar el sistema.

Luego sigue el proceso cuando el líquido refrigerante llega al serpentín evaporador, tiene un ventilador que lo impulsa y a la vez le mete flujo de aire que le baja la temperatura y lo impulsa por la tubería y lo envía a la válvula de corte, esta se encarga de cortar el flujo si es necesario.

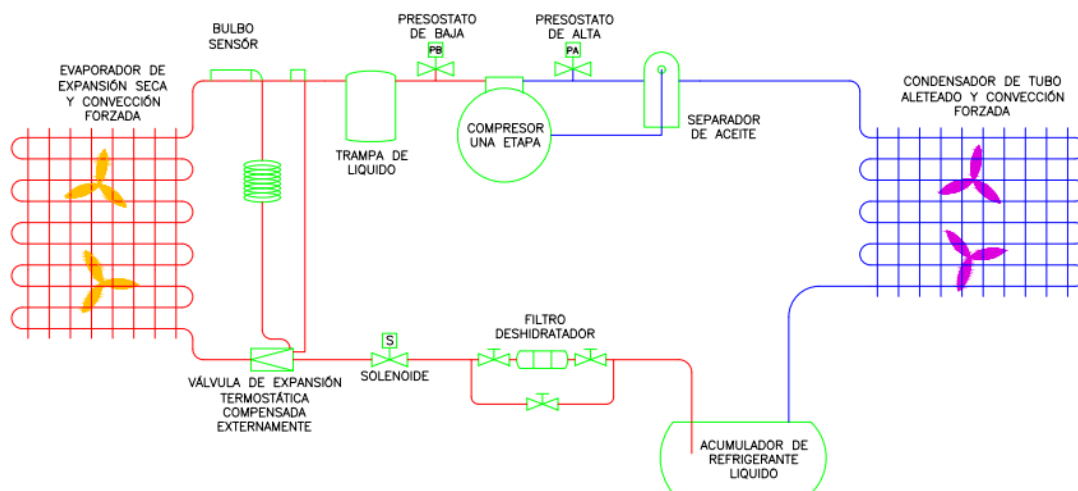
Siguiendo el proceso el refrigerante llega al acumulador de líquidos, este recoge las gotas del refrigerante, que se encuentran en la línea de baja presión, la recoge y las evapora, sigue su curso el refrigerante y llega al filtro secador, este ayuda a filtra y secar la humedad y gases condensadores que hay en el sistema; luego la refrigerante llaga al

compresor, antes pasa por un presostato de baja presión, este apaga o deshabilita al compresor cuando detecta una baja presión.

Cuando el refrigerante llega al compresor este lo impulsa por todo el circuito de refrigeración, el compresor recoge al refrigerante con baja presión y temperatura y lo impulsa a alta temperatura y presión, continuamos con el circuito y el refrigerante llega al separador de aceite, este separa las porciones de aceite o impurezas que pueda llevar el refrigerante.

Luego el refrigerante llega al serpentín condensador, este se encarga de disipar el calor que el refrigerante pudo obtener en la manejadora, luego pasa por el acumulador de líquido y almacena el refrigerante en forma líquida, luego llega al filtro secador que vuelve y filtra el refrigerante o líquido y pasa por la mirilla donde ese puede observar burbujas o impurezas y finalizamos llegando a una válvula solenoide que se encarga de abrir o cerrar el sistema electrónicamente.

Figura 3-7 Circuito de refrigeración detallado



Fuente: Los autores

3.4 Manuales de operación, seguridad y mantenimiento para banco didáctico

3.4.1 Manual de Operación

	Manual de Operación		
	Código: RF 001	Versión: 01	Pág. 1
OPERACIÓN DE BANCO DIDACTICIO DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y UNIDAD DE REFRIGERACION	UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO	FECHA DE CREACION 24/04/2020	
	SEDE CARTAGENA	CREADO POR Norman José Polo Fontalvo Efraín Elles Collazos	

Introducción.

El presente manual se elaboró con el fin de divulgar e informara el proceso de arranque, puesta en marcha, operación y apagado del banco didáctico de transferencia de calor y unidad de refrigeración.

Entre sus objetivos demuestra mas forma más fácil y segura de operar la máquina y detalla todos los pormenores y aspectos relevante de la máquina y de su proceso, apoyándose en procedimientos de trabajos, formatos de permisos y análisis de riesgos y toda la documentación existente para velar que la operación de la maquina se realice de la forma más fácil y segura no solo para el operador de la maquina si ni también para la infraestructura y medio ambiente

Objetivos.

El presente manual de operación del banco didáctico de transferencia de calor y unidad de refrigeración de creo con el fin de socializar la forma correcta, fácil y segura en la operación del banco didáctico además que demuestra todo los lineamiento y pasos a seguir para obtener buenos resultados.

Nos basamos en unos lineamientos de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, así como también de procedimientos de operaciones y manual de seguridad para poder garantizar el completo funcionamiento de la máquina y no tener afectaciones a la salud del personal o infraestructura

Recomendamos seguir el manual y velar por el cumplimiento de dichos lineamientos para obtener los mejores resultados

Índice

1. Documentación
2. Verificaciones
3. Energizar
4. Arranque y puesta en marcha
5. Operación y puesta en marcha
6. Verificaciones
7. Apagado

1. Documentación

Para realizar el arranque y puesta en marcha del banco didáctico de transferencia de calor y unidad de refrigeración recomendamos tener en físico y diligenciado los siguientes documentos:

- 1.1. Autorización por parte de la Universidad Antonio Nariño

- 1.2. Análisis de riesgo
- 1.3. Permiso de trabajo
- 1.4. Manual de seguridad
- 1.5. Manual de operación
- 1.6. Procedimientos
- 1.7. Check list de los equipos

2. verificaciones

Antes de empezar arranque de la maquina verifique

- 2.1. Apriete de tornillos y espárragos
- 2.2. Área este despejada y en orden
- 2.3. Las mirillas e indicadores de niveles se puedan ver
- 2.4. Equipos estén conectados
- 2.5. Nivel de tanque de aceite
- 2.6. Nivel de tanque de agua
- 2.7. Que los filtros estén puestos y limpios
- 2.8. Tener los EPP requeridos
- 2.9. Seguir estrictamente este manual de operación
- 2.10. Medidores de flujo, presión y temperatura este calibrados

3. Energización

Para poder energizar el sistema debemos subir el interruptor general en la posición ON, es aquel elemento que va colocado entre la cometa y el resto de la instalación y que se utiliza para desconectar el sistema o la red

PRECAUCION: utilice botas y guantes dieléctricos al maniobrar o manipular parte eléctrica, pida ayuda si es necesario y no trabaje solo.

NOTA: Compruebe que el sistema este energizado y que esté llegando fluido eléctrico a equipos y partes necesarias.

4. Arranque y puesta en marcha

Para iniciar y poner en marcha el banco didáctico y el sistema de refrigeración siga estos pasos:

- 4.1. Abra la válvula de descarga de la bomba de agua este abierta
- 4.2. Abra la válvula de succión de la bomba de agua
- 4.3. Abra válvula de descarga de la bomba de aceite
- 4.4. Abra válvula de succión de la bomba de aceite

Nota: es importante abrir válvula de succión para que la bomba quede con producto disponible y no tenga problemas de cavitación

- 4.5. Proceda arrancar pulsador de la bomba de agua
- 4.6. Proceda arrancar el pulsador de la bomba de acetite

Nota: una vez energizado el banco se procede con pulsar los arrancadores de las bombas, estos están compuestos por un contactor electromagnético y relevador bimetálico que al ser accionado el botón en marcha activa el dispositivo y arrancar los motores.

