

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**PROPUESTA DE ESTUDIO PARA BANCO DE PRUEBAS DE
INTERCAMBIADOR DE CALOR EN BASE A ACTIVIDADES
REALIZADAS EN LA UNIVERSIDAD UTFSM**

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Ingeniero en Mantenimiento Industrial.

Alumno:
Bastían Andrés Klauz San Martín

Profesor Guía:
Don Guillermo Felipe Larson Muñoz

2026

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Propuesta de estudio para banco de pruebas de intercambiador de calor en base a actividades realizadas en la universidad UTFSM

Nombre del candidato(a): Bastián Andrés Klauz San Martín

Carrera / Grado: Ingeniería en mantenimiento industrial

Campus: Concepción

Departamento: Mecánica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Guillermo Felipe Larson Muñoz, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

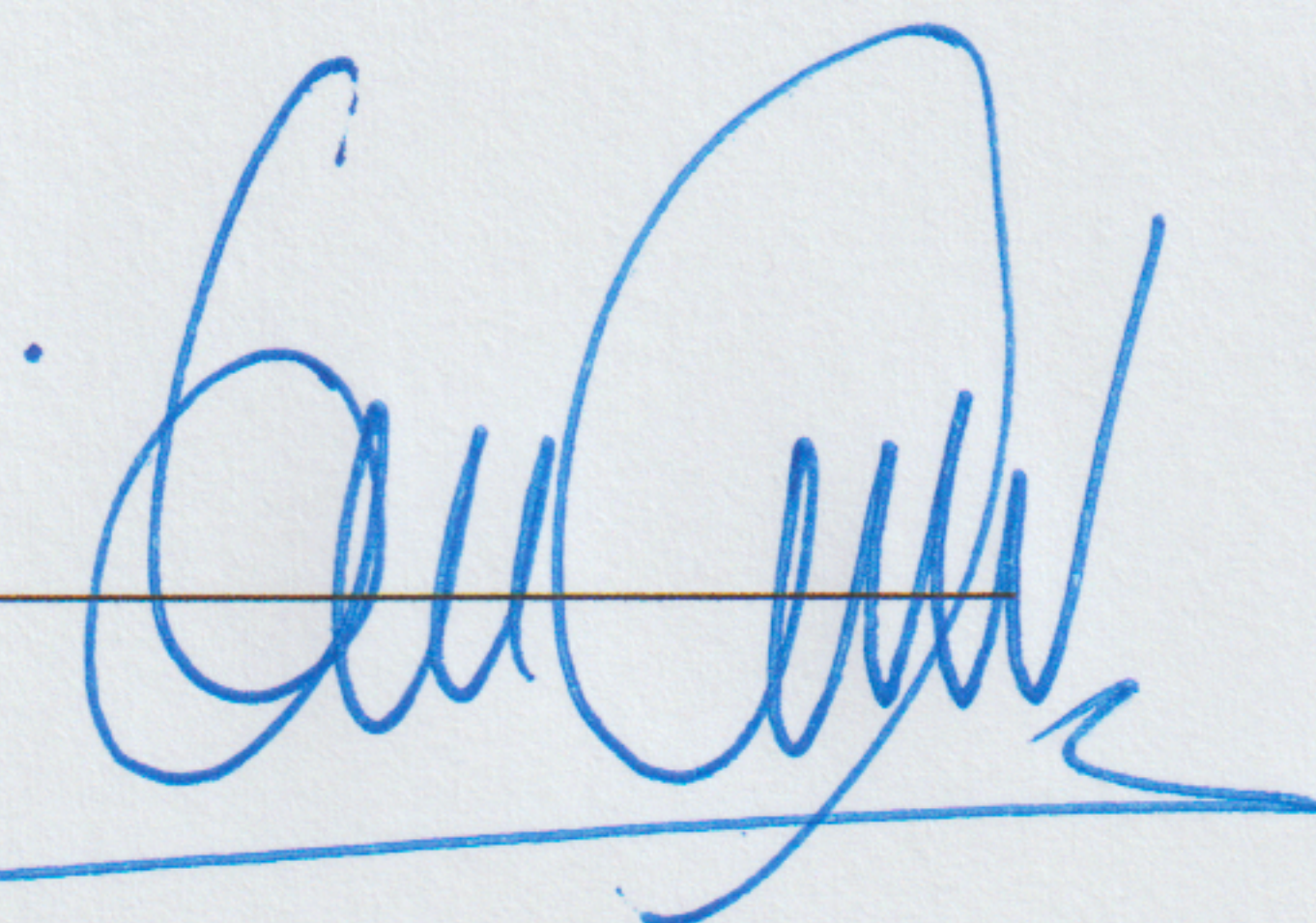
Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 19-08-2026

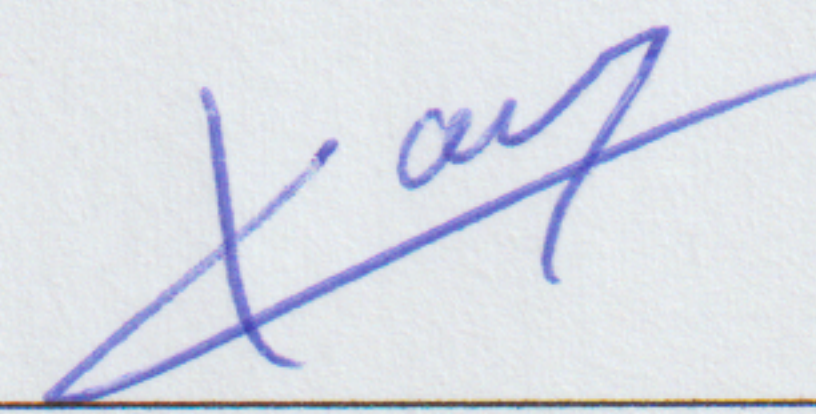
Firma:

Guillermo Larson M. 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 19-08-2026

Firma:



Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

AGRADECIMIENTOS

Manifiesto mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica Federico Santa María, Sede Concepción – Rey Balduino de Bélgica, por haberme brindado el espacio académico y las herramientas necesarias para mi formación como Ingeniero en Mantenimiento Industrial. La oportunidad de trabajar con el banco de pruebas de transferencia de calor adquirido en 2025 me permitió desarrollar una propuesta que trasciende lo teórico y se ancla en la realidad operativa del taller, permitiéndome crear recursos didácticos para nuestra comunidad universitaria.

De manera especial, deseo distinguir toda la labor al personal docente del departamento de ingeniería mecánica y en especial a Don Guillermo Felipe Larson Muñoz por brindarme toda su orientación, dedicación y disposición para debatir sobre los mecanismos de transferencia y la gestión del conocimiento fueron vitales para que yo pudiera estructurar los manuales y guías que hoy forman parte de este trabajo. Agradezco profundamente su mentoría, que no solo me facilitó el cumplimiento de mis objetivos académicos, sino que también fomentó en mí un pensamiento crítico sobre la importancia de dejar registros documentados para las futuras generaciones, asegurando que el conocimiento no se pierda con el tiempo.

Un agradecimiento muy especial para mis padres y hermano por el apoyo incondicional que me brindaron en todos estos años de crecimiento estudiantil, profesional y personal, por brindarme la fortaleza de nunca rendirme a los inconvenientes que surgen en la vida.

A mi familia por ser la fuente de fuerza e inspiración para finalizar una etapa más en mi vida, por todo el compromiso, cariño y amor. A mi polola por brindarme todo el apoyo y amor incondicional hacia a mí.

RESUMEN

Este trabajo de titulación presenta una propuesta detallada para el aprovechamiento didáctico de un banco de pruebas de intercambiador de calor en la Universidad Técnica Federico Santa María. Ante la carencia de documentación técnica tras la adquisición del equipo en 2024, el autor, Bastián Klauz San Martín, desarrolla un marco que integra la gestión del conocimiento con la práctica del taller. El objetivo central es transformar la experiencia operativa en guías de laboratorio, manuales de uso y protocolos de seguridad que aseguran una manipulación correcta por parte de los estudiantes de ingeniería.

El estudio describe minuciosamente los componentes del sistema, incluyendo una caldera con ventilador de tiro forzado, bombas de inyección de combustible y un intercambiador de tubos concéntricos de flujo paralelo. Mediante el análisis de los mecanismos de transferencia —conducción, convección y radiación—, se realizaron cálculos de flujo másico, caudales y coeficientes globales. Los resultados experimentales arrojaron que el equipo opera con una eficiencia térmica del 73%, demostrando un rendimiento óptimo para fines educativos.

La seguridad es un pilar del proyecto, estableciendo el uso obligatorio de elementos de protección personal, como calzado dieléctrico y guantes, junto con normas estrictas para evitar incidentes durante la operación. Complementariamente, el informe incluye una evaluación económica que justifica la sostenibilidad del proyecto. El plan de mantenimiento preventivo propuesto requiere una inversión anual de 134.800 CLP, cifra significativamente menor frente a los 1.600.000 CLP estimados en ahorros por evitar fallas críticas en componentes mayores como la caldera o el intercambiador. Finalmente, el cálculo de un Valor Actual Neto (VAN) positivo de 200.427,63 CLP ratifica que la propuesta es financieramente rentable, garantizando la preservación del capital intelectual y material de la institución.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS..... ii

RESUMEN..... iii

ÍNDICE..... iv

ÍNDICE DE FIGURAS vi

ÍNDICE DE TABLAS. vii

ÍNDICE DE ANEXOS..... vii

SIGLA Y SIMBOLOGÍA..... viii

INTRODUCCIÓN..... 1

OBJETIVOS..... 3

 Objetivo general:..... 3

 Objetivos específicos: 3

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 5

 1.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO..... 5

 1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO..... 5

 1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO..... 5

 1.4. BENEFICIOS DEL PROYECTO..... 6

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 7

 2.1 GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO 8

 2.1.1.¿Qué es la gestión del conocimiento?..... 8

 2.1.2. Tipos de conocimientos 8

 2.1.3. Ventajas de la gestión del conocimiento..... 9

 2.2. DEFINICIÓN DE CALOR 10

 2.3 MECANISMOS TRASFERENCIA DE CALOR 11

 2.3.1 Conducción 11

 2.3.2 Convección..... 12

 2.3.3 Convección Forzada: 12

 2.3.4 Convección Natural 13

 2.3.5 Radiación: 14

 2.4. INTERCAMBIADORES DE CALOR 15

 2.4.1 Tipos de intercambiadores de calor 16

 2.4.1.1 Intercambiador de tubos concéntricos..... 16

 2.4.1.2 Flujo Paralelo 17

2.4.1.3 Flujo a Contracorriente	18
2.4.1.4 Intercambiador de coraza y tubos	19
2.4.2 PROPIEDADES MEDIBLES EN EL INTERCAMBIADOR DE CALOR ..	20
2.4.2.1 Caudal.....	20
2.4.2.2 Flujo másico.....	20
2.4.2.3 Temperatura	21
2.4.2.4 Capacidad calorífica	21
2.4.2.5 Número de Reynolds	21
CAPÍTULO III: DESCRIBIR LOS COMPONENTES IMPORTANTES DEL BANCO DE PRUEBAS	23
3.1 Caldera con ventilador de tiro forzado	25
3.2 Bomba de inyección para quemador de Diesel	27
3.3 Bomba aumentadora de presión	29
3.4 Tablero eléctrico industrial	31
3.5 Tipo de cañerías usadas en este banco de pruebas	34
3.6 Tipo de intercambiador de calor.....	35
CAPÍTULO IV: INSTRUCCIONES DE USO BANCO DE PRUEBA	36
4.1. MANUAL DE USO	37
4.1.1 Preparación del banco de pruebas.....	37
4.1.2 Durante la actividad	38
4.1.3 Después de la actividad	38
4.2. FUNCIONAMIENTO	40
4.3. MANUAL DE SEGURIDAD	42
4.3.1 Elementos de protección personal.	42
4.3.2 Obligaciones.	42
4.4. GUIA DE ACTIVIDADES REALIZADAS.	42
4.4.1 Primera actividad realizada. (Ver anexo).....	43
CAPÍTULO V: DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	44
5. REGISTRO DE CÁLCULOS PARA BANCO DE PRUEBAS.....	45
5.1 Cálculo de volúmenes de los estanques.....	45
5.2 Cálculo de flujo masico y de área de la sección transversal	46
5.3 Cálculo de caudales para las tuberías	48
5.4 Condiciones iniciales de temperatura del intercambiador de calor	49

5.4.1. Coeficiente global de transferencia de calor (U)..... 49

5.4.2. Calor real durante la transferencia..... 50

5.4.3. Temperatura esperada de salida del fluido frio del intercambiador de calor. 51

5.3. Eficiencia del intercambiador de calor 52

5.3.1. Propiedades térmicas de entrada del agua 52

5.3.2. Presión dentro de la tubería..... 54

CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA 58

6. EVALUACIÓN ECONÓMICA..... 59

6.1.VAN: Valor Actual Neto:..... 59

6.2. Reducción de indisponibilidad:..... 60

6.3. Ahorro en reparación mayores:..... 60

6.4. Mejora en la eficiencia operativa: 60

6.5. Cálculo de VAN (Valor Actual Neto)..... 61

6.6. ROI: Retorno sobre la inversión: **Error! Bookmark not defined.**

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES..... 66

RECOMENDACIONES 67

BIBLIOGRAFÍA 68

ANEXOS..... 71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1. Transferencia de calor..... 11

Figura 2-2. Convección Forzada 12

Figura 2-3. Convección Natural 13

Figura 2-4. Radiación 14

Fuente 2-5. Intercambiador de tubos concéntricos Error! Bookmark not defined.

Figura 2-6. Flujo Paralelo 18

Figura 2-7. Flujo a Contracorriente 19

Figura 2-8. Intercambiador de coraza y tubos 20

Fuente 3-1. Caldera con ventilador de tiro forzado 26

Figura 3-3. Bomba de inyección para quemador de Diesel..... 27

Figura 3-4. Conexión para quemador de Diesel 28

Figura 3-5. Diagrama técnico de la bomba..... 28

Figura 3-6. Bomba elevadora de presión 30

Figura 3-7. Interior bomba..... 30

Figura 3-8. Tablero eléctrico industrial 32

Figura 3-10. Indicador de temperatura del agua refrigerante. 34

Figura 3-11. Intercambiado de calor 34

Figura 3-12. Intercambiador de calor de tubos concreticos de flujo paralelo 35

Figura 3-13. Detalles de intercambiador de calor de tubos concreticos de flujo paralelo..... 35

Figura 4-1. Diagrama de flujo del fluido..... 41

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 4-1. Mantenimiento para Componentes del banco de pruebas: 39

Tabla 4-2. Mantenimiento recomendado para Sistemas de contención:..... 39

Tabla 5-1. Condiciones iniciales 49

Tabla 5-2. Coeficientes de transferencia de calor 50

Tabla 5-3. Propiedades Error! Bookmark not defined.

Tabla 6-1. VAN (Valor Actual Neto).....Error! Bookmark not defined.

Tabla 6-2. Mantenimientos.....Error! Bookmark not defined.

Tabla 6-3. Mantenimiento Anual Error! Bookmark not defined.

Tabla 6-4. Inspección Anual Error! Bookmark not defined.

Tabla 6-5. Inspección cada 6 meses Error! Bookmark not defined.

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 9-1. CHECKLIST BANCO DE PRUEBAS 72

Anexo 9-2. LABORATORIO BANCO DE PRUEBAS TRANSFERENCIA DE CALOR 73

Anexo 9-3. Diagrama de flujo de agua 76

Anexo 9-4. Plano de circuito hidráulico y Diésel caldera 77

Anexo 9-5. Plano de diagrama de tablero eléctrico 1..... 78

Anexo 9-6. Plano de diagrama de tablero eléctrico 2..... 79

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

Hp	:	Horse power
°C	:	Grados Celsius.
W	:	Vatio
T°	:	Temperatura.
Pa	:	Pascal.
PSI	:	Pound per square inch.
Inch	:	Pulgada.
Q	:	Caudal.
V	:	Volumen.
v	:	Voltaje.
NPT	:	National pipe thread.
LPM	:	Litros por minuto.
Dv	:	Desplazamiento volumétrico.
Kg	:	kilogramos.
L	:	Litros.
Ø	:	diámetro.
A	:	área de la sección transversal.
V	:	Velocidad del fluido.
ρ	:	Densidad del fluido.
Q	:	Calor transferido.
m	:	Masa de la sustancia.
c	:	Calor específico de la sustancia.
ΔT	:	Cambio de temperatura

INTRODUCCIÓN

La transferencia de calor se presenta como uno de los campos de mayor aplicación industrial, aplicado en diferentes áreas a través del uso de varios equipos térmicos, entre los cuales destaca el intercambiador de calor, equipo donde los fluidos no se mezclan por lo tanto están separados por una pared o una barrera, los fluidos intercambian energía de forma de calor en un proceso determinado.

