TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO

IMPLEMENTACIÓN DE UN MANTENIMIENTO CORRECTIVO PARA LA ADECUACIÓN DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS DESTINADO PARA EL DESARROLLO DE PRUEBAS EN LA ASIGNATURA DE TRANSFERENCIA DE CALOR.

.
.

AUTORES

JHONATAN ENRIQUE PEREZ RANGEL – 1.096.188.487
JONATHAN ANDRÉS RUIZ CASTRO - 13.571.409

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
PROGRAMA TECNOLOGÍA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECÁNICO

Fecha de Presentación: (25-11-2018)

TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO

IMPLEMENTACIÓN DE UN MANTENIMIENTO CORRECTIVO PARA LA ADECUACIÓN DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS DESTINADO PARA EL DESARROLLO DE PRUEBAS EN LA ASIGNATURA DE TRANSFERENCIA DE CALOR.

AUTORES

JHONATAN ENRIQUE PEREZ RANGEL – 1.096.188.487
JONATHAN ANDRÉS RUIZ CASTRO - 13.571.409

Trabajo de Grado para optar al título de

Tecnólogo en operación y mantenimiento electromecánico

DIRECTOR

LEIDYS MARLEYN RODRÍGUEZ CASTRO

Proyecto de investigación- DIANOIA

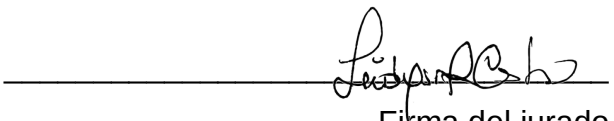
UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
PROGRAMA TECNOLOGÍA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECÁNICO

Fecha de Presentación: (25-11-2018)

Nota de Aceptación

Trabajo de grado titulado: IMPLEMENTACIÓN DE UN MANTENIMIENTO CORRECTIVO PARA LA ADECUACIÓN DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS DESTINADO PARA EL DESARROLLO DE PRUEBAS EN LA ASIGNATURA DE TRANSFERENCIA DE CALOR.

Presentado por: JHONATAN ENRIQUE PEREZ RANGEL Y JONATHAN ANDRÉS RUIZ CASTRO. Para optar el título de tecnólogo en operación y mantenimiento electromecánico.



Firma del jurado

Firma del Jurado

DEDICATORIA

Agradezco primeramente a Dios que siempre está a mi lado, por permitirme superar cada obstáculo a lo largo de mi carrera, llenarme día a día de sus grandes bendiciones, a mis familiares, en especial a mis padres que gracias a su apoyo, consejos y confianza pude culminar esta etapa de mi vida, de igual modo a mis hermanos, amigos y compañeros de estudio que siempre estuvieron para brindarme su amistad en los momentos más difíciles

JHONATAN ENRIQUE PEREZ RANGEL

Le dedico este logro primeramente a Dios quien dirigió mi camino, por sus grandes bendiciones, por darme fortaleza y ayudarme a afrontar cada uno de los obstáculos que se presentaron en el proceso de mi formación; también quiero dedicar este logro a mis padres, hermanos, amigos y profesores que estuvieron para apoyarme y orientarme en cada uno de los pasos que fui llevando a cabo en el trayecto de mi carrera.

JONATHAN ANDRÉS RUIZ CASTRO

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, le agradecemos a Dios por guiarnos durante todo el trayecto de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza y estar siempre a nuestro lado aun en los momentos más difíciles, ya que sin él este logro nunca hubiera sido posible, gracias por darnos esa fuerza y coraje para poder hacer este sueño realidad y lograr cada meta que nos propusimos.

Le damos gracias a nuestros padres, hermanos y amigos ya que cada uno de ellos han sido de gran valor en nuestro proceso de formación, por su motivación y apoyo en todo momento, ya que fueron esenciales a lo largo de nuestro trayecto para poder culminar esta etapa de la mejor forma posible. Agradecemos a la ingeniera LEIDYS MARLEYN RODRÍGUEZ CASTRO y a la institución por brindarnos las herramientas necesarias para dar cumplimiento a los parámetros y requisitos surgidos en el desarrollo de nuestro proyecto de investigación.

CONTENIDO

pág.

RESUMEN EJECUTIVO 13

INTRODUCCIÓN 14

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN 15

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 15
1.2. JUSTIFICACIÓN 17
1.3. OBJETIVOS 18
1.3.1. Objetivo general 18
1.3.2. Objetivos específicos 18
1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES 19

2. MARCO REFERENCIAL 27

2.1. MARCO HISTÓRICO 27
2.2. MARCO TEÓRICO 33
2.3. MARCO CONCEPTUAL 37
2.4. MARCO LEGAL 43

3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO 45

3.1. ELABORAR PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO AL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS PARA LA JERARQUIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE FALLAS QUE AFECTAN EL ACCIONAMIENTO. 47
3.1.1. Desinstalación del intercambiador de calor de placas del banco de transferencia de calor. 48
3.2.2 Identificación de fallas que afectan el accionamiento. 50
3.2. REALIZAR UN MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE ACUERDO A LA CLASIFICACIÓN DE FALLAS CON EL FIN DE ASEGURAR LA OPERACIÓN

OPTIMA DE LOS PROCESOS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE INTERCAMBIO TÉRMICO DEL EQUIPO. 55

3.2.1. Proceso de prueba intercambiador de calor de placas. 65

3.2.2. Montaje del intercambiador de calor en Banco de transferencia 69

3.3. DISEÑAR LAS GUÍAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CORRECTIVO DEL INTERCAMBIADOR DE PLACAS TENIENDO EN CUENTA LOS CRITERIOS TÉCNICOS IMPARTIDOS EN EL LABORATORIO DE LA ASIGNATURA DE TRANSFERENCIA DE CALOR.... 72

4. RESULTADOS 78

5. CONCLUSIONES 79

6. RECOMENDACIONES 81

7. BIBLIOGRAFÍA 82

ANEXOS 84

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Intercambiador de placas 41
Figura 2. Intercambiador de placas 45
Figura 3. Diagrama paso a paso mantenimiento correctivo 46
Figura 4. Intercambiador de calor de placas 48
Figura 5. Inspección visual del banco 48
Figura 6. Placa de datos..... 49
Figura 7. Pruebas de funcionamiento..... 53
Figura 8. Temperatura de líneas 54
Figura 9. Marcación de las placas para el desmontaje 55
Figura 10. Medición de los soportes de las placas..... 56
Figura 11. Desacople de las varillas..... 56
Figura 12. Liberación de plancha 57
Figura 13. Demarcación para tubería de entrada y salida..... 58
Figura 14. Desensamble de espárragos..... 58
Figura 15. Obstrucción de sólidos en el sistema 59
Figura 16. Limpieza a presión de placas 60
Figura 17. Estado de placas..... 60
Figura 18. Desplazamiento de las placas para inspección..... 61
Figura 19. Diseño de la placa..... 61
Figura 20. Trayectoria de caudales en un intercambiador de placas 62
Figura 21. Aplicación de pintura en las placas fijas y de presión 63
Figura 22. Ensamble de la tubería y aplicación de pintura..... 63
Figura 23. Finalización Intercambiador de placas 65
Figura 24. Banco intercambiador de placas 66
Figura 25. Líneas de entrada y salida 67
Figura 26. Accionamiento del sistema..... 68
Figura 27. Equipo en perfectas condiciones..... 69

Figura 28. Instalación del equipo de intercambiador de calor de placas al banco de transferencia de calor 70
Figura 29. Conexiones de las mangueras de flujo 71
Figura 30. El equipo instalado 71

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Ficha técnica del intercambiador de calor 50
Tabla 2. Listado de chequeo del intercambiador de calor por placas..... 50
Tabla 3. Observaciones..... 51
Tabla 4. Fallas intercambiador de placas 52
Tabla 5. Practica 1. Calculo de la velocidad del fluido variando el caudal..... 74
Tabla 6. Datos de prueba velocidad. 75
Tabla 7. Practica de comparación de resultados practico – teórico. 76
Tabla 8. Datos de prueba de temperatura. 77

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo 1. Manómetros 84
Anexo 2. Ajuste de estructura 84
Anexo 3. Acople de mangueras 85
Anexo 4. Montaje de estructura y caja de sensores 85
Anexo 5. Ajuste de espárragos y placas 86
Anexo 6. Prueba de sensores de temperatura 86
Anexo 7. Electroválvulas y sistemas de almacenamiento 87
Anexo 8. Prueba sistema de placas 87
Anexo 9. Manómetros 88

RESUMEN EJECUTIVO

El uso de un intercambiador de calor de placas como modelo práctico proporciona explícitamente una guía de aprendizaje en la asignatura de transferencia de calor, relacionando conocimientos teóricos y conceptos básicos que permiten al estudiante familiarizarse con este sistema. La inclusión del proyecto investigativo tiene la capacidad de readecuar y accionar el funcionamiento de un intercambiador de placas con el fin de proporcionar al estudiante un análisis experimental del intercambio de calor entre fluidos calientes y fríos a través de láminas corrugadas.

Asimismo, se realizó una medición y verificación de las diferentes variables que intervienen en el proceso de transferencia de calor, teniendo en cuenta la evaluación de parámetros como coeficiente global y efecto de la tasa de flujo de agua en la misma, mediante la conformación de un conjunto de actividades diseñadas para tal fin. El funcionamiento del equipo brinda una solución a problemas de transferencia, mediante la combinación de bastidores, placas y conexiones que forman una serie de configuraciones ya sea de inspección, expansión o agregado de placas las cuales permiten el análisis de la influencia de los parámetros de operación.

El desarrollo del proyecto comprendió de una metodología de tipo descriptiva y explicativa, en la cual se tiene cuenta los diferentes aspectos que comprenden el proyecto, haciendo un análisis desde los requerimientos del mantenimiento preventivo y correctivo hasta las especificaciones técnicas que comprende cada equipo.

INTRODUCCIÓN

Los equipos para la transferencia de calor son equipos destinados a transferir calor de un fluido a otro en forma controlada, separados por una pared. Teniendo en cuenta que estos equipos poseen un alto número de aplicaciones desde la domestica hasta el área industria se considera relevante el conocer e identificar los tipos existentes, principios de diseño térmico, mecánico y los efectos generados por la falta de mantenimiento, entre otros. Es por esto, que el conocer los factores que influyen en el desempeño de intercambiadores de calor proporciona una herramienta que permite asegurar una operación óptima (Espinosa, 1997).

Se evidencia el estado del intercambiador de calor, por lo que se procede a la programación de actividades correctivas que den cabida a la mejora de las condiciones del banco. Inicialmente se efectúa el desmontaje, y se verifica el estado de las placas, separadores, estructura y demás elementos mecánicos. Se realiza el lavado de las láminas, eliminando suciedad y demás agentes que afectan el funcionamiento adecuado. Posteriormente, se adecua la estructura y demás componentes en mal estado.

El mantenimiento ejecutado culmina con el montaje y ajuste del equipo. Seguido de la demarcación de las líneas de entrada y salida tanto en el tablero de registro como en las tuberías. La elaboración de pruebas permite verificar la operación adecuada. El informe presentado a las Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja presenta detalladamente los pasos expuestos anteriormente los cuales se basan en el cumplimiento de los dos primeros objetivos. Por otra parte, el desarrollo del tercer objetivo está basado en el diseño de dos guías prácticas como ayuda a la elaboración de actividades en el aula de clase.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Todo equipo está diseñado bajo parámetros de funcionamientos exigidos a tal punto que su nivel de confiabilidad sea 100%. “Conforme ha evolucionado el mantenimiento, en el diseño de los equipos se han incorporado una serie de patrones estadísticos de falla que caracterizan la vida útil de los componentes diseñados y ensamblados en las máquinas cuando estas trabajan en condiciones operativas previamente conocidas” (García, 2006, pág. 7), sin embargo, tal cosa no es posible debido a diferentes factores como los modos de uso por parte del usuario, factores ambientes, el mantenimiento, etc.

Los tipos de mantenimiento que se aplican a todo tipo de máquina que garantizan la extensión de la mencionada vida útil y el aumento en operación de la confiabilidad señalada, son el predictivo, preventivo y correctivo, respectivamente. Para los intercambiadores de calor de placas hay tipos de suciedades y elementos extraños, que al utilizarse quedan dentro de sistema y que deben ser retirados con prontitud. “Los sedimentos y la suciedad afectan considerablemente el intercambio de calor, y causan corrosión, por eso, la limpieza regular mantiene el rendimiento óptimo y el valor del intercambiador de calor de placas. La limpieza en el lugar es el método más fácil” (Figueredo, Gonzalez, Perez, & Perez, 2007).

La institución cuenta con un banco para procesos de transferencia de calor el cual contiene equipos de condensación, intercambiador de tubo y coraza e intercambiador de placas, sin embargo, se encuentra inhabilitado debido a la poca frecuencia y no adecuado mantenimiento. La línea investigativa de la institución asignó a una serie de grupos el desarrollo de mantenimiento a diferentes elementos del banco con el fin de recuperar su funcionalidad. A partir

de esto, el proyecto presentado considera la realización de un mantenimiento correctivo orientado adecuar y habilitar el funcionamiento del sistema intercambiador de placas. Los criterios con los que se construyen todos los materiales y equipos de laboratorios formativos en las asignaturas con contenido práctico radican en la posibilidad de implementar cada una de las teorías y conocimiento adquiridos por los estudiantes en el ambiente de formación con parámetros de calidad en el aprendizaje. Así que todo el esfuerzo presupuestal, humano, técnico y demás recursos que se utilicen para que un equipo de laboratorio esté en funcionamiento, debe ser retribuido con el cuidado pertinente por parte de los usuarios, sean estudiantes, profesores o terceros investigadores, de manera que se prolongue su utilidad lo máximo posible.