5. Operación y puesta en marcha

Ya teniendo las bombas prendidas empiece

- 5.1. Meta fluido gradualmente introduciendo primero el fluido de refrigeración (agua)
- 5.2. Verifique que todo el sistema de refrigeración este completamente lleno y cebado

- 5.3. Empiece a meter gradual mente el fluido a refrigerar (aceite) gradualmente
- 5.4. Cuando alcance temperatura de operación verifique apriete de pernos y tornillería
- 5.5. Encienda sistema adicional de refrigeración del depósito del agua
- 5.6. Verifique si las bombas están manteniendo caudal y presión

6. Verificaciones

Estando en operación continua y con vía libre opere la maquina bajo presiones y temperaturas estables.

Precaución: el intercambiador nunca debe ser operado a presiones, temperaturas y flujos en exceso de los especificados en la placa del fabricante y la hoja de especificaciones de diseño

- 6.1. Verifique presión a la entrada y salida del intercambiador
- 6.2. Verifique presión de salida y entrada de la bomba de agua
- 6.3. Verifique presión de salida y entrada de la bomba de aceite
- 6.4. Verifique temperaturas del intercambiador
- 6.5. Verifique temperatura de fluidos
- 6.6. Verifique niveles del depósito de agua
- 6.7. Verifique niveles del depósito de aceite
- 6.8. Verifique correcto funcionamiento de sistema adaptado de refrigeración
- 6.9. Verifique caudal de las bombas
- 6.10. Verifique temperatura de equipos rotativos
- 6.11. Verifique vibraciones
- 6.12. Verifique ruidos en el sistema
- 6.13. Verifique y constate que mientras opera la maquina solo este personal autorizado

- 6.14. Verifique que no se presente fluctuaciones de energía
- 6.15. Verifique no se presente soldaduras mecánicas
- 6.16. Verifique que no se presente fugas

7. Apagado

Para apagar sistema

- 7.1. Empiece a minimizar la entrada de fluidos, estrangule las válvulas de descarga gradualmente
- 7.2. Apague las bombas de aceite
- 7.3. Apague la bomba de agua
- 7.4. Cierre la válvula de succión de las bombas de agua y aceite
- 7.5. Apague interruptor principal
- 7.6. Espere que bajen las temperaturas

Precaución: por ningún motivo suelte o afloje ninguna línea, tubería o tornillería hasta no haber drenado y ventado sistema, y tener todo a temperatura ambiente.

8. Recomendaciones especiales

- Antes de la operación inspeccione todas las partes de la máquina y elementos.
- Tenga a la mano y realice mantenimientos preventivos rutinarios
- Todas las líneas y tuberías deben de estar soportadas
- El área de operación debe de estar ventilada y con buena iluminación
- Calibre medidor de flujo, de presión y de temperatura
- No opere si encuentra anomalías
- Reporte daños

Precaución: en momentos de interrupción de actividad, puede ocurrir una expansión volumétrica

Cuidado: saque y limpie periódicamente filtros de tuberías

Revise estado interno del intercambiador

No intente limpiar los tubos soplando vapor a través de ellos

Verifique siempre posibles fugas

Utilice torques recomendados

Use los manuales

Se recomienda seguir los pasos descritos en este manual para garantizar buen funcionamiento del banco didáctico y garantizar las seguridades de las personas, infraestructuras y medio ambiente.

3.4.2 Manual de Seguridad

	Manual de Seguridad		
	CODIGO: RF 001	VERSION: 01	PAG. 1
OPERACIÓN DE BANCO DIDACTICIO DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y UNIDAD DE REFRIGERACION	UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO	FECHA DE CREACION 24/04/2020	
	SEDE CARTAGENA	CREADO POR Norman José Polo Fontalvo Efrain Elles Collazos	

1. **Introducción**
2. **Objetivos**
3. **Alcance**
4. **Salud**
5. **Higiene**
6. **Seguridad**
7. **Salud ocupacional**
8. **Normativas**
9. **Prevención de riesgo**
10. **Inspecciones de seguridad**
11. **Procedimientos**

1. **Introducción**

Este manual de seguridad está definido y establece las acciones físicas y metodológicas para evitar o minimizar los riesgos asociados en la puesta en servicio y funcionamiento del banco didáctico y unidad de refrigeración, además de controlar los peligros existentes con mayor potencial de causar accidentalidad o daños y afectaciones a infraestructuras de la universidad, medio ambiente o personal expuesto.

Este manual se enfoca en la seguridad, higiene, salud ocupacional y medio ambiente, se trata de aumentar la confiabilidad de los equipos, personas y medio ambiente, para lograr desarrollar actividades de mantenimiento y operación de del banco didáctico y unidad de refrigeración.

A nivel industrial los programas de seguridad industrial son fundamental debido que brindan metodológicamente herramientas necesarias para el desarrollo de las actividades bajo escritos estándares de seguridad industrial y salud ocupacional.

2. Objetivos

El principal objetivo de este manual es brindar las garantías necesarias para realizar las actividades de operación y mantenimiento del banco didáctico del intercambiador de calor y unidad de refrigeración de la universidad Antonio Nariño sede Cartagena, evitando y minimizado todo potencial de peligro y riesgos asociado a la actividad.

3. Alcance

Aplica a todos los procesos de operación y mantenimiento, que puedan ser realizados por la comunidad estudiantil de la universidad o por el grupo de docentes y administradores que tengan las competencias, habilidades y destrezas técnicas y profesionales para realizar las prácticas de laboratorios y desarrollos de clases con el banco.

Además, ofrece a toda la comunidad de la UAN datos generales de prevención de accidente, manejos bioseguros de residuos, higiene, seguridad industrial y programas de entrenamiento en mantenimiento y seguridad, además de normas y lineamientos que debe de ser seguidos para lograr los objetivos de seguridad.

4. Salud

Nota: en los procesos de operación y mantenimiento puedes salir a la atmosfera residuos sólidos, gaseosos o líquidos.

4.1. Afectaciones psicológicas

- Para manejo y operación de la maquina se recomienda realizar actividad sin presión y sin afán.
- No realizar bromas ni juegos durante operación del equipo
- Tener conciencia del potencial de peligro de la maquina
- Estar concentrado y no tener pensamiento alterno a la operación
- Evite los factores que distraen de sus actividades

4.1.2 Afectaciones físicas.

- Evite realizar actividades repetitivas
- Mantenga distancia de seguridad en operación de la maquina
- Tener manuales de operación y seguridad a la mano
- No toque superficies expuesta a temperaturas
- Mantenga el área despejada
- No opere la maquinas sin los epp requeridos
- No haga ajuste eléctrico en operación sin no son necesarios

4.1.2.3. Afectaciones químicas.

- En operación evite inhalar gases de proceso
- Elimine y disponga finalmente los desechos y sustancias químicos utilizadas potencialmente peligrosas
- Tenga buena ventilación e iluminación en área de operación y mantenimiento.

4.1.2.3.4. Afectaciones biológicas

- Evite contacto directo con residuos orgánicos resultantes
- Mantenga el lugar y área aseada para evitar aglomeraciones de especies vivas

5. Higiene

5.1. Personal

- Mantenga lavado contrastante de manos
- No ingiera alimentos en área de trabajo
- Evite utilizar prendas o accesorios en operación o mantenimiento de maquina
- Manténgase hidratado en los lugares permitidos lejos de la maquina

5.1.2. instalaciones.