Los intercambiadores son por excelencia el mejor ejemplo de aplicación de la transferencia de calor, debido a que tienen un funcionamiento sencillo y explican de una manera simple los diferentes mecanismos de transferencia: conducción, convección y radiación. Para un estudiante universitario es de gran ayuda conocer de cerca los equipos y maquinas en los cuales se aplican los principios teóricos enseñados en las clases cátedras. Nuestra carrera (Ingeniera en mantenimiento industrial) tiene asignaturas que se estudia la termodinámica de manera teórica y práctica, sin embargo, en los talleres hay pocas herramientas y/o equipos donde poder ver e interactuar la forma en que actúa la transferencia de calor.

Para comprender los diferentes conceptos relacionados con la transferencia de calor, es necesario realizar experiencias prácticas, para fortalecer los conocimientos adquiridos. Con este banco de pruebas ya adquirido por la universidad, se va a poder realizar prácticas de transferencia de calor y termodinámica, para que los estudiantes vean los procesos de cerca y analicen los aspectos que intervienen en el desarrollo de una experiencia real.

El presente trabajo tiene como objetivo entregar estudios en base a trabajos prácticos y conocimientos de los usos del intercambiador de calor, realizar actividades teóricas y prácticas, crear manual de uso del banco de pruebas, realizar cálculos asociados a la transferencia de calor, especificar los parámetros del equipo y dejar ficha técnica del banco de transferencia de calor.

Gracias a los estudios prácticos generados, elaborar un manual de uso (paso a paso) de uso del banco de pruebas de intercambiador de calor ya que con esto podríamos facilitar el uso del banco para nuevas generaciones de estudiantes dentro de la universidad.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Propuesta de estudio para un banco de pruebas de transferencia de calor basado en la gestión del conocimiento, actividades prácticas y teóricas realizadas, con fines de enseñanza dentro de la Universidad Técnica Federico Santa María sede de Concepción.

Objetivos específicos:

- Realizar un levantamiento de los componentes importantes del banco de prueba de transferencia de calor.
- Desarrollar actividades teóricas/prácticas con alumnos en la universidad, complementadas con la creación de guías y manuales de laboratorio que aseguran la correcta manipulación del equipo.
- Implementar la Gestión del Conocimiento a través del banco de pruebas de transferencia de calor basado en los tipos de conocimiento Tácito, Implícito y Explícito.
- Establecer los parámetros técnicos de funcionamiento y la configuración de los elementos que componen el sistema del banco.

CAPÍTULO I:
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

En el año 2024 la Universidad Federico Santa María adquirió un banco de pruebas de transferencia de calor el cual su objetivo era hacer un laboratorio para los ramos asociados a esta materia, el cual no existen manuales de uso, manuales de seguridad, descripción de los elementos del banco de pruebas y cálculos asociados al intercambiador de calor.

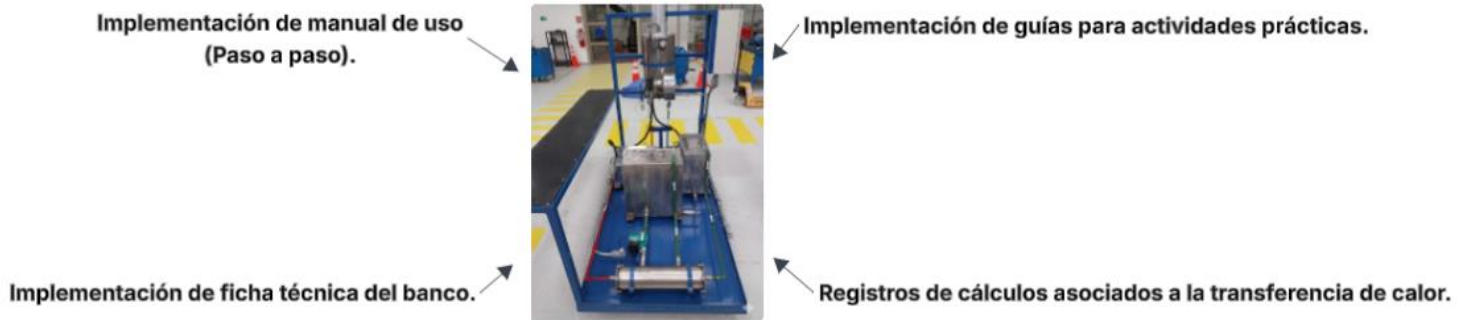
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

En la Universidad Federico Santa María hay múltiples carreras que estas tienen ramos como por ejemplo termodinámica y transferencia de calor. Ramos que entran en la materia de transferencia de calor y es necesario tener las herramientas teóricas y practica para poder comprender mejor la materia que se plantea. Es por eso por lo que queremos es dejar registros de pruebas prácticas que se realizaron en este banco de prueba de transferencia de calor para que a futuro sean utilizadas para nuevos proyectos, innovación o enseñanza en la universidad.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

La motivación detrás de este proyecto surge de la necesidad de aplicar los contenidos teóricos en actividades prácticas, especialmente en ramos, por ejemplo, termodinámica y transferencia de calor, esto resulta fundamental para una mejor comprensión de lo teórico. Actualmente la universidad no cuenta con un taller dedicado a la transferencia de calor, el objetivo principal es dejar registros documentados sobre el uso del banco de transferencia de calor con fines de enseñanza a nuevas generaciones de estudiantes.

1.4. BENEFICIOS DEL PROYECTO.



- ✓ Implementación de manual de uso (paso a paso).
- ✓ Implementación de ficha técnica del banco.
- ✓ Implementación de guías para actividades prácticas.
- ✓ Registros de cálculos asociados a la transferencia de calor.

Los beneficios que traerá este proyecto con la implementación de la gestión del conocimiento es entregarle a la comunidad universitaria registros realizados del uso del banco de pruebas, y así que cada alumno pueda sacar sus conclusiones respecto a cómo entiende el proceso de transferencia de calor, ver el comportamiento del fluido a través del proceso. De esta manera estaremos implementando un nuevo taller para los ramos involucrados de tal forma de complementar a los estudiantes en sus estudios teóricos con talleres prácticos.

CAPÍTULO II:
MARCO TEÓRICO

2.1 GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

2.1.1. ¿Qué es la gestión del conocimiento?

La gestión del conocimiento (KM, por sus siglas en inglés) es el proceso de identificar, organizar, almacenar y difundir información dentro de una organización. Cuando el conocimiento no es de fácil acceso dentro de una organización, el coste para una empresa puede llegar a ser increíblemente elevado, ya que se dedica un tiempo valioso a buscar información relevante en lugar de completar tareas centradas en resultados. “La gestión del conocimiento (GC) se define como un proceso sistemático, continuo y multidisciplinario mediante el cual una organización identifica, adquiere, organiza, almacena, distribuye y utiliza sus recursos de conocimiento” [1] [2] [3] [4].

Un sistema de gestión del conocimiento potencia el conocimiento colectivo de la organización, lo cual favorece la eficiencia operativa. Estos sistemas están respaldados por el uso de una base de conocimiento y suelen ser clave para el éxito de la gestión del conocimiento, ya que proporcionan una ubicación centralizada para almacenar información y acceder a ella fácilmente.

2.1.2. Tipos de conocimientos

Conocimiento tácito: Este tipo de conocimiento normalmente se adquiere a través de la experiencia y se entiende de forma intuitiva. Por ello, es difícil de articular y codificar, lo que dificulta la transferencia de esta información a otras personas. Ejemplos de conocimiento tácito serían el lenguaje, el reconocimiento facial o las habilidades de liderazgo. “El conocimiento explícito se refiere a información codificada y transferible, mientras que el conocimiento tácito se vincula a la experiencia personal, siendo a menudo difícil de verbalizar” [5], [6].

Conocimiento implícito: El conocimiento implícito no necesariamente presenta este problema. En cambio, la información implícita aún no se ha documentado. Tiende a existir dentro de los procesos, y puede denominarse conocimiento del "saber hacer".

Conocimiento explícito: El conocimiento explícito se captura en varios tipos de documentos, como manuales, informes y guías, lo que permite a las organizaciones compartir fácilmente el conocimiento entre los equipos. Este tipo de conocimiento es quizás el más conocido. Entre sus ejemplos destacan activos de conocimiento, como bases de datos, documentos técnicos y casos de éxito. Esta forma de conocimiento es importante tanto para retener capital intelectual dentro de una organización como para facilitar la transferencia de conocimiento con éxito a los nuevos empleados.

2.1.3. Ventajas de la gestión del conocimiento

Identificación de carencias de conocimientos:

Cuando los equipos crean documentación relevante sobre el conocimiento implícito o tácito o consolidan el conocimiento explícito, pueden revelar carencias en las competencias principales entre los equipos. Esto brinda información valiosa al equipo directivo para formar nuevas estructuras organizativas o contratar recursos adicionales. “En el contexto de organizaciones innovadoras, las brechas de conocimiento también se definen como la disparidad que ocurre cuando las reservas de saber de una entidad no logran satisfacer las necesidades requeridas para sus actividades de innovación”[7]

Conservar el conocimiento de la empresa:

Una buena práctica de gestión del conocimiento interno permite a las empresas crear una memoria organizativa. Dé acceso al conocimiento que poseen sus empleados más veteranos y otros expertos a todo su equipo.

Eficiencia operativa:

Los sistemas de gestión del conocimiento crean un punto de búsqueda al que acuden los trabajadores del conocimiento para encontrar información relevante más rápidamente. Esto, a su vez, reduce la cantidad de tiempo destinado a investigar, agiliza la toma de decisiones y habilita un ahorro de costes a través de la eficiencia operativa. Aumentar la productividad no solo ahorra tiempo, sino que también reduce costes.[8]

Seguridad de datos:

Los sistemas de gestión de datos permiten a las organizaciones personalizar el control de permisos, el control de audiencias y el nivel de seguridad de los documentos para asegurar que la información se comparta solo en los canales correctos o con las personas seleccionadas. Brinde a sus empleados un acceso autónomo al conocimiento de manera segura y con confianza.[8]

2.2. DEFINICIÓN DE CALOR

Desde una perspectiva física contemporánea, el calor no es una propiedad intrínseca que un objeto posea, sino un proceso de transferencia de energía relacionado con el movimiento molecular [9] [10]. Históricamente, el concepto evolucionó desde la idea de un fluido imponderable, como el calórico, hasta su comprensión actual como un fenómeno de transferencia de energía térmica [9], el cual ocurre a nivel microscópico a través de la transferencia de energía cinética asociada al movimiento desordenado de átomos y moléculas [9].

Para entender el concepto de calor, es útil definirlo como la forma de energía que se transfiere de un sistema a otro debido a la diferencia de temperatura entre ambos. En el ámbito industrial, el estudio del calor se aborda desde dos perspectivas principales: la termodinámica y la transferencia de calor. La existencia de estas interacciones de calor es una consecuencia directa de la primera y segunda ley de la termodinámica [9].

Desde la perspectiva termodinámica, el enfoque se centra en cómo el calor se transfiere a través de las interacciones de un sistema con su entorno. En otras palabras, esta área examina los estados finales y los estados de equilibrio que se alcanzan durante las interacciones, pero no proporciona detalles sobre el área específica de transferencia de energía o el tiempo durante el cual ocurre.

En contraste, la transferencia de calor se ocupa de los sistemas que no están en equilibrio térmico, ya que el equilibrio es un requisito fundamental para que ocurra la transferencia. Este enfoque a menudo omite los efectos de las energías externas al aplicar la primera ley de la termodinámica, que establece que el trabajo y las energías cinéticas no influyen directamente en el proceso. Así, el estudio de la transferencia de calor se simplifica a la entalpía, facilitando los cálculos y el diseño de equipos. El calor se transfiere siguiendo un gradiente de temperatura, moviéndose desde un objeto con mayor temperatura hacia uno con menor temperatura [9].

La transferencia de calor está enfocada en los sistemas que no presentan un equilibrio térmico, el cual es un requerimiento básico para exista tal transferencia. En los estudios relacionados con esta, se suele despreciar todo lo provocado por las energías externas, mediante el análisis de la primera ley de la termodinámica, la que dice, que los efectos del trabajo y las energías cinéticas no participan de forma directa en el proceso. De esta forma se dice que es un estudio sencillo de entalpias tanto en cálculos y diseños de equipos.

2.3 MECANISMOS TRASFERENCIA DE CALOR

2.3.1 Conducción

El fenómeno de transferencia de calor por conducción es un proceso en el que la energía térmica se transfiere a través de un medio sólido, líquido o gaseoso, gracias a la interacción molecular entre las partículas. Este proceso ocurre cuando las partículas con mayor energía térmica transmiten su calor a las partículas con menor energía dentro del mismo cuerpo o sustancia. La conducción térmica se define como un proceso de transferencia de calor que ocurre dentro de un cuerpo o medio continuo, [11] [12]. Este fenómeno implica la transmisión de energía térmica desde una región de mayor temperatura hacia una región de menor temperatura [11].

En los sólidos, la conducción es especialmente relevante cuando estos experimentan cambios de temperatura, debido a su capacidad para transmitir calor de manera efectiva a través de la estructura del material. En líquidos y gases, la transferencia de calor por conducción también es importante, pero se debe considerar la influencia de la densidad y las diferencias de temperatura en los fluidos [13].

La transferencia de calor por conducción implica la transferencia directa de calor entre medios sólidos, líquidos o gaseosos a través del contacto molecular.

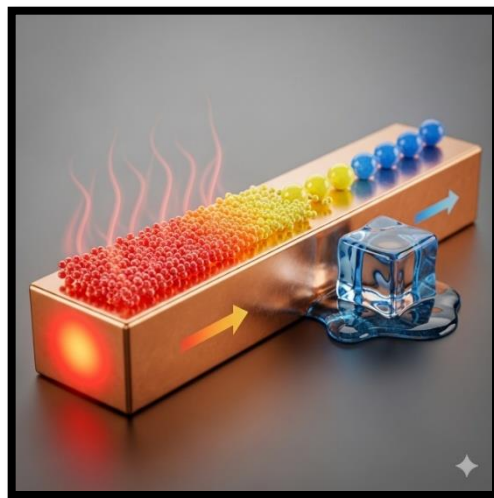


Figura 2-1. Transferencia de calor

Fuente: www.perplexity.ai

2.3.2 Convección

La convección térmica se define como un mecanismo de transferencia de energía que ocurre en un fluido (líquido o gas) a través de la combinación de dos procesos físicos: la difusión molecular (conducción) y el transporte de energía mediante el movimiento macroscópico o masivo del fluido [14] [15] [16].

El fenómeno de transferencia de calor por convección es un proceso crucial en el intercambio de energía térmica que ocurre cuando un fluido, ya sea líquido o gaseoso, se mueve en contacto con una superficie. Este movimiento del fluido facilita una transferencia de calor más eficiente, ya que el fluido en movimiento pone en contacto con la superficie tanto regiones de mayor temperatura como de menor temperatura.

En términos más concretos, la eficiencia de la transferencia de calor por convección aumenta con la velocidad del fluido. Cuando la velocidad del fluido es mayor, se incrementa la tasa de intercambio de calor entre el fluido y la superficie. Esto se debe a que un fluido en movimiento desplaza más rápidamente las capas térmicas cercanas a la superficie, reemplazándolas con otras capas que pueden estar a una temperatura diferente. En resumen, a mayores velocidades de flujo, se observan velocidades de transferencia de calor más altas, destacando la importancia del movimiento del fluido en la eficiencia del proceso de convección.

Existen dos tipos de transferencia de calor por conducción que son:

2.3.3 Convección Forzada:

Ocurre cuando el fluido es obligado a moverse sobre la superficie mediante medios externos como podrían ser, ventiladores, bombas. La convección forzada se define como un mecanismo de transferencia de energía en un fluido en movimiento donde el flujo es provocado por una acción mecánica externa [17] [18]. Este fenómeno combina la conducción térmica, derivada de las interacciones moleculares, con el transporte de energía resultante del movimiento macroscópico o global del fluido [19] [20].

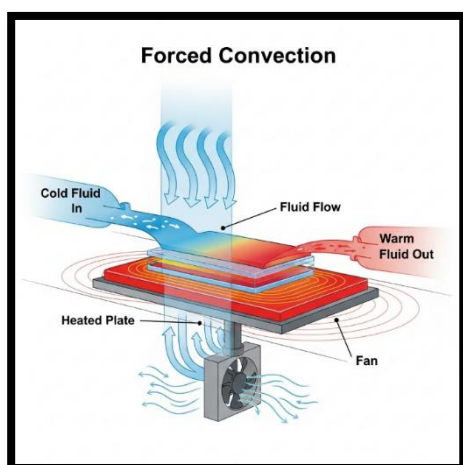


Figura 2-2. Convección Forzada

Fuente: www.perplexity.ai

2.3.4 Convección Natural

La convección natural, también denominada convección libre, se define como un mecanismo de transferencia de calor y masa en el cual el movimiento del fluido surge debido a la falta de homogeneidad en el medio [21]. Cuando el movimiento de un fluido es provocado por fuerzas de empuje derivadas de diferencias en densidad, las cuales resultan de variaciones en la temperatura del fluido, se está hablando de un fenómeno conocido como convección. En este proceso, el fluido se mueve libremente debido a las condiciones atmosféricas o climáticas que lo rodean.

