



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE
REAPROVECHAMIENTO DE
ENERGÍA MEDIANTE METODOLOGÍA
PINCH EN PLANTA SALSAS Y UNTABLES,
ALIMENTOS POLAR C.A.**

Autor:

Santiago Andrés Rivera Parra

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INDUSTRIAL

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE REAPROVECHAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE
METODOLOGÍA PINCH EN PLANTA SALSAS Y UNTABLES,
ALIMENTOS POLAR C.A.**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL

Autor:

Santiago Andrés Rivera Parra

Tutora:

Ing. Yndira Rodríguez Aguirre

San Diego, junio de 2023



ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado: Diseño de un sistema de sea postedramiento de energía mediante metodología Pinch en Planta Salsas y Untables, Alimentos Polar, CA.

Realizado por el (la) Br. Santiago Rivera

C.I. N° 28.082.789 cursante de la carrera de Industrial

hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

APROBADO

NO APROBADO

Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: Andira Rodríguez
C.I.: 11547002

El Jurado

Jurado
Nombre: MANUEL DUARTE
C.I.: 6.977.778

Jurado
Nombre:
C.I.:

Fecha: 03/07/23



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL
TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, Yndira Rodríguez Aguirre, portador de la cédula de identidad N° 11.547.002, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Santiago Andrés Rivera Parra, portador de la cédula de identidad N° 28.082.789, titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE REAPROVECHAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE METODOLOGÍA PINCH EN PLANTA SALSAS Y UNTABLES, ALIMENTOS POLAR C.A.**, presentado como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO INDUSTRIAL**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 14 días del mes de junio del año dos mil veintitrés.

Dra. Yndira Rodríguez Aguirre

C.I: 11.547.002



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA

FI I 009 2022-3CR IP

Valencia, 14 de abril de 2023

Ciudadano:
RIVERA PARRA, SANTIAGO ANDRES
28.082.789
Presente -

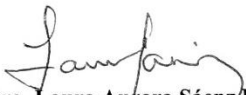
Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 03-2023 de fecha 08/02/2023 aprobó el proyecto de grado tipo informe de Pasantía titulado:

Diseño de un sistema de reaprovechamiento de energía mediante metodología PINCH en Planta Salsas y Untables, Alimentos Polar C.A.

Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial.

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:
Dra. Yndira Deyanira Rodríguez Aguirre, titular de la cédula de identidad V-11.547.002

Atentamente


Dra. Laura Aurora Sáenz Palencia
Decana de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, por darme esa fuerza, inteligencia y paciencia que me ha ayudado a seguir adelante durante todo este proceso de aprendizaje y de formación para mi vida profesional.

A mi familia, por apoyarme en cada momento, en cada etapa de este camino, por comprender cuando estuve ausente en momentos especiales a causa del estudio, por estar a mi lado en los momentos más difíciles y animarme siempre a superarme y seguir adelante, por creer siempre en mí y confiar plenamente en mis capacidades.

A mis amigos, los cuales se han convertido en una pieza clave en mi formación profesional y personal, siendo ese lugar de apoyo y comprensión en el día a día.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer primeramente a Dios, que es el responsable de que yo esté aquí hoy, por brindarme esas herramientas y esas oportunidades para crecer, por ponerme a prueba y acompañarme cuando más lo necesité, y que por más que el camino fue difícil, siempre se obtuvo una lección, un aprendizaje, una idea que no hace más que decirte “lo estas logrando, sigue así”. Gracias por estar ahí, por acompañarme y por ser esa pieza clave en mi formación profesional, espiritual y personal.

A mis papás, que estuvieron en todo momento conmigo, dando todo de sí para verme cumplir mis metas, y que, hoy en día, me han convertido en el hombre que soy, formándome en valores, como una persona de bien y con aptitudes, y, por supuesto, como profesionales que son, formándome desde su experiencia y consejo. Gracias por la paciencia, el tiempo, la confianza y ese cariño incondicional que sé que recibiré de ustedes en todo momento. Gracias por apoyarme y estar presentes durante todo este tiempo, sé que siempre contaré con ustedes, los quiero mucho.

A mis hermanos, Sebastian y Sabrina, por ser esa fuente de risas y alegría en la casa, no lo digo muy seguido, pero yo no estaría aquí de no ser por ustedes, por convertirse en mis mejores amigos y por enseñarme tantas cosas desde la inocencia, a ver la vida mucho más simple y enfocarme en lo bueno, a sacar risas de donde parece que no la hay y aprender a ser mejor hermano cada día. Todavía tienen una larga vida por delante, y estaré siempre presente para apoyarlos en lo que necesiten.

A mis amigos, que, sin lugar a duda, son de lo mejor que me ha dejado la carrera, a parte de los conocimientos, la familia que no esperé tener. Eduardo, Samantha, Mey, Marcos, Sergio, María Virginia y Nelson, de verdad que vivir esta experiencia con ustedes puede ser, perfectamente, lo mejor de la carrera, amistades de antes, y otras muchas que surgieron lo largo de esta, y que estoy seguro de que permanecerán en el tiempo. Gracias por escucharme, por tenerme paciencia y por darme ese apoyo en los momentos difíciles, por ser ese motor de felicidad al final de día y darme siempre buenos momentos que recordaré toda mi vida.

A mis profesores, por formarme desde el bien, dando su consejo profesional e impulsándome siempre a seguir adelante, por dar el ejemplo de ética como ingeniero y como profesor. Agradezco a la profesora Yndira, como profesora y tutora de este trabajo de grado, a la profesora Ana y al profesor Manuel, por dar todo durante este periodo de aprendizaje y formarnos como profesionales y como personas de bien.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	ix
RESUMEN INFORMATIVO	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I LA EMPRESA	
1.1 Descripción de la Empresa.....	3
1.1.1 Ubicación de la Empresa.....	3
1.1.2 Razón Social.....	3
1.1.3 Reseña histórica.....	3
1.1.4 Estructura Organizativa.....	4
1.2 Misión, Visión, Objetivos y Valores de la Empresa.....	4
1.2.1 Misión.....	4
1.2.2 Visión.....	4
1.2.3 Objetivos.....	5
1.2.4 Valores.....	5
1.3 Descripción del Departamento donde se desarrolla la pasantía.....	6
1.3.1 Proceso de Producción.....	6
1.3.2 Estructura Organizativa del Departamento de Nuevas Tecnologías.....	6
II EL PROBLEMA	
2.1 Planteamiento del Problema.....	8
2.2 Formulación del Problema.....	10
2.3 Objetivos de la Investigación.....	10
2.3.1 Objetivo General.....	10
2.3.2 Objetivos Específicos.....	10
2.4 Justificación.....	10
2.5 Alcance.....	11
III MARCO TEÓRICO	
3.1 Antecedentes.....	12
3.2 Bases Teóricas.....	15
3.2.1 Primera Ley de la Termodinámica.....	15
3.2.2 Segunda Ley de la Termodinámica.....	15
3.2.3 Análisis pinch.....	16
3.2.4 Diagrama de Rejilla.....	17
3.2.5 Curva Compuesta.....	17
3.2.6 Intercambiadores de Calor.....	17
3.3 Definición de Términos.....	19

IV MARCO METODOLÓGICO	
4.1 Tipo de Investigación.....	20
4.2 Diseño de la Investigación.....	20
4.3 Nivel de la investigación.....	21
4.4. Población y muestra.....	21
4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
4.5.1. Técnicas de Recolección de datos.....	22
4.5.2. Instrumentos de recolección de datos.....	23
4.6. Técnicas de análisis de datos.....	24
4.7. Fases metodológicas.....	24
V RESULTADOS	
5.1 Fase I: Diagnóstico de las condiciones iniciales respecto al uso de energía térmica en generadores de agua caliente pertenecientes al área de margarina en planta Salsas y Untables de Alimentos Polar C. A.	26
5.2 Fase II: Análisis de integración energética de intercambiadores de calor pertenecientes al área de generadores de agua caliente pertenecientes al área de margarina en planta Salsas y Untables de Alimentos Polar C. A. aplicando la metodología de análisis pinch.....	32
5.3 Fase III: Diseño de red de intercambio de calor que mejore la transferencia de calor entre las corrientes seleccionadas.....	43
5.4 Fase IV: Evaluación de la factibilidad económica, ambiental, operativa, técnica y social de las alternativas de integración energética diseñadas.....	47
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS	55
ANEXOS	56
Anexo A.....	57
Anexo B.....	58
Anexo C.....	59

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		pp.
1	Estructura Organizativa de la Planta Salsas y Untables.....	4
2	Estructura Organizativa del departamento de Nuevas Tecnologías...	7
3	Diagrama general del sistema de generación del agua caliente.....	27
4	Distribución agua caliente en envasado.....	28
5	Distribución de agua caliente en fase acuosa, formulación.....	28
6	Diagrama de intervalos	37
7	Diagrama de cascada.....	38
8	Detalle del pinch en el diagrama e intervalos de temperaturas.....	39
9	Gráfico de temperatura superior en función del calor acumulado....	41
10	Ajuste de gráfico de temperatura superior en función del calor acumulado a un ΔT min = 10 °C	42
11	Curva compuesta correspondiente al sistema a estudiar.....	42
12	Propuesta de intercambio sobre y bajo el pinch para el sistema.....	44
13	Red de intercambiadores para el sistema.....	46
14	Diseño final del diagrama de flujo integrado energéticamente.....	47

LISTA DE TABLAS

TABLA		pp.
1	Horas de parada por fallas de intercambiador de calor de refusión....	9
2	Materiales involucrados en cada equipo del sistema.....	29
3	Capacidades de equipos.....	30
4	Requerimientos de temperatura	31
5	Capacidad de equipos del sistema de pasteurización.....	32
6	Requerimientos de temperatura (pasteurización).....	32
7	Calores específicos.....	34
8	Flujos masicos totales.....	34
9	Capacidades caloríficas totales.....	35
10	Tabla problema.....	35
11	Calores de intervalo.....	37
12	Temperaturas y calores para las corrientes calientes del sistema....	40
13	Temperaturas y calores para las corrientes frías del sistema.....	40
14	Número óptimo de intercambiadores de calor para la red del sistema	43
15	Diferencia de temperaturas entre corrientes frías y calientes.....	46
16	Precio promedio de tinas de margarina 500 gr.....	48
17	Costo total de los equipos a adquirir.....	49



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INDUSTRIAL**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE REAPROVECHAMIENTO DE ENERGÍA
MEDIANTE METODOLOGÍA PINCH EN PLANTA SALSAS Y UNTABLES,
ALIMENTOS POLAR C.A.**

Autor: Santiago Andrés Rivera Parra
Tutora: Ing. Yndira Rodríguez Aguirre
Fecha: junio 2023

RESUMEN

La presente investigación propone realizar el diseño de un sistema de reaprovechamiento de energía mediante Metodología Pinch en planta Salsas y Untables, en la Empresa Alimentos Polar C.A. La cual está enmarcada dentro del tipo de investigación de proyecto factible, respaldada por un diseño de campo y documental y un nivel descriptivo. bajo la Línea de Investigación: Ciencias Cognitivas y Aplicadas. Para alcanzar los objetivos propuestos, las técnicas e instrumentos de recolección de datos se basaron en la observación directa por medio de listas de control y registros anecdóticos; y entrevistas no estructuradas por medio de libretas de notas y guiones no estructurados, junto con las herramientas de análisis de datos, la revisión documental y los instrumentos necesarios para alcanzar los fines establecidos. El objetivo general permitió alcanzar el diseño propuesto, tomando en consideración que los intercambiadores de calor son equipos que se encargan de modificar la temperatura de dos fluidos mediante el calor de los mismos, intercambiando temperaturas entre sí y en la empresa Alimentos Polar Comercial, quienes en su planta Salsas y Untables se dedican a la producción de alimentos como margarina, ketchup, vinagre y Rikesa y se cuenta con estos equipos, por lo que en el área de formulación de margarina utiliza sistemas de calentamiento de agua para controlar las temperaturas de los distintos tanques involucrados en el proceso. Este sistema se encuentra presentando fallas dada las exigencias de la planta, generando gastos y desgaste a los equipos involucrados. El proceso inició con la obtención de las especificaciones de los equipos y las sustancias a trabajar, se realizó el análisis pinch, lo que dio lugar a un diseño de una red de intercambio de calor que, posteriormente, se convirtió en un diseño final que involucra a todos los equipos asociados, finalmente se realizó un estudio de factibilidad económica, ambiental, operativa, técnica y social de la alternativa generada.