- Mantenga lugar aseado y organizado
- Mantenga herramientas y accesorios organizados en estantes
- Delimite áreas de trabajo
- Despeje vías de acceso y evacuación
- Mantener kit de derrames de sustancias

6. Seguridad.

Riesgos y peligros

A. Riesgos eléctricos

- No opere maquina sin competencias técnicas
- Desenergice sistema eléctrico y fuente de energía para manteniendo
- Utilice los epp requeridos para manejo de corriente eléctrica
- Mantenga herramientas eléctricas en buen estado
- Bloque sistema eléctrico cuando la maquina esté operando
- Tener capacitaciones y entrenamientos en manipulaciones eléctricas
- Choque eléctrico por equipos en mal estado

B. Riesgos mecánicos

- Atrapamiento por equipos rotativos
- Utilice guardas de seguridad en todos los equipos
- Evite golpes y choque de herramientas

- Mantenga buen estado de maquinaria
- Realizar mantenimientos mecánicos rutinarios
- Mantener presiones y temperaturas controlada
- Verifique estados de sellos y empaquetaduras
- Realice troque de pernos bajo secuencias de apriete
- Utilice lubricantes y selladores
- Mantenga lugar libre de humedad

C. riesgos físicos.

- Posturas inadecuadas
- Tomar pausas activas
- Mantener ergonomía
- No realizar actividades repetitivas
- Utilizar herramientas ergonómicas

D. Riesgos químicos.

- Sustancias aceitosas
- Gases de evaporación
- Altas temperaturas
- Alta humedad
- Atmosferas contaminadas

E. Peligros

1. Mecánicos

- Atrapamientos por equipos rotativos

- Cortes por bordes calientes
- Altas velocidades
- Superficies mal acabadas
- Herramientas y equipos defectuosas
- Altas vibraciones
- Desalineamientos
- Roces de elementos rotativos

2. Eléctricos.

- Altas tenciones
- Equipos eléctricos deteriorados
- Energías liberadas
- Energías contenidas
- Mal uso de epp
- Equipos eléctricos

3. Físicos

- Tuberías
- Estructuras
- Elementos fijos
- Tornillerías
- Área de trabajo

7. Salud ocupacional

En este espacio manejamos capacitaciones y entrenamientos para el uso de los epp y concientizaciones en los peligros y riesgo expuestos

- Se compromete el personal en asistir a charla de saludo ocupacional
- Se mantienen programa de concientizaciones de riesgos
- Se verifican planes de seguridad
- Capacitaciones en el manejo de residuos
- Manuales de ergonomía
- Se realiza rutina de pausas activas
- Se entregan planes de hidrataciones
- Se reconoce sitios de destinación final de residuo
- Planes de reciclaje de residuos
- Tener capacitaciones y curso de manejo de carga e izaje

8. Normativas

Para realizar trabajos de mantenimientos rutinarios, preventivos y correctivos, además de operación de toda la maquina se establece necesario cumplir con normas y lineamiento, así como también con documentos que garanticen el cumplimiento y requerimientos de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.

Se establece trabar con:

- Permiso o autorización escrita emitida por UAN Cartagena
- Formato de Permiso de trabajo
- Formato de análisis de riesgo
- Certificado de aislamientos de energías
- Procedimientos de trabajo
- Manual de seguridad
- Manual de operaciones
- Uso obligatorio de EPP

9. Prevención del riesgo

Para la prevención de riesgos y minimizar los peligros con potencial para de afectación a la salud, infraestructuras o medio ambiente, se surge seguir paso a paso los manuales de funciones aquí referenciados y cumplir con los lineamientos de seguridad en el trabajo apoyándonos de formatos creados para resaltar los principales riesgos y peligros a los

que nos sometemos toda la comunidad UAN en la operación y mantenibilidad de banco didáctico de transferencia de calor.

Además de la correcta utilización y porte de procedimientos de trabajo y en el cumplimiento de uso y porte de elementos de protección persona (EPP), requerido en cada una de las actividades a desempeñar.

10. Inspecciones de seguridad

Al iniciar actividades en la máquina del proyecto y realizar pruebas de laboratorio se surgiera realizar verificaciones visuales y técnicas, así como también realizar lista de chequeo tales como:

A. Operación

- Energía de equipo
- Niveles
- Presiones
- Temperaturas
- Fugas
- Visores
- Empaques

B. Mantenimiento

- Lista de chequeo
- Manuales
- Guías
- Requerimientos de confiabilidad
- Formatos
- Desenergización del sistema
- Aislamientos de energía
- Drenajes
- Despresurización

11. Procedimientos

Para cumplir con los lineamientos de seguridad, higiene, salud y medio ambiente se entregan:

- Manuales de operación
- Manual de seguridad
- Formatos de permiso de trabajo
- Formato de análisis de riesgo
- Procedimientos de mantenimientos
- Rutinas de preventivos

3.4.3 Procedimiento para mantenimiento y reparación de depósito o tanque de agua o aceite

Tabla 3-8 Procedimiento para mantenimiento y reparación de depósito o tanque de agua o aceite

Etapas	Actividades
Desmonte	1. Drenar tanque o depósito en su totalidad 1.1. Soltar tapón de drenaje ubicado en la parte inferior del tanque o depósito 1.2. Hacer barrido con agua o aire comprimido para garantizar en drenaje total del depósito o tanque 1.3. Realizar inspección visual para validar drenaje total
	2. Desinstalar tuberías de entrada y salida del depósito o tanque 2.1. Desenroscar con llave de tubo la unión universal de la tubería de salida del fluido 2.2. Desenroscar con llave de tubo la unión universal de la tubería de entrada del fluido 2.3. Verificar orificio de entrada del depósito o tanque para corroborar que no tenga obstrucciones 2.4. Verificar orificio de salida del depósito o tanque para corroborar que no tenga obstrucciones 2.5. Verificar roscas npt de entrada y salida del depósito para garantizar buen funcionamiento de estas
	3. Desinstalar medidores de flujo y temperatura del depósito o tanque 3.1. Desenroscar con llave de tubo o llave ajustable los medidores análogos 4. Desmotar depósito o tanque de banco de prueba 4.1. Baja tanque o depósito con ayuda de un compañero o con ayuda mecánica

	<p>5. Realizar verificaciones totales de paredes interiores y exteriores de tanque, que este libres de corrosión</p> <p>5.1. Verificar paredes internas</p> <p>5.2. Verificar paredes externas</p> <p>5.3. Verificar entradas y salidas de fluidos del tanque o depósito</p> <p>5.4. Verificar esmalte interno y externo del tanque</p>
	<p>7. Corregir anomalías encontradas</p> <p>Nota: el peso máximo para el levantamiento manual de cargas según la ley 20.999 es de 25 kl para hombres y 2° kl para mujeres por ergonomía y seguridad.</p>
Montaje	<p>1. Izar tanque y posicionarlo en sitio</p> <p>1.1. Con ayuda de un compañero o ayuda mecánica montar tanque o depósito en banco de trabajo</p> <p>1.2. Si se utiliza ayuda mecánica coordinar movimiento con señales</p>
	<p>2. Fijar tanque o depósito a base de trabajo</p> <p>2.1. Sujetar tanque a base con tornillos de sujeción</p>
	<p>3. Instalar tuberías de entrada y salida de fluidos</p> <p>3.1. Aplicar sellantes a rosca si lo requiere</p> <p>3.2. Enroscar tuberías</p>
	<p>4. Instalar medidores</p> <p>4.1. Aplicar sellantes a roscas</p> <p>4.2. Enroscar medidores</p>

3.4.4 Procedimiento para mantenimiento y reparación preventivo y/o correctivo de electrobomba

Tabla 3-9 Procedimiento para mantenimiento y reparación preventivo y/o correctivo de electrobomba