De acuerdo con lo anterior, y, en con el fin de no sólo aportar a la recuperación de un elemento de vital importancia en el aprendizaje de la asignatura transferencia de calor y termodinámica, sino también permitir la ejecución de un trabajo de aplicación de pruebas orientado a la reparación de un equipo mediante una metodología para el mantenimiento correctivo cuya finalidad es dejarlo en funcionamiento y con la guía de operación y mantenimientos respectivos (preventivo, correctivo) para los estudiantes de la asignatura se plantea la pregunta: ¿Cómo implementar un mantenimiento correctivo para la adecuación de un intercambiador de calor de placas destinado para el desarrollo de pruebas en la asignatura de transferencia de calor?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El uso de equipos de transferencia de calor resulta un mecanismo indispensable para el estudio de principios de diseño térmico y análisis del comportamiento de los fluidos una vez son inmersos a un intercambio de energía entre distintos cuerpos (frio y caliente) sin ponerlos en contacto directo. Actualmente las Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja cuenta con un sistema intercambiador de calor de placas que hace parte de un banco para procesos de transferencia de calor, etc, el cual se encuentra deshabilitado por la falta de mantenimiento lo que ha generado que el estudiante pierda la oportunidad de interactuar con módulos prácticos que indiquen de forma real los parámetros que intervienen en los procesos industriales de transferencia de energía expuestos en el aula de clase.

A partir de la problemática presentada se establece la implementación de un mantenimiento correctivo el cual permite solventar la ausencia de herramientas de prueba que fueron deshabilitadas por la falta de inspección y manejo adecuado del sistema. Las actividades preventivas y correctivas consisten en la revisión de todas las partes del equipo (condición de las placas, tubería, soportes y demás conexiones de entrada y salida), así como la ejecución de pruebas de funcionamiento al intercambiador de placas con el fin de identificar la presencia de fallos.

La adecuación del sistema en conjunto con el diseño de guías de operación y procesos preventivos y correctivos del intercambiador de placas teniendo en cuenta los criterios técnicos impartidos en el laboratorio de la asignatura de transferencia de calor y termodinámica, permite en primer lugar fortalecer los recursos de la institución, seguidamente el acceso al estudio de teorías y conceptos básicos impartidos en el proceso formativo a través de prácticas que dan cabida a la medición y experimentación del comportamiento de transferencia de calor entre el agua caliente y fría.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Implementar un mantenimiento correctivo para la adecuación de un intercambiador de calor de placas destinado para el desarrollo de pruebas en la asignatura de transferencia de calor.

1.3.2. Objetivos específicos

- Elaborar pruebas de funcionamiento al intercambiador de calor de placas para la jerarquización e identificación de fallas que afectan el accionamiento.
- Realizar un mantenimiento correctivo de acuerdo a la clasificación de fallas con el fin de asegurar la operación optima de los procesos que intervienen en el proceso de intercambio térmico del equipo.
- Diseñar las guías de operación y mantenimiento preventivo, correctivo del intercambiador de placas teniendo en cuenta los criterios técnicos impartidos en el laboratorio de la asignatura de transferencia de calor.

1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

Los intercambiadores de calor a placas están diseñados y construidos especialmente para las condiciones de operación (presiones, temperaturas, capacidades y tipo de fluidos) proporcionadas por el cliente. (Center, 2013) Menciona que los picos repentinos más allá de la presión operativa normal que puedan ocurrir durante el arranque o paro del sistema pueden dañar seriamente el intercambiador de calor y deberían evitarse.

Los intercambiadores de calor a placas están diseñados y construidos especialmente para las condiciones de operación (presiones, temperaturas, capacidades y tipo de fluidos) proporcionados por el cliente. Los picos repentinos de temperatura, presión operativa por arriba de la especificada que puedan ocurrir durante el arranque o paro del sistema pueden dañar seriamente el intercambiador de calor y deberían evitarse. Haasen S.A. no se hace responsable por cualquier daño como resultado de cualquier operación que se desvíe de las condiciones originales de diseño. Si desea alterar las condiciones de diseño, por favor, contáctenos. (Center, 2013)

> La limpieza es una parte importante, que afecta la eficiencia del intercambiador de calor a placas. Una limpieza, insuficiente puede tener los siguientes resultados, un flujo de circulación muy lento, variación en el programa de temperaturas, se acortará el tiempo de vida del intercambiador de calor, si una placa tiene que ser renovada debido a un daño serio, se debería asegurar que las placas cercanas a esta no requieran sustituirse también. (Center, 2013, pag. 12)

Gredos & Castilla (2016) refieren que el intercambiador de calor de placas es un equipo que permite recuperar el calor presente en un fluido transfiriéndolo a otro fluido. Los dos fluidos no entran jamás en contacto entre sí porque están

separados por láminas metálicas y juntas de estanqueidad. Estas láminas, denominadas placas, son muy finas y onduladas para favorecer al máximo la transferencia de calor por cada unidad de superficie. El intercambiador de calor de placas se ha diseñado y fabricado para garantizar este intercambio de calor con la máxima seguridad.

El diseño de la junta se ha estudiado para reducir la posibilidad que ambos fluidos entren en contacto. En el único punto en que la junta separa los dos fluidos se ha incorporado una cámara de seguridad que comunica con el exterior, la cual, además de prevenir que se mezclen los fluidos, permite que la eventual pérdida se dirija al exterior con baja presión. Todas las juntas y la cola son de material atóxico. (Gredos & Castilla, 2016) establecen que el SUICALSA suministra juntas de NBR, EPDM PRX y FPM. La elección del material depende principalmente de la temperatura y presión de trabajo, además que de los fluidos utilizados.

Un mantenimiento preventivo puede ser una solución de muchos problemas que se pueden evitar Antes de efectuar la secuencia de apertura del intercambiador, SUICALSA aconseja efectuar las siguientes operaciones, Limpieza y lubricación de la barra de soporte, 2 Limpieza de los pernos y de la parte roscada de los tirantes, 3 Lubricación de las partes de deslizamiento, 4 Trazado de una diagonal de color en el lado del paquete de placas para comprobar el correcto orden de montaje de las mismas, 5 Medir y anotar la cota de apriete. (Gredos & Castilla, 2016, pág. 20)

Un diseño de Mantenimiento sencillo garantiza que incluso el intercambiador de calor de placas con juntas de Alfa Laval de mayor tamaño puede ser atendido rápida y fácilmente por un solo operario utilizando herramientas estándar. Esto reduce los tiempos de inactividad, mejora la seguridad y garantiza una mayor vida útil del equipo. Todos los intercambiadores de calor de placas con juntas de Alfa Laval cumplen las condiciones de la Directiva de Seguridad Europea para

los Envases a Presión, PED, en lo que concierne a las especificaciones mecánicas y de materiales. Pueden también suministrarse en conformidad con otros estándares relevantes (Mora, 2014).

La eficiencia de la transferencia de calor y el grado de control del proceso proporcionado por un PHE dependen parcialmente del grosor de las placas. En las avanzadas plantas de producción de Alfa Laval de hoy en día, se fabrican placas de tan sólo 0.4 mm de espesor, normalmente en acero inoxidable y de una impresionante resistencia, que consiguen una transferencia de calor altamente eficiente. (Mora, 2014) Indica que todas las placas son prensadas según un proceso de un solo paso en una prensa hidráulica capaz de ejercer una presión de hasta 40,000 toneladas. De esta forma todas las placas son idénticas, minimizándose el riesgo de distorsión y escapes cuando cientos de placas se apilan juntas en un PHE.

Mora (2014) concluye que lámina de protección es un dispositivo que cubre todos los lados del paquete de placas excepto la parte inferior. Se utiliza para impedir que se produzcan daños personales en caso de que tenga lugar un escape de material, caliente, corrosivo o tóxico. La lámina de protección de Alfa Laval consiste en una o más hojas de acero inoxidable (AISI 304) moldeadas para ajustarse al PHE. En la mayoría de los bastidores la lámina se ajusta entre el paquete de placas y los pernos tensores.

Colas (2012) menciona que un intercambiador de calor de placas usualmente consta de una estructura armada que mantiene en posición un conjunto de placas paralelas que forman un conjunto de canales. El núcleo de cada unidad consiste en placas corrugadas intercambiadoras de calor, hechas con varios materiales, en dependencia de las condiciones de aplicación. Al borde de cada placa se le acopla una junta de goma y, por consiguiente, todas las placas se

convierten en una estructura compacta, que forma canales de flujo para los medios.

Una aplicación en la cual el incremento en la transferencia de calor es de fundamental importancia es el diseño y evaluación de intercambiadores de calor. Estos dispositivos permiten la transferencia de calor entre un fluido caliente y uno frío, normalmente, sin permitir el contacto entre ambos. La magnitud de la transferencia de calor es un factor clave en el diseño de sistemas, y su incremento es altamente recomendable en determinadas situaciones. (Colas, 2012)

El flujo de mosto y el valor de la temperatura de salida del agua de la sección de pre-enfriamiento son las variables fundamentales para predecir la incrustación del intercambiador de calor de placas estudiado. La sección de pre-enfriamiento es la más afectada por incrustaciones, provocadas por la violación de las normas de limpieza del equipo y por las impurezas que trae el mosto. La utilización de agua con dureza entre (40- 100) ppm, para el intercambio de calor con el mosto en la sección de pre-enfriamiento facilita las incrustaciones, afectando el área de transferencia de calor. (Colas, 2012, pág. 66)

Los intercambiadores de calor son equipos diseñados para reducir o aumentar la temperatura de un fluido, por medio del intercambio de temperaturas con otro. Es decir que se pueden definir como, un aparato en donde circulan dos fluidos a temperaturas diferentes y no se mesclan, en donde uno pasa por la coraza y otro por dentro de los tubos. El intercambio ocurre por el calentamiento y enfriamiento del metal de la pared de los tubos.

Chourio y Vichez (2005), indican que la existencia de un sistema de intercambiador de calor en el laboratorio de operaciones unitarias de la universidad Rafael Urdaneta, ha permanecido en la instalación fuera de servicio

desde el año 1993, debido a la suspensión del ingreso de nuevos estudiantes a la escuela de ingeniería química. A partir de lo indicado anteriormente se ha impedido al estudiante la elaboración de prácticas, actividad que es de gran importancia en la formación académica.

Sin embargo, el laboratorio de la universidad Rafael Urdaneta referencio la no existencia del equipo, generando la imposibilidad de apreciar el comportamiento de un intercambiador de calor, debido a que el equipo no se encontraba a disposición de operar para dicha función, por esta razón surge la necesidad de implantar el sistema intercambiador de calor para brindar a los estudiantes la oportunidad de interactuar con mecanismos de igual magnitud al presentado (Chourio & Vilchez, 2005). De igual forma señalan que con la inclusión de este trabajo el estudiante tendrá la capacidad de proporcionar resultados experimentales necesarios para el estudio de coeficiente global de transferencia de calor y efecto de la tasa de flujo de agua en la misma, a través de una práctica experimentada diseñada y elaborada para tal fin.

De igual forma, la conformación de manuales de operación, mantenimiento y guías prácticas del sistema intercambiador de calor, permitieron el estudio de teorías y conceptos, llevando a cabo experimentos que ayudan a la medición del coeficiente global y análisis del efecto de la tasa de flujo comparada con las condiciones de flujo en el coeficiente global de transferencia de calor (Chourio & Vilchez, 2005). La elaboración de esta tesis permite realzar la imagen de la universidad, debido a que se fortalece e incrementan las herramientas prácticas del laboratorio. Logrando de esta forma optimizar los recursos e infraestructura existente.

La investigación presentada por Dávila y Renán (2006), a la escuela politécnica nacional como requisito a la obtención de ingeniero mecánico se basa en el diseño, construcción, montaje y desarrollo de pruebas a un intercambiador de

calor para laboratorio. El estudio requiere del análisis de comportamiento y condiciones de operación bajo las cuales presta sus servicios.

Mediante un estudio teórico, se obtienen los criterios necesarios con base a los cuales se seleccionan las dimensiones que debe tener el prototipo y todos sus elementos constitutivos (Dávila & Renán, 2006). Seguidamente se analiza la problemática de su construcción, con el fin de conseguir el ajuste correcto entre todos los elementos, establecimiento así, sus respectivos procedimientos y ajustes para poner puntos.

Se presentan los costos correspondientes al diseño, materiales, construcción y montaje. Por último, se muestran los resultados de las pruebas experimentales demuestran la comprobación de los resultados teóricos obtenidos en el diseño (Dávila & Renán, 2006). Los anexos incluidos en el desarrollo del proyecto se caracterizan como una guía práctica para que los estudiantes hagan uso adecuado del sistema, teniendo en cuenta la revisión de los planos de construcción y montaje del equipo.

Los intercambiadores de placas son elementos indispensables en la Industria de Procesos, abarcando una amplia gama de aplicaciones. La construcción y diseño de estos sistemas representa el estudio de características muy especiales tanto en el uso, como en su aplicación lo que convierte cada sistema en un problema particular. La mayoría de los textos de transferencia de calor hacen mención a estos equipos, aunque presentando generalidades (Gómez, 2008). La mayor parte de la literatura sobre los intercambiadores de placas proviene de los fabricantes de equipos (quienes poseen el know-how) y su difusión está generalmente restringida al ámbito industrial.

Teniendo en cuenta, la importancia del estudio de instalaciones de intercambio de calor utilizando intercambiadores de placas y bastidor, se considera el

modelado bajo la aplicación informática EES de los procesos de transferencia de calor de un intercambiador de placas con el fin de obtener fácilmente la solución a problemas ingenieriles y analizar detalladamente los parámetros de operación que interceden en la solución del problema (Gómez, 2008).

El estudio presentado por Gómez (2008) de la Universidad Politécnica en Cartagena se cataloga en el análisis térmico, mecánico y comparación con intercambiadores de calor suministrados por diferentes fabricantes, con el fin de adquirir características técnicas del equipo que permitan la adecuación del programa ESS para la resolución de problemas térmicos en ingeniería térmica.

La conclusión del proyecto investigativo define que la implementación del proceso de cálculo dispone de una herramienta que permite analizar las condiciones de funcionamiento de los intercambiadores de calor de placas y bastidor (Gómez, 2008). Y no solo para un cálculo concreto, sino que para un área de estudio. Con el desarrollo del modelo de cálculo, y la exposición de las posibilidades de EES, se muestran amplias las variedades en los usos del modelo.

De igual forma, se resalta las posibilidades de EES para usarlo en otro tipo de problemas (Gómez, 2008). El funcionamiento real de estos sistemas en muchos casos es semejante al expuesto en presente proyecto, pero en otros se puede complicar, existiendo múltiples entradas, incluso, sistemas que trabajan con fase de vapor fase fría y condensado con lo que ya se contaría con dos entradas y tres salidas por lo que se podría ampliar el estudio todo lo que se desee.