Descriptor: Intercambiador de calor, energía, temperatura, metodología Pinch.

INTRODUCCIÓN

Alimentos Polar Comercial C. A. se mantiene en el mercado nacional ofreciendo productos alimenticios de todo tipo teniendo plantas de producción a lo largo del territorio nacional. Una de las plantas ubicadas en el estado Carabobo es Planta Salsas y Untables, en esta se desarrollan productos como margarina Mavesa Nelly, Chiffon, Panela y manteca, ketchup, salsa base de tomate, mayonesa, vinagre y queso Rikesa. Sin embargo, para lograr su posicionamiento constante a través de las actualizaciones en sus métodos de trabajo, procedimientos y mejora continua debe incurrir en inversiones designadas a nuevos procesos y equipos, sin detener el proceso actual, permitiendo realizar operaciones en condiciones óptimas en materia de calidad vista en sus productos, salud y seguridad de sus trabajadores.

Siendo así, en la presente investigación se pretende desarrollar un estudio de oportunidades de mejora en el proceso de calentamiento de agua correspondiente al área de formulación de margarina, mediante la aplicación de metodología pinch para la mejorar la transferencia de calor en el sistema correspondiente.

A partir de esto, se efectuará un estudio sobre la situación actual del área en cuestión, identificando posibles causas de la problemática referentes a la transferencia de calor en los intercambiadores de calor involucrados en la operación, y así diseñar propuestas sujetas a ofrecer condiciones estables que constituyan una adecuada ejecución de las actividades.

Considerando las formalidades establecidas por la institución para la presentación del proyecto, éste se encuentra estructurado por cinco capítulos en los que cada uno dispone del siguiente contenido.

En el Capítulo I: La Empresa, se muestra una descripción de la empresa en la que se va a trabajar, esta incluye Ubicación, Razón social, reseña histórica y estructura organizativa y la misión, visión y objetivos de la misma. Por otro lado, se describe el departamento en el que se desarrolla la pasantía, especificando el proceso de producción y estructura organizativa

En el Capítulo II: El Problema, se muestra el planeamiento del problema con las consecuencias que este acarrea, los objetivos que definen el estudio como generales y específico, adicionalmente la justificación de la investigación. Hasta mostrar el alcance y las limitaciones encontradas.

En el Capítulo III: Marco Teórico, en este capítulo se muestran los antecedentes que sustentan la investigación a través de estudios previos que guardan relación con el tema, las

bases teóricas que fortalecen la investigación y por último se definen los términos básicos y complejos de los temas.

En el Capítulo IV: Marco Metodológico, En los cuales se muestra el tipo y diseño de la investigación, así como las técnicas y herramientas para la recolección de datos necesario para el desarrollo de las cuatro fases planteadas en la investigación descritas, tomando en cuenta como referencia de los objetivos específicos de la investigación.

En el Capítulo V: Resultados, se presentan los resultados correspondientes al desarrollo de cada una de las fases del proyecto que corresponden a los objetivos específicos y que convergen en el cumplimiento del objetivo general, para ello se desarrolló en la primera fase un estudio de la situación actual, lo que permitió conocer los arreglos de los equipos, capacidades de estos, los líquidos que fluyen a través de ellos y los requerimientos de temperatura; Esto dio paso a una segunda fase, donde se ejecutó el análisis pinch, determinando calores específicos, capacidades caloríficas, energía de transferencia, ubicación del punto pinch, curvas compuestas y número mínimo de intercambiadores a utilizar; con base en dicha fase, se procedió a realizar la tercera etapa, que consistió en el diseño de la red de intercambiadores, la propuesta de organización de equipos que garantice el buen funcionamiento del sistema; con toda esta información, se procedió a la última fase, donde se llevó a cabo un estudio de factibilidad económica, ambiental, operativa, técnica y social de la propuesta generada.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones por parte del autor, se detallan las referencias utilizadas como sustento teórico, y finalmente se muestran los anexos correspondientes de la investigación.

CAPÍTULO I

LA EMPRESA

1.1 Descripción de la Empresa

1.1.1 Ubicación de la Empresa

La sede principal de la empresa está ubicada en Caracas, en la Avenida Principal de Los Cortijos.: 4ta transversal con 2da avenida, centro empresarial Polar. La planta Salsas y Untables se encuentra en la Avenida Ernesto Branger, Zona Industrial Valencia, estado Carabobo.

1.1.2 Razón Social

Alimentos Polar Comercial C.A.

1.1.3 Reseña histórica

La empresa tiene sus inicios en el año 1940, cuando Lorenzo Alejandro Mendoza Fleury se incorporó al negocio familiar al hacerse socio principal de Mendoza y Compañía, que posteriormente se llamaría Empresas Polar. Empieza con cervecería en 1941 bajo el nombre de Cervecería Polar C.A. y en 1954 nace el área de Alimentos con una planta procesadora de maíz, en Turmero, estado Aragua, concebida para producir las hojuelas cerveceras, hasta entonces importadas, que se requerían como materia prima para la elaboración de la Cerveza Polar. De ahí en adelante se fueron agregando productos al catálogo de Alimentos Polar Comercial C.A. como Harina P.A.N., Arroz primor, y la adquisición de Productos EFE.

Por otro lado, se encontraba MAVESA, empresa que había iniciado operaciones en 1949 rompiendo paradigmas en el consumo de margarina en Venezuela impulsado por su fundador Alberto Phelps, de los Phelps de Radio Caracas. Esta, en 1979, adquiere la empresa ALACA (Alimentos Lácteos C.A.). Esta se encargaba de la producción de margarina Nelly, mayonesa Nelly, aceite y manteca La Campana. Con esta compra, MAVESA adquiere a su vez una nueva planta de margarina en Valencia que le pertenecía a ALACA, misma planta que posteriormente pasaría a llamarse Planta Mavesa Alimentos, inaugurada oficialmente en el año 1995, produciendo margarinas Regia, Nelly, Mavesa y Suave Dorada, a la par de la mayonesa Mavesa, la salsa Nelly y el queso Rikesa.

El 22 de enero de 2001 Empresas Polar lanzó una oferta pública de adquisición de acciones sobre 100% de MAVESA, acto al cual siguió que el 12 de febrero, los representantes del Grupo Polar y de MAVESA introdujeran ante la Comisión Nacional de Valores la solicitud

formal de la Oferta Pública de Adquisición (OPA). De esta manera MAVESA es adquirida por Empresas Polar. La planta Mavesa Alimentos pasa a ser APC Salsas y Untables, agrupando todos los productos que estaban fabricándose en ese entonces y agregando posteriormente al vinagre en el año 2019. En la actualidad se produce margarina Mavesa, margarina Nelly, panelitas, panelones, chiffon, manteca, Salsa Ketchup y Salsa Base de tomate, Mayonesa Mavesa, mermalada Vienesa y Rikesa, todo en la planta Salsas y Untables de Valencia, estado Carabobo.

1.1.4 Estructura Organizativa

En Planta Salas y Untables de Alimentos Polar, la estructura organizativa es la siguiente: (ver Figura 1).

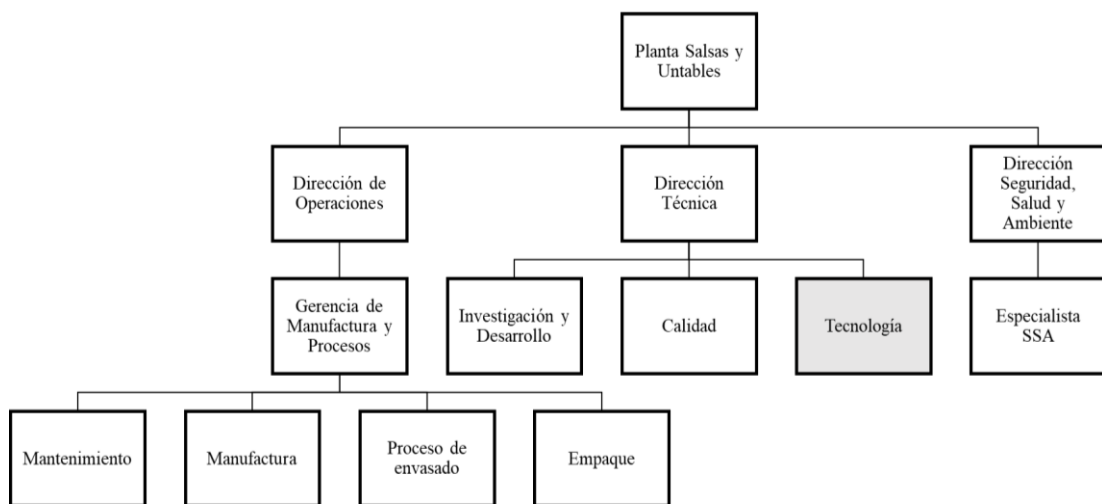


Figura 1: Estructura Organizativa de la Planta Salsas y Untables

Fuente: Rivera (2023)

1.2 Misión, Visión, Objetivos y Valores de la Empresa

1.2.1 Misión

“Contribuir a la calidad de la vida cotidiana de los venezolanos y sus familias, por medio de una amplia y accesible oferta de excelentes marcas de alimentos y bebidas, con la mejor relación precio-valor. Cada uno de nosotros trabaja con pasión aportando al bien de las personas, de las comunidades y del país. Nuestro trabajo está al servicio del bien individual y común, en la medida en que cumplimos con los diferentes grupos relacionados y participamos solidariamente con los sectores más vulnerables de la población”.

1.2.2 Visión

“Seremos una corporación líder en alimentos y bebidas, tanto en Venezuela como en los mercados de América latina, donde participaremos mediante adquisiciones y alianzas

estratégicas que aseguren la generación de valor para nuestros accionistas. Estaremos orientados al mercado con una presencia predominante en el punto de venta y un completo portafolio de productos y marcas de reconocida calidad. Promoveremos la generación y difusión del conocimiento en las áreas comercial, tecnológica y gerencial. Seleccionaremos y capacitaremos a nuestro personal con el fin de alcanzar los perfiles requeridos, lograremos su pleno compromiso con los valores de Empresas Polar y le ofreceremos las mejores oportunidades de desarrollo”.