Etapa	Actividad
Desarme	<p>1. Desinstalar tapa de la botonera o culata</p> <p>1.1. Retirar los cuatro tornillos de la tapa</p> <p>1.2. Revisar condensador y botonera</p>
	<p>2. Desinstalar tapa posterior de motor lado ventilador</p> <p>2.1. Retirar tornillos de tapa posterior</p> <p>2.2. Verificar estado de ventilador</p> <p>2.3. Soltar tornillo de sujeción del ventilador al eje si este existe</p> <p>2.4. Retirar ventilador</p> <p>2.5. Retirar cuña de arrastre</p>
	<p>3. Desmonte de bomba del motor</p> <p>3.1. Retirar los cuatro tornillos pasantes que unen a la bomba con el motor eléctrico</p> <p>3.2. Retirar tapa de rodamientos lado libre</p> <p>3.2.1. Se verifican rodamiento radial lado libre</p> <p>3.2.2. Se verifica estado de embobinado y estator del lado libre</p> <p>3.3. Se desmonta voluta o tapa de la bomba</p>

	<p>3.3.1. Se golpea técnicamente con botador la tapa hacia fuera de la bomba</p> <p>3.3.2. Se hace palanca con dos desatornilladores a 180°</p> <p>3.3.3. Se verifica estado del impulso</p> <p>3.4. Se desmonta bomba del motor</p> <p>3.4.1. Se saca bomba con eje principal</p> <p>3.4.2. Se revisa estado del eje</p> <p>3.4.3. Se revisa estado del embobinado y estator lado acople</p> <p>3.5. Se desmonta impulsor</p> <p>3.5.1. Se fija eje en prensa verticalmente</p> <p>3.5.2. Se hace palanca con dos desatornilladores a 180°</p> <p>3.5.3. Se retira impulsor</p> <p>3.5.4. Se retira cuña del eje con impulsor</p> <p>3.6. Se desmonta sello mecánico</p> <p>3.6.1. Se hace palanca con dos desatornilladores a 180°</p> <p>3.6.2. Se retira seguro del sello</p> <p>3.6.3. Se desmonta sello mecánico</p> <p>4. Se bajan rodamientos del eje</p> <p>4.1. Con un extractor de rodamientos se retiran rodamientos de ambos lados del eje</p> <p>4.1.1. Se verifican estados de rodamientos</p> <p>4.1.2. Se verifican estados de los alojamientos del eje</p> <p>5. Se limpian partes mecánicas de bomba</p>
<p>Armado</p>	<p>1. Se montan rodamientos en el eje</p> <p>1.1. Se seleccionan rodamientos adecuados para ese trabajo</p> <p>1.2. Se dilatan rodamiento en máquina de inducción térmica</p> <p>1.3. Se instalan rodamiento en caliente sobre el eje</p> <p>2. se monta asiento de sello mecánico en la bomba</p> <p>2.1. Se mete eje a la bomba</p> <p>2.2. Se mete sello rotativo a la bomba sobre el eje</p> <p>2.3. Se pone seguro entre el sello y el eje</p> <p>2.4. Se instala cuña</p> <p>3. se monta impulsor</p> <p>4. se inserta el eje en el estator del motor</p> <p>4.1. Se instala tornillos pasantes entre bomba y motor</p> <p>4.2. Se monta escudo trasero</p> <p>4.3. Se monta cuña trasera</p> <p>5. se instala ventilador</p> <p>6. se pone tapa del ventilador</p> <p>7. se realizan mediciones de voltaje, continuidad y aislamiento</p>

3.4.5 Procedimiento para mantenimiento y reparación preventivo y/o correctivo de unidad o motor hidráulico

Tabla 3-10 Procedimiento para mantenimiento y reparación preventivo y/o correctivo de unidad o motor hidráulico

Etapa	Actividad	
Desmontaje	1. Drenar bomba hidráulica 1.1. Soltar tornillo de drenaje de la bomba 1.2. Hace barrido con aire comprimido 1.3. Verificar drenado de la bomba	
	2. Soltar tuberías de succión y descarga 2.1. Con llave ajustable soltar tuerca y abrazadera de la tubería de succión 2.2. Con llave ajustable soltar tuerca y abrazadera de la tubería de descarga	
	3. Desacoplar bomba – motor 3.1. Retirar tornillo de sujeción del acople del motor 3.2. Retirar tornillo de sujeción de la bomba 3.3. Con un botador golpear técnicamente uno de los dos acoples y alejarlo del otro 3.4. Sacar araña que empalma los dos acoples	
	4. Desanclaje de bomba de base 4.1. Soltar tornillos del anclaje de la bomba	
	5. Desmante de bomba 5.1. Retirar bomba de la base 5.2. Inspeccionar base de la bomba 5.3. Corregir base de bomba si está en mal estado	
	Desarme	1. Desarme de bomba 1.1. Fijar bomba en prensa de trabajo 1.2. Quitar tapón de válvula de descarga 1.3. Retirar el resorte y el embolo de la válvula de descarga 1.4. Quite la tapa de la bomba 1.5. Retire engranaje de la bomba 1.6. Retire anillo de engranaje de la bomba 1.7. Quite el sellador del cigüeñal
2. Lavar piezas 2.1. Separa piezas rotativas de las estacionarias 2.2. Lavar piezas por separados		
Inspección		1. Inspección de la bomba y cada uno de sus respectivos componentes
		2. Inspecciones visualmente los desgastes irregulares en los dientes del engranaje y del anillo, paredes de la bomba y áreas de asentamiento de los engranajes
		3. Mida las holguras
		4. En caso de que la holgura entre punta exceda el límite, sustituir el conjunto de rotores 5. En caso de que las holguras entre la punta el cuerpo exceda el límite, sustituir la cubierta delantera
Armado		1. Tener en cuenta la posición y marca de los engranajes de

	la bomba y procede a colocarlos nuevamente en su posición 2. Montar cubierta delantera 3. Montar piezas en orden contrario al desarme 4. Insertar rotores interno y externo 5. Instale anillo de los engranajes 6. Coloque la tapa de la bomba 7. Atornille los tornillos de la tapa de la bomba
Montaje	1. Izar bomba y poner en base 2. Sujetar la bomba con los tornillos de anclaje 3. Meter araña de acoplamiento 4. Rodar acoples hasta encajar en la araña 5. Apretar tornillo de sujeción de los acoples

3.4.6 Procedimiento para mantenimiento y reparación de resistencias

Tabla 3-11 Procedimiento para mantenimiento y reparación de resistencias

Etapa	Actividad
Limpieza	1. Se drena tanque o depósito donde está sumergida la resistencia 2. Se enciende y se apaga la resistencia para que coja un precalentamiento 3. Se calienta resistencia 4. A la vez del calentamiento se apaga y se empieza a pasa cepillo con celdas metálicas 5. Se deja enfriar 6. Se calienta de nuevo y se la aplica agua 7. Se nota la remoción de partículas adheridas a resistencia

3.4.7 Procedimiento para mantenimiento y reparación de mesa soporte para intercambiador de calor

Tabla 3-12 Procedimiento para mantenimiento y reparación de mesa soporte para intercambiador de calor

Etapa	Actividad
Inspección	1. Se realiza inspección visual al estado de la mesa
	1.1. Las patas soportes
	1.2. Los travesaños
	1.3. La base superior
	2. Si se detecta corrosión
	2.1. Se marca punto afectado
2.2. Se raspa toda el área afectada	
2.3. Se le pasa grata a área afectada	

	2.4.	Se aplica pintura anticorrosiva
	2.5.	Se pinta con esmalte industrial
	3.	Si se detecta desnivel
	3.1.	Se verifica con nivel
	3.2.	Se detecta sentido del desnivel
	3.3.	Se corrige con gato mecánico
	4.	Se pinta toda la mesa

3.5 Guías prácticas de laboratorio

En este apartado dejamos planteadas dos guías prácticas de laboratorio, estas se desarrollaron basándose en la configuración de dos tipos de intercambiadores (coraza y tubo) y (placas y armazón), estas guías fueron elaboradas con el fin de que la comunidad estudiantil tenga la capacidad de reforzar y apalancar los conocimientos recibidos en las salas donde se desarrolla las materias de Termodinámica, Transferencia de Calor, Termo fluidos, Máquinas Térmicas.