Remigio (2007), establece la realización de un proyecto, como tesis de grado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en el que describe los intercambiadores de calor de placas planas, así como sus ventajas frente a los intercambiadores de calor de tubos y corazas. En primer lugar, da a conocer

aspectos generales, como tipos de transferencia de calor (conducción, convección y radicación), con sus respectivos principios que lo gobiernan, para poder conocer todos los parámetros y ecuaciones que intervienen en el diseño de los intercambiadores de calor; así como todos los tipos de intercambiadores de calor y su aplicación en la industria.

Seguidamente, las características de los intercambiadores de calor de placas y coraza y tubos. Expuso la propuesta para mejorar el problema de limitación de energía por calentamiento de generadores de la central hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo, debido a la acción del relé térmico que controla las temperaturas en los embobinados del generador y estator; siendo la propuesta el cambio de los intercambiadores de calor de coraza y tubos por los de placas planas, mejorando así el sistema de enfriamiento del generador y poder producir más energía por períodos largos (Remigio, 2007)

Finalmente, detalla el dimensionamiento del intercambiador de calor de palcas que reemplazara al de coraza y tubos de la central hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo, teniendo en cuenta la fijación de los mismos parámetros de operación, considerando como restricción o variable de diseño la caída de presión (Remigio, 2007). Se efectuó un análisis del costo capital que se tendrá al cambiar los intercambiadores de coraza y tubos por los de placas planas, así como la recuperación de este costo y la evaluación del proyecto.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO HISTÓRICO

Despues de la primera guerra mundial surge la definicion de fiabilidad, por lo que las areas de mantenimiento inquieren no solo la resolucion de fallas producidas en los equipos, sino sobre ademas, prevenirlas, actuar para que no se produzcan (Garcia, 2010). Esto permite inferir la conformacion de un nuevo modelo en los departamentos de mantenimiento: caracterizando la implementacion de personal capacitado, cuya funcion es estudiar que tareas de mantenimiento deben efectuarse para evitar las fallas.

> El personal indirecto, que no esta involucrado indirectamente en la realizacion de las tareas, aumenta, y con el los costes de mantenimiento. Pero se busca aumentar y fiabilizar la produccion, evitar las perdidas por averias y sus costes asociados. Aparece el mantenimiento preventivo, el mantenimiento predictivo, el mantenimiento proactivo, la gestion de mantenimiento asistida por ordenador, y el mantenimiento basado en fiabilidad (RCM) es una filosofia de mantenimiento basicamente tecnologica.Este proceso de las acciones de mejora llevo a crear el concepto de prevención del mantenimiento, realizando acciones de mejora de equipos en todo el ciclo de vida: diseño, construcción y puesta en marcha de los equipos productivos para eliminar actividades de mantenimiento. (Garcia, 2010, pág. 210)

Fue implementado en Japón en la década de los cincuenta junto con otras ideas como las de control de calidad, ciclo Deming y otros conceptos de americano management. Posiblemente en la creación del TPM (Mantenimiento Productivo Total) influyo en el desarrollo del modelo Wide- Company Quality control o total Quality management (Garcia, 2010).

En la década de los sesenta en el mundo del mantenimiento en empresas japonesas se incorporó el concepto Kaizen o de mejora continua. “Esto significo que a función de mantenimiento no era solo corregir las averías, si no mejorar la Fiabilidad de los equipos en forma permanente con la contribución de todos los trabajadores de la empresa" (Garcia, 2010, pág. 139).

Este proceso de las acciones de mejora llevo a crear el concepto de prevención del mantenimiento, realizando acciones de mejora de equipos en todo el ciclo de vida: diseño, construcción y puesta en marcha de los equipos productivos para eliminar actividades de mantenimiento (Garcia, 2010). En la década de los ochenta se introdujo el modelo de mantenimiento basado en el tiempo (TBM) como parte del modelo TPM. El aporte del sistema RCM (Reliability Center Maintenance) o mantenimiento centrado en la fiabilidad ayudo a mejorar la eficiencia de las acciones preventivas de mantenimiento.

El mantenimiento ha sido desde el inicio, en la industria, parte fundamental de su desarrollo y esto lo ha mantenido ligado a la ciencia administrativa de turno, es tanto así que se puede observar cómo teorías de la administración como: el Benchmarking, el Justo a tiempo, la Estrategia de las 5S, Poka Yoke, Teoría de restricciones, Sistemas de calidad total, entre otras, han obligado al mantenimiento a evolucionar, convirtiéndolo al pasar del tiempo en un departamento de las empresas eficiente y eficaz, basado en la condición de los equipos, buscando ayuda en herramientas como la estadística y elementos de predicción que le permiten brindar una mayor confiabilidad y seguridad del buen funcionamiento de la maquinaria de la empresa (Garzón & Ramirez, 2008).

Incluso en el siglo XXI, ya no importa la existencia de un departamento de mantenimiento sino un grupo de ingeniería de diseño, operaciones y mantenimiento dirigidos por una o varias coordinaciones o gerencias. La mayoría de expertos en el área de mantenimiento, están de acuerdo en describir la evolución del mantenimiento, ver un modelo, desde el punto de

> vista tecnológico, económico y de la calidad, a la par del desarrollo de la ciencia y la tecnología en general.En lo que hay alguna disparidad es en la descripción propia de cada generación, aun cuando eso no obsta para que se dé importancia a este tema, incluyendo el tema de la seguridad y la protección del medio ambiente En esta sección se podrán apreciar los rasgos más importantes que ha tenido el mantenimiento a través de su proceso de maduración y algunas de las causas más importantes que obligaron a que estos cambios se realizaran. (Garzón & Ramirez, 2008, pág. 30)

El mantenimiento nació con el mismo nacimiento de la industria, en la revolución industrial a finales del siglo XVII, debido a que en esa época se crearon los procesos de producción mecanizados para la fabricación de bienes a gran escala, empezando a desplazar a los animales y al hombre mismo como herramienta de producción en algunas actividades, por máquinas que garantizaban mayor rapidez y eficiencia (Garzón & Ramirez, 2008).

Según Garzón y Ramírez (2008) esto obligó a que la producción de la industria dependiera directamente del adecuado funcionamiento de estas máquinas. En esa época el mantenimiento era considerado como una actividad sin importancia y un costo en el que se debía incurrir, pero a través del tiempo fue tomando cambios radicales. La primera generación se puede ubicar en las décadas de 1940 - 1950.

Se encuentra demarcada en las décadas de: 1960-1970-1980. Después de la II guerra mundial la mano de obra se hizo más escasa y por lo tanto más costosa, esto ocasionó que los procesos productivos necesitaran de mayor disposición de las máquinas y mayor duración de los equipos a costos más bajos, por lo tanto, no se podía permitir que las máquinas se dañaran y eso da inicio a la época del

Mantenimiento Preventivo.

Esto permitió a las empresas tener:

- Mayor disponibilidad de la maquinaria.
- Mayor duración de los equipos.
- Costos más bajos.

> En esta época, para evitar las fallas se hacían grandes paradas preventivas o de Mantenimiento periódico, la frecuencia con la que se hacían las paradas eran definidas por las recomendaciones del fabricante o por experiencia propia y era medida por horas trabajadas o por unidades producidas. Esto evitaba algunas fallas, pero al descuidar la inspección, se generaban daños prematuros. También se realizaban desmontajes con frecuencia innecesarios, y adicionado a que la precisión del montaje disminuía través del tiempo, se provocaba que la eficiencia de la planta fuera disminuyendo, además se producían. Mantenimiento era invasivo, grandes paradas de planta, se consumían Altos recursos, se necesitaba alta disponibilidad de personal, se requerían altos inventarios, se contaba con pocas herramientas predictivas. (Garzón & Ramirez, 2008, pág. 32)

Tercera Generación. Se encuentra concretada en las décadas de: 1990-2000. A medida que iban pasando los años, las empresas promovieron sacar al mercado productos de mayor calidad y a menor precio, obligando al surgimiento de diversas teorías administrativas que las llevaran a ser más productivas, sin descuidar la calidad de sus productos, lo cual llevó a las empresas a requerir un descenso en sus inventarios a tener una mayor disponibilidad y confiabilidad de su maquinaria (Garzón & Ramirez, 2008).

Las frecuencias de mantenimiento innecesarias debían ser acabados, se iniciaba la época del Mantenimiento basado en la condición (Crismatt & Valencia, 2012). Esta nueva tendencia del mantenimiento permite: Tener mayor disponibilidad y

confiabilidad. Mayor seguridad, una mejor calidad de los productos, protección del medio ambiente, mayor Duración de los equipos.

Crismatt y Valencia (2012) señalan en su investigación que en la actualidad las industrias se han venido tecnificando cada día más, con sistemas hidráulicos y neumáticos avanzados, controles electrónicos que permiten una mayor automatización de los procesos, relegando cada vez más al ser humano de las labores manuales para dejarle su espacio a las máquinas.

Todo esto ha obligado a la ingeniería del mantenimiento a una permanente actualización de sus estrategias para poder cumplir con las exigencias que se le plantean en cada momento histórico, necesitando cada día más personal calificado, con mejores herramientas de monitoreo continuo que le permitan brindar un Mantenimiento Predictivo por medio del cual y ayudado de herramientas estadísticas, de planeación y diagnóstico pueda brindar un Mantenimiento Productivo Total y un Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de los equipos (Crismatt & Valencia, 2012).

Por lo tanto, el mantenimiento actual se encuentra acompañado de: Estadística, herramientas de Mantenimiento Predictivo, monitoreo continúo de equipos críticos, planeación de sus procesos, aseguramiento del conocimiento, sistemas de información avanzados, herramientas Administrativas como el mejoramiento Continuoll. Debido a todas estas poderosas herramientas, que permiten una mayor velocidad de análisis de datos que a su vez son interpretados por los Ingenieros de Mantenimiento y aplicados por estos mismos con ayuda de herramientas administrativas. Todo esto lleva a que, en la actualidad, el Mantenimiento sea visto como una inversión muy rentable. Muchos ingenieros de mantenimiento, están de acuerdo con plantear dos generaciones más. Así: La Cuarta Generación nace con Eureka Word Clases Management Manténganse procurando la máxima Competitividad. El objetivo es la competitividad, y busca el

> desarrollo de métodos de trabajo más eficaces y eficientes. (Crismatt & Valencia, 2012, pág. 38)

En la Quinta Generación nace el estudio y gestión de la vida de un activo o recurso desde el mismo comienzo (con su adquisición) hasta su propio final (incluyendo formas de disponer del mismo, desmantelar, etc.) (Crismatt & Valencia, 2012). Integra prácticas gerenciales, financieras, de ingeniería, de logística y de producción a los activos físicos buscando costos de ciclo de vida (CCV) económicos. Es aplicable en todo tipo de industria y proceso.

Se puede observar cómo ha sido la evolución de las estrategias de mantenimiento, a lo largo de la historia. El objetivo principal de tecnología y su aplicación es mejorar y mantener la efectividad técnica y económica de un proceso o equipo a lo largo de todo su ciclo de vida (Crismatt & Valencia, 2012). Combina experiencia y conocimiento para lograr una visión holística del impacto del mantenimiento sobre la calidad de los elementos que constituyen un proceso de producción, y para producir continuamente mejoras tanto técnicas como económicas.

2.2. MARCO TEÓRICO

Victor Cuevas (2008) afirma que los procesos se benefician con un programa de control de variables a través de diagramas de control. Para implementar diagramas de control será necesario tener en cuenta directrices como elegir el tipo adecuado de diagramas de control, características y lugar del proceso.

Se puede aplicar las directrices anteriores tanto a los diagramas de control por variables como de atributos. Los diagramas de control no solamente se usan para controlar los procesos, sino también como un método activo en línea para reducir la variabilidad del proceso (Cuevas, 2008). Una característica de calidad mensurable como dimensión, peso volumen, es una variable cuantitativa. Los diagramas de control para variables se usan para contrastar las características de calidad cuantitativas, suelen permitir el uso de procedimientos de control más eficientes y proporciona más información respecto al rendimiento del proceso que los diagramas de control de atributos, que son utilizados para contrastar características cualitativas (no cuantificables numéricamente).

Métodos de control

La variación es en los procesos la causa de pérdidas e ineficiencias que no permite en la mayoría de los casos alcanzar los resultados esperados. Como se mencionó anteriormente existen técnicas y herramientas que nos ayudan a controlar esta variación. “Como un apoyo a estas técnicas y herramientas se deben de implementar métodos de control que nos permita basarnos en hechos reales, determinar variables, y controlar la variación que ocurre en los procesos” (Cuevas, 2008, pág. 20).

Análisis de datos

El análisis es una de las etapas de la administración de procesos, que permite detectar y corregir las situaciones más relevantes que están afectando los

resultados de un proceso o una organización. Existen dos herramientas básicas y fundamentas para el análisis de causas de un efecto o problemas, estas son: Diagrama causa – efecto (Ishikawa), diagrama de pareto.

Diagrama causa y efecto

El diagrama causa-efecto es así la representación gráfica de todas las posibles causas de un fenómeno. Todo tipo de problema, como el funcionamiento de un motor o una bombilla que no enciende, puede afrontarse con este tipo de análisis.Generalmente, el diagrama asume la forma de espina de pez, de donde toma el nombre alternativo de diagrama de espina de pescado (Galgano, 1995).

Una vez elaborado, el diagrama causa-efecto representa de forma ordenada y completa todas las causas que pueden determinar cierto problema y constituye una utilísima base de trabajo para poner en marcha la búsqueda de sus verdaderas causas, es decir, el auténtico análisis causa-efecto.

Análisis de causa-efecto

Alberto Galgano (1995) señala que el análisis causa-efecto, en su significado más completo, es el proceso que parte de la definición precisa del efecto que se desea estudiar y. a través de la fotografía de la situación, obtenida mediante la construcción del diagrama, permite efectuar un análisis de las causas que influyen sobre el efecto estudiado.

Mantenimiento Correctivo

A continuación, se expondrán las operaciones que se deben tener en cuenta al momento de desarrollar los procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo en el área de trabajo.