1.2.3 Objetivos

Las empresas Polar establecen como objetivo, cumplir con una serie de compromisos con las partes interesadas en el negocio:

1. Consumidores: poder ofrecerles productos de excelente calidad, con la mejor relación precio / valor y disponibilidad total, satisfaciendo sus expectativas.
2. Clientes: garantizarles el suministro oportuno de un portafolio de productos y el impulso del punto de venta mediante un excelente nivel de servicio que potencie la rentabilidad del negocio.
3. Compañías Vendedoras, Concesionarios y distribuidores: suministrar una cartera de productos y marcas líderes con apoyo eficiente y confiable a la gestión, contando con una apropiada infraestructura de distribución y fomentando el crecimiento y la rentabilidad de su negocio.
4. Accionistas: lograr alta rentabilidad y crecimiento sostenido sobre la base de costos competitivos, productos y marcas líderes, y el poder comprometer nuestro personal y la fuerza de ventas.
5. Trabajadores: contar con un plan de carrera y sistemas de reconocimiento a la excelencia y al mérito que aseguran una compensación justa y la satisfacción del mejor recurso humano posible.
6. Suplidores: apoyar a nuestros suplidores con altos volúmenes de compra y con precios que permitan un adecuado nivel de rentabilidad con base en una relación de largo plazo.

1.2.4 Valores

- **Respeto Mutuo:** Respetar es actuar o dejar de actuar, procurando no perjudicar ni dejar de beneficiarse a sí mismo ni a los demás. Tenemos derecho a ser respetados y el deber.
- **Libertad Responsable:** Creemos que las personas están dotadas de conciencia, voluntad y posibilidades de libre elección. Consideramos que el

derecho a la libertad individual de elegir debe estar enmarcado en el deber de responder ante los otros por los efectos de dicha elección.

- **Justicia:** Entendemos la Justicia como la voluntad permanente de dar, reconocer y respetar a cada quien lo que le corresponda. Creemos en la igual dignidad del valor de la vida de cada persona y su diversidad de aportes, para crear condiciones de justicia para todos, al interior de nuestra organización.
- **Solidaridad:** Significa concebirnos como parte integrante del todo, involucrarnos, identificarnos y actuar con determinación firme y perseverante por el bien común, es decir, por el bien de todos y de cada uno.
- **Integridad:** Implica ser fiel a las propias convicciones. Es "hacer lo correcto", entendido como actuar con honestidad, rectitud, respeto y responsabilidad, cumpliendo con nuestros deberes y obligaciones, conforme a nuestra Razón de ser, Principios y Valores.
- **Excelencia:** Implica dedicación, esfuerzo y cuidado por la obra bien hecha. Lograr un nivel superior de calidad y seguridad en procesos, productos y servicios, en busca de proveer la mejor contribución para el beneficiario.
- **Alegría:** Energía positiva que ponemos en todo lo que hacemos, con las personas con quienes interactuamos, y celebramos nuestros logros. Es el gozo constante y contagioso del bien. Alegría que se ofrece y se comparte con nuestros productos.
- **Pasión por el bien:** Amor, entusiasmo y esmero con el que trabajamos para cumplir con nuestra gente. Es buscar el bien del otro, compartir y entregarse sin limitar los esfuerzos; siempre y cuando no lesionen a las otras personas, ni a quién lo realiza.

1.3. Descripción del Departamento donde se desarrolla la Pasantía

1.3.1 Proceso de Producción

Desarrollar, coordinar e implementar, las actividades para atender las mejoras, adecuaciones e innovaciones tecnológicas de los procesos de producción aceites, grasas y emulsiones de APC, así como la conceptualización de los proyectos del plan de Inversiones, mediante la selección apropiada de la tecnología de forma tal de garantizar siempre los más altos estándares de calidad, eficiencia, seguridad y relación precio/valor, para cumplir los objetivos del diseño estratégico de Alimentos Polar.

1.3.2 Estructura Organizativa del Departamento de Nuevas Tecnologías

La estructura organizativa del departamento de Nuevas Tecnologías en Planta Salsas y Untables de Alimentos Polar C. A. está conformada de la siguiente manera: (Ver Figura 2).

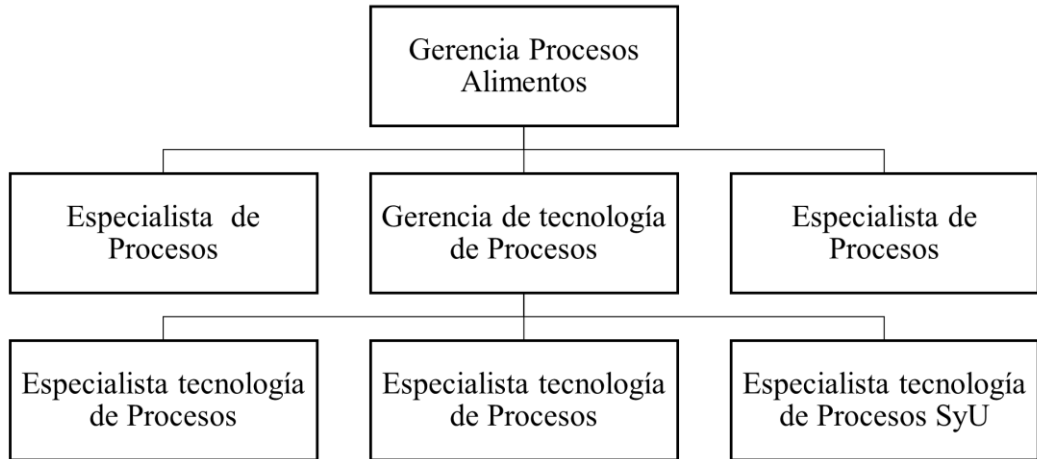


Figura 2: Estructura Organizativa del departamento de Nuevas Tecnologías

Fuente: Rivera (2023)

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

2.1 Planteamiento de problema

La globalización ha llevado a las empresas a ser cada vez más competitivas, a desarrollar nuevas tecnologías y distintas estrategias para su posicionamiento en el mercado. Para que estas empresas tengan la capacidad de seguir siendo competitivas se ven en la necesidad de producir bienes y servicios a precios asequibles para sus consumidores y con un costo de producción mínimo. Es por esto que las plantas industriales requieren de grandes cantidades de capital y energía; y de allí que con la integración de procesos se asegura una mejora continua en el consumo de energía y operación.

Por otro lado, el calentamiento global causado por las emisiones de gases de efecto invernadero como dióxido de carbono, es un tema que actualmente está presente en discusiones alrededor del mundo. Dando lugar a políticas que incentivan a las industrias a reducir el consumo de combustibles fósiles y consecuentemente evite las principales emisiones causantes del cambio climático. Es por esto que surge la mejora de la eficiencia energética como una de las distintas maneras de disminuir los problemas de la liberación de más gases de efecto invernadero a la atmosfera.

Sin embargo, el potencial de ahorro de energía debido al aumento de la eficiencia energética puede resultar sustancial en las empresas de energía intensiva, como puede ser las industrias de alimentos. Así como también el aumento de la eficiencia energética reducirá la necesidad de utilizar combustibles fósiles para proporcionar calor a plantas industriales, e incluso podría llevar a las industrias a no solo ahorrar energía, sino también una gran parte de su capital, así como también disminuir las emisiones de dióxido de carbono. Por lo tanto, el tema del cambio climático, junto con la preocupación del agotamiento de reservas de combustibles fósiles y la búsqueda constante de hacer de los negocios más rentables minimizando la inversión de capital, conforman un incentivo para investigar acerca de la eficiencia energética.

Si bien la eficiencia energética tiene un gran impacto en el medio ambiente, económicamente cumple un papel protagónico en los estados financieros de las industrias, ya que la reducción en el uso de servicios auxiliares implica la reducción en los costos de combustible. El precio de los combustibles fósiles a nivel mundial esta aumentado y se estima

que siga en ascenso, lo que incrementa la necesidad de reducir su consumo. A su vez se prevé que los impuestos asociados a las emisiones de dióxido de carbono aumenten a causa de las distintas políticas encaminadas a frenar el calentamiento global.

De esta manera, Alimentos Polar, en su planta Salsas y Untables, ubicada en la zona industrial de Carabobo, se dedica a desarrollar productos alimenticios como Mayonesa, Rikesa, Kétchup, Margarina, Vinagre y sus respectivos derivados. La planta cuenta con maquinaria automática y semiautomática, así como operarios altamente calificados, con la experiencia necesaria para el correcto funcionamiento de la misma. El área de margarina cuenta con un sistema de generadores de agua caliente que surte de calor a los equipos de formulación y envasado. La llenadora, perteneciente al área de envasado de margarina, dada su naturaleza, tiende a retornar parte del producto (de entre 10% y 15%) a un tanque de retorno para su refusión y vuelta al proceso.

Sin embargo, se detectaron pérdidas de producto cuando la línea de producción se detiene, específicamente en el intercambiador de refusión de margarina, esto debido a que el sistema de generadores de agua caliente no genera el calor suficiente para fundir el total de margarina que retornada (100% del producto), esto ocasiona que el intercambiador de refusión se obstruya y colapse, generando pérdidas considerables de producto y una pérdida importante de tiempo de producción. A continuación, se muestra una tabla con los tiempos de parada a causa de los intercambiadores de refusión asociados a cada línea de producción (ver tabla 1).

Planta - Líneas - Equipos	Parada (h)	Frecuencia
INTERC.PLACAS (SIST.AGUA CALIENTE)	21,2	5
OBSTRUCCION	11,8	2
OBSTRUCCION	9,3	1
FUGA DE PRODUCTO	9,3	1
OBSTRUCCION FILTRO	2,5	1
AUSENCIA CIRCULACION DE FLUIDO	2,5	1
DESAJUSTE	9,4	3
Fuga de producto	7,4	1
FUGA DE PRODUCTO	7,4	1
DESAJUSTE	2,0	2
FUGA DE PRODUCTO	2,0	2

Tabla 1: Horas de parada por fallas de intercambiador de calor de refusión

Fuente: Alimentos Polar Comercial C. A. (2022)

Como se puede observar, en el año 2022 hubo un total de 21,2 horas de parada a causa de la falla del intercambiador de refusión correspondiente para cada una de las seis de producción. Ahora bien, tomando en consideración que se suele manejar un flujo de 3.600 kg/h de producto por línea, esto resulta en 76.320 kg de margarina que se dejó de producir en dicho

año. Esto supone una pérdida en lo que respecta a dinero y producto, y un daño a equipos considerable, desaprovechando parcialmente la energía generada por el único sistema de suministro de temperatura

2.2 Formulación de problema

Del estudio realizado en el área de generadores de agua caliente, surge la presentación de diseños apoyados en estrategias y herramientas de optimicen la transferencia de energía en los intercambiadores de calor que intervienen en los procesos de producción de margarina, con el objetivo de reducir perdidas, incrementar la vida útil a equipos y maquinaria y a su vez mejorar el uso de suministros de temperatura. Para dar una posible solución a la problemática antes expuesta, se plantea la siguiente interrogante:

¿De qué manera se podría mejorar la transferencia de energía en los intercambiadores de calor pertenecientes al área de generadores de agua caliente en la línea de producción de margarina en la planta Salsas y Untables de Alimentos Polar?

2.3 Objetivos de la investigación

2.3.1 Objetivo General

Proponer un sistema de reaprovechamiento de energía basado en metodología pinch en los generadores de agua caliente para aumentar su eficiencia, disminuir perdidas e incrementar la vida útil de los equipos, con respecto al área de margarina pertenecientes a la planta Salsas y Untables de Alimentos Polar C.A.