Como pilar de una educación integral es fundamental adquirir y desarrollar actividades que dan como resultados conocimiento, destrezas y habilidades con las que se hace indispensables el desarrollo integral de la comunidad estudiantil, visualizando y comprobando las informaciones y ejercicio planteado en las áreas de Termodinámica, Transferencia de Calor, Termo fluidos, Máquinas Térmicas.

Estas guías prácticas de laboratorio pueden desarrollarse en el control, operación, desarrollo y mantenimiento del banco de transferencia y unidad de refrigeración, realizando pruebas. En el anexo A, puntos 1 y 2 se presentan las guías de laboratorio propuestas.

Conclusiones y recomendaciones

4. Conclusiones

Se realizó un diagnóstico detallado del equipo existente, en el cual se identificaron todas las fallas y el estado en que se encontraba todo el sistema. Con todo este diagnóstico fue posible evidenciar y tomar un punto de partida (línea base) para reparar y corregir las fallas requeridas con gran éxito.

Se diseñó el sistema para la actualización tecnológica del banco y quedan establecidos parámetros a seguir, paso a paso para el montaje, operación y mantenimiento de este. Se crean y entregan guías de laboratorio, manuales de seguridad y operación, así como de mantenimiento, para una correcta utilización del banco y gestión adecuada del activo.

El banco por transferencia de calor usa el mecanismo de transferencia de calor por convección y conducción, el banco del intercambiador de calor con la reingeniería aplicada podrá cumplir con su objetivo principal, que es el desarrollo de prácticas pedagógicas por parte de los estudiantes, puesto que ahora cuenta con un sistema de refrigeración que facilita el control de las variables. Este sistema deberá ser implementado en otro proyecto, pues la actividad sale del alcance de este.

El circuito de refrigeración diseñado para el banco fue la mejor opción para solucionar el problema de temperatura en el refrigerante (agua). Se espera que el circuito de refrigeración pueda resolver el problema de la temperatura del agua que llega al depósito. Esto ayudaría a dar confiabilidad en la medición de las variables que

intervienen en el proceso de este. Con el manual de operación entregado se pondrá a operar el banco de manera objetiva y con lineamientos bases que dirigen cada una de las acciones que se deben desarrollar de manera segura para garantizar la operación normal del banco.

Con el manual de seguridad entregado se operará y repara el sistema con todos los procesos seguros y con menor riesgo de afectaciones a las personas, estrictas y medio ambiente. Se entrega documentos y requisitos que ampara los procesos de mantenimiento y operación escritos para tener un orden y asegurar la calidad de los procesos.

4.1 Recomendaciones

Se recomienda que anualmente se pueda hacer una revisión general del banco y el sistema de refrigeración para corregir posibles averías dadas en el tiempo, también se recomienda la actualización periódica de los manuales y procedimientos para el desarrollo de las prácticas de forma que se pueda garantizar la seguridad del equipo y de los estudiantes que lo usan para sus prácticas académicas.

4.2 Trabajos Posteriores

Queda como trabajo posterior la implementación del sistema aquí propuesto. Este trabajo puede ser realizado como proyecto tecnológico del programa de tecnología en mantenimiento electromecánico.

Se recomienda el desarrollo de nuevos estudios y prácticas para mejorar las acciones del banco, explorar las nuevas posibilidades para agregar funciones a las practicas del banco a través de sistemas de automatización para el control de las variables a través de monitores y actuadores digitales.

Anexos

A. Anexo: Formatos y requisitos entregados por alumnos para la UAN sede Cartagena

En este apartado se realiza entrega de formatos de permiso de trabajo y análisis de riesgos, formatos que fueron creado para la operación y ejecución de reparaciones de mantenimiento preventivo y correctivos, con el fin de llevar un trazabilidad y documentación en las actividades antes descritas y así como también tener un documento que soporte las ordenes ejecutadas y actividades realizadas.

1. Guía de laboratorio 1



Facultad de ingeniería
Ingeniería electromecánica

Transferencia de calor en un Intercambiador de Calor de Coraza y Tubos

- **Objetivo general**
 - ✓ Medir efectividad de todo el proceso que se da en el banco didáctico de transferencia de calor de coraza y tubos.

- **Objetivos específicos**
 - ✓ Verificar las temperaturas de entrada y salidas de los fluidos (agua y aceite)
 - ✓ Determinar si la unidad de refrigeración está realizando el enfriamiento
 - ✓ Revisar parámetros de vibración y temperaturas en los equipos adjuntos
 - ✓ Ejecuta análisis y concluir de acuerdo a lo aplicado

- **Material**
 - ✓ Banco de prueba
 - ✓ Unidad de refrigeración
 - ✓ Depósitos
 - ✓ Tuberías
 - ✓ Electrobomba
 - ✓ Bomba hidráulica

- **Desarrollo de la guía**

1. Realice un registro de las temperaturas de los fluidos en circulación (agua y aceite) tanto en la entrada como en la salida, con respecto a un tiempo estimado.

Fluidos	Tem. Entrada(°C)	Tem. Salida (°C)	Tiempo (m)
Agua			
Aceite			

2. Mediante los datos obtenido verifica si la unidad de refrigeración esta actuando bien y ajustar a los requerimientos y parámetros que deseas obtener
3. Con equipos ultra sonido y termómetro infrarrojo, revisa analiza y tomas lecturas de parámetros de vibraciones y temperaturas de los equipos del sistema.
4. Realiza análisis y saca conclusiones de acuerdo a lo aplicado

- **Herramientas**

- ✓ Máquina ultrasonido
- ✓ Láser de temperatura infrarrojo
- ✓ Calculadora
- ✓ Tablero

2. Guía le laboratorio 2



Facultad de ingeniería
Ingeniería electromecánica

Transferencia de calor en un Intercambiador de Calor de placa y armazón

- **Objetivo general**
 - ✓ Medir efectividad de todo el proceso que se da en al banco didáctico de transferencia de calor de coraza y tubos.

- **Objetivos específicos**
 - ✓ Verificar las temperaturas de entrada y salidas de los fluidos (agua y aceite)
 - ✓ Determinar si la unidad de refrigeración está realizando el enfriamiento
 - ✓ Revisar parámetros de vibración y temperaturas en los equipos adjuntos
 - ✓ Ejecuta análisis y concluir de acuerdo a lo aplicado

- **Material**
 - ✓ Banco de prueba
 - ✓ Unidad de refrigeración
 - ✓ Depósitos
 - ✓ Tuberías
 - ✓ Electrobomba
 - ✓ Bomba hidráulica

- **Desarrollo de la guía**

5. Realice un registro de las temperaturas de los fluidos en circulación (agua y aceite) tanto en la entrada como en la salida, con respecto a un tiempo estimado.