En términos más simples, cuando el fluido experimenta cambios de temperatura, sus partes calientes se vuelven menos densas y ascienden, mientras que las partes frías, siendo más densas, descienden. Este movimiento continuo y natural del fluido ayuda a distribuir el calor y otros componentes a lo largo del entorno, influenciado por las condiciones del entorno circundante. A diferencia de otros mecanismos, este proceso es impulsado por la flotabilidad, la cual surge como consecuencia de variaciones en la densidad del fluido dentro de un campo gravitatorio [21].

Por ejemplo, en la atmósfera, el aire caliente tiende a elevarse y el aire frío a descender, creando corrientes que afectan el clima y el tiempo meteorológico. Este mismo principio se aplica en muchos otros contextos, desde el calentamiento de un líquido en una olla hasta los grandes patrones de circulación en el océano.

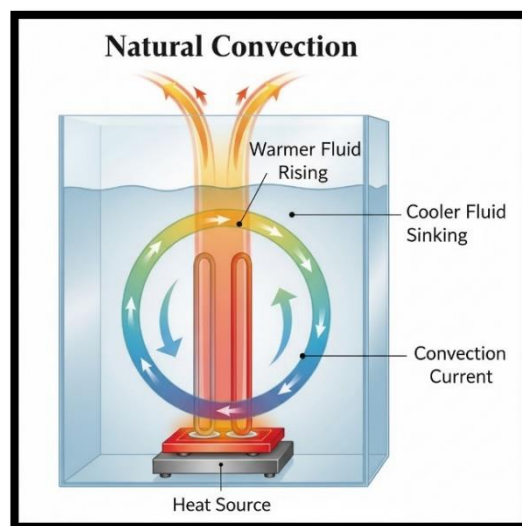


Figura 2-3. Convección Natural

Fuente: www.perplexity.ai

2.3.5 Radiación:

La radiación térmica, también denominada transferencia de calor por radiación, se define académicamente como la ciencia o el mecanismo mediante el cual se transfiere energía en forma de ondas electromagnéticas [22].

La energía que emite la materia en forma de ondas electromagnéticas resulta de los cambios en las configuraciones electrónicas de átomos o moléculas. A diferencia de los mecanismos de conducción y convección, la transferencia de calor por radiación no necesita un medio intermediario como una superficie sólida o un fluido en movimiento. En realidad, la radiación es el método más rápido para transferir calor, ya que se propaga a la velocidad de la luz y no se ve afectada por atenuaciones en el vacío. Todo cuerpo con una temperatura superior al cero absoluto emite radiación.

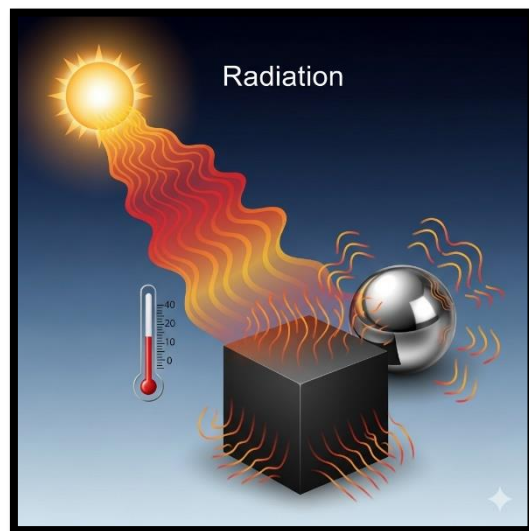


Figura 2-4. Radiación

Fuente: www.perplexity.ai

2.4. INTERCAMBIADORES DE CALOR

Un intercambiador de calor se define como un equipo o dispositivo diseñado para transferir energía térmica (calor) de un medio a otro, pudiendo estos medios estar en estado sólido o fluido [23] [24]. Su función primordial radica en facilitar el intercambio de calor entre dos corrientes de fluidos que se encuentran a diferentes temperaturas [25].

Los intercambiadores de calor son dispositivos diseñados para facilitar el intercambio de calor entre dos fluidos que se encuentran a diferentes temperaturas, evitando al mismo tiempo que estos se mezclen. Estos equipos juegan un papel crucial en una amplia gama de industrias, incluyendo la generación de energía, calefacción, refinación de petróleo, fabricación de productos químicos, procesamiento de alimentos, acondicionamiento de aire y en el funcionamiento de vehículos. Su correcta utilización es esencial para asegurar un funcionamiento eficiente en estos procesos.

En un intercambiador de calor, se presentan principalmente dos mecanismos de transferencia de calor: la convección y la conducción. La convección ocurre dentro de cada fluido en contacto con las superficies del intercambiador, mientras que la conducción se produce a través de las paredes que separan los fluidos. La radiación, aunque presente, suele estar integrada dentro del proceso de convección debido a la naturaleza de las superficies involucradas.

Es importante destacar que la eficiencia de un intercambiador de calor puede verse afectada por condiciones ambientales externas, como variaciones en la temperatura o la humedad, especialmente si el intercambiador no está adecuadamente aislado. Estas variaciones pueden alterar el rendimiento del sistema y, por ende, su eficiencia en el intercambio de calor.

Estos pueden tener una variedad increíble de aplicaciones dentro de la industria y algunas de las principales son las siguientes:

1. Enfriamiento de fluidos.
2. Calentamiento de fluidos.
3. Cambios de fase en los fluidos.

Teniendo en cuenta que la transferencia de calor ocurre de una sola manera, que es, desde el fluido que se encuentra a mayor temperatura hacia el que se encuentra a más baja temperatura, donde se produce que mientras más grande sea el área la razón de la transferencia incrementará.

2.4.1 Tipos de intercambiadores de calor

2.4.1.1 Intercambiador de tubos concéntricos

Un intercambiador de calor de tubos concéntricos, también denominado intercambiador de doble tubo es un dispositivo diseñado para la transferencia térmica entre dos fluidos que circulan por espacios separados [26] [27]. En su forma más básica, el equipo consiste en un tubo interno alojado dentro de un tubo externo de mayor diámetro, formando una configuración concéntrica [28] [29].

El intercambiador de calor de tubos concéntricos, también conocido como intercambiador de tubos dobles, es uno de los tipos más simples y eficaces de intercambiadores de calor. Este dispositivo se compone de dos tubos de diámetros diferentes ensamblados uno dentro del otro, creando un sistema de transferencia de calor muy eficiente.

En este tipo de intercambiador, el fluido caliente entra a través del tubo interno. A medida que circula a lo largo del tubo, va cediendo calor al fluido que circula en la sección anular, o "encamisado", que se encuentra entre el tubo interno y el tubo externo. El fluido frío o a menor temperatura, por su parte, fluye a través del espacio anular entre los dos tubos, absorbiendo el calor transferido por el fluido caliente.

Este diseño permite un contacto eficiente entre los fluidos y una transferencia de calor efectiva debido a la proximidad de los tubos y el área de superficie de intercambio relativamente grande. Los intercambiadores de calor de tubos concéntricos son ampliamente utilizados en aplicaciones donde se requiere un diseño compacto y donde los flujos de los fluidos pueden ser fácilmente gestionados en un diseño de tubo único.

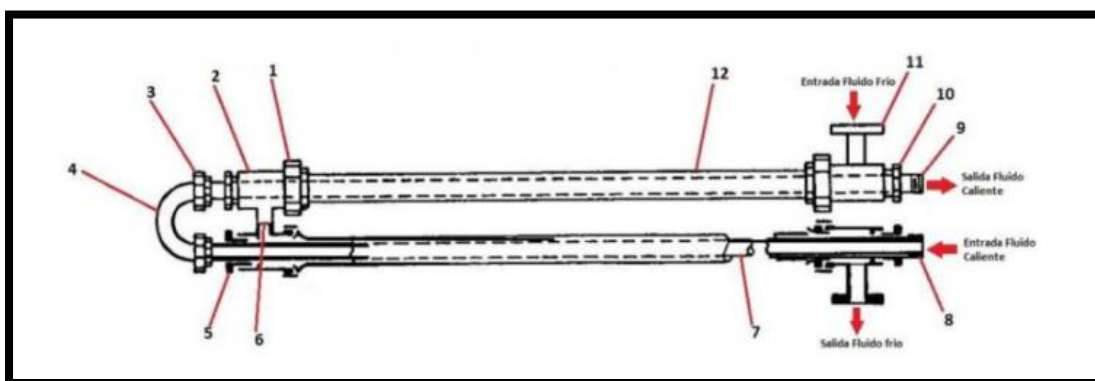
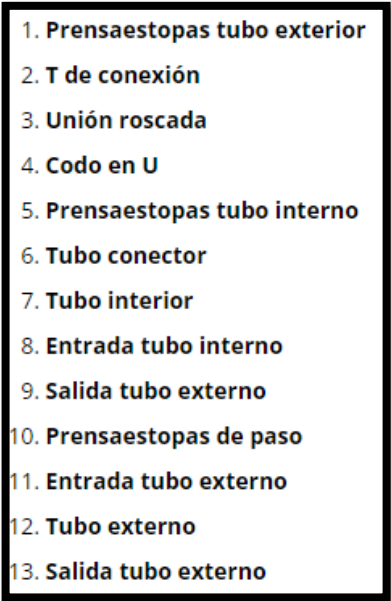


Figura 2-5. Intercambiador de tubos concéntricos

Fuente: ingenieromarinero.com

- 
1. Prensaestopas tubo exterior
 2. T de conexión
 3. Unión roscada
 4. Codo en U
 5. Prensaestopas tubo interno
 6. Tubo conector
 7. Tubo interior
 8. Entrada tubo interno
 9. Salida tubo externo
 10. Prensaestopas de paso
 11. Entrada tubo externo
 12. Tubo externo
 13. Salida tubo externo

2.4.1.2 Flujo Paralelo

En el contexto de la ingeniería térmica, el flujo paralelo, también denominado flujo concurrente, se define como una configuración de intercambio térmico en la que ambos fluidos ingresan por el mismo extremo del equipo y se desplazan en la misma dirección a lo largo de los canales de transferencia [30] [31]. En estos dispositivos, que pueden incluir configuraciones de doble tubo o intercambiadores de tubos aleteados, los fluidos circulan a través de trayectorias dispuestas en paralelo [32] [33] [34].

Cuando los dos fluidos se mueven en la misma dirección y entran por el mismo extremo del intercambiador, se dice que están en una configuración de flujo paralelo. En esta configuración, al llegar al extremo de salida del intercambiador, los fluidos alcanzan temperaturas bastante similares entre sí. Sin embargo, el fluido más frío nunca alcanza la temperatura del fluido más caliente. Esto se ilustra en la gráfica siguiente, que muestra el comportamiento de las temperaturas en los fluidos a lo largo del intercambiador.

Como se muestra en la siguiente grafica de la figura, donde se muestra el comportamiento de las temperaturas en los fluidos.

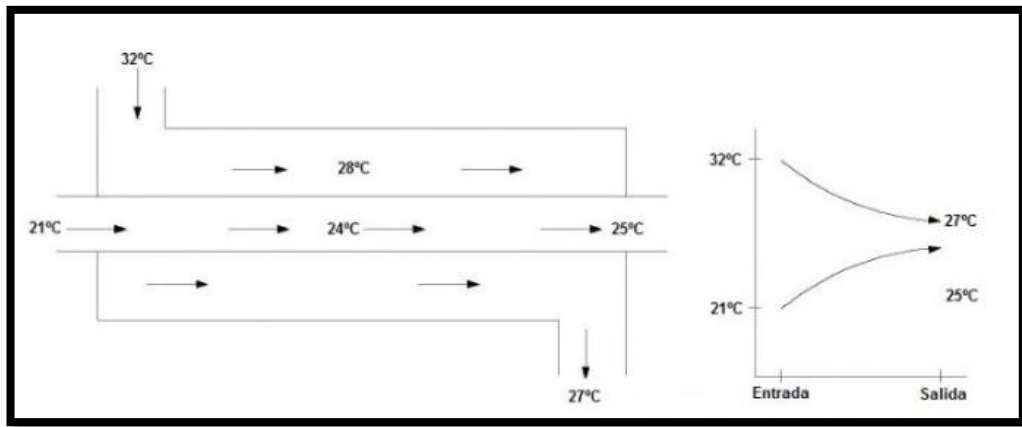


Figura 2-6. Flujo Paralelo

Fuente: ingenieromarino.com

2.4.1.3 Flujo a Contracorriente

La configuración a contracorriente supera significativamente al flujo paralelo en términos de efectividad térmica [35]. Investigaciones experimentales han demostrado que, bajo condiciones operativas idénticas de caudal y temperatura, un intercambiador de calor en contraflujo alcanza niveles de efectividad notablemente superiores; por ejemplo, se han registrado valores de efectividad de 0,399 frente a 0,0299 en configuraciones paralelas [35].

El intercambio de calor en un intercambiador de flujo a contraflujo, también conocido como flujo contrapuesto, ocurre cuando los fluidos ingresan por extremos opuestos del intercambiador y se desplazan en direcciones opuestas.

A diferencia del intercambiador de calor de flujo paralelo, en el sistema de flujo a contraflujo el fluido frío tiene la capacidad de alcanzar temperaturas cercanas a la del fluido caliente, mientras que el fluido caliente puede enfriarse hasta temperaturas más bajas. Esta configuración permite una mayor eficiencia en la transferencia de calor entre los fluidos.

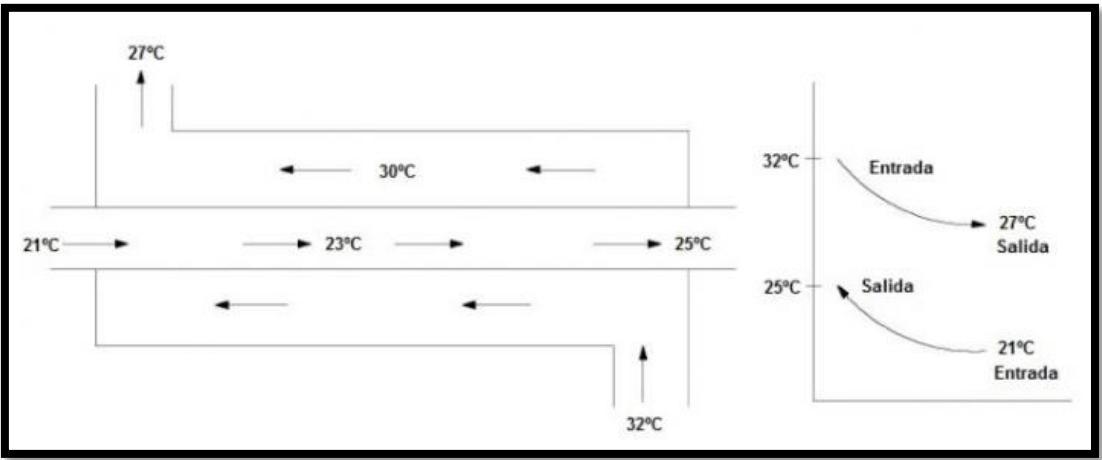


Figura 2-7. Flujo a Contracorriente

Fuente: ingenieromarino.com

2.4.1.4 Intercambiador de coraza y tubos

Un intercambiador de coraza y tubos (STHE, por sus siglas en inglés) es un equipo de transferencia de calor de tipo recuperativo, donde dos fluidos intercambian energía térmica sin mezclarse, al estar separados por una pared sólida [36]

Uno de los tipos más comunes de intercambiadores de calor en aplicaciones industriales es el intercambiador de calor de casco y tubos. Este dispositivo es fundamental para la transferencia eficiente de calor en una amplia variedad de procesos industriales, desde la generación de energía hasta la fabricación de productos químicos.

Fluido en los Tubos: Un fluido caliente o frío circula a través del interior de los tubos. Este fluido está en contacto directo con las paredes internas de los tubos, lo que permite la transferencia de calor desde o hacia el fluido, dependiendo de la dirección del flujo y las temperaturas involucradas.

Fluido en el Cascarón: Simultáneamente, otro fluido circula a través del espacio entre los tubos y la pared del cascarón. Este fluido puede estar en un flujo paralelo, contracorriente o cruzado en relación con el fluido en los tubos, dependiendo del diseño específico del intercambiador y de los requisitos del proceso.