2.3.2 Objetivos Específicos

1. Diagnosticar las condiciones iniciales respecto al uso de energía térmica en generadores de agua caliente de planta Salsas y Untables de Alimentos Polar C. A.
2. Analizar la integración energética de intercambiadores de calor pertenecientes al área de generadores de agua caliente del área de margarina en planta Salsas y Untables de Alimentos Polar C. A. aplicando la metodología de análisis pinch.
3. Diseñar la red de intercambio de calor que mejore la transferencia de calor entre las corrientes seleccionadas.
4. Evaluar la factibilidad económica, ambiental, operativa, técnica y social de las alternativas de integración energética diseñadas.

2.4 Justificación de la investigación

La eficiencia energética en los sistemas de transferencia de calor es un factor cuya implementación es necesaria para hacer que un negocio sea competitivo y pueda dar lugar a bienes y servicios de calidad. Es por esto que al momento de visualizar e identificar alguna problemática en una organización referente al factor antes mencionado, el aplicar metodologías

de análisis de datos para transferencia y reaprovechamiento de energía le permitirá a la organización llevar a cabo modificaciones en el proceso productivo, desarrollando nuevos procesos y nuevas metodologías de trabajo funcionales, minimizando fallas y pérdidas en el proceso productivo.

De esta manera, Alimentos Polar C.A. en su planta Salsas y Untables ha logrado visualizar la problemática que presenta el área de generadores de agua caliente en la línea de producción de margarina, por lo que estudia la manera de aplicar una metodología con la que se pueda aumentar la eficiencia energética, específicamente se busca implementar la metodología pinch; para que, de esta manera, la empresa pueda mantener sus niveles productivos dentro de los parámetros esperados, logrando así desarrollar un producto sin dar lugar a inconvenientes con respecto a la producción del mismo.

Es por esta razón que, la presente investigación titulada “Diseño de un sistema de reaprovechamiento de energía mediante metodología pinch en planta Salsas y Untables de Alimentos Polar C.A.” se justifica a nivel socioeconómico en la organización, ya que alcanzaría puntos excepcionales en el área de transferencia de calor, enfocándose en la correcta transferencia de energía y el mantenimiento necesario para el buen funcionamiento del sistema.

Del mismo modo, se justifica su diseño en el manejo y análisis de los datos ya que se aportaría un ahorro en materiales, capital y sobre todo energía, disminuyendo en gran medida la emisión de dióxido de carbono provenientes de calderas para suministrar temperatura.

2.4 Alcance

La presente investigación se realizó en la línea de producción de margarina, específicamente en el área de intercambiadores de calor, de Alimentos Polar C.A., en la planta Salsas y Untables ubicada en la zona industrial de Carabobo, en donde se cuenta con maquinaria y personal suficiente para lograr las distintas actividades a realizar en esta área. Se propone aplicar metodologías para reaprovechamiento de energía y minimización de costes de servicios, desarrollando así estrategias que vayan en pro de la eficiencia energética y el uso correcto de la misma. La decisión de implementación del diseño del sistema para reaprovechamiento de energía quedará por parte de la gerencia de la empresa en cuestión.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

Según Arias (2016, p. 106) el marco teórico es “el producto de la revisión documental-bibliográfica, y consiste en una recopilación de ideas, posturas de autores, conceptos y definiciones, que sirven de base a la investigación por realizar” Es decir, se enmarcan aquellas leyes, métodos y fundamentos en los que se basa la investigación, para así sustentar el problema planteado.

3.1 Antecedentes

Al llevar a cabo un estudio, es necesario realizar una exploración en trabajos previos relativos al objeto de estudio. En ese sentido, Palella y Martins (2012) afirman que los antecedentes “hacen referencias a otros trabajos de investigación (nacionales y/o internacionales) relacionados con la investigación que se esté desarrollando. Aportan información documental de primera mano” (p. 198).

En primer lugar, Cruz Llerena, A., Pérez Ones, O., Zumalacárregui de Cárdenas, L., y Pérez de los Ríos, J. L. (2021) en su artículo titulado “**Integración energética del proceso de incineración de vinazas concentradas y generación de electricidad**” publicado en la revista Universidad y Sociedad, desarrolló un trabajo que tuvo como objetivo mejorar la eficiencia energética de una destilería cubana a partir del diseño óptimo de la red de intercambiadores de calor de la etapa de incineración de vinazas concentradas y generación de electricidad. Para la integración energética del modelo de simulación obtenido para el proceso estudiado, en la investigación utilizó Aspen Energy Analyser v10.0 para la construcción de las curvas compuestas y de la gran curva compuesta se seleccionó un $\Delta T_{\text{mín}}$ de 10 °C.

Durante la investigación se realizó la integración energética empleando la metodología del análisis pinch y obtuvo que para contar con un mínimo requerimiento energético se deben emplear ocho unidades de intercambio. Comprobando que las utilidades satisfacen las necesidades del sistema con un requerimiento mínimo de energía para el calentamiento de 9,977·10⁵ kJ/h. En el caso 1 los autores determinaron el diseño 1 como el más favorable con un costo total de 58 476 USD/año. Realizaron también la optimización para minimizar los costos totales.

Del mismo modo, se obtuvo un costo total de 57 802 USD/año y se redujo el área total a 368 m². Se determinó que disminuye el consumo de electricidad en 3 MW y el de agua de

enfriamiento en 8 899 m³ por campaña de producción. Evaluaron la sustitución del vapor de baja presión por vapor de escape (caso 2) para el calentamiento del crudo y se determinó que el área requerida para el intercambio es superior al caso 1 en 19,2 m² y los costos totales ascienden a 64 463 USD/año para el diseño óptimo, por lo que con el empleo de vapor de escape no se obtienen mejores resultados.

La relación que guarda la investigación realizada por estos autores y la presente, se ve reflejada en la aplicación de la metodología pinch apoyándose en herramientas digitales como Aspen Energy Analyser, la cual facilitó en gran medida la determinación de las curvas compuestas y la simulación del sistema propuesto.

Por otro lado, Deveque R. (2019) presentó un trabajo titulado “**Aplicación de la metodología pinch de integración energética en un proceso de síntesis de amoníaco**”, para optar por el título de Ingeniería Química en la Universidad Tecnológica Federal de Paraná. Este trabajo de investigación tuvo por objetivo general implementar la metodología pinch de integración energética en un proceso simplificado de síntesis de amoníaco.

La metodología aplicada a lo largo de este trabajo demostró ser efectiva con la propuesta de mejora de procesos industriales. Al agregar un intercambiador de calor al proceso de síntesis de amoníaco, fue posible reducir el uso de servicios de frío y calor en el proceso en aproximadamente un 55 %. El uso de los flujos del proceso para calentar/enfriar otros flujos brinda un gran beneficio financiero, ya que el proceso sin integración tuvo un costo anual de servicios públicos de alrededor de US \$ 96,000 y poco después de la integración, el costo anual de servicios públicos se redujo a poco más de \$ 48,000.

Por lo tanto, se concluyó que la metodología es funcional y eficiente, mostrando una reducción en el consumo de energía y consecuentemente en el costo de operación del proceso. Se podrían realizar mejoras en los estudios a través de un análisis financiero más profundo, teniendo en cuenta los costos de instalación de los equipos, el área que ocuparía el nuevo equipo, el tiempo de retorno de la inversión, entre otros. También existe la posibilidad de integración con el agua de refrigeración que debe ser utilizada para controlar la temperatura del reactor, ya que la reacción debe ocurrir de forma isotérmica, siendo altamente exotérmica.

Así mismo, Gonzales F. y Jaramillo J. (2019) en su trabajo “**Propuesta de un sistema de intercambio térmico del tanque reactor para la elaboración de detergente líquido en la empresa FG servicios 2000 C.A.**” para optar por el título de Ingeniero Industrial en la Universidad José Antonio Páez, llevaron a cabo una investigación que tuvo como objetivo general proponer un sistema de intercambio térmico del tanque reactor para la elaboración de detergente líquido en la empresa FG servicios 2000 C.A, con el fin de mejorar los tiempos de

producción. La investigación es de tipo Proyecto Factible con un diseño de campo y documental, interviniendo directamente en el lugar en donde se desarrolla la problemática, teniendo como población a la familia completa de tanques reactores que posee la empresa, de los cuales se seleccionaron como muestra a la misma población determinada. Para la recolección de datos utilizaron instrumentos como listas de cotejo y entrevistas no estructuradas.

En dicha investigación se desarrollaron una serie de propuestas que permitían cumplir con los planes de producción y disminuir el tiempo de espera para envasar el producto, las cuales se basaron en: Aplicación del Sistema Andon como control visual, ya que el tanque no cuenta con uno permitiendo mostrar el nivel del tanque y la temperatura inicial, por lo que se describió como sería el funcionamiento del mismo y cuáles son los dispositivos que se tendrían que implementar.

Como segunda propuesta se tuvo la reformulación de la mezcla actual, ya que la misma no cuenta con catalizadores que permitan disminuir el tiempo en un 2,72 % del tiempo actual. Por último, se diseñó un sistema de intercambio térmico para el tanque que no es más que un encamisado que recubre el tanque reactor donde circula agua, enfriando la mezcla paulatinamente, mostrando los beneficios de la aplicación a través de la disminución del tiempo de reposo de la mezcla, lo que ocasiona el cumplimiento de los planes de producción. dentro de esta perspectiva se determinó la viabilidad económica, por lo que de estableció una inversión inicial de 5.757,99 \$.

Posteriormente, se analizó mediante la relación Costo-Beneficio, tomando en consideración la utilidad de 59.365,38 \$, lo que representa las unidades restantes sin fabricar de enero 2019 hasta junio 2019 de detergente líquido marca Super Prilim. Por lo tanto, se obtuvo que la rentabilidad de la propuesta es viable a un valor de $10,31 > 1$. Por último, se obtuvo un valor de 9,69 la tasa de retorno es viable para la empresa, ya que tuvo una tasa de rentabilidad libre de riesgo y cumple con el objetivo de proponer un sistema de intercambio térmico para el tanque reactor de la empresa FG Servicios 2000 C.A.

La investigación realizada por Gonzales y Jaramillo tiene una gran relación con la presente, ya que en ella se recurrió a distintas herramientas para determinar la causa raíz del problema y la correcta organización de las actividades a realizar en consecuencia. Así mismo se aplicaron herramientas gerenciales para optimizar el rendimiento de las maquinas, basándose en la filosofía Kaizen y la mejora continua de los procesos.

3.2 Bases Teóricas

Toda investigación tiene una serie de basamentos teóricos que sustentan a la misma. Arias (2016, p.107) dice que las bases teóricas “implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado”.

3.2.1. Primera Ley de la Termodinámica

Según Cengel y Boles (2012) La Primera Ley de la termodinámica, conocida también como principio de conservación de la energía, expresa que: “La energía no se puede crear ni destruir durante un proceso; sólo puede cambiar de forma”. La primera ley explica si existe un aumento en la energía de alguna de las formas, también debería de haber una disminución de energía y por ello se debe considerar hasta la mínima cantidad de energía para un análisis.

El balance de energía interna para todo sistema (ΔU) se puede expresar como la suma del trabajo realizado sobre o por el sistema (W) y la transferencia neta de calor hacia o desde el sistema (Q). Simbólicamente: $\Delta U = W + Q$.

Si la transferencia neta de calor es hacia el sistema, Q será positivo; si la transferencia neta sale del sistema, Q será negativo ($\Delta U = W - Q$), del mismo modo, si se le aplica trabajo al sistema, W será positivo, si el trabajo sale del sistema, W será negativo.