Fluidos	Tem. Entrada(°C)	Tem. Salida (°C)	Tiempo (m)
Agua			
Aceite			

6. Mediante los datos obtenido verifica si la unidad de refrigeración esta actuando bien y ajustar a los requerimientos y parámetros que deseas obtener
7. Con equipos ultra sonido y termómetro infrarrojo, revisa analiza y tomas lecturas de parámetros de vibraciones y temperaturas de los equipos del sistema.
8. Realiza análisis y saca conclusiones de acuerdo a lo aplicado

- **Herramientas**

- ✓ Máquina ultrasonido
- ✓ Láser de temperatura infrarrojo
- ✓ Calculadora
- ✓ Tablero

3. Permiso de trabajo

UAN UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO		PERMISO DE TRABAJO			
		FORMATO PARA REALIZAR TRABAJO EN UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO			
RF - 1		Elaborado 28/04/2020		Version 1	
A GENERALIDADES					
PERMISO <input type="checkbox"/> FRI <input type="checkbox"/> CALENTE <input type="checkbox"/> PERMISO EN ALTURA <input type="checkbox"/> PERMISO ELÉCTRICO <input type="checkbox"/>					
FECHA DE DILIGENCIAMIENTO: <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> <input type="text"/> am o pm		VALORACIÓN DE RIESGOS: _____			
ESPECIALIDAD (ES): _____		ORDEN (ES) DE MTTTO / OT (S) / CONT: _____			
PLANTA O LUGAR: _____		EQUIPO O SISTEMA OBJETO DEL TRABAJO: _____			
TRABAJO A REALIZAR: _____					
B PLANEACIÓN Y PREPARACIÓN PARA EL TRABAJO (Marque con el N° Consecutivo o con "X" cuando aplique)					
<input type="text"/> Número ANÁLISIS DE RIESGOS		<input type="text"/> Número CERT. TRABAJO EN ALTURA		<input type="text"/> Número PERMISOS (TRABAJOS SIMULTANEOS)	
<input type="text"/> Número CERT. TRABAJO CON TENSIÓN EN REDES ELÉCTRICAS AEREAS DE MT (LÍNEA VIVA)					
<input type="checkbox"/> PROCEDIMIENTO/INSTRUCTIVO DE TRABAJO <input type="checkbox"/> LECCIÓN APRENDIDA <input type="checkbox"/> HOJA DE SEGURIDAD (MSDS) <input type="checkbox"/> INTERFERENCIAS CON OTROS TRABAJOS O AFECTACIÓN A OTRAS ÁREAS <input type="checkbox"/> AUTORIZACION USO AGUA DE CONTRAINCENDIO <input type="checkbox"/> SE REQUIERE TECNICO ELÉCTRICO <input type="checkbox"/> LINEAS VIVAS (ENERGIZADAS) ADYACENTES <input type="checkbox"/> AFECTACIÓN AMBIENTAL POR LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO <input type="checkbox"/> ATERRIZAJE DE EQUIPOS O ESTRUCTURAS <input type="checkbox"/> OTROS: _____		<input type="checkbox"/> PLAN DE IZAJE DE CARGA			
C REQUISITOS ADICIONALES PARA ACTIVIDADES EN CALIENTE (Marque con "X" cuando aplique) N.A <input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/> SE INSTALARON BARRERAS PARA RETENER ESCORIAS O CHISPAS <input type="checkbox"/> SE RETIRARON LOS MATERIALES Y QUÍMICOS COMBUSTIBLES DEL ÁREA <input type="checkbox"/> SE INSTALO PUESTA A TIERRA AL EQUIPO QUE GENERA ELECTRICIDAD ESTÁTICA <input type="checkbox"/> OTROS : _____		<input type="checkbox"/> EL EQUIPO DE OXICORTE TIENE VÁLVULAS CHEQUE Y DOBLE ATRAPA-LLAMAS			
D REQUISITOS ADICIONALES PARA ACTIVIDADES ELÉCTRICAS (Marque con el N° Consecutivo o con "X" cuando aplique) N.A <input type="checkbox"/>					
EL NIVEL DE TENSIÓN DE OPERACIÓN NORMAL DEL EQUIPO O SISTEMA A INTERVENIR ES:					
TENSIÓN DC >= 120 Vdc <input type="checkbox"/> Tensión _____ Vdc TENSIÓN DC < 120 Vdc <input type="checkbox"/> Tensión _____ Vdc		MUY BAJA TENSIÓN (MBT < 25 Vac) BAJA TENSIÓN (25Vac < BT <= 1000 Vac) MEDIA TENSIÓN (1 KVac < MT <= 57.5 KVac): ALTA TENSIÓN (57.5 KVac < AT <= 230 KVac):		<input type="checkbox"/> Tensión _____ Vac <input type="checkbox"/> Tensión _____ Vac <input type="checkbox"/> Tensión _____ KVac <input type="checkbox"/> Tensión _____ KVac	
E AUTORIZACIÓN DEL ÁREA O RESPONSABLE DE ÁREA N.A <input type="checkbox"/>					
NOMBRE		CARGO		FIRMA	
				DEPENDENCIA	
				FECHA	
F FIRMAS EMISIÓN Y REVALIDACIONES				G CIERRE (Coloque "SI", "NO" o "NA" en cada casilla)	
EMISOR: QUIEN EMITE EL PERMISO DE TRABAJO PARA QUE SEA EJECUTADO				EJECUTOR: DECLARO QUE: <input type="checkbox"/> EL TRABAJO CULMINO <input type="checkbox"/> EL SITIO Y EL EQUIPO QUEDAN EN CONDICIONES SEGURAS <input type="checkbox"/> ENTREGO EL ÁREA LIMPIA Y LIBRE DE DESECHOS Y MATERIALES _____ NOMBRE, FIRMA Y REGISTRO O C.C. EJECUTOR	
EJECUTOR: QUIEN EJECUTARA Y REALIZARA LOS TRABAJOS					
FECHA (dd/mm/aa)	VALIDEZ DESDE - HASTA (hora-hora)	EMISOR FIRMA Y REGISTRO O C.C.	EJECUTOR FIRMA Y REGISTRO O C.C.	EMISOR: HE VERIFICADO QUE: <input type="checkbox"/> PARA TRABAJO EN CALIENTE HE VERIFICADO QUE NO HAY RIESGO DE INCENDIO EN EL ÁREA INTERVENIDA <input type="checkbox"/> EL ÁREA QUEDA LIMPIA Y LIBRE DE DESECHOS Y MATERIALES <input type="checkbox"/> SE HAN REALIZADO Y ACEPTADO TODAS LAS PRUEBAS DE RECIBO Nombre: _____ Radio/Teléfono: _____ NOMBRE, FIRMA Y REGISTRO O C.C. EMISOR FECHA: <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> <input type="text"/> am o pm	
				OBSERVACIONES:	