Modo de Actuar

Cuando el Jefe o los operarios de Almacén observen un fallo o problema en el equipo o la máquina, se avisa al Responsable de Mantenimiento para que proceda a gestionar su reparación (Garcia, 2009). Las averías o labores de mantenimiento, en caso de ser resueltas con medios propios se anotan en la ficha de mantenimiento de la máquina, indicando las horas de paro, los materiales utilizados y su coste. En el caso de que se contrate la reparación, se anota en la ficha del equipo la descripción de la tarea, la referencia del parte de trabajo, comprobante o factura de la reparación y las horas de paro de la máquina.

Al menos una vez al año, el Responsable de Mantenimiento estudia el mantenimiento realizado durante el ejercicio anterior y propone acciones de mejora para el periodo siguiente (búsqueda de proveedores de repuestos o consumibles, variación en la frecuencia del mantenimiento de cierto equipo, cambiar el modo de mantenimiento de un equipo de correctivo a preventivo o viceversa, propuestas de formación, mejoras en la maquinaria, etc.) (Garcia, 2009).

El Responsable de Mantenimiento es responsable de analizar y presentar en la revisión del sistema, los datos más representativos del plan de mantenimiento realizado, así como los recursos que estime necesarios adquirir (Garcia, Mantenimiento industrial, mantenimiento de equipos y máquinas, 2009). En estas revisiones se estudiará la conveniencia o no de las propuestas.

Todas las labores de reparación y mantenimiento han de quedar registradas en el formato “Historial de Revisiones/Reparaciones”, siendo responsabilidad del Responsable de Mantenimiento que esto se lleve a cabo, bien por él, o bien por el personal responsable del equipo o máquina si es el caso (Garcia, 2009). Mientras no se indique lo contrario en el “Listado de equipos y máquinas bajo

mantenimiento", se aplicará Mantenimiento Correctivo. No obstante, es indispensable recoger en el "Historial de Revisiones/Reparaciones" los trabajos que se realicen en estos equipos y máquinas sea cual sea el tipo de mantenimiento aplicado.

En caso de aplicar Mantenimiento Preventivo, se debe determinar previamente un "Plan de Mantenimiento" en el que se indicarán las labores a realizar y su periodicidad (Garcia, 2009). Estos planes de mantenimiento son elaborados por el Responsable de Mantenimiento, con ayuda de Oficina Técnica si es necesario, y son aprobados por Gerencia tras la revisión anual del sistema de gestión de calidad o tras una revisión extraordinaria si es necesario.

No Conformidades de este proceso

El retraso en la ejecución del Plan de Mantenimiento supondrá una No Conformidad del Sistema de Gestión de Calidad, en cuyo caso, se deberá abrir la correspondiente Incidencia, estudiar los motivos de dicho retraso y proponer medidas correctoras apropiadas (Garcia, 2009). Estas No Conformidades serán evaluadas posteriormente para determinar posibles acciones correctivas y/o preventivas. Además, se consideran No Conformidades de este proceso cualquier incumplimiento de lo establecido en el documento del manual de mantenimiento.

Situaciones Excepcionales

En principio, se excluyen de este procedimiento aquellas máquinas y equipos cuyo funcionamiento no afecte sustancialmente a la calidad de los materiales, tras la revisión del sistema de gestión de calidad (Garcia, 2009). Se puede estudiar la posibilidad de incluir algunos de estos equipos en función del costo de reparación, del valor del equipo, etc. Estas inclusiones quedan reflejadas en el Listado de Equipos y Máquinas Bajo Mantenimiento.

Responsabilidades

En general, los trabajos de mantenimiento y reparación son realizados por el Responsable de Mantenimiento y el personal a su cargo, a excepción de aquellas labores que puedan ser realizadas con eficacia y eficiencia por el personal responsable de la máquina o equipo correspondiente. Además, el personal es responsable de mantener los documentos generados por este procedimiento en buenas condiciones, evitando su deterioro o pérdida (Garcia, 2009). El departamento de Gestión de Calidad posee copia de los formatos necesarios para este proceso, y velará por el correcto cumplimiento del mismo.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

Documentación del mantenimiento

La documentación que se realiza en los equipos es importante para conocer, mantener, calibrar. La documentación que interesaría tener para poder consultar y hacer más fácil el trabajo de mantenimiento se realiza con las siguientes características. Ruiz (2013) señala que na documentación de mantenimiento completa puede contener:

- Datos técnicos: Especificaciones de fabricación.
- Manual de operación: Instrucciones técnicas.
- Manual de Mantenimiento: Operaciones de mantenimiento preventivo, ajustes, separaciones.
- Lista de componentes: Lista de las partes de la máquina, indicando modelos, descripciones, cantidades.
- Organización: Fechas de revisión, componentes a cambiar.

- Detalle: Códigos de identificación de las diferentes partes de la máquina, descripción de las partes.
- Mapa de lubricación: Puntos de lubricación, lubricante a utilizar con sus especificaciones.
- Localización: Zona de instalación del equipo, identificación, dimensiones.
- Certificados: Esta es la documentación orientativamente que se debe tener para cada equipo. Para tener más información al respecto esta documentación está regulada por la normativa EN-13460.

Informe previo

El proceso se toma de datos para el cumplimiento de fichas técnicas, así como los resultados durante las fases, permitirá que los técnicos que están elaborando el plan de mantenimiento preventivo obtengan un conocimiento muy específico sobre las condiciones de disponibilidad y sobre el estado de funcionalidad de los diferentes elementos y componentes de cada instalación concreta (Gallardo & Moreno, 1999).

Mantenimiento

> Se entiende por mantenimiento a la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios. En ese sentido se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo. (Dounce, 1998, pág. 140)

Conforme con la anterior definición Doucen (1998) deduce distintas actividades:

- Prevenir y/o corregir averías.

- Cuantificar y/o evaluar el estado de las maquinarias.
- Aspecto económico (costes).

Dependiendo del tipo de programa que se utilice, se necesita obtener información real del estado de las máquinas, equipos e instalaciones y en algunos casos se requerirá de inversiones para llevarles a condiciones básicas de funcionamiento.

Mantenimiento preventivo

> El mantenimiento preventivo o Mantenimiento preventivo planificado (MPP) como también se le conoce, implica la restauración de la capacidad de trabajo de los equipos (precisión, potencia, rendimiento) y de su comportamiento (índices de consumo) mediante mantenimiento técnico racional, cambio reparación de piezas y conjuntos desgastados, conforma un plan elaborado con anterioridad. Un programa de mantenimiento preventivo puede incluir otro sistema de mantenimiento y pueden ser considerados todos en conjunto como un programa de mantenimiento preventivo. (Dounce, 1998, pág. 145)

Mantenimiento correctivo

> Se entiende por mantenimiento correctivo la corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan. Es la habitual reparación tras una avería que obligó a detener la instalación o máquina afectada por el fallo. Se produce cuando los trabajos de mantenimiento no son realizados hasta que un problema ocurre en el fallo de la máquina. Con el mantenimiento correctivo no se evitan los costosos daños secundarios producidos en el fallo de la máquina, y ello sin considerar los altos costos derivados por mantenimientos y paradas no planifica. (Arques, 2009, pág. 50)

Las averías se producen generalmente de forma imprevista, lo que pude ocasionar trastornos en la producción, que pueden ir desde ligeras pérdidas de tiempo, por reposición de equipo o cambio de tarea, hasta la parada de la producción, en tanto no se repare o sustituya el equipo averiado (Arques, 2009). Las averías, al ser imprevistas, suelen ser graves para el equipo, con lo que su reparación puede ser costosa.

Las averías son siempre -en mayor o menor medida – inoportunas, por lo que la reparación de los equipos averiados puede llevar más tiempo del previsto, ya sea por ausencia del personal necesario para su reparación, o ya sea por la falta de los repuestos necesarios (Arques, 2009). Por tratarse de averías inesperadas, el fallo podría venir acompañado de algún siniestro, lo que obviamente puede tener consecuencias muy negativas para la seguridad del personal o de las instalaciones.

Medidas de seguridad

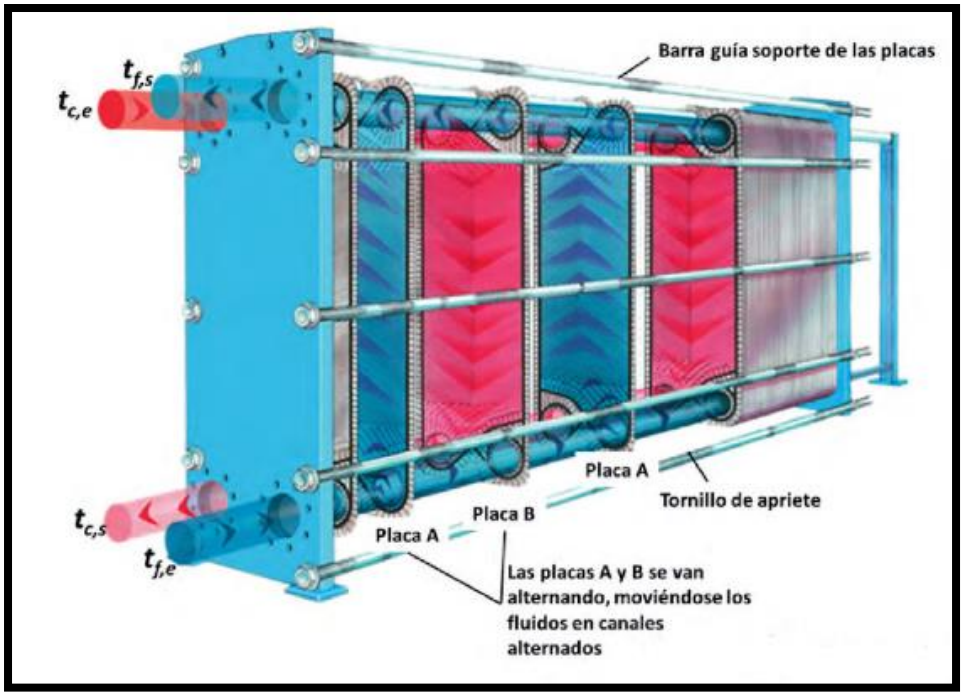
- A la hora de realizar un análisis de seguridad, en un diseño de máquina, en un estudio de peligrosidad o bien en la elaboración de normas e instrucciones de uso, se han de tener presentes todos y cada uno de los peligros susceptibles de ser generados por las máquinas.
- Análisis de peligros.
- Identificando los peligros con respecto a todas posibles situaciones que se presentan en la vida de una máquina.
- Valoración del riesgo.

Intercambiador de calor de placas

Este equipo se basa en una serie de placas metálicas rectangulares, las cuales son acopladas unas a otras en un bastidor metálico que permite la fijación mediante tornillos laterales. Cada placa cuenta con un patrón ondulado por las que circula el fluido.

Estas corrugaciones favorecen en primer lugar la transferencia de calor, al aumentar la superficie de intercambio y la turbulencia. Seguidamente, logran una mayor rigidez de la placa y proveen un soporte mecánico al conjunto de placas a través de los múltiples puntos de contacto. Finalmente, mantienen constante la separación entre ellas.

Figura 1. Intercambiador de placas



Fuente: MONTES, María. MUÑOZ, Marta & ROVIRA, Antonio. Ingeniería térmica. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2014.

Como se puede observar en la Figura 1, el flujo caliente (Rojo) entra por la parte superior, mientras que el frio(azul) lo hace por la inferior. El intercambio de calor de los fluidos se lleva a cabo mediante las placas corrugadas.

> Cada dos placas se forma un canal de circulación. El caudal total de fluido se divide en partes iguales por la cantidad de placas del intercambiador. Dentro de cada canal, el fluido se divide a su vez por el número de subcanales que forman las corrugaciones. De esta forma se consigue aumentar la velocidad y la turbulencia del fluido. Este logra, al final de cada placa, alcanzar su temperatura final, es decir, el intercambio de calor se produce de forma completa y cuasi simultánea en cada canal de circulación. (Montes, Muñoz, & Rovira, 2014, pág. 150)

Parámetros de estructura

El espesor de las láminas varía entre 0.5 y 1.2 mm. El coeficiente de transferencia de calor y la resistencia ofrecida al flujo dependen de la forma, tamaño y disposición de las guías estampadas en la placa. Cada placa tiene cuatro orificios, la separación de los fluidos se efectúa mediante una junta de goma sintética, creando una cámara entre cada par de láminas (Montes, Muñoz, & Rovira, 2014).

Ventajas y limitaciones

El equipo permite un desarme fácil y rápido. Su eficiencia es mayor que en los equipos que usan tubos; ocupando un menor espacio en comparación con los intercambiadores de casco y tubos (Montes, Muñoz, & Rovira, 2014). El equipo presenta un rango de presión y temperatura limitado, por lo que no resiste presiones superiores a 7-8 atmósferas manométricas.

2.4. MARCO LEGAL

NTC-ISO 14224 (2016) “Los datos de RM se recogerán de forma organizada y estructurada. A continuación, se indican las principales categorías de datos para los datos de equipos, fallas y mantenimiento” (pág. 27).

a. Datos del equipo. La descripción del equipo se caracteriza por:

1. Datos de identificación, ubicación del equipo, clasificación, datos de instalación, datos de la unidad del equipo.
2. Datos de diseño, datos del fabricante, características de diseño.
3. datos de aplicación, operación, medio ambiente.

NTC-ISO 14224 (2016) “Estas categorías de datos serán generales para todas las clases de equipos, tipo, y específico para cada unidad de equipo, número de etapas para un compresor” (pág. 28).

b. Datos de fallo. Estos datos se caracterizan por:

1. datos de identificación, registro de fallos y ubicación del equipo.
2. Datos de fallo para caracterizar un fallo, p. Fecha de falla, elementos de mantenimiento fallidos, clase de gravedad, modo de falla, causa de falla, método de observación.

c. Datos de mantenimiento. Estos datos se caracterizan por:

1. Datos de identificación, p.ej. Registro de mantenimiento, ubicación del equipo, registro de fallas.
2. Datos de mantenimiento, Parámetros que caracterizan un mantenimiento, Fecha de mantenimiento, categoría de mantenimiento, actividad de mantenimiento, artículos mantenidos, horas de manutención por disciplina, tiempo de mantenimiento activo, tiempo de inactividad.

Normalmente, el tipo de datos de falla y mantenimiento será común en todas las clases de equipos, con excepciones cuando sea necesario recoger tipos de datos específicos (NTC-ISO 14224, 2016). Los eventos de mantenimiento correctivo se registrarán para describir la acción correctiva después de un fallo, si se requieren registros de mantenimiento preventivo para conservar el historial de vida completo de una unidad de equipo.