3.2.2. Segunda Ley de la Termodinámica

La primera ley afirmaba que siempre que se mantenga constante la energía interna de un sistema es posible transformar el trabajo en calor, lo que lleva a suponer que sería posible transformar todo el calor en trabajo. Sin embargo, la experiencia dice que no es así. “La naturaleza impone una dirección en los procesos según la cual es posible transformar todo el trabajo de un sistema en calor, pero es imposible transformar todo el calor que tiene en trabajo”. La primera ley no restringe la dirección de un proceso, pero satisfacerla no asegura que el proceso ocurrirá realmente. Cuando los procesos no se pueden dar, esto se puede detectar con la ayuda de una propiedad llamada entropía. Un proceso no sucede a menos que satisfaga la primera y la segunda ley de la Termodinámica.

El empleo de la segunda ley de la termodinámica no se limita a identificar la dirección de los procesos. La segunda ley también afirma que la energía tiene calidad, así como cantidad. La primera ley tiene que ver con la cantidad y la transformación de la energía de una forma a otra sin importar su calidad. Preservar la calidad de la energía es un interés principal de los ingenieros, y la segunda ley brinda los medios necesarios para determinar la calidad, así como el nivel de degradación de la energía durante un proceso. La naturaleza establece que el total

de energía asociada con una fuente térmica nunca puede ser transformada íntegra y completamente en trabajo útil. De aquí que todo el trabajo se puede convertir en calor, pero no todo el calor puede convertirse en trabajo.

La segunda ley de la termodinámica se expresa en varias formulaciones equivalentes:

- **Enunciado de Kelvin – Planck:** “No es posible un proceso que convierta todo el calor absorbido en trabajo”.
- **Enunciado de Clausius:** “No es posible ningún proceso cuyo único resultado sea la extracción de calor de un cuerpo frío a otro más caliente”.

3.2.3. Análisis pinch

El Análisis Pinch (AP) surgió como respuesta a la llamada “crisis energética” de los años 70 gracias a los trabajos pioneros de Hammad y Linnhoff, siendo este último quien lograra el mérito de llevar el estudio a nivel de aplicación industrial bajo la denominación de Tecnología pinch a comienzos de los años 80. Infante (2004) dice que el AP se puede definir como una herramienta ingenieril para la optimización de redes de transferencia de calor y de masa, que se basa en la aplicación de primera y segunda ley de la termodinámica, para introducir la filosofía de la integración de los procesos de transferencia, tomando en cuenta la fuerza motriz que hace posible el fenómeno de transporte. En esencia, se puede distinguir el pinch térmico y el pinch másico.

El AP térmico busca minimizar el requerimiento energético de una planta de proceso, mediante la organización del sistema en una red, donde la energía disponible es aprovechada con el juicio ingenieril, arreglando una topología donde las corrientes calientes y las corrientes frías alcanzan el objetivo de máximo aprovechamiento energético. El AP másico es similar al térmico en esencia; debiendo en este caso optimizarse la transferencia de masa entre corrientes de proceso.

Este análisis permite entender un proceso químico como un sistema en el cual hay corrientes con suficiente carga energética y otros con necesidad de dicha carga energética; de manera que el estado del arte radica en organizar el sistema de transferencia en una red, siguiendo el patrón de organización del método que bifurca el sistema en dos regiones claramente definidas.

3.2.4 Diagrama de Rejilla

El diagrama de rejilla permite tener una apreciación visual, para que el diseñador pueda desarrollar redes de transferencia y recuperación de calor mediante la aplicación del criterio ingenieril y la metodología pinch. Como se ha dicho, la potencia del AP radica en su simplicidad declarativa y su fácil implementación práctica como herramienta de optimización de redes de transferencia de calor y masa. En ese sentido, el diagrama de rejilla va a tono con la simplicidad del método y se construye a partir de los datos de un problema.

3.2.5 Curva Compuesta

La curva compuesta se prepara a partir de los datos de un problema y condensa el balance de masa y calor en un sistema. Ello permite al diseñador la identificación de los objetivos de las corrientes fría y caliente previo diseño, encaminado por la fuerza motriz de la transferencia de calor (diferencia de temperatura) y para ubicar la recuperación de calor (pinch).

3.2.6 Intercambiadores de Calor

Stellman y McCann (1998) definen a los intercambiadores de calor como dispositivos mecánicos para la transferencia de calor desde un flujo del proceso. Se seleccionan conforme a las condiciones del proceso y el diseño del intercambiador. La elección del más conveniente para un proceso es complicada y requiere una investigación detallada. En muchas situaciones algunos tipos no son adecuados debido a la presión, la temperatura, la concentración de sólidos, la viscosidad, la cantidad de flujo y otros factores.

Jaramillo (2007) dice que clasifica a los intercambiadores de calor de la siguiente manera:

Según su construcción: Los intercambiadores de calor se presentan en una gran variedad de formas y tamaños, la construcción de los intercambiadores está incluida en alguna de las dos siguientes categorías:

- **Carcaza y tubo:** La construcción más básica y común de los intercambiadores de calor es el tipo tubo y carcaza. Este tipo de intercambiador consiste en un conjunto de tubos en un contenedor llamado carcaza. El flujo de fluido dentro de los tubos se le denomina comúnmente flujo interno y aquel que fluye en el interior del contenedor como fluido de carcaza o fluido externo. En los extremos de los tubos, el fluido interno es separado del fluido externo de la carcaza por la(s) placa(s) del tubo. Los tubos se sujetan o se sueldan a una placa para proporcionar un sello adecuado. En sistemas donde los fluidos presentan una gran diferencia entre sus presiones, el líquido con mayor presión se hace circular

típicamente a través de los tubos y el líquido con la presión más baja se circula del lado de la cáscara.

- **Plato:** El intercambiador de calor de tipo plato consiste de placas en lugar de tubos para separar los fluidos calientes y frío. Los líquidos calientes y fríos se alternan entre cada una de las placas y los baffles dirigen el flujo del líquido entre las placas. Ya que cada una de las placas tiene un área superficial muy grande, las placas proveen un área extremadamente grande de la transferencia de térmica a cada uno de los líquidos. Por tanto, un intercambiador de placas es capaz de transferir mucho más calor con respecto a un intercambiador de carcaza y tubos con volumen semejante, esto debido a que las placas proporcionan una mayor área que la de los tubos. El intercambiador de calor de calor de plato, debido a la alta eficacia en la transferencia de calor, es mucho más pequeño que el de carcaza y tubos para la misma capacidad de intercambio de calor.

Según su operación: Una de las características comunes que se puede emplear es la dirección relativa que existe entre los dos flujos de fluido. Las tres categorías son:

- **Flujo Paralelo:** Existe un flujo paralelo cuando el flujo interno o de los tubos y el flujo externo o de la carcasa ambos fluyen en la misma dirección. En este caso, los dos fluidos entran al intercambiador por el mismo extremo y estos presentan una diferencia de temperatura significativa. Como el calor se transfiere del fluido con mayor temperatura hacia el fluido de menor temperatura y el otro la aumenta tratando de alcanzar el equilibrio térmico entre ellos. Debe quedar claro que el fluido con menor temperatura nunca alcanza la temperatura del fluido más caliente.
- **Contraflujo:** Se presenta un contraflujo cuando los dos fluidos fluyen en la misma dirección, pero en sentido opuesto. Cada uno de los fluidos entra al intercambiador por diferentes extremos. Ya que el fluido con menor temperatura sale a contraflujo del intercambiador de calor en el extremo donde entra el fluido con mayor temperatura, la temperatura del fluido más frío se aproximará a la temperatura del fluido de entrada. Este tipo de intercambiador resulta ser más eficiente que los otros dos tipos mencionados anteriormente. En contraste con el intercambiador de calor de flujo paralelo, el intercambiador de contraflujo puede presentar la temperatura más alta en el fluido frío y la más baja

temperatura en el fluido caliente una vez realizada la transferencia de calor en el intercambiador.

- **Flujo cruzado:** Se da cuando uno de los fluidos fluye de manera perpendicular al otro fluido, esto es, uno de los fluidos pasa a través de tubos mientras que el otro pasa alrededor de dichos tubos formando un ángulo de 90°. Los intercambiadores de flujo cruzado son comúnmente usados donde uno de los fluidos presenta cambio de fase y por tanto se tiene un fluido pasado por el intercambiador en dos fases, bifásico.

En la actualidad, la mayoría de los intercambiadores de calor no son puramente de flujo paralelo, contraflujo o flujo cruzado; estos son comúnmente una combinación de los dos o tres tipos de intercambiador. Por supuesto que un intercambiador de calor real que incluye dos, o los tres tipos de intercambio descritos anteriormente, resulta muy complicado de analizar. La razón de incluir la combinación de varios tipos en uno solo es maximizar la eficacia del intercambiador dentro de las restricciones propias del diseño, que son: tamaño, costo, peso, eficacia requerida, tipo de fluido, temperaturas y presiones de operación, que permiten establecer la complejidad del intercambiador.

3.3 Definición de términos

Aprovechamiento: Uso óptimo de algún recurso, en este caso energía, en todos los procesos y actividades para su explotación, producción, transformación, distribución y consumo, incluyendo la eficiencia energética.

Calor: Energía que pasa de un cuerpo a otro y que causa la dilatación y los cambios de estado de estos.

Eficiencia: Capacidad de lograr los resultados deseados con el mínimo posible de recursos.

Eficiencia Energética: Capacidad para obtener los mejores resultados en cualquier actividad empleando la menor cantidad posible de recursos energéticos.

Energía: Capacidad que tiene un sistema para realizar un trabajo, y que se mide en julios.

Flujo: Se refiere a la cuantía de masa de líquido que circula por una tubería.

Sistema: Conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto.

Temperatura: Magnitud física que expresa el grado de frío o calor de los cuerpos o del ambiente, y cuya unidad en el sistema internacional es el kelvin (K).

Trabajo: Producto de la fuerza por la distancia que recorre su punto de aplicación.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

Con el propósito de lograr dar una visión más técnica y metodológica a la investigación, se buscará desarrollar y definir lo que es un marco metodológico, que según Tamayo y Tamayo (2003 p.37) lo define como “El proceso, que, mediante el método científico, procura obtener información relevante para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento”.

Es imperativo señalar que la investigación, dada a su propia naturaleza, exige el tratamiento de algunos elementos. En este caso, se utilizarán métodos sustentados por diversos autores para resolver el problema planteado y que resulten convenientes a las metas que se persiguen; ya que la conformación de estos tiene que estar en perfecta concordancia con los objetivos de la investigación.

4.1 Tipo de la Investigación

El tipo de investigación, según Palella y Martins (2012) se refiere “a la clase de estudio que se va a realizar. Orienta sobre la finalidad general del estudio y sobre la manera de recoger las informaciones o datos necesarios” (p. 88), en relación con esto, la investigación presente se define como una investigación de tipo proyecto factible, ya que la misma busca proponer una solución a necesidades específicas. Con relación a esto, Palella y Martins (2012) lo define de la siguiente manera “consiste en elaborar una propuesta viable destinada a atender necesidades específicas, determinadas a partir de una base diagnóstica”.

4.2 Diseño de la Investigación

Arias (2016) define al diseño de investigación como “la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño, la investigación se clasifica en: documental, de campo y experimental” (p. 27). La presente investigación recolecta datos directamente de los sujetos de estudio, la eficiencia del sistema de calentamiento de agua, con lo cual, la misma tiene un diseño apoyado en una investigación de campo. Arias (2016) se refiere a la investigación de campo de la siguiente manera:

“La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes.” (p. 31).

Por las consideraciones anteriores, se puede decir entonces que la presente investigación cuenta con un diseño apoyado en la investigación de campo, ya que los datos recolectados provienen del sujeto de estudio, el sistema de calentamiento de agua, sin modificar ninguna variable o condiciones existentes en el departamento.