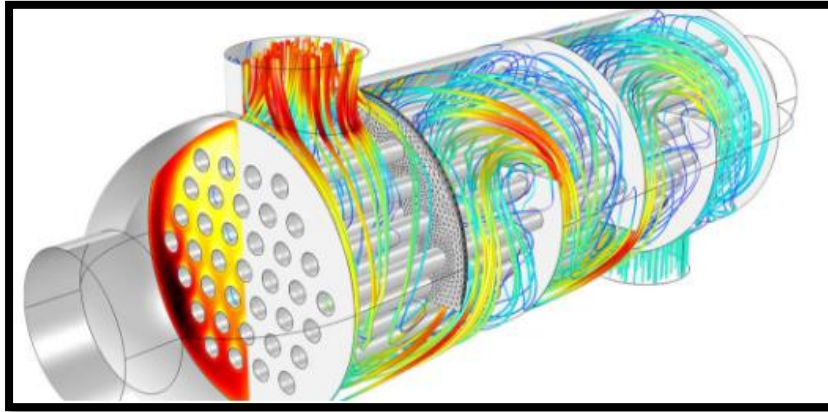


Figura 2-8. Intercambiador de coraza y tubos

Fuente: ingenieromarino.com

2.4.2 PROPIEDADES MEDIBLES EN EL INTERCAMBIADOR DE CALOR

2.4.2.1 Caudal.

La media volumétrica que circula por el intercambiador de calor en una unidad de tiempo es determinante para definir las dimensiones, la cantidad de fluido a usar y las condiciones térmicas de trabajo del sistema. El caudal, también denominado flujo volumétrico, se define como la tasa de transporte de volumen de una sustancia a través de una sección transversal específica [38] [37]. En el contexto de la mecánica de fluidos, este parámetro permite cuantificar cuánto volumen de fluido atraviesa un área determinada por unidad de tiempo [38].

.

2.4.2.2 Flujo másico

El flujo másico representa la cantidad de masa de un fluido que circula a través de una sección transversal por unidad de tiempo [37] [38]. A diferencia del caudal, que se centra exclusivamente en el volumen, el flujo másico es fundamental en el análisis termodinámico de sistemas donde la conservación de la masa y el transporte de energía son críticos [37]. El número de moléculas que se fluyen en el sistema nos permite evaluar las condiciones del fluido a trabajar, su densidad, su limpieza y también su variación sustancial con la presión y la temperatura.

2.4.2.3 Temperatura

Según el Sistema Internacional de Unidades (SI), la unidad base es el Kelvin ($^{\circ}\text{K}$), el cual se define a partir de una fracción del valor de la temperatura del punto triple del agua [38]. Su relevancia es absoluta en la física, ya que permite comprender las transformaciones energéticas y el comportamiento de los sistemas bajo diversas condiciones físicas, incluyendo escenarios relativistas [37] [39]. Es la variable determinante el sistema, ya que se busca disminuir la temperatura de un fluido caliente y a su vez, el diferencial de temperatura permite definir la eficiencia que se está alcanza con el sistema propuesto, tanto los materiales, como el tipo de fluido, las condiciones de operación, el sistema de flujo a elegir y el tamaño que debe tener el intercambiador de calor para producir un gradiente de temperaturas al final del proceso, en este documento se evalúa en grados Celsius.

2.4.2.4 Capacidad calorífica

Definida como el cociente entre la cantidad de energía calorífica transferida a un cuerpo o sistema en proceso cualquiera y el cambio de temperatura que experimenta. Este concepto es esencial en modelos termodinámicos, como aquellos utilizados para predecir el comportamiento del refrigerante en motores de combustión interna o en sistemas de gestión térmica de máquinas eléctricas, donde los componentes se modelan como masas térmicas que absorben o liberan energía [40] [41].

2.4.2.5 Número de Reynolds

El número de Reynolds (Re) es el parámetro fundamental en mecánica de fluidos que permite identificar la topología y evolución temporal de un campo de flujo [42]. Este número permite obtener una relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas de un fluido, de tal forma que permite determinar si un flujo es laminar o turbulento, lo cual interviene directamente en el funcionamiento correcto del intercambiador de calor.

CAPÍTULO III:
DESCRIBIR LOS COMPONENTES IMPORTANTES DEL BANCO DE
PRUEBAS

3.1 Caldera con ventilador de tiro forzado

Los calentadores de tiro forzado son calentadores atmosféricos, lo que significa que captan el oxígeno para la combustión de la misma estancia donde se encuentran instalados.

A diferencia de los calentadores atmosféricos de tiro natural, que expulsan los gases quemados de forma natural (y que, por tanto, necesitan unas óptimas condiciones de diseño de evacuación de gases quemados), los calentadores de tiro forzado disponen de un ventilador integrado que garantiza una correcta evacuación de los gases quemados al exterior de la vivienda.

Para que este ventilador se ponga en marcha, necesitan estar enchufados a la red eléctrica.

De no darse las circunstancias necesarias para poder obtener el oxígeno del lugar de instalación del aparato en condiciones de seguridad, lo más recomendable es instalar calentadores estancos ya que estos cogen el oxígeno del exterior y ofrecen la máxima seguridad gracias a que la combustión se produce en el interior de su cámara estanca, la cual es independiente de la estancia en la que se encuentran instalados, impidiendo así posibles fugas de gases nocivos.

Una caldera atmosférica extrae el aire de la combustión directamente del espacio, por lo que esta debe tener ventilación, y unos sistemas de extracción por donde salgan los humos residuales y no se mezclen con el mismo aire que toma para realizar el proceso, todo esto conlleva a tener una fuente de riesgos.

Sin embargo, la caldera estanca se conecta con el exterior directamente por medio de unos tubos que insertan el aire y expulsan los humos movidos mediante una turbina que fuerza el movimiento de los gases.

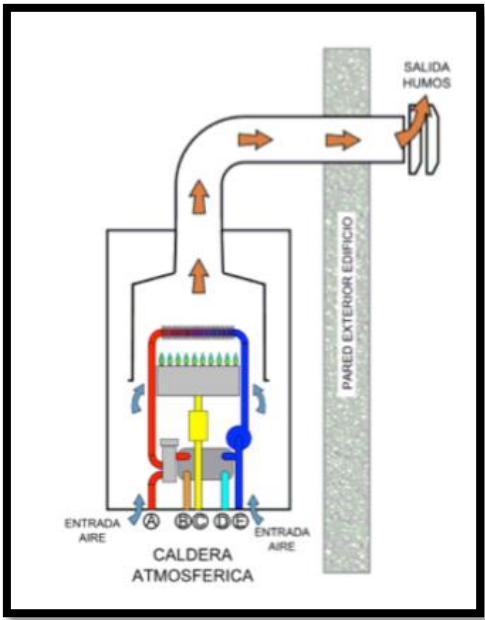


Figura 3-1. Caldera con ventilador de tiro forzado

Fuente: e-ficiencia.com



Figura 3-2. Ventilador de tiro forzado

Fuente: Banco de pruebas intercambiador de calor

3.2 Bomba de inyección para quemador de Diesel

Una bomba de gasóleo es un componente fundamental en un quemador de gasoil para calderas de calefacción y otros usos. Su función principal es extraer el combustible desde el depósito y suministrarlo al quemador de manera constante y controlada. Esta bomba, típicamente impulsada por un motor eléctrico, genera la presión necesaria para que el gasóleo fluya a través de los conductos hacia el cabezal de combustión.

La importancia de la bomba de gasóleo radica en su capacidad para mantener un suministro estable de combustible. Al mantener una presión constante, asegura una mezcla adecuada de gasóleo y aire en el quemador, lo que es esencial para una combustión eficiente y uniforme.

En un sistema de calefacción, la bomba de gasóleo es especialmente crucial durante los períodos de mayor demanda de calor. Su capacidad para proporcionar un flujo constante de combustible garantiza que la caldera funcione de manera óptima, manteniendo una temperatura confortable en el hogar o en el edificio.

Además, la bomba de gasóleo suele estar equipada con dispositivos de seguridad, como válvulas de corte automático, que se activan en caso de falla o emergencia. Estos mecanismos ayudan a prevenir posibles riesgos, como fugas de combustible o sobrecalentamiento del sistema.



Figura 3-3. Bomba de inyección para quemador de Diesel

Fuente: Banco de pruebas intercambiador de calor



Figura 3-4. Conexión para quemador de Diesel

Fuente: www.sercatec.com

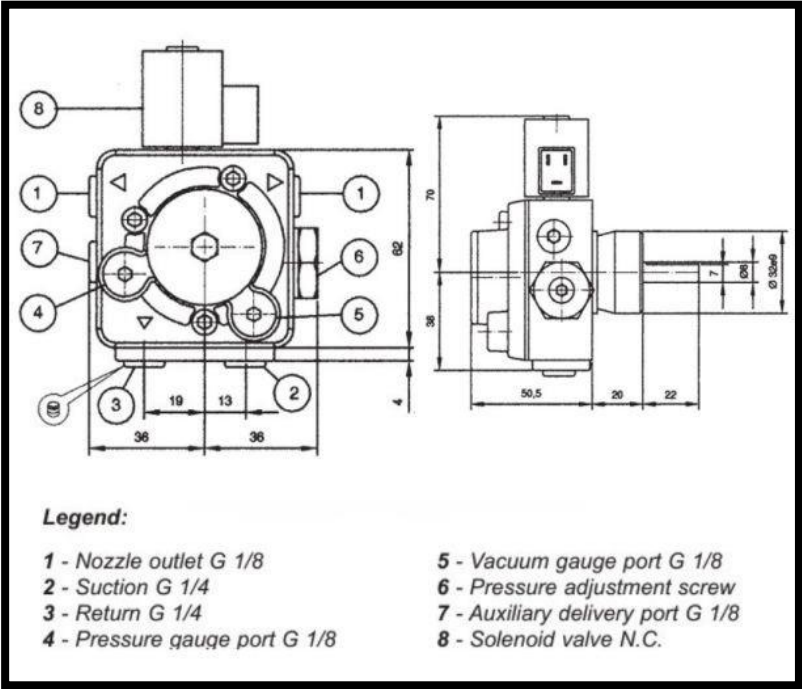


Figura 3-5. Diagrama técnico de la bomba

Fuente: www.sercatec.com

- 1. Salida de boquilla G 1/8: Puerto de salida para la boquilla.

2. Succión G 1/4: Puerto de entrada para la succión del fluido.
3. Retorno G 1/4: Puerto para el retorno del fluido.
4. Puerto para manómetro de presión G 1/8: Conexión para un manómetro de presión.
5. Puerto para manómetro de vacío G 1/8: Conexión para un manómetro de vacío.
6. Tornillo de ajuste de presión: Permite regular la presión del sistema.
7. Puerto de entrega auxiliar G 1/8: Puerto de salida auxiliar.
8. válvula solenoide N.C: válvula solenoide normalmente cerrada.

Datos para este tipo de bomba en específico:

Marca: ITALPUMP

rotación: Antihoraria

Caudal máximo de Diesel: 75 L/hora

Salida: Derecha/izquierda

Con electroválvula

Potencia eléctrica: 120W - 0.160923 HP

3.3 Bomba elevadora de presión

El funcionamiento de este tipo de bombas es muy sencillo, cuentan con una entrada o tubo, que aspira el agua, posteriormente esta es impulsada por un motor hacia el tubo de salida. Esto hace que el agua salga con mucha más presión y rapidez.

El presurizador de agua consta de un motor que genera fuerza necesaria para generar presión en el agua.

El motor mueve un impulsor, el cual genera movimiento en el agua que esta almacenada dentro de una cámara de contorneado que también colabora a la presión. El impulsor cuando gira hace que succione el agua en el ingreso y la empuja hacia la salida con más presión.

El agua ingresa desde una red hídrica, se aumenta la presión de impulsado y esta se abrirá paso en el circuito. Cabe mencionar que se necesita que sea un circuito cerrado para que el presurizador de agua funcione de manera correcta y que el desplazamiento volumétrico sea el correcto.



Figura 3-6. Bomba elevadora de presión

Fuente: Banco de pruebas intercambiador de calor



Figura 3-7. Interior bomba

Fuente: www.mndelgolfo.com

Datos para este tipo de bomba en específico:

Marca: LIP

Modelo: RS15/9

Caudal máximo de agua: 36 L/min

Presión de trabajo: 10 bar – 145 psi

Potencia eléctrica: 120W - 0.160923 HP

La bomba LIP permite aumentar la presión de agua de una red hidráulica. Este producto cuenta con una entrada o tubo que aspira el agua y, posteriormente, este líquido es impulsado por un motor hacia el tubo de salida. Esto hace que el agua salga con mucha más presión y rapidez.

Mayor potencia:

Gracias a su potencia de 120W, esta bomba te permitirá aumentar la presión del agua, ya sea caliente o fría, a un ritmo constante. Sin dudas, obtendrás el confort que necesitas para realizar tus tareas cotidianas.

Altura máxima de elevación:

La bomba LIP RS 15/9 aumenta la presión del agua y esto permite que los líquidos suban hasta una altura máxima de 9m.

3.4 Tablero eléctrico industrial

Un tablero eléctrico industrial es un gabinete que contiene diversos componentes necesarios para el funcionamiento seguro y eficiente de una instalación eléctrica. Estos componentes incluyen dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, medición, señalización y distribución.

El tablero eléctrico actúa como el centro de control de una instalación eléctrica, permitiendo la distribución de energía a diferentes circuitos y equipos.

El tablero eléctrico permite dividir la energía eléctrica proveniente de una fuente principal en diferentes circuitos y equipos de una instalación. Esto garantiza que cada componente o dispositivo reciba la cantidad adecuada de electricidad para su funcionamiento.

Además, proporciona los mecanismos necesarios para encender, apagar o regular la energía eléctrica suministrada a los diferentes circuitos (bombas y caldera). De esta manera, se puede controlar de forma precisa la alimentación eléctrica de equipos y sistemas según sus necesidades específicas.

Medición y monitoreo:

Para llevar un control preciso de la energía utilizada e implementar acciones correctivas en caso de cualquier inconveniente, el gabinete de control eléctrico incluye medidores y dispositivos de monitoreo que permiten registrar en este caso traerá monitores de temperaturas y voltaje utilizado.

- Temperatura
- Supervisar los niveles de voltaje

Tablero eléctrico industrial del banco de pruebas de intercambiador de calor:

A continuación, los parámetros que medimos en el tablero eléctrico.



Figura 3-8. Tablero eléctrico industrial

Fuente: Banco de pruebas intercambiador de calor

Este tablero es específico (creado) solo para ser utilizado para este banco de pruebas ya que está configurado específicamente para este tipo de mediciones. Dentro de los parámetros que nos entrega, nos entrega una luz para ver el nivel de combustible bajo, una luz que nos indica que la caldera está en funcionamiento, una luz que nos indica que están en funcionamiento las bombas. Y un botón de parada de emergencia.

A continuación, los parámetros de temperatura:

- Indicador de temperatura de salida de la caldera.
- Indicador de temperatura de salida de intercambiador de calor.



Figura 3-9. Indicador de temperatura de salida de la caldera e indicador de temperatura de salida de intercambiador de calor

Fuente: Banco de pruebas intercambiador de calor

- 1) Indicador de temperatura del agua refrigerante (Agua verde).

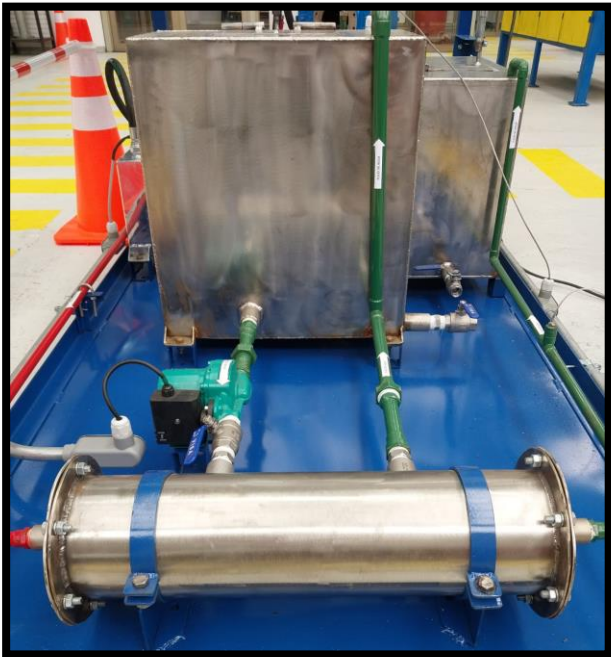


Figura 3-10. Indicador de temperatura del agua refrigerante.

Fuente: Banco de pruebas intercambiador de calor

3.5 Tipo de cañerías usadas en este banco de pruebas

En este tipo de banco de prueba de transferencia de calor se usaron cañerías de cobre en su mayoría de diámetro 1/2” de pulgadas y solo para la salida, entrada de agua refrigerante del intercambiador de calor se usaron de diámetro 3/4” de pulgadas.