4. Análisis de riesgo

UAN UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO		FORMATO DE ANÁLISIS DE RIESGOS PARA LA EJECUCIÓN DE UN TRABAJO						
		RF - 01		Elaborado 28/04/2020		Versión: 1		
formanto para realizar trabajos en en cuarto automatizacion y especificamente se relacionan los riesgos probables y peligrors existente en la utilizacion y/u operacion del banco de prubea del intercambiadro de calor y unidad de refrigeracion								
PLANTA Y/O LUGAR :		PERIODO DE ACTUALIZACIÓN:				VALORACIÓN DE RIESGOS		H (PSXC)
EQUIPO (S) O SISTEMA OBJETO DEL TRABAJO :								
TRABAJO A REALIZAR :		DEPENDENCIA O EMPRESA EJECUTORA:						
HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS:						Elaboración		dd/mm/aaaa
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL EPP REQUERIDOS:						Desde		dd/mm/aaaa
CONTACTOS DE EMERGENCIA:						Hasta		dd/mm/aaaa
LUGAR	No:	PELIGRO	RIESGO	CONTROLES REQUERIDOS PARA ADMINISTRAR LOS RIESGOS	SI/NO	OBSERVACIÓN	CARGO RESPONSABLE	
ESCRIBA A MANO ALZADA LOS 3 PRINCIPALES PELIGROS, RIESGOS, CONTROLES Y RESPONSABLE DE CADA CONTROL DEL ÁREA ESPECIFICA DONDE VA A EJECUTAR LA ACTIVIDAD								
LUGAR / PLANTA / ENTORNO/PERIFÉRICOS	No:	PELIGRO	RIESGO	CONTROLES REQUERIDOS PARA ADMINISTRAR LOS RIESGOS	SI/NO	OBSERVACIÓN	CARGO RESPONSABLE	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO O LA ACTIVIDAD A EJECUTAR	No:	PELIGRO	RIESGO	CONTROLES REQUERIDOS ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DE LA EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD	SI/NO	OBSERVACIÓN	CARGO RESPONSABLE	
TRABAJADORES QUE ELABORAN EL ANÁLISIS DE RIESGOS:								
Nombre		Registro o Cédula		Cargo		Firma		
FUNCIONARIO QUE APRUEBA EL ANÁLISIS DE RIESGOS								
Nombre		Registro o Cédula		Cargo		Firma		
EJECUTORES QUE PARTICIPAN EN EL TRABAJO:								
Nombre		Registro o Cédula		Cargo		Firma		

B. Anexo: Mantenimiento y reparación de depósito o tanque de agua

Tanque de acero

Dimensiones: 10cm alto, 30 cm ancho, 30 cm largo

Capacidad: 74 litros

Material: Lamina de acero de 1/16

Producto almacenado: Agua

Accesorios: Tuberías, Manómetro

Desmonte

1. Después de apagar todo el sistema, se drena tanque a reparar, este se drena soltando tapón de drenaje que se encuentra en la parte inferior del tanque.



2. Se realizo barrido en todo el tanque con agua para desplazar todo material o partícula solida a la vista.



3. Se desinstalan tuberías de entrada y salida de fluido del tanque o depósito de agua, con la ayuda de llave de tubo se desenroscan las tuberías de succión y descarga, al desconectar tuberías verificar estado de roscas y si tienen obstrucciones



Descarga o retorno



succión

Se desenroscan e inspeccionan orificios





4. Se procede a bajar tanque o depósito, este se baja con ayuda de compañeros de trabajo o con ayuda mecánica.



Mantenimiento

1. Se encuentra tanque con demasiada corrosión, pero aún no ha pasado la pared de 3/16 ``de espesor del tanque o deposito.



2. Se procede a limpiar con grata todo en interior del tanque, esta operación se realiza con una pulidora y grata periférica.



3. Se procede a aplicar un pegante, aislante y anticorrosivo, este se aplica en toda el área interna del tanque



Se aplica en toda el área y se deja secar



4. Después del paso anterior se le pone la fibra encima de la superficie aun húmeda del aislante.



5. Encima de la película de fibra se vuelve a pasar varias manos del producto.



Resultado





Antes



Después



Montaje

1. Se monta depósito en base de trabajo y se ancla.
2. Se aprietan tuberías de succión y descarga

C. Anexo: Mantenimiento y reparación de unidad o motor hidráulicos

Bomba hidráulica wf91710

Potencia: 0,5 HP

Velocidad: 3500 RPM

Voltaje: 120V

Altura máxima: 28 M

Flujo máximo: 35 L/min

Profundidad máxima: 5M

Referencia: WF91710

Motor: siemens

Potencia: 0,5 HP

Velocidad: 3500 RPM

Voltaje: 120V

Amperaje:

HZ: 60

KW: 0.75

Desarme

Bomba hidráulica

Primero se desenergiza y se desempalma eléctricamente el motor de la unidad, cuando este no tiene energía eléctrica, se procede con el drenaje de la bomba.



Se sueltan los prisioneros de los acoples de la bomba y el motor, después con un botador se ruedan los acoples en sentido opuesto, y se retira la araña de acoplamiento.



Se sueltan tuberías de succión y descarga de la bomba y se sueltan tornillos de anclaje de la bomba hidráulica



Desarme

Bomba hidráulica

Se fija bomba en prensa fija y se verifica que esté totalmente drenada, se quita tapón de válvula de descarga y se retira el resorte y embolo de la válvula de descarga



Seguimos quitando la tapa de la bomba, se verifica estado de engranajes y luego estos se retiran y los anillos de los engranajes, se quita sello del cigüeñal



Importante

Inspeccionar todos los engranajes y verificar si tienen desgaste si es así cámbielos, igualmente con micrómetro tomar medidas de holgura e interferencias y si estas exceden los parámetros reemplazar piezas con desgaste.



Armado

Bomba hidráulica

Se monta cubierta delantera de la bomba, y se montan las piezas en orden inverso al desmonte

Inserta rotor interno y externo e instale el anillo de los engranajes.

Colocar tapa de la bomba y atornillar bomba en su base.

Poner tuberías de succión y descarga.

Desmonte

Motor eléctrico

Partiendo de que el motor ya está desenergizado y desenergizado por el mantenimiento que se le hizo a la bomba hidráulica, se sueltan tornillos del anclaje del motor y este se desmonta de la base.

Desarme

Motor eléctrico

Se saca acople del motor, se quita tapa de ventilador y se mira estado de este, se retira ventilador y se sueltan tornillos pasantes o en algunos casos tornillos fijo de cada una de la tapa del motor.



Luego se quitan tapas de rodamientos y se verifican estado de alojamiento del rodamiento, es necesario tomar medidas y verifican si están dentro de la tolerancia si no cambiar parte defectuosa.



Sacar rotor del estator y verificar estado de rodamiento y del eje, si esto esta malo o tiene un giro defectuoso extraer rodamiento y cambiar.



Verificar estado de embobinado y medir aislamiento.



Armado

Motor eléctrico

Se mete rotor con los rodamientos instalados y verificados en su correcto funcionamiento.

Se instalan tapas de rodamiento y se monta ventilador

Se insertan los tornillos que unen todo el estator con las tapas de rodamiento y se pone la tapa del ventilador.

Se coloca acople.

Montaje

Motor eléctrico

Se monta motor en base y se ancla

Se acopla motor con bomba, para esto se posicionan los acoples y se inserta la araña que une a los dos.

D. Anexo: Mantenimiento y reparación a electrobomba

Electrobomba: USA hardware

Potencia: 0,5 HP

R.p.m.: 3450 RPM

Voltaje: 110V

Altura máxima: 35 M

Caudal máximo: 38 L/min

Profundidad máxima: 5M

Referencia: DB-60/G

Ejecución.