De igual manera, la investigación se encuentra apoyada a su vez de un diseño documental, ya que para la misma recolecta datos obtenidos por otros investigadores con el fin de adquirir nuevos conocimientos. En relación a esto, Arias (2016) dicen que el diseño documental en un “proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas” (p. 27).

Es por esto que la investigación presenta un diseño apoyado en una investigación de campo y documental, ya que se recolectaran datos directo del sujeto de estudio y de fuentes documentales secundarias como registros previos que existan en la planta sobre el caso de estudio.

4.3 Nivel de Investigación

El nivel de la investigación, según Arias (2016) se refiere al “grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio” (p. 23), la presente investigación tiene un nivel descriptivo, ya que la misma busca comprender la realidad sobre un grupo, persona o cosa en la actualidad. En relación con esto, Palella y Martins (2012) afirman lo siguiente:

“El propósito de este nivel es el de interpretar realidades de hecho. Incluye descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos. El nivel descriptivo hace énfasis sobre conclusiones dominantes o sobre cómo una persona, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente” (p. 92).

Es por esto que se le asigna este nivel al presente trabajo de investigación, debido a que se busca una descripción justificativa antes de implementar el diseño de la red de intercambiadores de calor; Diagnosticando, analizando, diseñando y evaluando. De esta manera se realiza la búsqueda de conclusiones dominantes sobre el comportamiento de un conjunto de equipos en un área determinada para su posterior aplicación del diseño del sistema de calentamiento.

4.4 Población y muestra

Todo estudio requiere de la correcta determinación del tamaño poblacional y muestral necesario para su ejecución, ya que, sin esto, la investigación podría no contar con el correcto número de sujetos, lo que imposibilita estimar adecuadamente los parámetros, así como determinar diferencias significativas, cuando sí existan. Por otro lado, se podría llegar a

estudiar a una cantidad innecesaria de sujetos, lo cual conlleva una pérdida de tiempo, inversión innecesaria de recursos y una modificación en la calidad del estudio.

Con relación a la población, Palella y Martins (2012) dicen lo siguiente: “es el conjunto de unidades de las que se desea obtener información y sobre las que se van a generar conclusiones.” (p. 105). En función a esto, la población puede ser una cantidad finita o infinita de elementos o sujetos de estudio. La presente investigación contará con una población conformada por los equipos de Alimentos Polar Comercial Planta Salsas y Untables.

A su vez, en la presente investigación no se va a trabajar con la totalidad de equipos de la empresa, sino que, con una parte de los mismos, es por esto que existe la muestra, que no es más que “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (Arias, 2016, p. 83), este subconjunto está conformado por esos equipos con características similares. Es por esto que se seleccionó como muestra a los equipos involucrados en el sistema de calentamiento de agua del proceso de formulación de margarina.

4.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

4.5.1 Técnicas de Recolección de Datos

Según Fidias G. Arias (2016, p. 67) “Se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información”. Por su parte, Palella Y Martins (2012, p. 115) definen a las técnicas de recolección de datos como “las distintas formas o maneras de obtener la información”. En ese sentido, las técnicas que se utilizarán son:

- **Observación:** Se define como “una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” Arias (2016, p. 69). Para el estudio se observó el área de calentadores de agua correspondientes al área de formulación de margarina de APC Planta Salsas y Untables ubicada en Zona Industrial Valencia, estado Carabobo.
- **Entrevista:** Definida como; “una técnica que permite obtener datos mediante un diálogo que se realiza entre dos personas cara a cara: el entrevistador "investigador" y el entrevistado; la intención es obtener información que posea este último.” Palella Y Martins (2012, p. 119). Las entrevistas se aplicaron al personal encargado del mantenimiento de los equipos y supervisores de área.
- **Análisis documental:** Palella y Martins (2012) dicen que el propósito del análisis documental es “profundizar un tema o problema sobre el cual no es

posible que el estudiante haga aplicaciones prácticas” (p. 90). Para la aplicación de esta técnica se recurrió a data previa para su posterior análisis e interpretación.

4.5.2 Instrumentos de recolección de datos

La aplicación de una técnica se traduce en la obtención de información, esta debe ser recolectada en un material físico para su posterior procesamiento, análisis e interpretación. A este material se le denomina instrumento. Fidiás G. Arias (2016, p. 68) define a los instrumentos de recolección de datos como “cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”. En ese sentido, se emplearán los siguientes instrumentos:

- **Las listas de control:** Las cuales; “Permiten orientar la observación y obtener un registro claro y ordenado de todo cuanto acontece. Sirven para sistematizar los distintos niveles de logro de cada investigado, mediante el uso de proposiciones, ítems, indicadores y de una escala cualitativa previamente seleccionados.” Palella Y Martins (2012, p. 126).
- **Registros anecdóticos:** El cual “permite recoger hechos incidentales de manera objetiva” Palella Y Martins (2012, p. 126). Estos registros serán recopilados en un diario de campo, fotografías y videos.
- **Libreta de notas:** Se trabajó mediante una entrevista no estructurada la cual, según Arias (2016, pag 73), es aquella en la que “no se dispone de una guía de preguntas elaboradas previamente. Sin embargo, se orienta por unos objetivos preestablecidos que permitan definir el tema de la entrevista”. En ese propósito se realizaron las anotaciones pertinentes sobre las preguntas planteadas y las respuestas obtenidas en una libreta de notas.
- **Guion de entrevista no estructurada:** Este es aquel en el que “no existe una estandarización formal, dejando por lo tanto un margen más o menos grande de libertad para formular las preguntas y proporcionar las respuestas” Palella Y Martins (2012, p. 129). Este permitirá encaminar la entrevista hacia los temas requeridos, pero sin llevar una guía estricta de preguntas a realizar.
- **Fuentes impresas:** estas están comprendidas por “Libros de texto, tesis y trabajos de grado, trabajos de ascenso, informes de investigación, informes estadísticos, informes socioeconómicos, fotografías, ilustraciones mapas y planos” (Arias 2016, p. 29).

- **Fuentes Digitales:** Entre estas se incluyen “documentales, videos, videoconferencias, páginas web, publicaciones periódicas en línea, revistas, tesis, informe, archivos en discos duros, CD, memorias portátiles (pendrive) y bases de datos institucionales” (Arias 2016, p. 29).

4.6 Técnicas de análisis de datos

Cuando se aplicó los instrumentos, y se realizó la recolección de la información, en este caso la observación directa y la entrevista no estructurada, se procedió a la tabulación y análisis de los datos de acuerdo a las técnicas de la estadística descriptiva, metodología pinch y herramientas de ingeniería industrial. Luego, se registraron en cuadros, cuyos resultados se ilustran en gráficas y de modo porcentual de manera que se perciban con mayor claridad los resultados obtenidos en la investigación. Por lo tanto, se utilizó una técnica de análisis cuantitativa. Se recomienda la utilización del diagrama de Pareto o diagrama causa efecto; para dar a conocer las problemáticas más latentes en el área de calentadores de agua y, posteriormente, se aplicó la metodología pinch para atacar directamente esa problemática con un el rediseño que aumente la eficiencia energía en los intercambiadores de calor.

4.7 Fases Metodológicas

A continuación, se presentan las fases de la investigación, donde se describen el procedimiento a seguir para cumplir con los objetivos específicos planteados en el capítulo II de la presente investigación.

Fase I: Diagnóstico de las condiciones iniciales respecto al uso de energía térmica en generadores de agua caliente pertenecientes al área de margarina en planta Salsas y Untables de Alimentos Polar C. A.

Se realizó un estudio con el fin de conocer el procedimiento para calentamiento de agua necesaria en el proceso de formulación de margarina, la temperatura que deben tener ciertos flujos para el correcto funcionamiento de los equipos involucrados en el sistema. Así mismo se hizo por medio de la técnica de recolección de datos una observación directa del proceso de calentamiento. En dicha observación se puede determinar:

1. Descripción del sistema, esto incluye los equipos involucrados, requisitos térmicos de los mismos y las conexiones actuales.
2. Posibles causas de la incidencia del problema
3. Aplicación del instrumento
4. Revisión de la documentación existente sobre el sistema y normas que apliquen.

Fase II: Análisis de integración energética de intercambiadores de calor pertenecientes al área de generadores de agua caliente pertenecientes al área de margarina en planta Salsas y Untables de Alimentos Polar C. A. aplicando la metodología de análisis pinch.

Concluida la Fase I, se realizó el análisis de las posibles causas determinadas en el diagnóstico, mediante la aplicación de las herramientas de ingeniería, y Termodinámica mediante la aplicación de la metodología pinch a fin de determinar las causas que están ocasionando la problemática. Y en función de ellos establecer cuál es la mejor propuesta para mitigar las consecuencias.

Fase III: Diseño de red de intercambio de calor que mejore la transferencia de calor entre las corrientes seleccionadas.

Seguidamente, en esta Fase III se dio a conocer cuál es la propuesta en función de toda la información recolectada en las fases anteriores. Por lo que es indispensable elaborar el sistema de intercambio térmico que se necesita y se adecue a las necesidades, buscando además que sea rentable y le traiga beneficios económicos a la empresa.

Fase IV: Evaluación de la factibilidad económica, ambiental, operativa, técnica y social de las alternativas de integración energética diseñadas.

Finalmente, concluida la fase III de la investigación se definió la relación costo-beneficio, determinando los flujos monetarios que incurren en la aplicación de la propuesta, mostrando los beneficios y valor agregado a la empresa.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos del diseño de un sistema reaprovechamiento de energía mediante metodología pinch, los mismos permiten determinar sí el diseño y la organización de los equipos asociados al sistema de generación de agua caliente es viable y factible. En el estudio se plantea la aplicación de métodos que se ajustan a los requerimientos establecidos en la metodología seleccionada y que se espera garanticen el cumplimiento de todas las variables necesarias para un eficiente funcionamiento del sistema. Dentro de este marco, se desarrollan cada una de las fases necesarias para el diseño del sistema.

5.1 Fase I: Diagnóstico de las condiciones iniciales respecto al uso de energía térmica en generadores de agua caliente pertenecientes al área de margarina en planta Salsas y Untables de Alimentos Polar C. A.

En la presente fase, se buscó diagnosticar la situación actual del sistema y los requerimientos de cada parte del proceso, para esto se aplicaron dos instrumentos, en primer lugar, una revisión documental en donde se analizaron datos recolectados previamente por la empresa, así como diagramas referentes al área de generadores de agua caliente y por otro lado se realizó una entrevista a gerentes de tecnología de proceso, supervisores de área y analistas del área de investigación y desarrollo con el objetivo de validar información obtenida en la revisión documental, así como obtener información nueva y actualizada. A continuación, se muestran los datos obtenidos.