3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

La presente investigación tiene como objetivo principal realizar el mantenimiento correctivo de un intercambiador de calor de placas instalado en un banco de pruebas para la transferencia de calor a través de un intercambiador de calor de tubos y carcasa con agua fría y caliente como fluidos de trabajo. La finalidad del intercambiador de placas es precalentar el agua desde la temperatura ambiente hasta la requerida a la entrada del intercambiador de tubo y carcasa. En la Figura 2 se puede observar el intercambiador de placas, el cual permite la transferencia de calor en las líneas de fluido (caliente y frio).

Figura 2. Intercambiador de placas

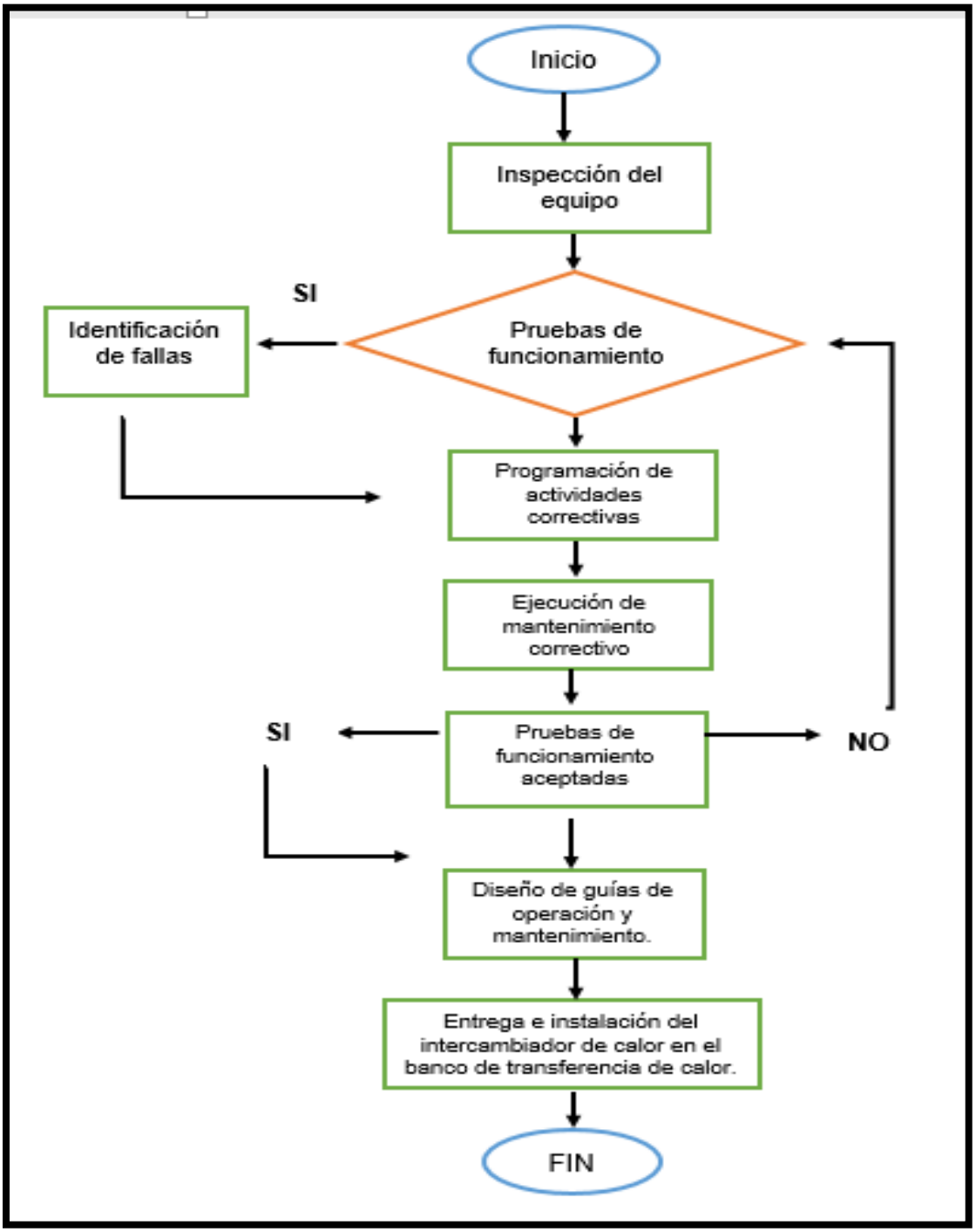


Fuente: Autor

El sistema consta de:

- 23 placas
- 2 placas fijas
- 4 pernos con su respectiva tornillería de ajuste
- 4 indicadores de temperatura
- Tablero de control - Registro de temperatura (frio y caliente)

Figura 3. Diagrama paso a paso mantenimiento correctivo



Fuente: Autor

En primer lugar, se desinstaló del intercambiador de calor por placas en el laboratorio de la institución, para luego ser desplazado a un taller metalmecánico a fin de realizar las pruebas de funcionamiento y determinar las fallas del equipo. Actualmente, el banco de pruebas de transferencia de calor está fuera de servicio, es por eso que fue necesario adecuar un sistema externo para ejecutar las pruebas de operatividad del intercambiador de placas, utilizando dos circuitos hidráulicos que estaban conformados por tanques de almacenamiento, tuberías para líneas de succión y descarga, dos electrobombas y manómetros.

Una vez realizada la inspección del equipo y la evaluación de su funcionamiento, se determinaron las fallas y se diseña un esquema de mantenimiento correctivo a fin de solucionar los problemas de operatividad en el equipo. La programación de actividades de operación y mantenimiento al intercambiador de calor de placas permite la operación adecuada del sistema. Finalmente, se procedió a la entrega del equipo en las instalaciones de las Unidades Tecnológicas de Santander regional Barrancabermeja, instalándolo nuevamente en el banco de pruebas de transferencia de calor.

3.1. ELABORAR PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO AL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS PARA LA JERARQUIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE FALLAS QUE AFECTAN EL ACCIONAMIENTO.

Para el cumplimento de este objetivo, se verifica la instalación del banco de prueba, y se toman algunas evidencias fotográficas que sirven de referencia en la posterior instalación del equipo. A continuación, se lleva a cabo la inspección visual del equipo y elaboración de pruebas para el reconocimiento de fallas.

3.1.1. Desinstalación del intercambiador de calor de placas del banco de transferencia de calor.

Figura 4. Intercambiador de calor de placas



Fuente: Autor

En la Figura 4 se evidencia el intercambiador de calor de placas ensamblado al banco de transferencia de calor ubicado en las Unidades Tecnológicas de Santander regional Barrancabermeja. El equipo es desinstalado con el fin realizar un mantenimiento correctivo debido a su inactividad, este proceso se realizó tanto al sistema de placas como a la estructura.

Figura 5. Inspección visual del banco



Fuente: Autor

El motivo de realizar el matenimiento al intercambiador de calor por placas es por enfoque correctivo ya que al tener mucho tiempo fuera de servicio, las condiciones del mismo disminuyeron a tal punto de sufrir deterioro en la pintura, fugas en las lineas S1, S2 y S3, (entradas y salidas de fluidos caliente y frio). Ademas que el indicador de temperatura S3 no se encontraba funcionando por lo que se consideró el cambio del mismo. La implementacion de un mantenimiento se cataloga con el fin de generar una durabilidad y funcionalidad al equipo.

Figura 6. Placa de datos



Fuente: Autor

Como se muestra en la Figura 6 la placa de datos brinda la información básica de acerca del intercambiador de calor de placas instalado en el banco de pruebas de transferencia de calor en Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja. A continuación, se relaciona la información básica para la operatividad del equipo.

- Posición de las conexiones (Azul para el lado frío y rojo para el lado caliente).
- Modelo: el número de la derecha corresponde al número de placas y la letra indica el tipo de aplicación, si es un condensador para aplicaciones líquido-líquido (H o W) o si es un evaporador (R o G).

Tabla 1. Ficha técnica del intercambiador de calor

FABRICANTE	Alfa Laval Ltda.	
Modelo	3 FG	
N° Serie	30.16 58830	
Año de construcción	2015	
Entrada- Salida	S1- S2	S3-S4
PMTA	10.0 Bar	10.0 Bar
Temperatura. Diseño	150 °C	150 °C
Presión prueba	13.0 Bar	13.0 Bar

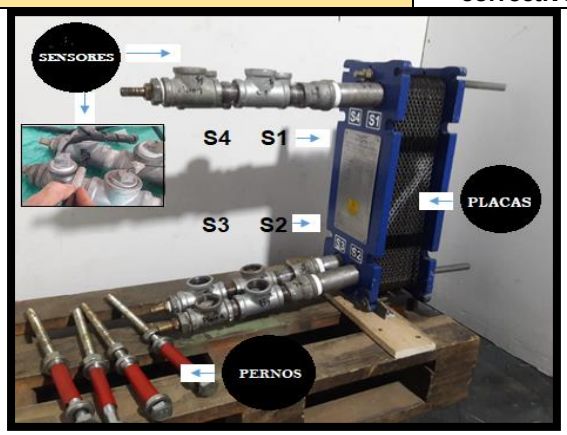
Fuente: Autor

La Placa de datos fabricada por la empresa Alfa Laval Ltda refleja variables de entrada, salida, volumen, temperatura de diseño, presión de prueba y peso de vacio del bancon de placas.

3.2.2 Identificación de fallas que afectan el accionamiento.

Se realiza una inspección del intercambiador de calor y los componentes que lo conforman con el fin de identificar las fallas del equipo las cuales son plasmadas posteriormente en una lista de chequeo ilustrada en la Tabla 2.

Tabla 2. Listado de chequeo del intercambiador de calor por placas

Ítems	**Descripción**	**Estado para realizar mantenimiento**	
		Si Requiere mantenimiento correctivo	**No Requiere mantenimiento correctivo**
			

Ítems	Descripción	Estado para realizar mantenimiento	
		Si Requiere mantenimiento correctivo	No Requiere mantenimiento correctivo
1	Sellado de los bulbos de los medidores de temperatura	X	
2	Espárragos		X
3	Tuercas		X
4	Línea de entrada S1 (Agua caliente)	X	
5	Línea de salida S2 (Agua caliente)	X	
6	Línea de entrada S3 (Agua fría)	X	
7	Línea de salida S4 (Agua fría)		X
8	Placas del intercambiador	X	
9	Placas estructural del intercambiador	X	
10	Sensores de temperatura	X	
11	Pintura	X	

Fuente: Autor

Tabla 3. Observaciones

Observaciones:
En la inspección del sistema se denota las fugas presentadas en las líneas de agua caliente y fría (S1, S2 y S3) (área de los indicadores de temperatura) para ellos se realiza el sellado con teflón y el apriete de las roscas. En la entrada de los bulbos se observa la fuga en el sello que se hace entre en cable de señal y la Te de 1". De igual manera se requirió el cambio del sensor de temperatura S3. Nota: La identificación de las líneas de entrada y salida se basa en la descripción brindada por la placa de datos del intercambiador de calor.

Fuente: Autor

Tabla 4. Fallas intercambiador de placas

Ítems	Falla
1	Medidor de temperatura S3 (Ver Tabla 2) entrada de línea de corriente de agua fría. • Entrada → Salida • S1 → S2 • S3 → S4
2	Fuga en los bulbos del sensor de temperatura
3	Fugas de agua en líneas de agua caliente y agua fría

Fuente: Autor

En las tablas 2, 3 y 4 se ilustra el listado de chequeo del equipo en el cual se identifican las fallas que intervienen en la operación. La jerarquización de fallas se clasifica en:

1. Fuga en las líneas de agua caliente y fría
2. Fuga en los bulbos del sensor de temperatura
3. Falla en el medidor de temperatura S3

La jerarquización de establecer de acuerdo a la severidad y efectos de la falla. En primer lugar, se ubica la fuga en las líneas teniendo en cuenta la importancia del circuito de agua caliente y fría debido a que, si estas presentan escape se verá en contacto con el ambiente, generando perdida de presión, volumen y temperatura.

En segundo lugar, la fuga en los bulbos del sensor de temperatura genera una variación en la medida registrada por el sensor por lo que se verá afectada la medida de la variable que circula en el sistema. Finalmente, la falla en el medidor de temperatura S3 ocasiona el desconocimiento del nivel de temperatura que ingresa en la línea.

Figura 7. Pruebas de funcionamiento

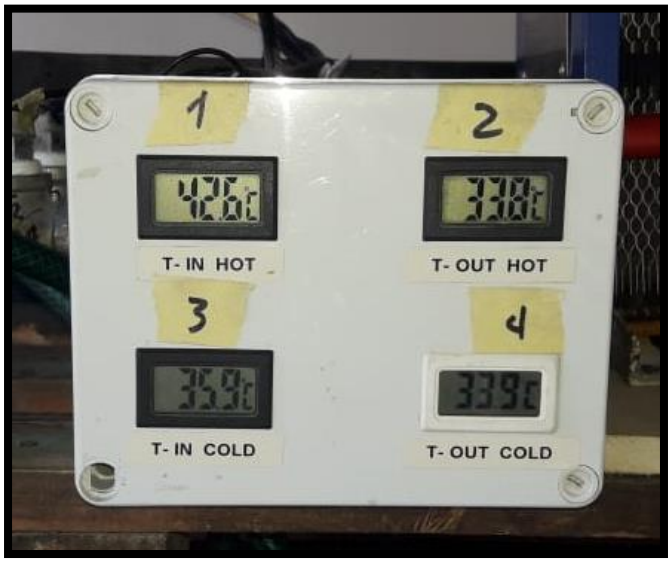


Fuente: Autor

La Figura 7 ilustra el montaje del banco intercambiador de placas a una estructura metálica la cual brinda una estabilidad y seguridad para la operación del equipo. El sistema es accionado con el fin de verificar las causas que han generado la inhabilitación del mismo.

Para verificar el funcionamiento del sistema, se empezó a trabajar con un promedio de 15 minutos de funcionamiento del equipo para empezar a descartar posibles fallas, para esto se utiliza dos electrobombas de ½ caballo de fuerza (hp) con un caudal de 30 L/min.