Desmontaje

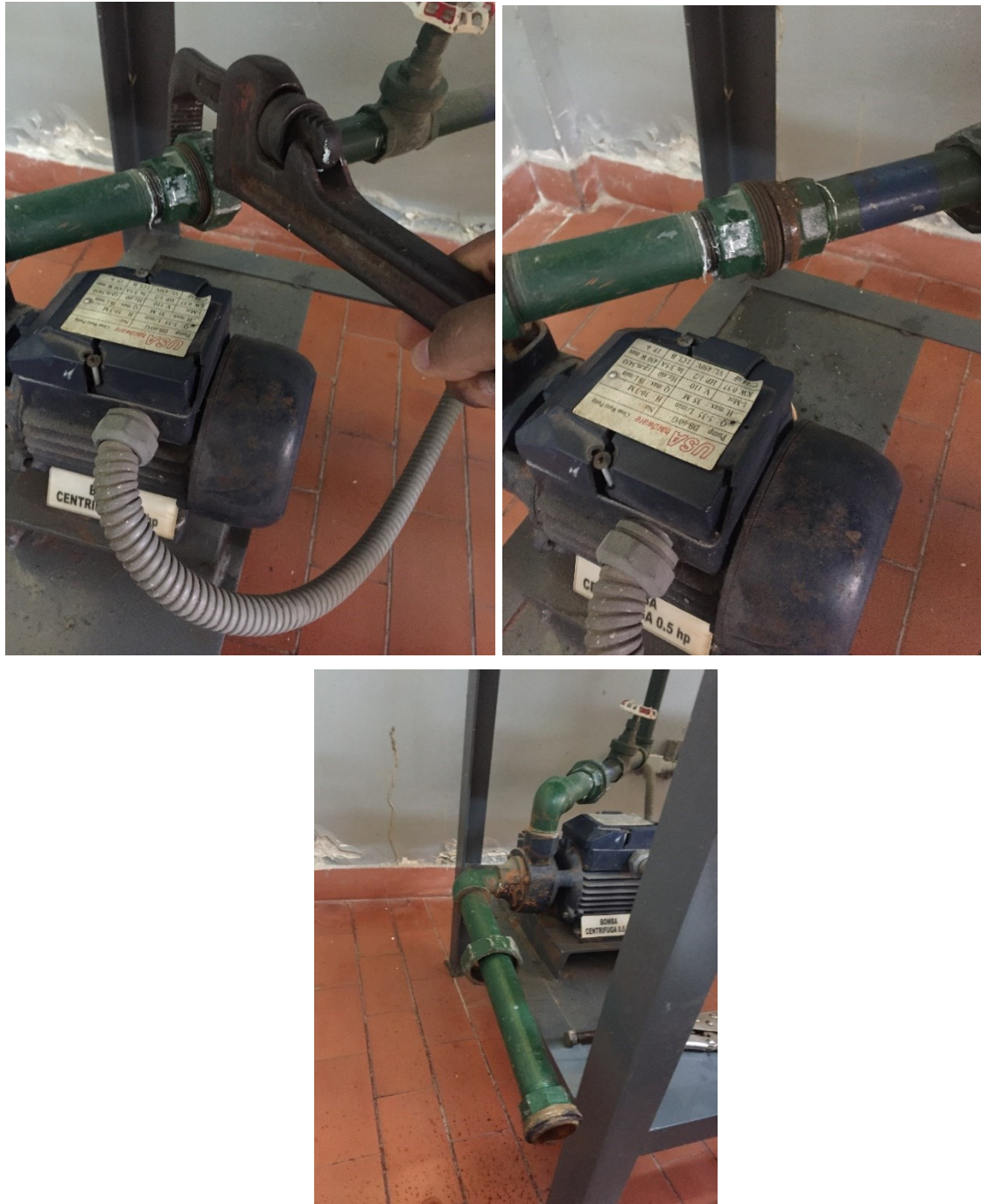
Primero se aplica el sistema de aislamiento eléctrico seguro para trabajar, se bajan interruptores y se desenergiza el equipo, posteriormente se hace el despalme de motor.



Siguiendo la guía de mantenimiento y el paso a paso de referencia se empieza con el desmontaje de la bomba de la base, se drena bomba para garantizar que esté libre de presión y fluidos.



Luego procedemos a desconectar las líneas de succión y descarga de la bomba, estas tienen que ser referenciadas para que no pierdan su posición, ya que al momento del montaje tiene que estar en su mismo sitio para evitar que las tuberías ejerzan tensión sobre la bomba y así limite el tiempo de operación de esta misma



Se procede con la bajada de la electrobomba de su sitio de operación, esta se desancla totalmente de su base de trabajo, y con ayuda mecánica o manualmente se realiza la retirada de la bomba de su base.

Desarme y mantenimiento

Se empieza retirando tapa de bornera del motor, después de quitada se analiza estado de bornera y condensador.



Seguimos retirando la tapa trasera del motor o guarda del ventilador, esta tiene 4 tornillos solamente se suelta tornillería y listo.

Se analiza estado de ventilador que no tenga las aspas partidas.



Luego se retira ventilador, este tiene unos tornillos de sujeción en algunos casos, se debe de soltar y luego retirar ventilador haciendo palanca hacia fuera por los puntos equidistantes de la circunferencia, cuando este salga no olvide retirar cuña de arrastre y verificar estado del eje donde se aloja ventilador.





Luego se procede a soltar los tornillos pasantes que mantienen unido al motor con la tapa o voluta de la bomba, al quitar estos tornillos se queda la tapa de la bomba lista para ser extraída, retírela usando palancas y verifique estado del alojamiento del empaque de voluta.



En estos momentos tenemos en impulsor a la vista y se puede inspeccionar si tiene algún alabe partido o se muestra señales de que el impulsor tiene roce o algún daño



Se retira impulsor del eje y se comprueba con medidas la punta del eje vs el diámetro interno del impulsor y se descarta si está bien de ajuste, si este excede la holgura cambia impulsor o eje de acuerdo a que tenga el desgaste.



Luego se retira sello mecánico, este se desarma la parte rotativa que esta instada sobre el eje y luego se retira parte estacionaria, se debe de mira estado de las caras y cambiar si se observa excesivo desgaste o ralladuras en las caras.



Seguimos con el plato intermedio que une la bomba con motor, se sueltan tornillería y se baja plato se verifica estado del sello y sus alojamientos



Se retira eje del estator de motor y bomba y se verifica ronout del eje y estado de rodamientos si estos, están en mal condición cámbielos. Compruebe diámetros del eje y verificar si están dentro del estándar.



Por último, se analiza estado del embobinado y el estator se verifica estado de aislamiento y humedad y se hacen mediciones eléctricas.



Armado

Se empieza embonando el eje en el estator y se ponen tapa de rodamiento lado proceso y sello del empaque de esa tapa.

Luego se coloca sello del frente de esa tapa que hace hermeticidad con voluta, se fijan tapa al motor y se instala sello mecánico.

Luego se monta impulsor

Se procede a poner tapa de rodamiento trasera, junto con cuña y ventilador

Luego podemos tornillos pasantes que unen motor con tapa de voluta

Se pone tapa de ventilador y se tapa bornera.

Montaje

Se realiza el izaje de la electrobomba y se pone en su base de trabajo, se anclan los tornillos a la base

Luego se conectan tuberías de succión y descarga a la bomba

Por último, se empalma motor eléctricamente

Bibliografía

- Camacho González, J. P., & Pérez Miranda, R. (2005). *La transposición didáctica de los conceptos calor y temperatura. Enseñanza de las Ciencias, (Extra)*.
- Cengel, Y. A., & Ghajar, A. (2007). *Transferencia de calor y masa*. McGraw-Hill Interamericana.
- Cuadrado, K. (2010). *Diseño, construcción y pruebas de un Intercambiador de calor de carcasa y tubos para laboratorio de térmicas de la facultad de mecánica. Escuela superior politécnica de Chimborazo, [Documento en línea]*. Ecuador.
- Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (1999). *Fundamentos de transferencia de calor*. Pearson Educación.
- Jaramillo, O. A. (2007). *Intercambiadores de calor*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Kalmanovitz, S. (1983). Los orígenes de la industrialización en Colombia: 1890-1929. *Cuadernos de economía (Santafé de Bogotá)*, 5(5), 79-126.
- Kreith, F., Bohn, M. S., & Manglik, R. M. (2012). *Principios de transferencia de calor*. Cengage Learning Editores.
- Velásquez, J. F. (2007). *Aproximación a los recursos minero-energéticos nacionales y el capital extranjero en Colombia*. *Gestión y Ambiente* 10.3: 61-72.