5.1.1 Diagrama del sistema

Uno de los factores de mayor importancia a conocer es en dónde entra en juego el agua caliente, cuales son los equipos que consumen, cuanto consumen y cuáles son sus temperaturas de funcionamiento. Primeramente, se debe conocer cómo se distribuye el agua caliente a los diferentes equipos de cada línea. El sistema a nivel general involucra a los siguientes equipos:

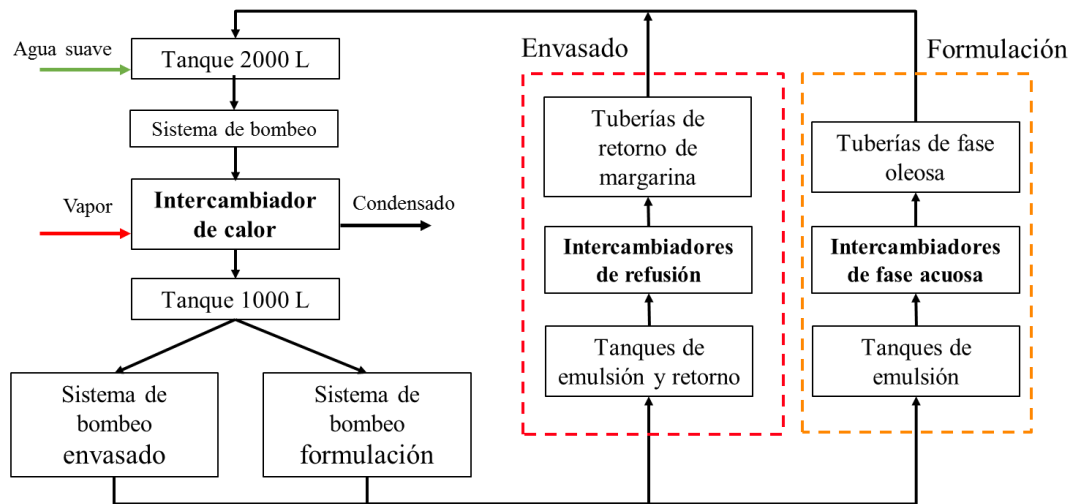


Figura 3: Diagrama general del sistema de generación del agua caliente

Fuente: Alimentos Polar Comercial (2017)

Como se puede observar, los equipos asociados se pueden agrupar por zonas, en donde se tiene a las tuberías de retorno, intercambiadores de refusión y a los tanques de emulsión y retorno en el área de envasado; y a las tuberías de fase oleosa, intercambiadores de fase acuosa y tanques de emulsión en el área de formulación. Se puede observar también que ambos procesos reciben el agua caliente a la misma temperatura, producto de un único proceso de calentamiento en el que se utiliza vapor como medio de calentamiento y agua suavizada.

Por otro lado, si bien se conoce por cuales equipos pasa agua caliente, un factor importante es el orden que siguen, por cual equipo pasa el agua caliente primero, ya que esto es determinante para una transferencia de energía eficiente. El agua caliente se distribuye a los distintos procesos de la siguiente manera:

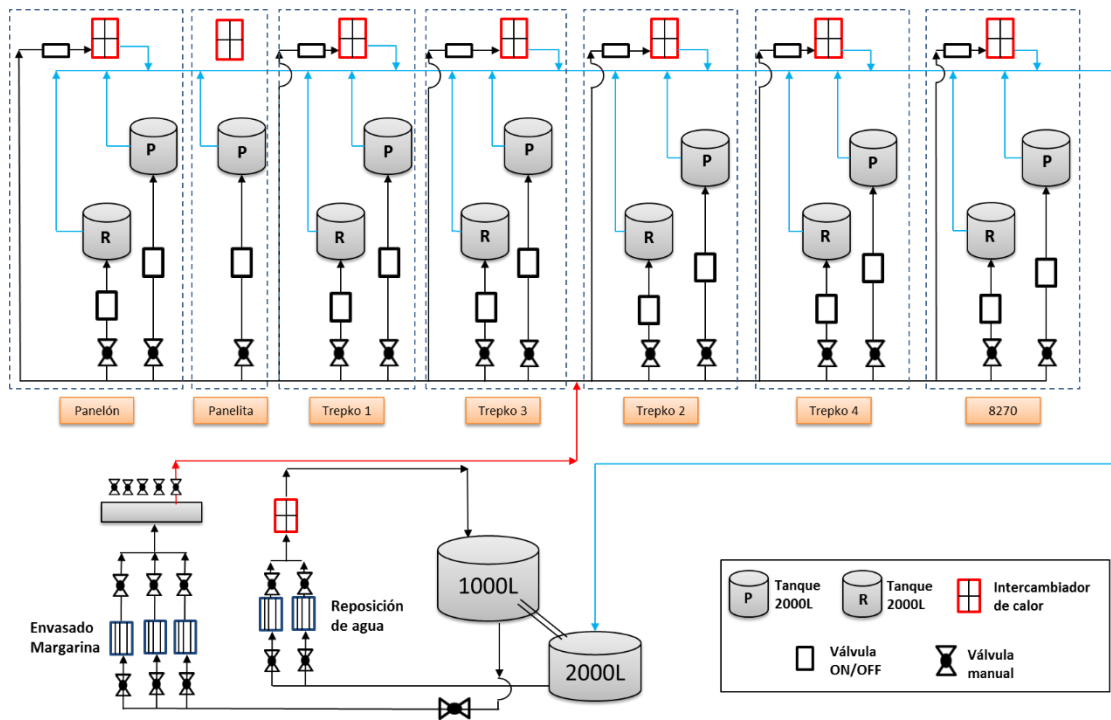


Figura 4: Distribución agua caliente en envasado

Fuente: Alimentos Polar Comercial (2017)

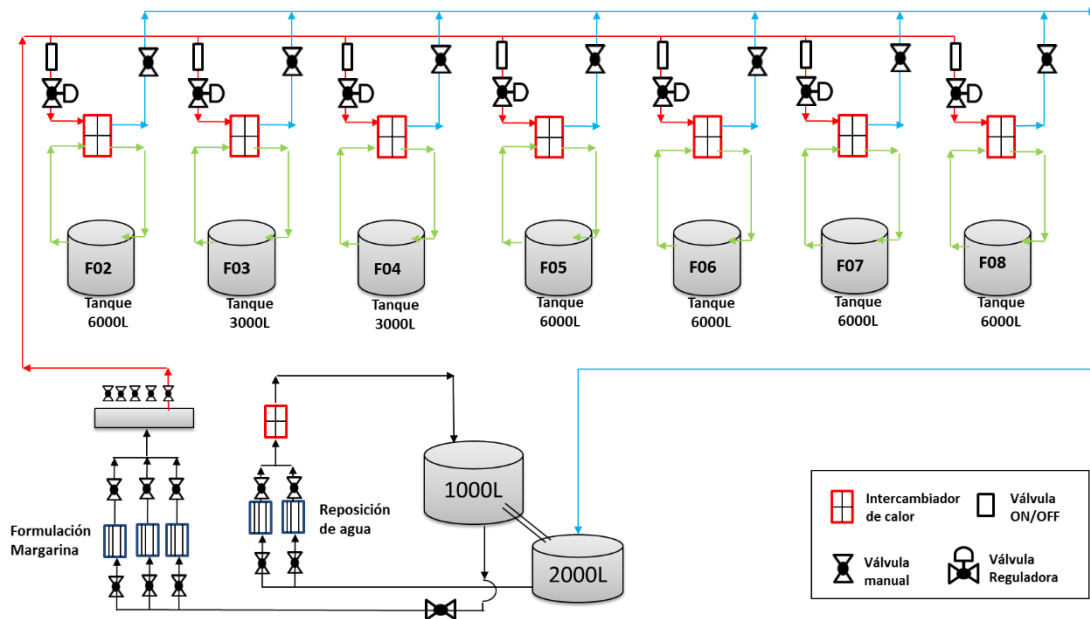


Figura 5: Distribución de agua caliente en fase acuosa, formulación

Fuente: Alimentos Polar Comercial (2017)

De las figuras anteriores se puede observar cómo es enviada al agua caliente a los distintos equipos, destacando que la temperatura con la que sale del calentamiento es la misma con la que llega a cada equipo involucrado, con lo cual se podría decir que los mismos están ubicados en paralelo. Por otro lado, se puede observar el ciclo que sigue el agua, iniciando por

el intercambiador de calor donde se calienta, pasando por el equipo en cuestión y terminando en el tanque de retorno en donde cae el agua “fría” para su posterior calentamiento.

5.1.2 Corrientes involucradas

Conociendo la secuencia del recorrido del agua caliente, lo siguiente a conocer son las corrientes involucradas en el sistema, qué flujos intervienen en los distintos equipos. Para esto se realizó un recorrido por las líneas de producción, tomando nota qué sustancias intercambian calor entre sí, o, en otras palabras, qué se está calentando mediante agua caliente. Del recorrido se obtuvo:

Envasado		Formulación	
Equipo	Sustancias	Equipo	Sustancias
Tubería de retorno	Margarina	Tuberías Fase Oleosa	Fase Oleosa (aceite)
	Agua Caliente		Agua Caliente
Intercambiador de refusión	Margarina	Intercambiador Fase Acuosa	Fase Acuosa (Agua)
	Agua Caliente		Agua Caliente
Tanque pulmón y retorno	Margarina	Tanques Emulsión	Emulsión de margarina
	Agua Caliente		Agua Caliente

Tabla 2: Materiales involucrados en cada equipo del sistema

Fuente: Rivera (2023)

La transferencia de energía depende en gran medida del tipo de material, cada sustancia tiene un calor específico característico, el cual va a determinar la capacidad de transferencia de calor que tiene la sustancia, cuanto calor puede recibir o dar dependiendo del caso.

5.1.3 Consumos

Para determinar correctamente la capacidad calorífica de una sustancia, además de conocer el tipo de material, es necesario conocer la cantidad de material a procesar. Este está relacionado con la capacidad que tiene el equipo de procesar dicho material, es por esto que la información fue recolectada de un material documental proveniente del personal de mantenimiento y una validación por parte de la gerencia de tecnología de alimentos, esto para dar mayor confiabilidad a la data recolectada. Para esto se entrevistó a ambas personas en momentos distintos y, apoyados en un guion de entrevista (ver anexo B) validado por tres expertos (ver anexo C), se les hizo la siguiente pregunta:

Ítem #2: Desde su óptica ¿Cuál es el consumo de agua utilizada en cada parte del sistema y la variabilidad de la misma?

En este ítem, los entrevistados coincidieron en las siguientes capacidades de consumo de agua de los equipos, brindado información detallada sobre los consumos de cada equipo, tanto de agua como de la sustancia calentar (margarina, emulsión, fase acuosa, fase oleosa). La

información recolectada corresponde a especificaciones del fabricante y cálculos previos realizados por planta, la misma se recopila en la siguiente tabla (ver tabla 3):

Equipo	Capacidad	
	Agua (kg/h)	Sustancia (kg/h)
Tubería de retorno	448	5000
Intercambiador de refusión	17.700	5000
Tanque pulmón y retorno	95	2000
Tuberías Fase Oleosa	448	-
Intercambiador Fase Acuosa	8762	8640
Tanques Emulsión	95	2000

Tabla 3: Capacidades de equipos

Fuente: Rivera (2023)

Los consumos recopilados son los necesarios para que el equipo cumpla su función sin inconvenientes, maximizando su eficiencia. Esta data resulta de gran importancia ya que para poder determinar la energía necesaria para la transferencia se necesita saber cuánta materia se va a calentar o enfriar.

5.1.4 Temperaturas

Cuando se habla de transferencia de calor, el punto más importante es qué tanto calentar o enfriar un fluido, para esto se toma como punto de partida la temperatura actual y la temperatura objetivo o meta a la que la quiero llevar. Sin embargo, no se puede empezar a trabajar sin saber las limitaciones del sistema, cuáles son las condiciones ideales para el correcto funcionamiento del mismo. Para esto, a los entrevistados se les hizo la siguiente pregunta:

Ítem #1: Desde su experiencia en el ramo alimenticio ¿Cuáles son los rangos de temperaturas que se deben tener para garantizar el buen funcionamiento del sistema generador de agua caliente en la elaboración de margarina?