Figura 8. Temperatura de líneas



Fuente: Autor

Se visualizó, la temperatura de entrada en las líneas de agua caliente y agua fría, la entrada de agua caliente se encuentra a 42,6 °C y la de agua fría a 36 °C a un periodo de 8 minutos, se evidencia un diferencial de las temperaturas entre las entradas del intercambiador, sin embargo y debido a las fugas y otros problemas de operatividad del equipo, las temperaturas de salida del intercambiador no concuerdan con los requerimientos termodinámicos del proceso: aunque la temperatura del agua caliente disminuye, el valor de temperatura del agua fría debería aumentar, lo cual no ocurre. Por tal motivo se procede a efectuar el procedimiento correctivo con el fin de entregar un equipo óptimo para el desarrollo de prácticas en la asignatura de transferencia de calor.

3.2. REALIZAR UN MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE ACUERDO A LA CLASIFICACIÓN DE FALLAS CON EL FIN DE ASEGURAR LA OPERACIÓN OPTIMA DE LOS PROCESOS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE INTERCAMBIO TÉRMICO DEL EQUIPO.

En la identificación de fallas fue primordial realizar la operación del circuito con el propósito de visualizar en tiempo real los factores que alteran el comportamiento del sistema ya sean fugas, calibración de indicadores de temperatura, etc.

Figura 9. Marcación de las placas para el desmontaje



Fuente: Autor

Como se muestra en la Figura 9 es conveniente marcar las placas en uno de sus laterales de esta forma se puede identificar en qué posición estaban, para así poder realizar el desmontaje y al momento de volverlos a ensamblar poder afirmar que las placas se encuentran en la posición adecuada.

Figura 10. Medición de los soportes de las placas



Fuente: Autor

En la Figura 10 se procede a tener una identificación de la distancia entra cada plancha se procede a medir y anotar la medida entre las placas delanteras y trasera, de esta forma se asegura que a la hora de cerrar se vuelve a dejar el paquete de placas exactamente con la misma presión de cierre y en la misma posición.

Figura 11. Desacople de las varillas



Fuente: Autor

Se procede a respectiva revisión de las varillas roscadas como se evidencia en la Figura 11, ya que también se encuentra muchas veces corrosión, fue conveniente efectuar una limpieza exhaustiva tanto del carril guía como de los extremos de las varillas roscadas que sirven de fijación y cierre del paquete, no estuvo de más engrasar éstas con el fin de mejorar el movimiento de las tuercas sobre las mismas y la apertura de las placas.

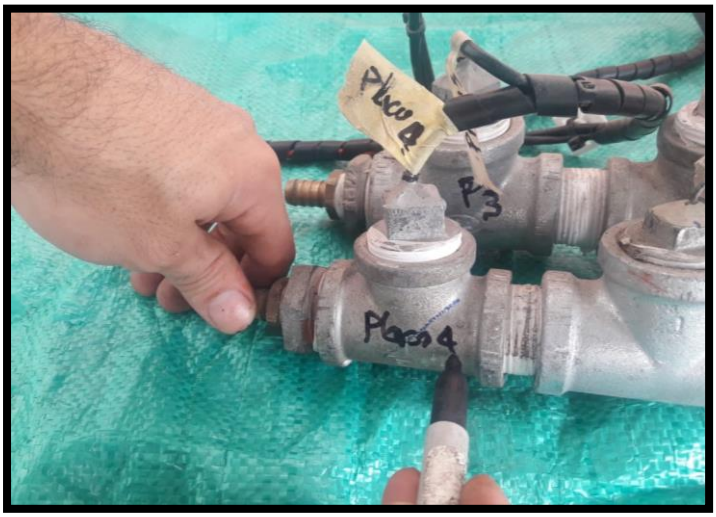
Figura 12. Liberación de plancha



Fuente: Autor

Como se muestra en la Figura 12 se realiza la liberación de la plancha de presión soltando las varillas roscadas de fijación para poder retirar la placa fija y así tener acceso a las placas de acero inoxidable.

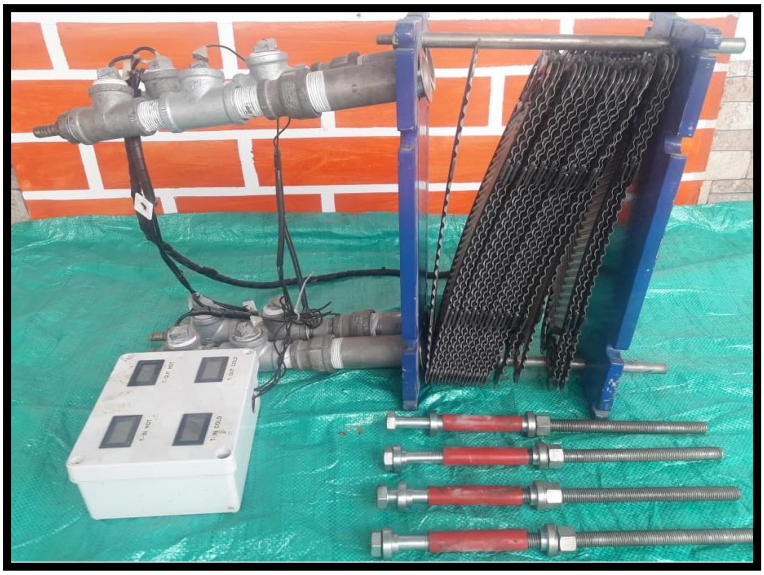
Figura 13. Demarcación para tubería de entrada y salida



Fuente: Autor

La demarcación de las líneas de entrada (P1, P2, P3 Y P4) permite conocer a través de que tubería la placa recibe el suministro de agua ya sea corriente fría o caliente.

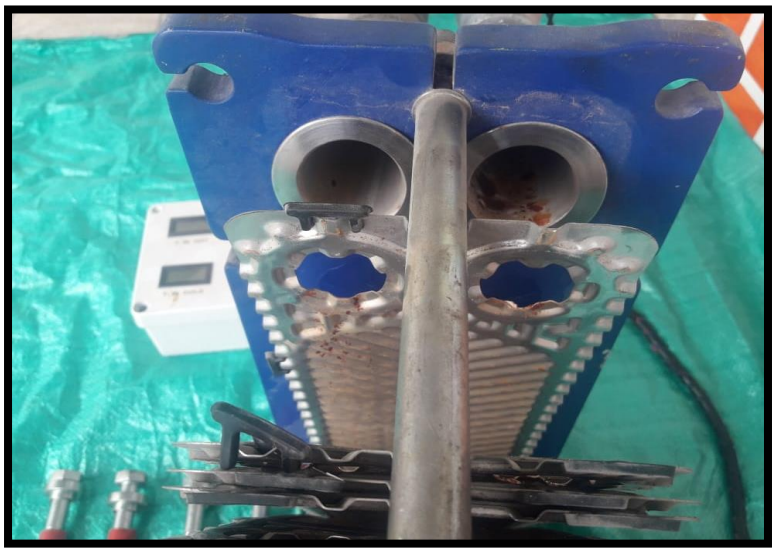
Figura 14. Desensamble de espárragos



Fuente: Autor

La Figura 14 ilustra el estado final del intercambiador de placas una vez desensamblado los elementos de sujeción como espárragos, tuercas y separación de placas fijas.

Figura 15. Obstrucción de sólidos en el sistema



Fuente: Autor

En el desarme del intercambiador se visualiza como se va deteriorando la placa como se observa en la Figura 15, a medida del tiempo la oxidación es uno del mecanismo de deterioró y fácilmente llega la corrosión. Otros de los puntos importantes del mantenimiento es la obstrucción por sólidos, que se alojan en el alma de las placas. A causa del uso del agua que contiene estas partículas, es por ello que es de gran importancia el mantenimiento cada seis meses para evitar cualquier tipo de daño en el intercambiador.

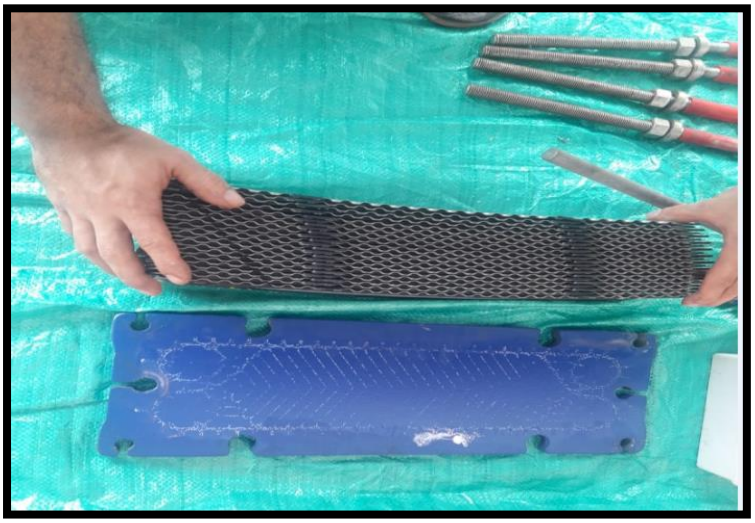
Figura 16. Limpieza a presión de placas



Fuente: Autor

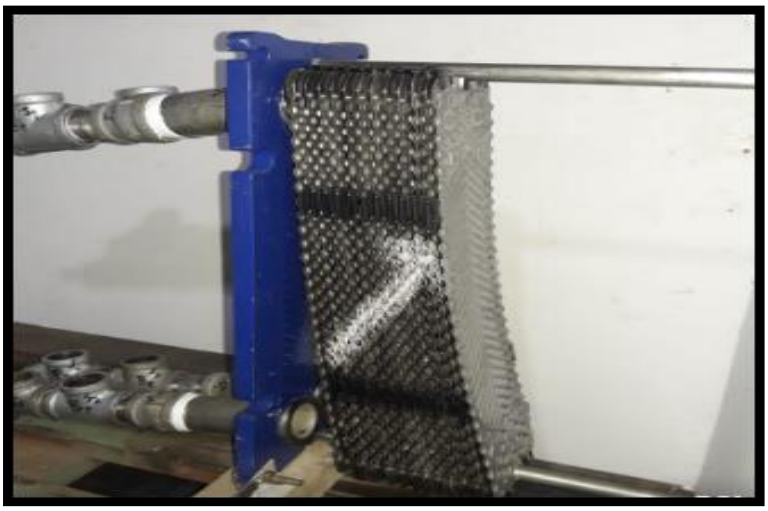
La tecnología de limpieza con agua a presión permite remover cualquier recubrimiento y residuo, o quitar la huella del caucho dejado por la presión entre placas (Ver Figura 16).

Figura 17. Estado de placas



Fuente: Autor

Figura 18. Desplazamiento de las placas para inspección



Fuente: Autor

Como se puede evidenciar en la Figura 17 y 18 donde ya hecha la marca, se pueden retirar para su respectiva inspección a las 23 láminas de acero inoxidables. Las placas son los componentes principales de un intercambiador de calor. Estas representan la superficie de intercambio térmico entre los fluidos. Cada placa mide 43 cm de alto y 12,5 cm de ancho

Figura 19. Diseño de la placa

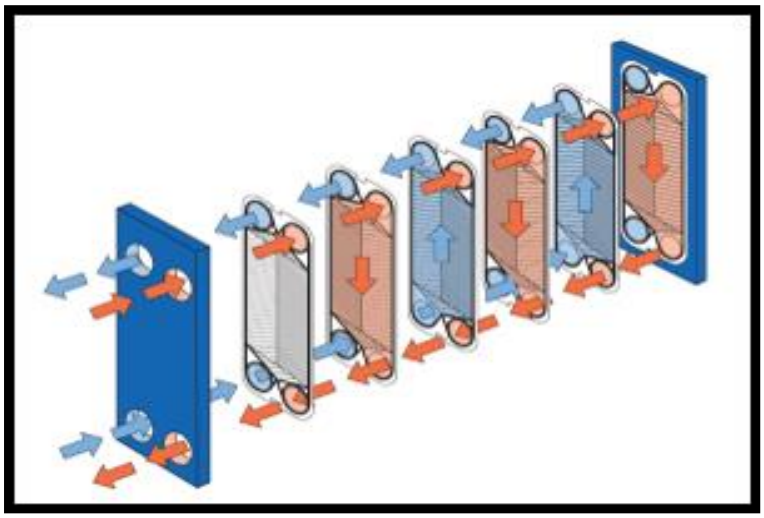


Fuente: Autor

Se revisan las placas para comprobar el estado de cada una de las placas ya que las placas son componentes importantes hechos con acero inoxidable cada placa presenta en la parte central una ondulación tipo espina. Las placas se colocan en modo alternado con la ondulación en forma de espina orientada hacia arriba y hacia abajo (las placas con diseño idéntico de ondulaciones, pero giradas 180° en los cuales ambos fluidos circulan de forma alternativa por los espacios que quedan entre una serie de placas montadas encima de otra.

Teniendo en cuenta la intervención realizada se logra observar que cada lamina presencia oxido por lo que se realiza el respectivo mantenimiento y limpieza de cada una de estas, mejorando su aspecto.

Figura 20. Trayectoria de caudales en un intercambiador de placas



Fuente: Autor

Como muestra en la Figura 20, Los colores determinan ambos caudales, para obtener el sentido correcto de los caudales de uno y otro fluido se utiliza una junta montada entre las placas con un esquema adecuado que, aparte de sellar el intercambiador para impedir fugas de líquido, ejecuta la función de canalizar éstos de la manera más correcta. Esta junta permite realizar la conexión entre los canales de entrada y salida, en el caso de uno de los fluidos, o el paso a la siguiente placa, detiene el otro.

Figura 21. Aplicación de pintura en las placas fijas y de presión



Fuente: Autor

Como se puede evidenciar en la Figura 21 donde se realiza la aplicación de pintura en las placas fija y placa de presión recubriendo las demás partes en papel periódico para no manchar las otras partes.

Figura 22. Ensamble de la tubería y aplicación de pintura



Fuente: Autor

Como se muestra en la Figura 22 que, al estar ensamblada mediante abrazaderas, las secciones de tubería son fácilmente desmontables. Lo anterior permite lograr una limpieza profunda, al desmontar cada pieza, para su lavado

interno y extremo individual. También se le aplica una base de pintura, Además, esta característica del equipo hace posible un fácil acceso para modificar la estructura del mismo.