Cañerías de cobre
y de diámetro
3/4” de pulgada.

Figura 3-11. Intercambiado de calor

Fuente: Banco de pruebas intercambiador de calo

3.6 Tipo de intercambiador de calor

Para este tipo de banco de pruebas se fabricó un intercambiador de calor, especialmente para este tipo de funcionamiento. Según lo investigado se trata de un intercambiador de calor de tubos concreticos de flujo paralelo industrial no comercial.



Figura 3-12. Intercambiador de calor de tubos concreticos de flujo paralelo.

Fuente: Banco de pruebas intercambiador de calor

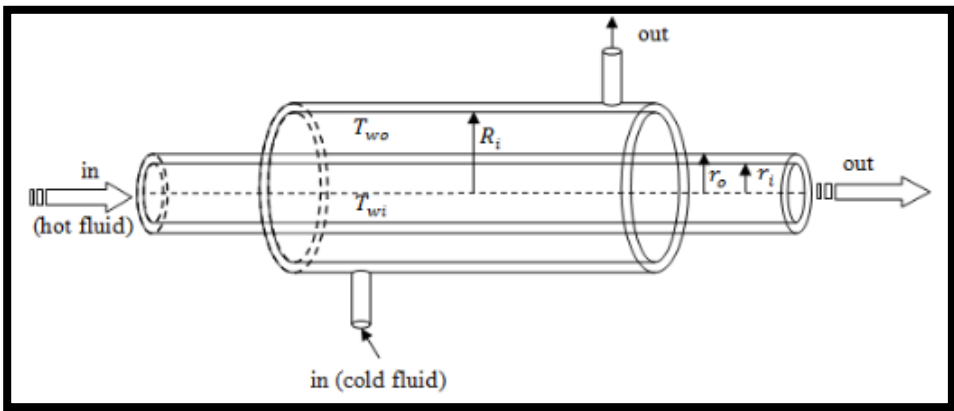


Figura 3-13. Detalles de intercambiador de calor de tubos concreticos de flujo paralelo.

Fuente: www.semanticscholar.org

CAPÍTULO IV:
INSTRUCCIONES DE USO BANCO DE PRUEBA

4.1. MANUAL DE USO

El manual de uso que se presentara a continuación está destinado para la utilización correcta y única de este banco de pruebas, con esto nos evitaremos problemas que surjan a futuro al operar erróneamente el equipo y así proteger a los alumnos y al equipo en general.

4.1.1 Preparación del banco de pruebas.

Antes de poder operar el banco de pruebas de intercambiador de calor para realizar las actividades, se deben realizar ciertas verificaciones, para tener un funcionamiento optimo del equipo y disminuir los riesgos de fallas provocado durante la puesta en marcha del equipo.

- A) Para empezar con la preparación del banco de pruebas, debemos desplazarlo a una zona ventilada dentro del taller o al aire libre si es posible, además de eso buscar lo más cercano posible un enchufe que entregue 220 volt esto se facilita de mover el banco ya que cuenta con ruedas en la parte inferior de la estructura metálica.
- B) El banco será trasladado hacia un enchufe ya que opera con una caldera que trabaja con electricidad de 220 volt.
- C) Ya con el banco posicionado correctamente y los frenos de las ruedas puestos se llevará a cabo la verificación de los interruptores que estén todos en la posición off, ya realizado esto ver la luz piloto del estanque del combustible que debe estar apagada.
- D) Luego de esto debemos enchufar el equipo a la corriente y activar el interruptor que corresponde a bombas y dejar recircular el fluido por todas las cañerías, debemos esperar por aproximadamente de 2 a 3 minutos.
- E) Con todos los pasos ya antes mencionado se procederá a la utilización del banco de pruebas.

4.1.2 Durante la actividad

Cuando el banco de pruebas este operando, será el operador el que decidirá las acciones que se realizaran. Esto siempre manteniendo la seguridad de los alumnos y del operador.

- A) Lo principal será seleccionar con que temperatura trabajara la caldera, este tiene un rango de 10 a 140 °C como máxima. Ya con eso podemos encender la caldera activando el interruptor, se demorará de 15 a 20 minutos en subir los primeros grados de temperatura del fluido.
- B) Después de haber dejado pasar este tiempo, se procederá a realizar las mediciones que se desean obtener en este caso ver el comportamiento del fluido en distintas zonas, como pueden ser las temperaturas de entrada y salida del fluido o las del fluido frio. Cabe mencionar que las mediciones que se desean realizar pueden ser distintas dependiendo del tipo de actividad que se desea realizar.
- C) Una anotación importante, cuando se está operando el equipo pueden haber variaciones de temperatura en el fluido debido a las distancias de las cañerías.
- D) Otro punto importante de mencionar es que el caudal que tendrá las bombas aumentadoras de presión y las cañerías de todo el circuito serán la misma, solo el caudal de las cañerías del estanque de agua refrigerante será mayor ya que eso está diseñado para bajar la temperatura del fluido.
- E) Si todos los pasos antes mencionados se realizan de forma correcta las actividades deberían ser realizadas sin mayores inconvenientes.

4.1.3 Después de la actividad

- 1) Luego de haber realizado la actividad y haber obtenido los datos importantes que tomaron los estudiantes, se procederá a que el intercambiador de calor baje su temperatura sin apagar las bombas, evitando así algún tipo de quemadura que esto podría provocar, luego apagar la caldera y cuando en el panel de control se refleje una temperatura menor se apagan las bombas y desmontar el enchufe del tomacorriente. Limpiar algún resto de agua u otro objeto no deseado y para terminar desplazar el equipo a algún lugar seguro dentro del taller.

Tabla 4-1. Mantenimiento para Componentes del banco de pruebas:

Componente	Actividad por realizar	Frecuencia de realización
Quemador	Limpieza	Anualmente
Intercambiador de calor	Inspección y limpieza	Anualmente
Mezcla aire-combustible	Ajuste	Cada 6 meses
Caldera y Ventilador	Inspección de funcionamiento	Mensualmente

Fuente: Creación Propia

Tabla 4-2. Mantenimiento recomendado para Sistemas de contención:

Componente	Actividad por realizar	Frecuencia de realización
Tanque y contenedores	Inspección visual para detectar corrosión y fugas	Anualmente
Tuberías y conexiones	Pruebas de presión y fugas	Anualmente
Válvulas y bombas	Lubricación y funcionamiento de pruebas	Anualmente
Sistema de sensores	Calibración y pruebas de sensores	Cada 6 meses

Fuente: Creación Propia

4.2. FUNCIONAMIENTO

A continuación, se explicará detalladamente el funcionamiento del banco de pruebas, de esta forma se podrá comprender mucho mejor como opera el banco de pruebas. Para comenzar los fluidos a utilizar están todos a distinta temperatura; con esto me refiero con el tanque de agua destilada y el tanque de agua refrigerada. Las bombas son las encargadas de realizar el desplazamiento de cada uno de estos por las cañerías, las cuales están diferenciadas por colores; Color rojo a temperatura máxima y las verdes a temperatura deseada o más baja, Cabe destacar que los fluidos circulan con el mismo caudal por todo el circuito. Todo empieza cuando el agua destilada ingresa a la caldera impulsada por la bomba, luego dentro de ella hay un serpentín de cobre que dentro circula el agua y va aumentando su temperatura a medida que va pasando, después de tomar la temperatura elevada sale de la caldera y viaja por la cañería hacia el intercambiador de calor. Dentro del intercambiador pasa la misma cañería del agua destilada y la envuelve otra cañería de mayor diámetro que esta tiene el fluido refrigerante que le baja la temperatura al agua destilada. El agua refrigerante ingresa al intercambiador impulsado por otra bomba y se devuelve al estanque así recirculando el agua para disminuir su temperatura. Luego se eso el agua destilada con la temperatura baja sale del intercambiador y se dirige nuevamente al estanque de agua destilada y así se repite el circuito hasta obtener la temperatura seleccionada en el panel de control. Todo esto será medido por termocuplas instaladas justo en la salida de la caldera, en la entrada del estanque de agua destilada y otra que medida a temperatura del agua refrigerante.

Otro punto importante de mencionar que por motivos del proceso de transferencia de calor que el fluido sufre dentro del intercambiador, llegará un momento por el tiempo de uso del equipo que nuestra temperatura bajará o se mantendrá constante por un equilibrio térmico.

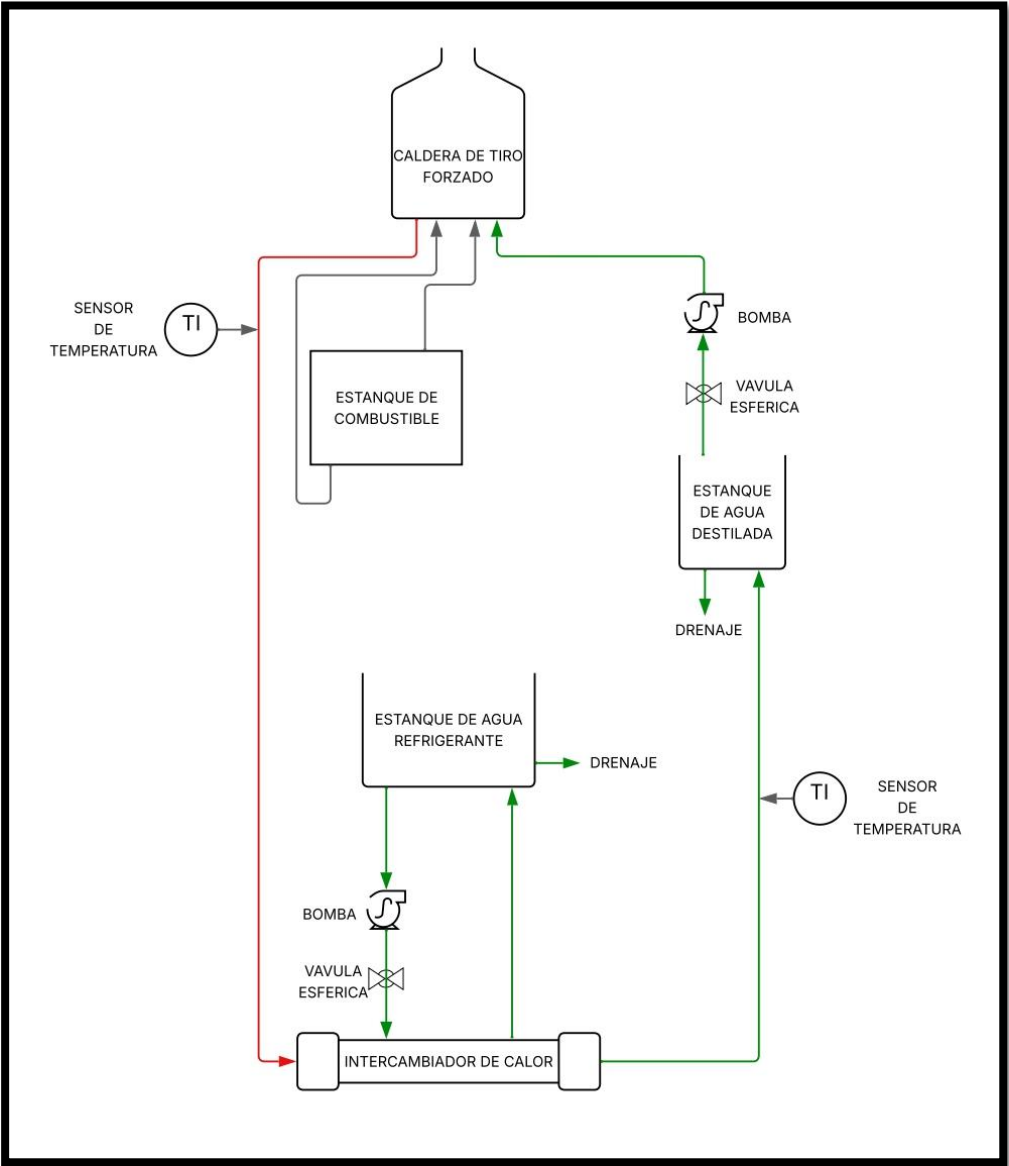


Figura 4-1. Diagrama de flujo del fluido

Fuente: Creación Propia

4.3. MANUAL DE SEGURIDAD

Lo primero que se hará es presentar un listado de los EPP necesarios para la utilización del banco de pruebas. Luego normas de seguridad las cuales se deberán cumplir al momento de estar operando el quipo igual que estar cerca de este.

4.3.1 Elementos de protección personal.

- ✓ Zapatos de seguridad (dieléctricos).
- ✓ Overol o delantal.
- ✓ Guantes (Operador).
- ✓ Gafas de seguridad.

4.3.2 Obligaciones.

Se llevará una lista de acciones prohibidas para poder evitar cualquier tipo de incidente durante la actividad.

- ✓ NO comer estando cerca del banco de pruebas.
- ✓ NO apoyarse donde no corresponde.
- ✓ NO tocar el intercambiador de calor durante la actividad.
- ✓ NO sacar los seguros de las ruedas durante la actividad.
- ✓ NO tocar los estanques de los fluidos.
- ✓ NO tocar la caldera.
- ✓ NO golpear la estructura.
- ✓ NO sobrepasar la línea de seguridad.
- ✓ NO manipular ninguna llave durante la actividad.

4.4. GUÍA DE ACTIVIDADES REALIZADAS.

El banco de pruebas de intercambiador de calor será de uso exclusivo para alumnos de la universidad o para casa abierta cuando esto se requiera, esto quiere decir que tendrá una ocupación de que se puedan realizar actividades en él. Esto llevara a generar un debate de comparación de obtención de datos entre los alumnos, y con datos prácticos.

4.4.1 Primera actividad realizada. (Ver anexo)

En esta primera actividad que se ha realizado se realizó un laboratorio escrito que se podrá revisar en los anexos, los objetivos de aprendizaje de esta actividad son familiarizarse con los componentes del banco de pruebas y su funcionamiento, también comprender el funcionamiento del banco de pruebas haciendo la actividad práctica en taller.

Las preguntas que fueron realizadas son las siguientes:

- 1) Realizar un levantamiento técnico de los componentes del banco de pruebas de transferencia de calor, utilizando imágenes que complementen la descripción técnica de cada elemento del circuito.
- 2) Elaborar un diagrama que explique detalladamente el funcionamiento del banco de pruebas de transferencia de calor.
- 3) ¿Qué acciones se pueden llevar a cabo con los gases generados por el banco de pruebas de transferencia de calor?

CAPÍTULO V:
DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

5. REGISTRO DE CÁLCULOS PARA BANCO DE PRUEBAS

5.1 Cálculo de volúmenes de los estanques

Calcular el volumen es crucial para:

- Determinar la cantidad de material necesario para un proyecto.
- Calcular la capacidad de contenedores y espacios.
- Facilitar el diseño y la planificación de estructuras.

Fórmula para calcular el volumen de un estanque:

$$\text{Volumen} = \text{Largo} \cdot \text{Ancho} \cdot \text{profundidad}$$

Estanque de agua destilada

Largo: 42 cm

Ancho: 23 cm

Profundidad: 42 cm

volumen (v): $42 \times 23 \times 42 = 40.572 \text{ cm}^3 \approx 40 \text{ L}$

Estanque de agua refrigerante

Largo: 46 cm

Ancho: 26 cm

Profundidad: 50 cm

volumen (v): $46 \times 26 \times 50 = 59.800 \text{ cm}^3 \approx 60 \text{ L}$

Estanque de combustible

Largo: 42 cm

Ancho: 42 cm

Profundidad: 23 cm

volumen (v): $42 \times 42 \times 23 = 40.572 \text{ cm}^3 \approx 40 \text{ L}$

5.2 Cálculo de flujo másico y de área de la sección transversal

Se calcula el flujo másico porque es esencial para controlar procesos y garantizar la precisión en aplicaciones donde la densidad del fluido cambia con la temperatura y la presión.