Limpieza manual

- Abrir el intercambiador con arreglo a las instrucciones para el desmontaje.
- Limpiar cada placa por separado;
- no hay que emplear nunca cepillos de acero ni lana de acero para limpiar las placas. Si hace falta emplear un cepillo, emplear un tipo de cepillo con cerdas blandas o de plástico. La estregadura de material ferroso en el acero inoxidable acelera la formación de herrumbre y / o la corrosión de las placas.
- Poner cuidado de no arañar la superficie de los empaques;
- Enjuagar con agua dulce cada placa después de haberla cepillado. Para las placas con empaques pegados puede utilizarse un chorro de agua;
- Consultar la tabla de "Sugerencias" para identificar el detergente más apto para el tipo de depósito que se ha formado en la pared da la placa;
- limpiar y secar los empaques con particular esmero. Las eventuales partículas de suciedad que se hubiesen adherido a la superficie del empaque podrían ser la causa de unos goteos de fluido desde el intercambiador. Se aconseja limpiar también la parte de atrás de cada placa;
- La suciedad tiende a depositarse en la parte de debajo de la placa, por consiguiente, hay que dedicar especial cuidado a esta zona durante las operadoras de limpieza.

Figura 23. Finalización Intercambiador de placas



Fuente autor**:**

Como se evidencia en la Figura 23 la deducción final del mantenimiento del banco intercambiador de calor por placas de la Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja muestra los resultados que se obtuvieron en el proceso correctivo.

3.2.1. Proceso de prueba intercambiador de calor de placas.

Se presenta a continuación el desarrollo de pruebas con el propósito de verificar la correcta funcionalidad del intercambiador de calor de placas una vez aplicado el mantenimiento correctivo.

Figura 24. Banco intercambiador de placas



Fuente: Autor

Una vez finalizado el montaje del intercambiador de placas compuesto por cuatro indicadores de temperatura se realiza la adecuación de una estructura la cual permite someter el intercambiador de placas a la circulación del líquido. Se instalaron dos bombas de medio caballo las cuales actúan para circuitos diferentes.

El banco se compone además de dos recipientes para el almacenamiento del fluido caliente o frio. El uso de dos manómetros, ubicados en cada línea de descarga de la bomba permite la respectiva medición de la presión del fluido una vez accionado el equipo como se observa la Figura 24.

El uso de cuatro sensores de temperatura permite el registro en grados celsius, representados en un tablero de control, con el fin de evaluar la variabilidad del sistema, comportamiento y balance obtenido después de cierto periodo en las líneas de entrada y salida del líquido frío y caliente. Por otra parte, con el propósito de aumentar el proceso de calentamiento del agua se emplea el uso de dos resistencias en cerámica.

Figura 25. Líneas de entrada y salida



Fuente: Autor

La tubería ilustrada en la Figura 25 representa las líneas de entrada y salida.

- Entrada → Salida
- S1 → S2
- S3 → S4

Una vez conectado el sistema de succión y descarga como se ilustra en la Figura 24, llenados los tanques de suministro mediante una bomba de medio Hp y verificado que las mangueras se encuentren completamente aseguradas a la tubería se procede a ingresar las resistencias en los tanques de almacenamiento con el fin de iniciar el proceso de calentando del líquido para la respectiva prueba.

Figura 26. Accionamiento del sistema



Fuente: Autor

La práctica comienza con el suministro de energía a las bombas mediante una conexión de 110 voltios. La capacidad de calentamiento, caudal y volumen de agua están dadas por el operador quien se encarga de indicar los parámetros requeridos en el proceso.

- La regulación de apertura mediante una llave de paso permite variar la velocidad del fluido.
- Los termopares se encuentran ubicados en la entrada y salida de las corrientes fría y caliente, se colocaron 4 sensores los cuales registran la variación de transferencia de calor sufrida en el fluido al momento de a través cada etapa del intercambiador de placas.
- Las señales captadas son enviadas a la pantalla led, este aparato permite dar lectura en tiempo real.

El proceso de calentamiento abarca el desplazamiento por 23 placas de 43 cm de alto y 12,5 cm de ancho ajustadas entre sí a una distancia aproximada de 0.0004 m entre sí, con el propósito de evitar fugas del líquido.

La corriente caliente es agua suministrada desde un recipiente mediante una bomba de medio Hp hasta el intercambiador de calor de placas. Al seleccionar la temperatura se debe tener en cuenta que el agua de calentamiento pierde 1°C en la tubería de retorno al intercambiador de placas.

Por otro lado, el agua de enfriamiento es alimentada desde un tanque accionado por una bomba de ½ Hp de potencia. En esta etapa la capacidad de enfriamiento es limitada, por tal razón a medida que ocurre la recirculación del fluido esta se pierde. El desempeño de esta etapa puede aumentar en caso que se incremente el número de placas.

3.2.2. Montaje del intercambiador de calor en Banco de transferencia

Después de haber realizado el mantenimiento y de haber cumplido las pertinentes pruebas que permitieran comprobar el correcto funcionamiento del equipo, se llevó a cabo el montaje del intercambiador de calor por placas en Las Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja.

Figura 27. Equipo en perfectas condiciones



Fuente: Autor

Una vez realizado el mantenimiento el equipo es traído al laboratorio de la Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja para ser instalado en el banco de transferencia de calor (Ver Figura 27).

Figura 28. Instalación del equipo de intercambiador de calor de placas al banco de transferencia de calor



Fuente: Autor

Como se puede evidenciar en la Figura 28 donde el equipo de intercambiador de calor de placas se sitúa en el mismo lugar donde fue desmontado, es acoplado con tornillería para darle un mejor ajuste al banco de transferencia de calor.

Figura 29. Conexiones de las mangueras de flujo



Fuente: Autor

Como se muestra en la Figura 29 donde se realizan las respetivas conexiones de la manguera para el suministro de líquido ya sea caliento o frio, son aseguradas con correas metalizas para darle mejor dar una mayor seguridad al momento de ejecutar las pruebas, evitando así el surgimiento de fugas.

Figura 30. El equipo instalado



Fuente: Autor

Como se puede evidenciar en la Figura 30 donde la caja de soporte de indicador de temperatura marca la temperatura de los 4 fluidos, están funcionando perfectamente donde ya está instalado el intercambiador de calor al banco de transferencia de calor de placas

3.3. DISEÑAR LAS GUÍAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CORRECTIVO DEL INTERCAMBIADOR DE PLACAS TENIENDO EN CUENTA LOS CRITERIOS TÉCNICOS IMPARTIDOS EN EL LABORATORIO DE LA ASIGNATURA DE TRANSFERENCIA DE CALOR.

En este manual de mantenimiento se puede evidenciar un paso a paso de cada uno de los procedimientos que se deben efectuar para realizar un mantenimiento adecuando al intercambiador de calor de placas.

Los pasos expuestos a continuación están basados en autores que efectuaron actividades de igual objetividad a la presentada. La organización Arsopi – Therman (2010) y Api (2010) establecen:

Operación inicial

- Antes de la operación inicial asegúrese de que el conjunto de placas este ajustado en la correcta dimensión de compresión A máximo
- Asegúrese de que todas las tuberías de conexión estén atornilladas y ajustadas;
- Asegúrese de que los valores permitidos de presión y temperatura que se especifican en la placa de identificación no se exceden; Si estas condiciones se cumplen. el intercambiador está listo para operar.

Puesta en marcha del intercambiador - pasos a seguir

- Cierre la válvula de alimentación entre la bomba y el intercambiador;

- Abra completamente la válvula a la salida del conector si está presente;
- Ponga en marcha la bomba;
- Abra la válvula de alimentación despacio para prevenir repentinos aumentos de presión;
- Cuando todo el aire haya escapado del intercambiador, cierre las válvulas de des aireación

Operación del intercambiador

Cuando el intercambiador está trabajando, no se deben cambiar los parámetros de la operación. No aumentar las condiciones de operación máximas que se dan.

Paradas - pasos a seguir

- Cierre las válvulas de alimentación lentamente. empezando por la línea de alimentación con la presión más alta;
- Apague las bombas;
- Cierre las válvulas de las tuberías de salida, si están presentes.

Solo paradas prolongadas

- Cierre todas las conexiones de entrada / salida;
- Descargue el conjunto de placas para vaciar las cámaras del producto;
- Lave el conjunto de placas con agua limpia para quitar incrustaciones y depósitos;
- Cubra el conjunto de placas para protegerlo del polvo y la luz;
- Cubrir los pernos de ajuste con un agente protector del óxido.

Tabla 5. Practica 1. cálculo de la velocidad del fluido variando el caudal.

CALCULO DE LA VELOCIDAD DEL FLUIDO VARÍANDO EL CAUDAL	
ACTIVIDAD	**OBJETIVO**
Medir el diámetro de la tubería, realizar la medición del caudal variando la apertura de la válvula para hallar mediante cálculos la velocidad mínima y máxima dependiendo el porcentaje de apertura de la válvula.	• Comparar y analizar la velocidad en base a la apertura de la válvula del sistema ejecutando los respectivos cálculos. • Evaluar la eficiencia de cada bomba comparando los datos obtenidos. • Poner en práctica los conocimientos teóricos sobre las diferentes variables.
PROCEDIMIENTO	
1.	Cerrar todas las válvulas (VCold and VHot) de los diferentes circuitos del banco.
2.	Verificar que la válvula de control de caudal (VCold) se encuentre abierta aproximadamente un 25 % de vuelta.
3.	Encender la bomba.
4.	Contabilizar el tiempo de llenado del recipiente para VCold.
5.	Repetir los pasos los pasos 1, 2, 3 y 4 para realizar las pruebas de apertura de la válvula VCold con una apertura del 50%, 75%, 100%, y luego para la válvula VHot.
6.	Al terminar de recoger los datos, apagar la bomba.
7.	Con base a los resultados obtenidos en la prueba de velocidad de los fluidos, llenar la Tabla 2 de acuerdo a los parámetros solicitados.

Fuente: Autores.

Tabla 6. Datos de prueba velocidad.

VÁLVULA (COLD Ó HOT)	APERTURA DE LA VÁLVULA (%)	CAUDAL (m^3/s)	VELOCIDAD (m/s)

Fuente: Autores.

Tabla 7. Comparación de resultados práctico – teórico.

COMPARACIÓN DE RESULTADOS – TEÓRICO EN TEMPERATURA DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR	
ACTIVIDAD	**OBJETIVO**
Tomar los datos de diámetro, caudal y temperatura de entradas y salidas en las líneas del intercambiador de temperatura, realizar los respectivos cálculos hallando uno de los datos de temperatura ya obtenidos para comparar resultados mediante fórmulas y conceptos teóricos.	• Comparar y analizar las ganancias de temperatura teniendo en cuenta las temperaturas de entrada y salida en cada línea (Cold and Hot). • Elaborar un diagrama de la variación en la temperatura en la entrada y salida de cada circuito (Cold and Hot) del intercambiador de calor en base al tiempo. • Desarrollar los respectivos cálculos para comparación de resultados finales y determinar un posible margen de error.
PROCEDIMIENTO	
1.	Cerrar todas las válvulas (VCold and VHot) de los diferentes circuitos del banco.
2.	Abrir la válvula de control de caudal (VCold).
3.	Encender la bomba.
4.	Tomar los datos registrados en el tablero de temperatura del banco.
5.	Repita los pasos los pasos 1, 2, 3 y 4 para realizar las pruebas de temperatura en tiempos de 5, 10 y 15 minutos, luego para el circuito Hot del banco de pruebas.
6.	Al Terminar de recoger los datos, apagar la bomba.
7.	Con base a los resultados obtenidos en la prueba de velocidad de los fluidos, rellenar la Tabla 4 de acuerdo a los parámetros solicitados.

Fuente: Autores.

Tabla 8. Datos de prueba de temperatura.

Circuito (Cold ó Hot)	Tiempo (Min)	Resultados prácticos		Resultados teóricos	
		Temperatura entrada.(ºC)	Temperatura salida.(ºC)	Temperatura entrada.(ºC)	Temperatura salida.(ºC)

Fuente: Autores.

4. RESULTADOS

La primera fase del proyecto permite la inspección del banco de pruebas. Aquí se lleva la identificación de los elementos que componen el sistema y como se encuentran estos, al momento de ser puesto en marcha el equipo. La evaluación y elaboración de pruebas abordan aspectos claves para los autores, quienes se encargan de recopilar y cuantificar los fallos, para posteriormente tomar medidas preventivas y correctivas.

Acorde a las necesidades y objetivos planteados en la investigación se procede a documentar los riesgos evidenciados con el fin de plantear una serie de actividades correctivas, orientadas a la resolución de problemas mecánicos, por corrosión, acumulación de residuos contaminantes, etc, los cuales generaron la variabilidad del rendimiento, restando la eficiencia y por último la inactividad del equipo.

En segundo lugar, se desmonta el intercambiador de calor, y se ejecuta la programación establecida en la primera fase, donde se realizan reparaciones relacionadas con la limpieza y cambio de la instrumentación. A partir del mantenimiento preventivo y correctivo se logra la disminución de fallas y se maximiza la disponibilidad, confiabilidad y aprovechamiento del equipo, asegurando la operación adecuada de los procesos de intercambio térmico delegados en la asignatura de transferencia de calor.

Por último, se hace el diseño de unas guías de operación y mantenimiento preventivo del banco de pruebas. Los formatos entregados se componen de procedimientos operativos estándar del intercambiador de calor con el propósito de evitar daños al módulo.

5. CONCLUSIONES

Se realizaron los procedimientos respectivos, de acuerdo a los formatos establecidos bajo los parámetros permitidos para el equipo, que se utilizaron como planteamiento, para llevar un orden en los procesos de mantenimiento preventivo y correctivo. Con los conocimientos teórico-práctico obtenidos en la formación como ingenieros electromecánicos, se permitió la inclusión de actividades requeridas para el evaluar y verificar el comportamiento adecuado del banco de transferencia de calor de placas. Se implementó un sistema operacional y de mantenimiento, facilitando un cronograma de actividades que permita mantener al equipo en las condiciones indicadas.