Fórmula para calcular el flujo masico:

$$M = \rho \cdot a \cdot v$$

ρ : Densidad del fluido

a: área de la sección transversal

V: velocidad del fluido

Fórmula para calcular área de la sección transversal:

$$A = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

A: área de la sección transversal

π : Numero pi (Su valor aproximado es 3.14159)

d: Diámetro externo de la tubería

Cálculo para tuberías de diámetro (1/2")

Cálculo área de la sección transversal:

$$\varnothing = 1/2'' = 0,0127 \text{ mts}$$

$$A = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

$$A = \pi \cdot \left(\frac{0,0127 \text{ m}}{2}\right)^2$$

$$A = 0,000126 \text{ m}^2$$

Cálculo de flujo masico del agua caliente:

Densidad del agua caliente: 983 kg/m³ (60°C)

Velocidad: 2 m/s

$$M = \rho \cdot a \cdot V$$

$$M = 983 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,000126 m^2 \cdot 2 \frac{m}{s}$$

$$M = 0,24 \frac{kg}{s}$$

Cálculo de flujo masico del agua fría:

Densidad del agua caliente: 997 kg/m³ (20°C)

Velocidad: 2 m/s

$$M = \rho \cdot a \cdot V$$

$$M = 997 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,000126 m^2 \cdot 2 \frac{m}{s}$$

$$M = 0,25 \frac{kg}{s}$$

Cálculo para tuberías de diámetro (3/4")Cálculo área de la sección transversal:

$$\varnothing = \frac{3}{4}'' = 0,019 mts$$

$$A = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

$$A = \pi * \left(\frac{0,019 m}{2}\right)^2$$

$$A = 0,000283 m^2$$

Cálculo de flujo masico del agua caliente:

Densidad del agua caliente: 983 kg/m³

Velocidad: 4 m/s

$$M = \rho \cdot a \cdot V$$

$$M = 983 \frac{Kg}{m^3} \cdot 0,000283 m^2 \cdot 4 \frac{m}{s}$$

$$M = 1,11 \frac{kg}{s}$$

Cálculo de flujo masico del agua fría:

Densidad del agua caliente: 997 kg/m³

Velocidad: 4 m/s

$$M = \rho \cdot a \cdot V$$

$$M = 997 \frac{Kg}{m^3} \cdot 0,000283 m^2 \cdot 4 \frac{m}{s}$$

$$M = 1,12 \frac{kg}{s}$$

5.3 Cálculo de caudales para las tuberías

Se calcula el caudal de agua para dimensionar sistemas, gestionar recursos hídricos de forma sostenible, garantizar la seguridad y la eficiencia. Permite saber cuánto volumen de agua pasa por un punto en un tiempo determinado.

Fórmula para calcular el caudal en una tubería:

$$Q = A \cdot V$$

Q: caudal

A: área de la sección transversal

V: Velocidad del fluido

Cálculo de caudal para tubería (½")

$$\text{Velocidad: } 2 \frac{m}{s}$$

$$Q = A \cdot V$$

$$Q = 0,000126 m^2 \cdot 2 \frac{m}{s}$$

$Q= 0,000252 \frac{m^3}{s} \approx 15,12 \frac{L}{min}$

Cálculo de caudal para tubería (¾”)

Velocidad: $4 \frac{m}{s}$

$Q = A \cdot V$

$Q= 0,000283 m^2 \cdot 4 \frac{m}{s}$

$Q= 0,0011 \frac{m^3}{s} \approx 66 \frac{L}{min}$

5.4 Condiciones iniciales de temperatura del intercambiador de calor

Estas condiciones son referentes a las temperaturas de agua caliente de entrada (T1= 62°C) y de salida (T2= 42°C) y la temperatura de agua refrigerante (T3= 20°C), estas temperaturas son debido a las condiciones de la bomba que tiene el banco de pruebas que es de 36 L/min, transformado a flujo masico 0,427 kg/s.

AGUA CALIENTE		AGUA FRIA	
T1 °C (entrada)	62	T3 °C	20
T2 °C (Salida)	42		

Tabla 5-1. Condiciones iniciales

Fuente: Creación Propia

5.4.1. Coeficiente global de transferencia de calor (U)

El coeficiente total de transferencia de calor, o valor U, se refiere a qué tan bien se conduce el calor a través de una serie de medios resistentes, en este caso 2 fluidos y sus fronteras. Sus unidades son W/(m2°C).

Fluido	Coeficiente de transferencia de calor por convección (h)
Agua	alrededor de 1000 W/(m² °C) [176 Btu/(hr-ft² °F)]
Agua caliente	1000 – 6000 W/(m² °C) [176 - 1057 Btu/(hr-ft² °F)]
Vapor	6000 – 15000 W/(m² °C) [1057 - 2641 Btu/(hr-ft² °F)]

Tabla 5-2. Coeficientes de transferencia de calor

Fuente: www.tlv.com

5.4.2. Calor real durante la transferencia

Calcular el calor real durante la transferencia de calor permite determinar la cantidad de energía que se pierde o gana, lo que es fundamental para diseñar sistemas de enfriamiento o calefacción efectivos, mejorar la productividad y reducir costos

Calor transferido del fluido caliente a la temperatura media:

$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$

Q: Calor transferido (en Joules, J).

$\dot{m}$: Flujo masico del fluido (en kg/s).

C_p : Calor específico de la sustancia (en J/kg·K).

ΔT : Cambio de temperatura ($T_{final} - T_{inicial}$, en Kelvin o °C).

Calculando el calor real según datos de la primera actividad realizada:

$62\text{ °C} \rightarrow 335,15\text{ °K}$

$42\text{ °C} \rightarrow 315,15\text{ °K}$

C_p : $4185 \frac{J}{Kg \cdot K}$

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$Q = 0,24 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} \cdot 4185 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot \text{K}} \cdot (335,15^\circ\text{K} - 315,15^\circ\text{K})$$

$$Q = 20088 \text{ W} \rightarrow 20,088 \text{ KW}$$

5.4.3. Temperatura esperada de salida del fluido frio del intercambiador de calor.

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Q: Calor transferido (en Joules, J).

$\dot{m}$: Flujo masico del fluido (en kg/s).

C_p : Calor específico de la sustancia (en J/kg·K).

ΔT : Cambio de temperatura ($T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$, en Kelvin o °C).

Despeje para la temperatura de salida (T_f):

- Primero, se despeja el cambio de temperatura (ΔT):

$$\Delta T = \frac{Q}{(C_p \cdot \dot{m})}$$

- Segundo, se sustituye ΔT por ($T_f - T_i$)

$$T_f - T_i = \frac{Q}{(C_p \cdot \dot{m})}$$

- Finalmente, se despeja T_2 sumando T_1 a ambos lados:

$$T_f = \frac{Q}{(C_p \cdot \dot{m})} + T_i$$

Calculando la temperatura esperada de salida del intercambiador de calor.

$$T_i: 20^\circ\text{C} \rightarrow 293,15^\circ\text{K}$$

$$\dot{m}: 4184 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$C_p: 1,12 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Reemplazando valores en la formula:

$$T_f = \frac{Q}{(C_p \cdot \dot{m})} + T_i$$

$$Tf = \frac{20088 \frac{J}{s}}{(1,12 \frac{kg}{s} \cdot 4184 \frac{J}{kg \cdot K})} + 293,15$$

$$Tf = 297,15 \text{ } ^\circ K \rightarrow 24,28 \text{ } ^\circ C$$

5.3. Eficiencia del intercambiador de calor

5.3.1. Propiedades térmicas de entrada del agua

Las propiedades a continuación están definidas para las condiciones máximas y mínimas de la temperatura del agua.

PROPIEDADES	AGUA CALIENTE 1 (62°C)	AGUA CALIENTE 2 (42°C)	AGUA FRIA (20°C)
CALOR ESPECIFICO (cp)	4186 J/kg·K	4180 J/kg·K	4184 J/kg·K
DENSIDAD (ρ)	980,6 kg/m³	993 kg/m³	997 kg/m³
VISCOSIDAD (μ)	4.53 x 10 ⁻⁴ kg/(m·s)	6.29 x 10 ⁻⁴ kg/(m·s)	1.00 x 10 ⁻³ kg/(m·s)

Tabla 5-3. Propiedades

Fuente: Creación Propia

a) Para definir los valores de efectividad, se deben definir las siguientes variables:

Q frio = Q caliente

Fórmula para flujo masico esperado para agua caliente:

$$\dot{m}f \cdot Cpf \cdot (Tfs - Tfe) = \dot{m}c \cdot Cpc \cdot (Tce - Tcs)$$

Cpf: Calor específico del fluido frio (en J/kg·K).

Cpc: Calor específico del fluido caliente (en J/kg·K).

mf: Flujo masico del fluido (en kg/s).

mc: Flujo masico esperado para el agua caliente (en kg/s).

Tfe: Temperatura de agua fría (°C).

Tce: Temperatura de agua caliente 1 (°C).

Tcs: Temperatura de agua caliente 2 (°C).

Calculando Flujo másico esperado para el agua caliente:

$$\dot{m}_f \cdot C_{pf} \cdot (T_{fs} - T_{fe}) = \dot{m}_c \cdot C_{pc} \cdot (T_{ce} - T_{cs})$$

$$0,24 \frac{Kg}{s} \cdot 4184 \frac{J}{Kg \cdot K} \cdot (33 - 20) = \dot{m}_c \cdot 4180 \frac{J}{Kg \cdot K} \cdot (62 - 42)$$

$$\dot{m}_c = \frac{(0,24 \frac{Kg}{s} \cdot 4184 \frac{J}{Kg \cdot K} \cdot (33 - 20))}{4180 \frac{J}{Kg \cdot K} \cdot (62 - 42)}$$

$$\dot{m}_c = 0,156 \frac{kg}{s}$$

b) La razón máxima posible de transferencia de calor (QMAX).

$$(20^\circ C) C_f = \dot{m}_f \cdot C_{pf}$$

$$0,24 \frac{Kg}{s} \cdot 4184 \frac{J}{Kg \cdot K} = 1004,16 \frac{J}{sK}$$

$$(62^\circ C) C_c = \dot{m}_c \cdot C_{pc}$$

$$0,156 \frac{Kg}{s} \cdot 4186 \frac{J}{Kg \cdot K} = 653,016 \frac{J}{sK}$$

$$C_c = C_{min} = 653,016 \frac{J}{sK}$$

Fórmula para calcular la razón mínima posible de transferencia

$$Q_{max} = C_{min} \cdot (T_{ce} - T_{fe})$$

Q_{max}: razón mínima posible de transferencia.

C_{min}: Calor específico mínimo.

T_{ce}: Temperatura de agua caliente.

T_{fe}: Temperatura de agua fría.

$$20^\circ C \rightarrow 293,15^\circ K$$

$$62^\circ C \rightarrow 335,15^\circ K$$

$$Q_{max} = 653,016 \frac{J}{sK} \cdot (335,15 - 293,15)$$

$$Q_{max} = 27426,67 \frac{J}{s} \approx 27,426 KW$$

C) calcular eficiencia del intercambiador de calor.

$$\varepsilon = \frac{Q_{Real}}{Q_{Max}} = \frac{20,088 \text{ KW}}{27,426 \text{ KW}}$$

$$\varepsilon = 0,73 \sim 73\%$$

*Según el resultado de la eficiencia del intercambiador es de un 73%, esto quiere decir que el intercambiador está transfiriendo una cantidad de energía térmica que es el 73% de la que podría transferir teóricamente si fuera perfecto (100%), logrando un buen balance térmico.

5.3.2. Presión dentro de la tubería

Para poder calcular la presión interna de las tuberías debemos utilizar la ecuación de Bernoulli simplificada para poder calcular las presiones en un punto específico que una requiera medir.

La ecuación de Bernoulli establece que la suma de la presión estática, la energía cinética por unidad de volumen y la energía potencial por unidad de volumen es constante a lo largo de una línea de corriente de un fluido incompresible en un flujo estacionario.

Su fórmula es la siguiente:

$$P1 + \frac{1}{2}\rho \cdot v1^2 + \rho \cdot g \cdot h = P2 + \frac{1}{2}\rho \cdot v2^2 + \rho \cdot g \cdot h2$$

P: Presión del fluido (presión estática).

ρ : Densidad del fluido (m/V).

V: Velocidad del fluido en la sección transversal.

g: Aceleración de la gravedad (aproximadamente $9.8m/s^2$).

h: Altura o cota del fluido con respecto a una línea de referencia

Presión Dinámica

La presión dinámica es la presión generada por el movimiento de un fluido (líquido o gas) y representa su energía cinética por unidad de volumen, siendo un componente clave en la ecuación de Bernoulli y crucial en aerodinámica para calcular la velocidad y fuerzas sobre un objeto en movimiento, como un avión.

$$Pd: \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$$

Presión Hidrostática

La presión hidrostática es la presión que ejerce un fluido en reposo debido al peso de la columna de líquido sobre un punto, y es directamente proporcional a la profundidad y la densidad del fluido.

$$Ph: \rho \cdot g \cdot h$$

Calculando presión dinámica (Pd) y presión hidrostática (Ph) del fluido caliente (62°C):

$$V: 2 \frac{m}{s}$$

$$H: 0,50 \text{ mts.}$$

$$\rho: 980,6 \frac{kg}{m^3}$$

$$g: 9,8 \frac{m}{s^2}$$

Presión Dinámica:

$$Pd: \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$$

$$Pd: \frac{1}{2} \cdot (980,6 \frac{kg}{m^3}) \cdot (2 \frac{m}{s})^2$$

$$Pd: \frac{1}{2} \cdot (980,6 \frac{kg}{m^3}) \cdot (4 \frac{m^2}{s^2})$$

$$Pd: 1961,2 \frac{kg}{m \cdot s^2} \sim Pa$$

Presión hidrostática:

$$Ph: \rho \cdot g \cdot h$$

$$Ph: 980,6 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 0,50 m$$

$$Ph: 4802 \frac{kg}{m \cdot s^2} \sim Pa$$

Suma de presión dinámica y presión hidrostática:

$$Pd+Ph= 1961,2 \frac{kg}{m \cdot s^2} + 4802 \frac{kg}{m \cdot s^2}$$

$$= 6763,2 \frac{kg}{m \cdot s^2} \sim pa$$

$$= 0,9809 Psi.$$

Calculando presión dinámica (Pd) y presión hidrostática (Ph) del fluido frio (20°C):

$$V: 4 \frac{m}{s}$$

$$H: 0,50 mts.$$

$$\rho: 997 \frac{kg}{m^3}$$

$$g: 9,8 \frac{m}{s^2}$$

Presión Dinámica:

$$Pd: \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$$

$$Pd: \frac{1}{2} \cdot (997 \frac{kg}{m^3}) \cdot (4 \frac{m}{s})^2$$

$$Pd: \frac{1}{2} \cdot (997 \frac{kg}{m^3}) \cdot (8 \frac{m^2}{s^2})$$

$$Pd: 3988 \frac{kg}{m \cdot s^2} \sim Pa$$

Presión hidrostática:

$$Ph: \rho \cdot g \cdot h$$

$$Ph: 997 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 0,50 m$$

$$Ph: 4885,3 \frac{kg}{m \cdot s^2} \sim Pa$$

Suma de presión dinámica y presión hidrostática:

$$Pd+Ph= 3988 \frac{kg}{m \cdot s^2} + 4885,3 \frac{kg}{m \cdot s^2}$$

$$= 8873,3 \frac{kg}{m \cdot s^2} \sim Pa$$

$$= 1,286 Psi.$$

*Como en conclusión según los valores obtenidos, tenemos que la presión del fluido frío tiene mayor presión en la tubería en comparación con el fluido caliente esto es debido que según lo investigado, es que el fluido frío dentro una tubería tiende a tener mayor presión, esto se produce gracias a que su densidad es mayor que la del fluido caliente.

CAPÍTULO VI:
EVALUACIÓN ECONÓMICA

6. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En este capítulo se presentará un análisis de evaluación económica con respecto al plan de Mantenimiento preventivo propuesto para el banco de pruebas de intercambiador de calor. El objetivo principal es poder evaluar la rentabilidad de la inversión mediante la estimación de ahorros que en este caso es anual, esto es para evitar problemas o fallas a futuro del sistema, que esto involucra costos en temas de reparación y también para tener una mejor eficiencia de forma operativa en el banco de pruebas.

Los ahorros esperados son calculados considerando el impacto de la implementación de un mantenimiento preventivo en los costos operativos para el banco de pruebas, estos se detallarán más adelante en el desarrollo de este proyecto. Ya que estos ahorros se utilizarán para calcular el VAN (Valor Actual Neto). Todo esto es con el fin de poder determinar la sostenibilidad financiera de la inversión a largo plazo.

6.1.VAN: Valor Actual Neto:

Es un tipo de herramienta financiera que nos permite básicamente Poder evaluar la rentabilidad de un proyecto al descontar los flujos de caja futuros a su valor presente utilizando una tasa de descuento óptima. Ya que, en este proyecto, el van se ejecutará básicamente para poder terminarse la inversión en el mantenimiento preventivo del carro de corte nos generara un valor positivo, considerando ahorros anuales que resultan de la mejor eficiencia operativa respecto a la disminución de fallas imprevistas y la menor necesidad de reparaciones.

Debido a que se basa en ahorros que son esperados de alguna forma a lo largo de un período de evaluación ya que nos permite determinar si el beneficio generado por la implementación del plan de mantenimiento supera el costo inicial de la inversión que se ha hecho.

A continuación, se presentará el cálculo del van para este proyecto utilizando una tasa de descuento del 10% y un periodo de evaluación de 1 año.

Ahorro anual:

El ahorro que es anual es debido al resultado del mantenimiento preventivo, ya que se estima en base a los beneficios que se logrará en el período de 1 año de implementación este beneficio proviene de 3 áreas principales que impactarán de manera directa en el banco de pruebas.

6.2. Reducción de indisponibilidad:

El mantenimiento preventivo nos permite poder llegar a identificar y abordar problemas que son menores antes de que causen fallas graves que requieran reparaciones costosas o cambiar componentes costosos.

En este caso como tenemos un equipo que no se usa diariamente pero igual debería estar operativo para cualquier actividad que se genere, el banco de pruebas debe estar disponible y también afecta costos adicionales de reparación.

- Tiempo de inactividad
- Costos de reparación (Menores)

6.3. Ahorro en reparaciones mayores:

El mantenimiento preventivo nos ayuda a poder evitar reparaciones que tienen un valor muy alto, ya que se generan si las fallas son críticas

Los reemplazos o las reparaciones de componentes que son críticos en este banco de pruebas son importantes como el intercambiador de calor o la caldera de tiro forzado pueden tener un alto costo si no se previenen y a través de un mantenimiento regular se estima un ahorro de 1.600.000 pesos anuales para poder hacer reparaciones que sean mayores muy complejas.

- Reemplazo de intercambiador de calor.
- Reemplazo de caldera de tiro forzado.
- Reemplazo de bomba de inyección para quemador de Diésel.

6.4. Mejora en la eficiencia operativa:

Con el Banco de pruebas en buen estado se mejora la eficiencia operativa del equipo, lo que nos traduce de alguna forma en un mayor rendimiento respecto de eficiencia del banco de pruebas y una disminución de costos que son operativos por un consumo de recursos optimizados.

Se estima que para poder mejorar la eficiencia operativa del equipo en general un ahorro anual de 1.600.000 aproximadamente según el valor de los componentes más crítico (Caldera, intercambiador de calor y bomba inyectora para quemador Diésel)

- Ahorro por menor desgaste de los componentes críticos.
- Ahorro por mayor productividad.

El periodo de 3 años se seleccionó básicamente para poder capturar el impacto completo del mantenimiento preventivo por medio del equipo sobre los ahorros que son generados. En los 2 primeros años, se logra esperar que los ahorros que sean acumulados sean más visibles y cumpliendo el tercer año los beneficios deberían ser completamente reales con una mayor disminución de costos y mejoras operativas que son continuas.

Dicho período se puede decir que es adecuado porque no se lo permite ahorros progresivos sino también porque permite llegar a cubrir el ciclo completo de las evaluaciones y mantenimiento preventivo maximizando la vida útil del equipo de una forma más eficaz y confiable.

6.5. Cálculo de VAN (Valor Actual Neto)

El VAN (Valor Actual Neto) sirve para evaluar la rentabilidad de una inversión o proyecto, determinando si es rentable o no. Se calcula actualizando los flujos de caja futuros (cobros y pagos) y restando la inversión inicial. Si el VAN es positivo, la inversión es rentable; si es cero, recupera la inversión sin ganancias ni pérdidas; y si es negativo, el proyecto no es favorable.

Su fórmula:

$$VAN: -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t}$$

I_0 : inversión inicial

FC_t : Flujo de caja en el periodo t

K : Tasa de descuento (Costo de capital)

t : Período de tiempo

Aplicando la fórmula:

$$VAN: -134.800 + \frac{134.800}{(1+0.10)^1} + \frac{134.800}{(1+0.10)^2} + \frac{134.800}{(1+0.10)^3}$$

Año 1: $\frac{134.800}{(1.10)^1} = \frac{134.800}{1.10} = 122.545,45$

Año 2: $\frac{134.800}{(1.10)^2} = \frac{134.800}{1.21} = 111.404,95$

Año 3: $\frac{134.800}{3} = \frac{134.800}{1.331} = 101.277,23$

$VAN: - 134.800 + 122.545,45 + 111.404,95 + 101.277,23$

$VAN: - 134.800 + 335227,63$

$VAN: 200.427,63$

*Como el Valor Actual Neto es mayor que 0 podemos decir que el proyecto es rentable, crea valor. La inversión genera una rentabilidad superior a la exigida (El 10% en este caso).

	Valor (CLP)
Ahorro Anual con mantenimiento	1.600.000 CLP
Costo anual de mantenimiento	134.800 CLP
Tasa de descuento (%)	0,10
VAN	200.427,63

Tabla 6-1. VAN (Valor Actual Neto)

Fuente: Creación Propia

Costo anual del mantenimiento:

Se puede calcular a partir del costo anual y cada 6 meses de mantenimiento preventivo, qué mencionamos como resultado de 67.400 pesos anualmente y 33.700 cada 6 meses (2 veces al año 67.400). Como el mantenimiento se realiza cada 6 meses y anualmente lo multiplicamos por el costo de cada 6 meses.

Componente	Actividad por realizar	Frecuencia de realización
Mezcla aire-combustible.	Ajuste.	Cada 6 meses
Sistema de sensores.	Calibración y pruebas de sensores.	Cada 6 meses

Tabla 6-2. Mantenimientos cada 6 meses

Fuente: Creación Propia

Componente	Actividad por realizar	Frecuencia de realización
Intercambiador de calor.	Inspección Y limpieza.	Anualmente
Quemador.	Limpieza.	Anualmente
Caldera y ventilador.	Inspección de funcionamiento.	Anualmente
Tuberías y conexiones.	Pruebas de presión y fugas.	Anualmente
válvulas y bombas.	lubricación y funcionamiento de pruebas.	Anualmente
Tanque y contenedores.	Inspección visual para detectar corrosión y fugas.	Anualmente

Tabla 6-3. Mantenimiento Anual

Fuente: Creación Propia

Frecuencia	Descripción del MTTO	Herramienta y equipos	Personal	Duración de actividades	Valor X Hora	Costo Total CLP
Anualmente	Limpieza de quemador de caldera.	-Cepillo de metal. -Aire comprimido.	-Mecánico.	1 hrs	8.425 CLP	8.425 CLP
Anualmente	Inspeccionar corrosión y limpieza de intercambiador.	-Inspección visual. -Cepillos o productos químicos.	-Mecánico.	1 hrs	8.425 CLP	8.425 CLP
Anualmente	Inspección de buen funcionamiento de caldera y ventilador.	-Inspección visual.	-Mecánico.	1 hrs	8.425 CLP	8.425 CLP
Anualmente	Inspección visual para detectar corrosión y fugas de tanques y contenedores.	-Inspección visual.	-Mecánico.	1 hrs	8.425 CLP	8.425 CLP
Anualmente	Pruebas de presión y fugas de tuberías y conexiones.	-Manómetro de presión.	-Mecánico.	3 hrs	8.425 CLP	25.275 CLP
Anualmente	Inspección de buen funcionamiento de pruebas de válvulas y bombas.	-Inspección visual.	-Mecánico.	1 hrs	8.425 CLP	8.425 CLP
TOTAL						67.400 CLP

Tabla 6-4. Inspección Anual

Fuente: Creación Propia

Frecuencia	Descripción del MTTO	Herramienta y equipos	Personal	Duración de actividades	Valor X Hora	Costo Total CLP
Cada 6 meses	Ajuste de mezcla aire-combustible.	-Llave Allen.	-Mecánico.	1 hrs	8.425 CLP	8.425 CLP
Cada 6 meses	Calibración y pruebas de sensores.	-Calibrador de procesos multifunción. -Termómetro de referencia certificado.	-Mecánico.	3 hrs	8.425 CLP	25.275 CLP
TOTAL						33.700 CLP 67.400 (2 veces al año) CLP

Tabla 6-5. Inspección cada 6 meses

Fuente: Creación Propia

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

El desarrollo de este proyecto permitió cerrar la brecha técnica y documental que existía desde la adquisición del equipo en 2023, logrando transformar un activo físico sin respaldo informativo en una herramienta pedagógica funcional. A través del análisis de los resultados, se extraen las siguientes conclusiones fundamentales:

En primer lugar, la validación técnica del intercambiador de tubos concéntricos arrojó una eficiencia térmica del 73%. Este valor indica que el sistema logra un equilibrio térmico óptimo para fines educativos, permitiendo que los estudiantes observen una transferencia de energía real y medible que no solo se queda en la teoría, sino que se manifiesta en un rendimiento operativo sólido bajo condiciones controladas.

En términos de Gestión del Conocimiento, el proyecto cumplió con la meta de convertir el conocimiento táctico e implícito del manejo del equipo en conocimiento explícito. La creación de manuales de uso, guías de laboratorio y fichas técnicas asegura que el capital intelectual no se pierda con el egreso de los estudiantes o el cambio de personal docente, facilitando la continuidad académica y la eficiencia del taller operativo.

Desde la perspectiva de la mecánica de fluidos, las pruebas experimentales confirmaron que la densidad del fluido influye directamente en la presión dentro de las tuberías. Se observará que el fluido frío presenta una presión ligeramente mayor (1.286 Psi) en comparación con el fluido caliente (0.9809 Psi), lo que valida los principios de la ecuación de Bernoulli y la relación entre temperatura, densidad y presión dinámica en un circuito cerrado.

Finalmente, la evaluación económica ratifica la sostenibilidad del proyecto. El cálculo del Valor Actual Neto (VAN) resultó en 200.427,63 CLP, lo que demuestra una rentabilidad positiva considerando una tasa de descuento del 10%. Este análisis subraya que la inversión en un plan de mantenimiento preventivo, valorado en 134.800 CLP anuales, es financieramente más responsable de enfrentar reparaciones correctivas mayores que podrían superar los 1.600.000 CLP.

RECOMENDACIONES

Para garantizar la vida útil del banco de pruebas y maximizar su impacto en la formación de los futuros ingenieros, se proponen las siguientes líneas de acción:

Es imperativo adherirse de forma rigurosa al calendario de mantenimiento preventivo diseñado en este estudio. Se recomienda realizar la limpieza del quemador y la inspección del intercambiador de calor de forma anual, mientras que la calibración de sensores y el ajuste de la mezcla aire-combustible deben ejecutarse cada seis meses para evitar derivas en las mediciones y garantizar una combustión eficiente.

En cuanto a la seguridad operativa, se debe supervisar estrictamente el cumplimiento de las normas establecidas. Es fundamental que ningún estudiante opere el equipo sin los Elementos de Protección Personal (EPP) básicos, especialmente el calzado dieléctrico y las gafas de seguridad, dada la proximidad a componentes eléctricos y superficies que pueden alcanzar temperaturas de hasta 140 °C. Asimismo, se recomienda mantener el área de trabajo ventilada para la correcta evacuación de los gases de la caldera de tiro forzado.

Para futuras investigaciones, se sugiere utilizar la base de datos y los registros de cálculos generados en este informe como punto de partida para estudios más complejos, como el análisis del comportamiento del equipo con flujos a contracorriente o la evaluación de diferentes tipos de fluidos refrigerantes. Esto permitiría comparar la eficiencia actual del 73% con nuevos ajustes operativos.

Finalmente, se recomienda la actualización periódica de las guías de laboratorio. A medida que el equipo sufra desgaste natural por el uso, los parámetros de presión y temperatura podrían variar ligeramente; por ello, es vital que los docentes encargados registren cualquier anomalía en la lista de verificación de mantenimiento para mantener la exactitud de los datos entregados a los alumnos en las experiencias prácticas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Knowledge Management,” May 2025, doi: 10.5281/zenodo.15533264.
- [2] B. R. Pass and A. Szejniuk, “Knowledge as a condition for the development of an organization,” pp. 544–560, Aug. 2025, doi: 10.13166/awsge/211074.
- [3] E. S. Mundhe, “An analytical study of knowledge management,” *International Journal of Multifaceted and Multilingual Studies*, vol. 3, no. 3, Mar. 2016.
- [4] V. N. Xuan, “Knowledge management in business and education: Evidence from Vietnam companies and universities,” July 2024, doi: 10.60692/zadyj-skr30.
- [5] M. Oseledchik, V. Inozemtsev, M. Ivleva, and V. Ivlev, “Logical-Philosophical Approach to the Interpretation of the Concept of Knowledge,” Jan. 2017, doi: 10.2991/ICELAIC-16.2017.74.
- [6] T. Li, W. Zhao, and Y. Zhang, “Research on Method of Knowledge Classification for Supporting Product Creative Design,” *Advanced Materials Research*, pp. 1142–1147, Oct. 2010, doi: 10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMR.139-141.1142.
- [7] L. Qi, X. An, S. Zhang, and X. Wang, “Research on Knowledge Gap Identification Method in Innovative Organizations under the ‘Internet+’ Environment,” *Information-an International Interdisciplinary Journal*, vol. 11, no. 12, p. 572, Dec. 2020, doi: 10.3390/INFO11120572.
- [8] IBM. (s.f.). *¿Qué es la gestión del conocimiento?* <https://www.ibm.com/mx-es/topics/knowledge-management>
- [9] G. Sullivan and C. Edmondson, “Heat and temperature,” *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain*, vol. 8, no. 3, pp. 104–107, June 2008, doi: 10.1093/BJACEACCP/MKN014.
- [10] G. P. Beretta and E. P. Gyftopoulos, “What is Heat,” *Journal of Energy Resources Technology-transactions of The Asme*, vol. 137, no. 2, p. 021006, Mar. 2015, doi: 10.1115/1.4026382.
- [11] D. D. Ganji, Y. Sabzehmeidani, and A. Sedighiamiri, “Conduction–Convection Heat Transfer,” pp. 35–104, Jan. 2018, doi: 10.1016/B978-0-12-812024-8.00002-3.
- [12] P. von Böckh and T. Wetzel, “Thermal conduction in static materials,” pp. 17–75, Jan. 2012, doi: 10.1007/978-3-642-19183-1_2.
- [13] Mazzoco, R. R. (2001). Fundamentals of heat transfer. En *Fundamentals of Heat Transfer* (pp. 1-16). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203907931-16>

- [14] B. Zohuri and N. Fathi, "Forced Convection Heat Transfer," pp. 267–285, Jan. 2015, doi: 10.1007/978-3-319-17434-1_9.
- [15] J. Padet, "Convection thermique et massique - Principes généraux," Aug. 2015, doi: 10.51257/A-V1-BE8205.
- [16] D. D. Ganji, Y. Sabzehmeidani, and A. Sedighiamiri, "Conduction–Convection Heat Transfer," pp. 35–104, Jan. 2018, doi: 10.1016/B978-0-12-812024-8.00002-3.
- [17] E. G. Varuvel, A. Sonthalia, F. Aloui, and C. G. Saravanan, "Basics of heat transfer: Convection," pp. 35–77, Jan. 2023, doi: 10.1016/b978-0-443-19017-9.00033-7.
- [18] K. O. Bjork, "Preface," *E3S web of conferences*, vol. 336, pp. 00001–00001, Jan. 2022, doi: 10.1051/e3sconf/202233600001.
- [19] B. Zohuri and N. Fathi, "Forced Convection Heat Transfer," pp. 267–285, Jan. 2015, doi: 10.1007/978-3-319-17434-1_9.
- [20] G. Nellis and S. A. Klein, "Heat Transfer: EXTERNAL FORCED CONVECTION," Jan. 2008, doi: 10.1017/CBO9780511841606.007.
- [21] K. O. Bjork, "Preface," *E3S web of conferences*, vol. 336, pp. 00001–00001, Jan. 2022, doi: 10.1051/e3sconf/202233600001.
- [22] M. F. Modest and D. C. Haworth, "Radiation properties, RTE solvers, and TRI models," pp. 43–83, Jan. 2016, doi: 10.1007/978-3-319-27291-7_3.
- [23] H. Nemati, M. M. Ardekani, J. Mahootchi, and J. P. Meyer, "Heat exchanger classifications," pp. 3–5, Jan. 2024, doi: 10.1016/b978-0-443-13902-4.00021-4.
- [24] M. I. Ahmad and S. Riffat, "Heat Exchanger: The Heart of Energy Recovery System," pp. 25–42, Jan. 2020, doi: 10.1007/978-3-030-50006-1_4.
- [25] E. G. Varuvel, A. Sonthalia, F. Aloui, and C. G. Saravanan, "Basics of heat transfer: Heat exchanger," pp. 79–93, Jan. 2023, doi: 10.1016/b978-0-443-19017-9.00016-7.
- [26] W. Y. Jin and W. C. Ho, "Double pipe heat exchanger," Aug. 2016.
- [27] I. Makoto, Y. Ken, Y. Makoto, N. Ryota, and O. Junichi, "Double pipe-type heat exchanger," Aug. 2019.
- [28] H. Nemati, M. M. Ardekani, J. Mahootchi, and J. P. Meyer, "Double-pipe (hairpin) heat exchangers," pp. 153–154, Jan. 2024, doi: 10.1016/b978-0-443-13902-4.00005-6.
- [29] Y. T. Seung, "Double pipe type heat exchanger," July 2013.
- [30] N. H. Saeid and K. N. Seetharamu, "Finite element analysis for co-current and counter-current parallel flow three-fluid heat exchanger," *International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow*, vol. 16, no. 3, pp. 324–337, Apr. 2006, doi: 10.1108/09615530610649744.
- [31] R. P. Stein, "The Graetz Problem in Cocurrent-Flow, Double-Pipe, Heat Exchangers," Sept. 1964, [Online]. Available: <https://www.osti.gov/servlets/purl/12465251>
- [32] W. Wang, C. Jin, X. Zhang, and G. Yi, "Concurrent flow finned heat exchanger," Apr. 2011.
- [33] P. Zheng and Z. Dong, "Cocurrent flow condenser," June 2008.