Fuente: Autor

Se realizaron las pruebas correspondientes, para verificar la operación de equipo, concluyendo así la trasferencia de calor que hubo entre la corriente de agua caliente y la corriente de agua fría, se puede afirmar que el sistema inicia con la temperatura baja de la corriente de agua fría, y a medida que trascurre el tiempo de operación esta temperatura empieza ascender de manera rápida, hasta lograr llegar a una temperatura de equilibrio entre las dos corriente, demostrando así que el banco funciona de manera eficiente.

La temperatura de entrada del intercambiador de tubo y coraza es de 60°C es por ello que se concluye que el mantenimiento correctivo que se realizó al intercambiador de placas cumple con las condiciones óptimas para el desarrollo de las practicas establecidas por la institución, ya que en sus pruebas elaboradas la temperatura del equipo muestra un aproximado de 60°C. Este valor es dependiente a la temperatura de entrada.

6. RECOMENDACIONES

Se concluye Para realizar un mantenimiento correctivo para la adecuación de un intercambiador de calor de placas se deben tener en cuantas las siguientes recomendaciones: instalar unas válvulas de descarga para evitar la corrosión de las placas causada por los residuos de fluido cuando el intercambiador no está funcionando.

Importante: La limpieza es una parte importante, que afecta la eficiencia del intercambiador de calor de placas. Una limpieza insuficiente puede tener los siguientes resultados, un flujo de circulación muy lento, variación en el programa de temperaturas, se acortará el tiempo de vida del intercambiador de calor, como también el deterioro de las placas.

Para realizar la inspección es necesario asegurarse que el intercambiador de calor se ha desconectado correctamente y de que será imposible volver a encenderse al realizar cualquier operación. También se debe esperar que el intercambiador alcance una temperatura adecuada, preferiblemente ambiente. En primer lugar, se recomienda limpiar el carril guía y los extremos de las varillas roscadas que sirven de fijación y cierre del paquete. También se pueden engrasar las varillas para mejorar el movimiento de las tuercas sobre las mismas y la apertura de las placas.

7. BIBLIOGRAFÍA

Arques, J. (2009). *Ingenieria y gestion del mantenimiento.* España: Días de santos.

Chourio, C., & Vilchez, J. (2005). *Implantacion de un sistema intercambiador de calor en el laboratorio de operaciones unitarias de la universidad rafael urdaneta.* Colombia: URU.

Crismatt, Y., & Valencia, D. (2012). *Análisis de confiabilidad y disponibilidad de las líneas de producción en la empresa COMAI LTDA.* Cartagena: Universidad tecnológica de bolívas.

Cuevas, V. (2008). *Implementacion de la metodologia six sigma, en los procesos de produccion y propuesta de un programa de mantenimiento autnomo, en la empresa NIASA.* Guatemala: USCG.

Dávila, W., & Renán, F. (2006). *Diseño y construcción de un intercambiador de calor de placas.* Quito: Escuela Politecnica Nacional.

Dounce, E. (1998). *La productividad del mantenimiento industrial.* México: Ceusa.

Galgano, A. (1995). *Los siete instrumentos de la calidad total.* Madrid: Diaz de santos.

Gallardo, Y., & Moreno, A. (1999). *Recoleccion de la información.* Bogota: ARFO.

Garcia, S. (2009). *Mantenimiento industrial, mantenimiento de equipos y máquinas.* España: Renovetec.

Garcia, S. (2010). *Orgaización y gestión integral del mantenimiento .* Madrid: Diaz de santos.

Garzón, J., & Ramirez, H. (2008). *Diseño de software de mantenimiento correctivo y preventivo para optimizar el funcionamiento de los equipos registrados en la empresa coolechera.* Cartagena: Universidad tecnológica de bolívas.

Gómez, A. (2008). *Modelo de cálculo para el análisis térmico y mecánico de intercambiadores de placas.* Cartagena: Universidad politecnica.

Montes, M., Muñoz, M., & Rovira, A. (2014). *Ingeniería térmica.* Madrid: Universidad Nacional de Eduacion a Distancia.

NTC-ISO 14224. (2016). *Recopilación e intercambio de datos sobre fiabilidad y mantenimiento d elos equipos.* Colombia: Norma Técnica Colombiana, N.T.C.

Remigio, E. (2007). *Estudio comparativo de los intercambiadores de calor de Coraza- tubos y los de placas planas.* Peru: sd.

Ruiz, J. (2013). *Mantenimiento e instalaciones.* España: Parainfo.

ANEXOS

Anexo 1. Manómetros



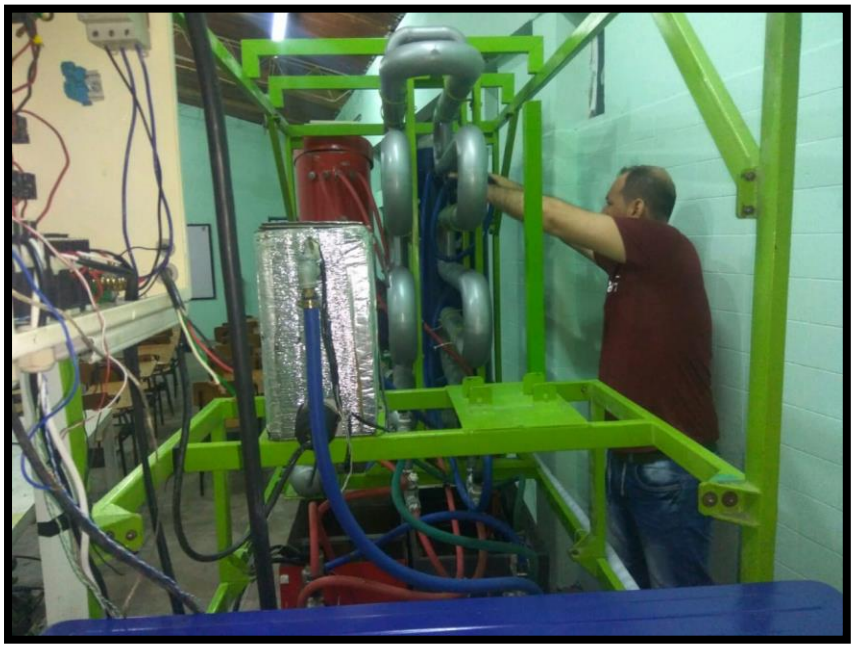
Fuente: Autor

Anexo 2. Ajuste de estructura



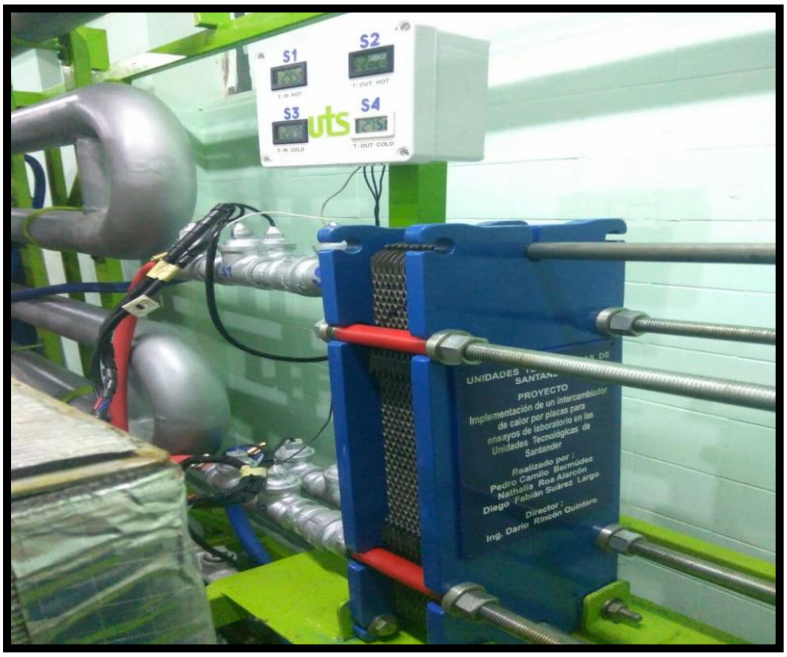
Fuente: Autor

Anexo 3. Acople de mangueras



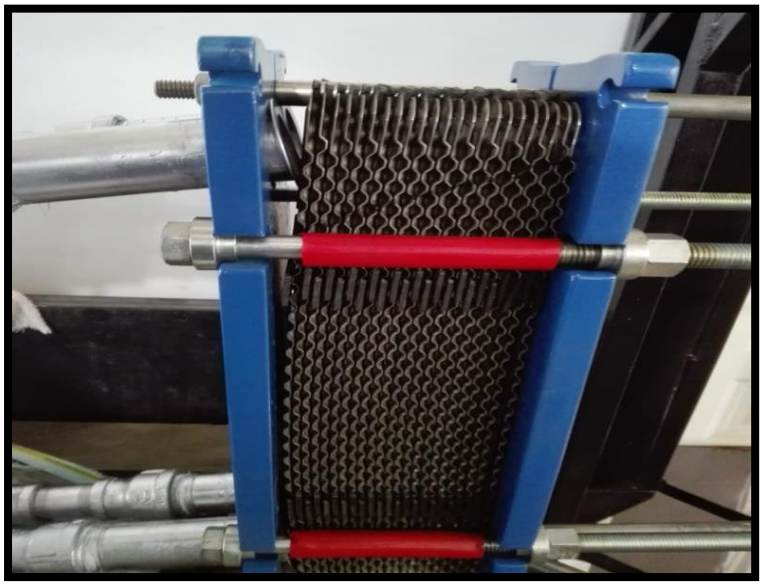
Fuente: Autor

Anexo 4. Montaje de estructura y caja de sensores



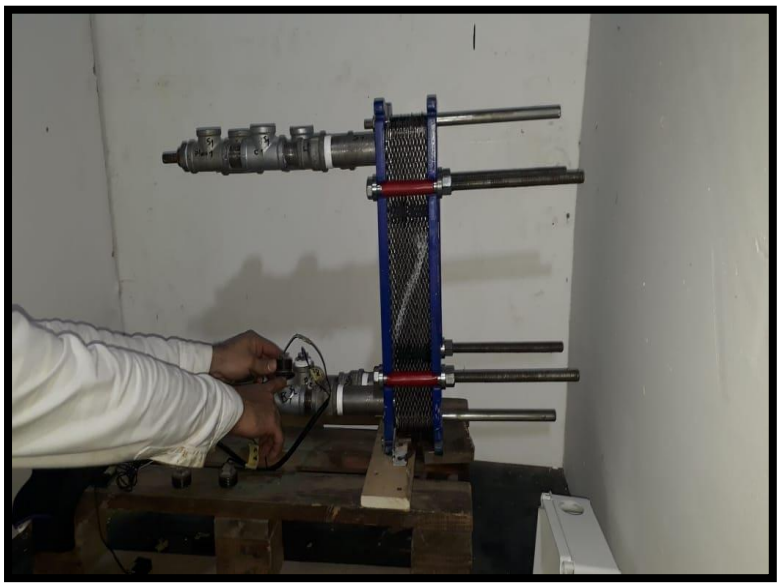
Fuente: Autor

Anexo 5. Ajuste de espárragos y placas



Fuente: Autor

Anexo 6. Prueba de sensores de temperatura



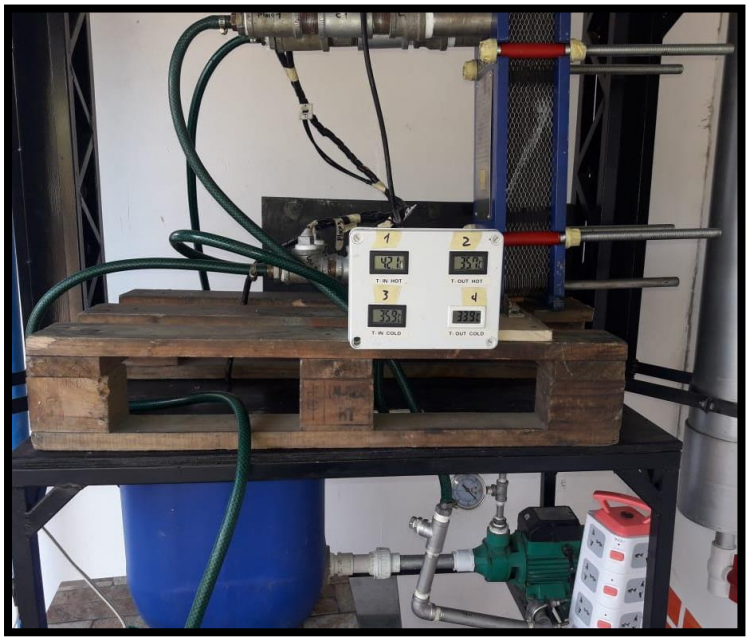
Fuente: Autor

Anexo 7. Electroválvulas y sistemas de almacenamiento



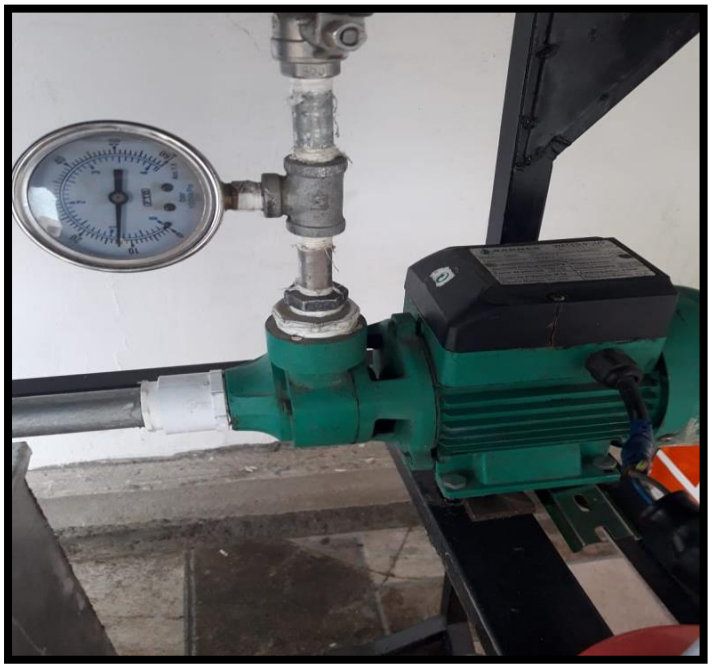
Fuente: Autor

Anexo 8. Prueba sistema de placas



Fuente: Autor

Anexo 9. Manómetros



Fuente: Autor