- [34] F. Jingzhong, C. Qiming, and L. Fujian, "Parallel flow heat exchanger and air conditioner," Aug. 2017.
- [35] K. Astawa, I. Surya, and I. G. N. P. Tenaya, "Analisis Efektivitas Perpindahan Panas pada Alat Penukar Panas Jenis Water to Water," *JMPM (Jurnal Material dan Proses Manufaktur)*, vol. 6, no. 1, Aug. 2022, doi: 10.18196/jmpm.v6i1.14896.
- [36] H. Uddhage, S. Kumbhare, and K. K. Thakur, "Design and development of shell and tube heat exchanger by," Jan. 2016.
- [37] I. Dincer and C. Zamfirescu, "1.5 Thermodynamic Aspects of Energy," pp. 153–211, Jan. 2018, doi: 10.1016/B978-0-12-809597-3.00105-X.
- [38] J. Kim, "Advanced power generation systems," Nov. 2022, doi: 10.1201/9781003328087.
- [39] M. D. P. BORGES, "On relativistic temperature," July 2023, doi: 10.48550/arxiv.2307.00354.
- [40] W. Mwangi, "Energy efficiency of an electric drive including the thermal feedback from the cooling loop," Jan. 2018.
- [41] A. Haury and J. Volkering, "Modelisation of the engine coolant warming-up behavior," Jan. 2011.
- [42] V. Uruba, "Reynolds Number in Laminar Flows and in Turbulence," vol. 2118, no. 1, p. 020003, June 2019, doi: 10.1063/1.5114728.

ANEXOS

Anexo 9-1. CHECKLIST BANCO DE PRUEBAS



Plantilla Hoja de verificación

LISTA DE CHEQUEO:

Equipo/proyecto: Banco de Pruebas intercambiador de calor

Fecha: 04-06-24

Ubicación: Taller Mecánico USM.

Observador: Bastian Klaus

1. Componentes usados

¿Los componentes usados son correctos?

☒

SI

☐

NO

☐

N/A

¿Se poseen los registros de recepción de los componentes?

☒

SI

☐

NO

☐

N/A

¿Los componentes están en perfecto estado?

☒

SI

☐

NO

☐

N/A

2. Actividades realizadas

¿Se siguieron los procedimientos?

☒

SI

☐

NO

☐

N/A

¿Las pruebas realizadas son exitosas?

☒

SI

☐

NO

☐

N/A

3. Incidencias

¿Producto final conforme?

☒

SI

☐

NO

☐

N/A

¿Existe alguna incidencia relacionada?

☒

SI

☐

NO

☐

N/A

4. Tiempos de producción

¿Existieron retrasos en la fabricación?

☐

SI

☐

NO

☐

N/A

¿Cumple con la calidad esperada?

☒

SI

☐

NO

☐

N/A

5. Entrega

¿El equipo se entrega calibrado/verificado?

☒

SI

☐

NO

☐

N/A

¿Producto conforme a las especificaciones del cliente?

☒

SI

☐

NO

☐

N/A

Observaciones

la conexión de salida del intercambiador tenía una fuga y se corrigió inmediatamente.

las vías de la Bomba de combustible venían invertidas y se modificó inmediatamente.

Firma Observador

Firma Representante



LABORATORIO - BANCO DE PRUEBA
TRANSFERENCIA DE CALOR

Identificación del grupo de trabajo		
Nombres y apellidos:		
Fecha: 27 junio 2024		
Docente: Ariel Zañez Rubilar		
Puntaje Máximo: 100	Puntaje obtenido:	Nota:

Objetivo del laboratorio

- Familiarizarse con los componentes del banco de pruebas de transferencia de calor y su funcionamiento.
- Comprender el funcionamiento del banco de pruebas a través de ensayos prácticos."

Ítem 1: Desarrollar en los espacios asignados los siguiente:

Realizar un levantamiento técnico de los componentes del banco de pruebas de transferencia de calor, utilizando imágenes que complementen la descripción técnica de cada elemento del circuito.
(40 pts.)



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA

"Elaborar un diagrama que explique detalladamente el funcionamiento del banco de pruebas de transferencia de calor. (40 puntos)"

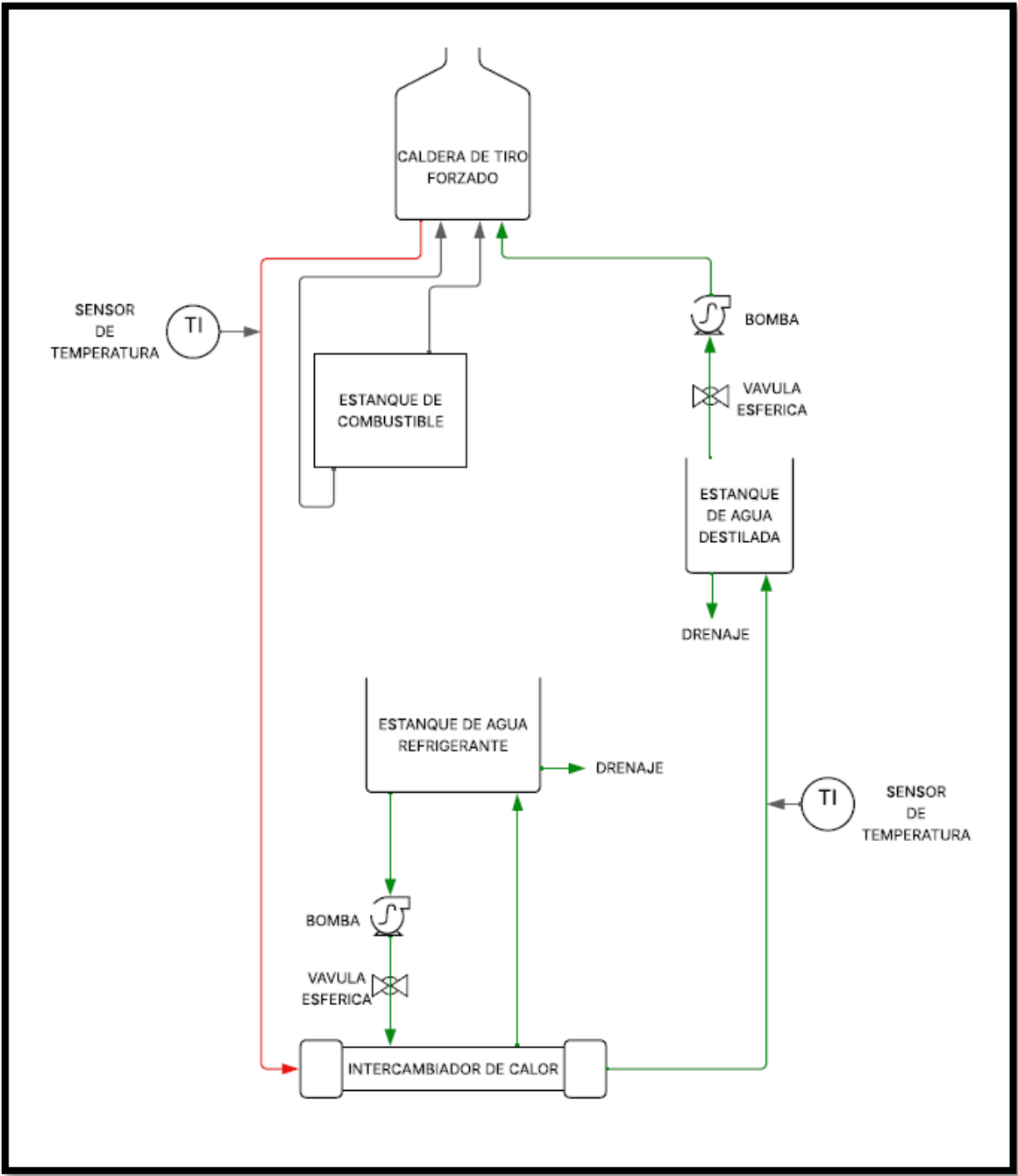
Ítem 2: Pregunta de investigación



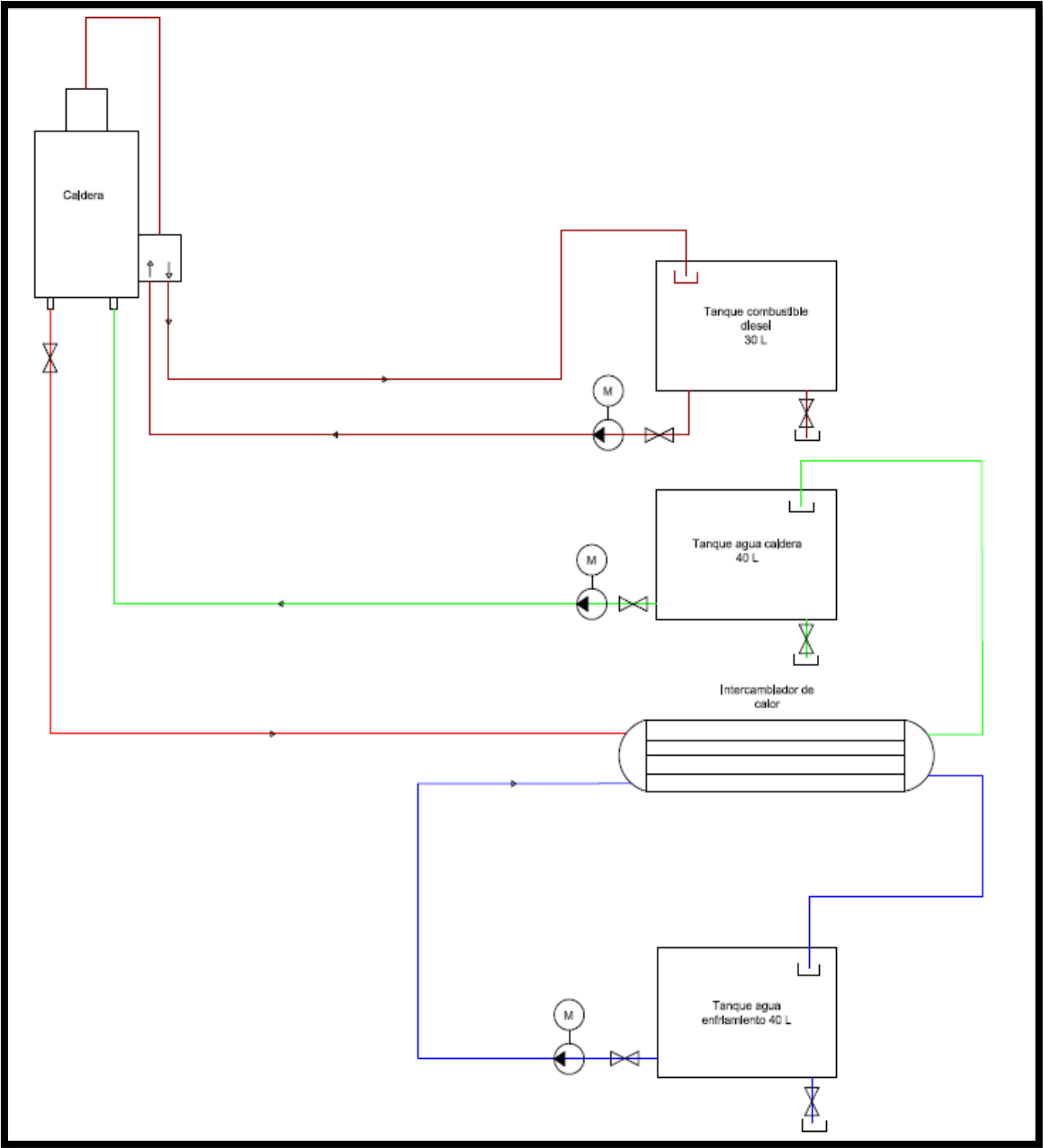
UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA

¿Qué acciones se pueden llevar a cabo con los gases generados por el banco de pruebas de transferencia de calor? Fundamente:

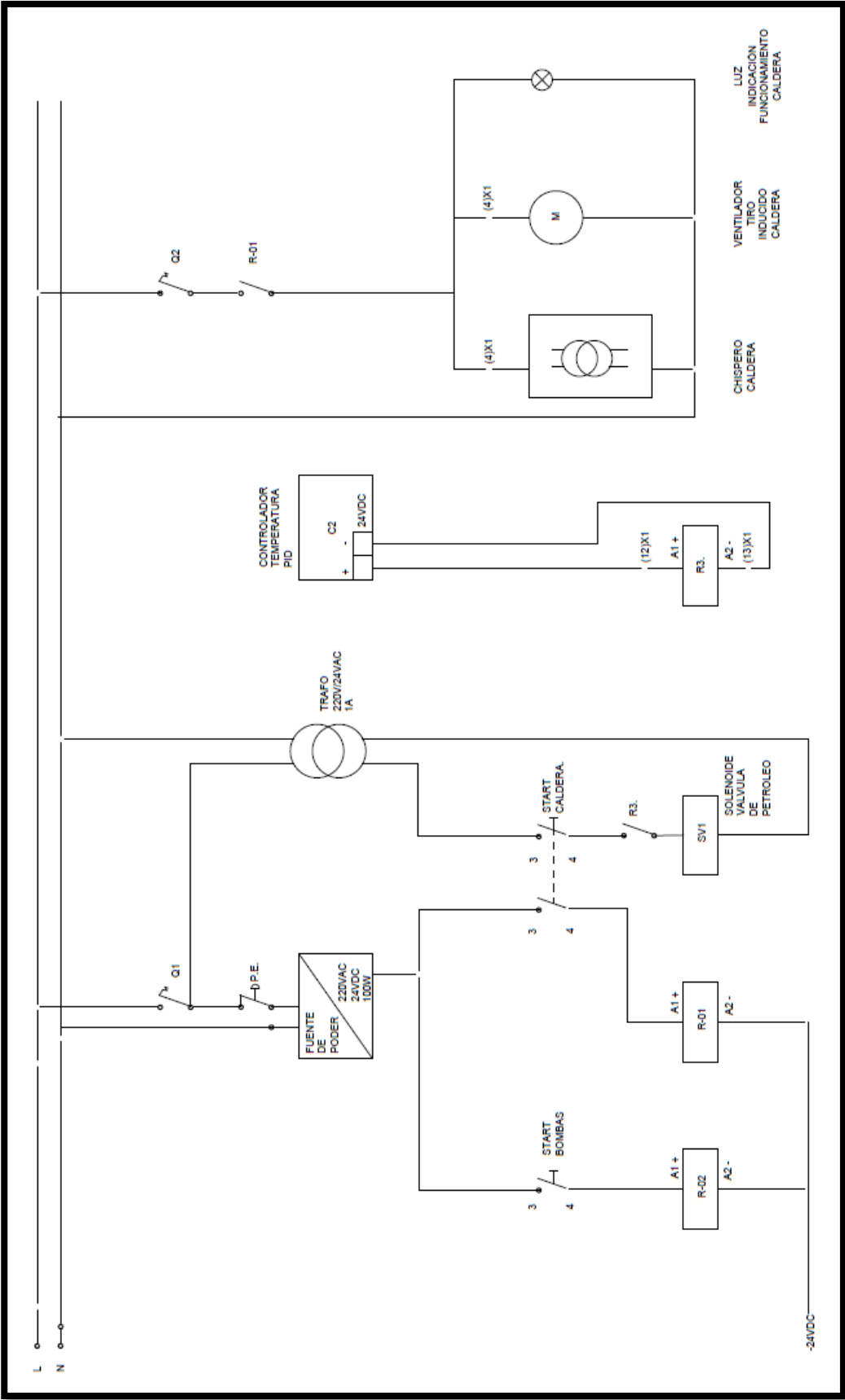
Anexo 9-3. Diagrama de flujo de agua



Anexo 9-4. Plano de circuito hidráulico y Diesel caldera



Anexo 9-5. Plano de diagrama de tablero eléctrico 1



Anexo 9-6. Plano de diagrama de tablero eléctrico 2