Los entrevistados coincidieron en que, por la naturaleza del proceso, el agua caliente no puede salir a más de 90°C, ya que empezaría poco a poco a ebulir o formar burbujas pequeñas, y eso no es bueno para el sistema. Por otro lado, el agua no va a retornar al calentador a menos de 45°C, ya que el proceso con menor temperatura se lleva a cabo a 45 – 47°C. Esto deja al sistema de calentamiento con una temperatura de trabajo de entre 45°C y 90°C, este calentamiento se realiza con vapor saturado de agua.

Conociendo la temperatura máxima con la que puede salir el agua del calentador, el siguiente paso es conocer cuáles son esas temperaturas actuales y objetivo para cada flujo. Para resolver esta incógnita se le hizo la siguiente pregunta a los entrevistados:

Ítem #3: ¿Cuáles corrientes del sistema de agua requieren ser calentadas y enfriadas y cuál es el rango de temperaturas que tienen?

Los entrevistados coinciden que es necesario calentar la margarina en la tubería de retorno y el intercambiador de calor de fusión, y calentar también la fase acuosa, por otro lado, se busca mantener la temperatura de la emulsión de margarina en los tanques de emulsión, retorno y pulmón, así como también mantenerla temperatura de la fase oleosa. Estas temperaturas se resumen en la siguiente tabla (ver tabla 4).

Flujo	Temperatura suministro (°C)	Temperatura objetivo (°C)
Margarina	14	47
Emulsión	45	45
Fase Acuosa	23	45
Fase Oleosa	70	70

Tabla 4: Requerimientos de temperatura

Fuente: Rivera (2023)

Por otro lado, personal de planta realizó un estudio de requerimientos mínimos de temperatura para los distintos procesos, agrupando a los equipos por zonas (envasado y formulación), en donde se determinó que a envasado debería llegar agua a una temperatura no menor a 80°C, y a formulación, no menor a 55°C. El problema surge debido a que el generador de agua caliente entrega agua a una temperatura de 65-67°C, muy por debajo de lo solicitado en envasado, y muy por encima de lo demandado en formulación.

5.1.5 Corrientes externas

Con el objetivo de maximizar la eficiencia del sistema, resulta conveniente conocer qué flujos pueden ser utilizados de manera tal que se pueda aprovechar el calor del mismo, es por esto que se realizó la siguiente pregunta a los entrevistados:

Ítem #4: Desde su punto de vista ¿Qué corrientes externas al sistema de agua se podrían incluir para optimizar el proceso?

Según los entrevistados, los únicos flujos que se podrían anexar al sistema pertenecen al proceso de pasteurización, en el área de formulación. Este proceso utiliza flujos fríos y calientes y los entrevistados explicaron que el proceso no se ha anexado debido a que la capacidad actual no es suficiente, la temperatura de agua que suministra el generador no es suficiente para cumplir la función de pasteurización. El proceso de pasteurización consiste en subir en gran medida la temperatura de un fluido (hasta unos 75 – 80°C), mantenerla por unos segundos y enfriar intensamente hasta una temperatura ambiente.

Debido a que el generador de agua caliente entrega una temperatura de 67°C, la cual no es suficiente para calentar de tal manera el fluido, se optó por darle a este proceso un sistema propio que garantice una temperatura de suministro de agua caliente de 90°C. En caso tal que se aumente la temperatura de suministro de agua caliente en los generadores, se podría anexar este proceso al sistema. Para que esto se pueda realizar, se tiene que cumplir lo siguiente:

Equipo	Capacidad	
	Agua (kg/h)	Sustancia (kg/h)
Pasteurizador (calentar)	6300	5000
Pasteurizador (enfriar)	9500	5000

Tabla 5: Capacidad de equipos del sistema de pasteurización

Fuente: Rivera (2023)

Flujo	Temperatura suministro (°C)	Temperatura objetivo (°C)
Derivado lácteo frío	23	80
Derivado lácteo caliente	80	35

Tabla 6: Requerimientos de temperatura (pasteurización)

Fuente: Rivera (2023)

5.1.6 Servicios involucrados

Para poder llevar a cabo ciertos procesos, es necesario recurrir a servicios externos que faciliten una tarea en específico. En un sistema como este, resulta conveniente conocer los consumos referentes a servicios, ya que gran parte de la carga económica proviene de estos, y siempre se va a buscar la minimización de estos. Para conocer los servicios involucrados, y el flujo de los mismos, se realizó la siguiente pregunta a los entrevistados:

Ítem #5: ¿Qué servicios están involucrados en el sistema de agua y en qué proporción se utilizan?

Los entrevistados coincidieron en que el único servicio involucrado en el generador de agua caliente es el vapor de agua utilizado para calentar el agua en el generador, este es variable en función de qué tanto se desee calentar el agua, actualmente está trabajando con un flujo de 13.850 kg/h, este podría aumentarse para lograr un calentamiento más intenso.

5.2 Fase II: Análisis de integración energética de intercambiadores de calor pertenecientes al área de generadores de agua caliente pertenecientes al área de margarina en planta Salsas y Untables de Alimentos Polar C. A. aplicando la metodología de análisis pinch.

En la presente fase se llevó a cabo el desarrollo del análisis de los datos recolectados, aplicando la metodología pinch al sistema. Esta metodología depende de factores como el flujo masico,

calor específico y temperaturas de suministro (iniciales) y finales (objetivo). Sin embargo, el sistema debe cumplir ciertas características y las corrientes deben ser accesibles, esto nos lleva tomar ciertas consideraciones iniciales.

5.2.1 Consideraciones iniciales

1. El diseño generado corresponderá a una línea de producción para el caso de envasado, ya que estas siguen un proceso con muchas similitudes, donde solo varía la naturaleza del producto (calor específico y densidad) y las capacidades de cristalización (cantidad de producto a calentar), sin embargo, estas variaciones son muy bajas y se podría seguir un mismo proceso de transferencia de calor sin perjudicar a ninguna línea de producción.
2. Si bien se desea trabajar con todos los equipos asociados, no se tomarán en consideración aquellos en los que no se presente un cambio de temperatura significativo, es decir, aquellos en los que no se caliente o enfríe una sustancia, sino que se mantenga la temperatura. Esto debido a que no se podría determinar una energía total de transferencia si la diferencia de temperatura (ΔT) es cero. Esto descarta a los tanques de emulsión y a las tuberías de fase oleosa del sistema, en donde se debe mantener a 45°C y 70°C la sustancia, respectivamente.
3. Dada la naturaleza del sistema de pasteurización y su alta eficiencia, se tomó la decisión de no tomarlo en cuenta para los cálculos, ya que los flujos asociados a ese proceso ya cuentan con una maquinaria especializada para esa función, con lo cual, cualquier cambio asociado a las maquinarias podría afectar al sistema de pasteurización, el cual actualmente cumple su función sin inconvenientes. Es por esto que solo se trabajará con los procesos de envasado y formulación, descartando por completo al sistema de pasteurización.
4. Por requerimientos del proceso de formulación, se debe garantizar que el agua caliente llegue a 55°C. Para mejor integración energética, se busca trabajar con un único suministro de agua caliente a 90 °C, para garantizar que lleguen 55 °C a formulación, se tomó la decisión de dividir el flujo de agua original (de 90°C a 45 °C) en dos, uno de 90 °C a 55 °C y otro de 55°C a 45 °C, de manera tal que se pueda utilizar un mismo suministro y se garanticen las temperaturas de proceso.

Una vez aclarados estos puntos, se procede a realizar los cálculos pertinentes para el análisis.

5.2.2 Capacidad calorífica total

Toda sustancia, ya sea agua, margarina, o fase acuosa, tiene una capacidad calorífica específica, calor específico (C_p). Este representa la cantidad de calor que se debe transferir a una unidad de masa para que incremente su temperatura en una unidad de grado Celsius. Este valor es constante y único para cada sustancia. En la siguiente tabla se recopilan los calores específicos de cada sustancia a trabajar (ver tabla 7):

Sustancia	Calor Especifico (kJ/kg °C)
Margarina	2.66
Agua	1
Fase Acuosa	0.9187

Tabla 7: Calores específicos

Fuente: Rivera (2023)

Una vez conociendo el calor específico de cada sustancia, se procede a conocer la capacidad calorífica total (CP) de cada una, esto se logra asociando el calor específico con el flujo másico total (\dot{m}) de cada sustancia, de la siguiente manera:

$$CP = \dot{m} \times C_p$$

El flujo másico no es más que la cantidad total de sustancia que puede ser procesada por cada equipo, aplicando esto, el flujo masico total para cada sustancia es el siguiente:

Equipos	Flujo (kg/h)			
	Margarina	Agua (Envasado)	Agua (Formulación)	Fase Acuosa
Equipo 1	5000	448	8762	8640
Equipo 2	5000	17700		
Total	10000	18148	8762	8640

Tabla 8: Flujos masicos totales

Fuente: Rivera (2023)

Conociendo todo esto, es posible calcular la capacidad calorífica para cada sustancia. Importante acotar que para facilidad de cálculos la capacidad calorífica se expresará en kW/°C, para esto se tomó en consideración que $1 \text{ kW} = 2.7777777778 \times 10^{-4} \text{ kJ/h}$. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos:

Sustancia	Flujo Másico	Calor Específico	Capacidad Calorífica	
			kJ/h°C	kW/°C
Margarina	10000	2.66	26600	7.39
Agua (Envasado)	18148	1	18148	5.04
Agua (Formulación)	8762	1	8762	2.43
Fase Acuosa	8640	0.9187	7937.568	2.20

Tabla 9: Capacidades caloríficas totales

Fuente: Rivera (2023)

La capacidad calorífica total representa la cantidad de calor necesario para subir en una unidad de grado Celsius toda la masa involucrada de una sustancia en específico del sistema. Ahora ¿Cuánto se debe calentar o enfriar cada sustancia y cuánta energía hará falta?

5.2.3 Tabla problema

El último paso antes de iniciar con el análisis pinch es plantear una tabla problema con todos los datos recopilados de manera organizada, en esta tabla se presentan las corrientes, el tipo de corriente, capacidad calorífica, temperaturas de suministro (T_s) y objetivo (T_o) y el calor necesario para subir o bajar la temperatura (H) de cada corriente. El calor necesario se calcula con la siguiente formula:

$$H = CP \times (T_s - T_o)$$

Partiendo de esto, y recopilando la data recolectada, la tabla problema queda de la siguiente manera (ver tabla 10):

Tipo de corriente	CP (kW/°C)	T_s (°C)	T_o (°C)	Calor H (kW)
1- Fría	7.39	14	47	-243.83
2- Fría	2.20	23	45	-48.51
3- Caliente	5.04	90	55	176.44
4- Caliente	2.43	55	45	24.34
Hneto				-91.56

Tabla 10: Tabla problema

Fuente: Rivera (2023)

Como se puede observar, la tabla problema muestra calores mayores y menores que cero, para corrientes frías $H < 0$ indica que se le debe suministrar esa energía para lograr la temperatura objetivo (calor absorbido). Por el contrario, en las corrientes calientes $H > 0$ significa que debe eliminarse ese calor para alcanzar la temperatura objetivo (calor cedido). Entonces se puede observar como en las corrientes correspondientes a la margarina y a la fase acuosa se le tiene que suministra energía para que logren llegar a su temperatura objetivo, y en las correspondientes al agua para envasado y formulación se les tendrá que extraer calor.

Adicionalmente se obtiene el calor neto, el cual es la sumatoria de los distintos calores del sistema, y representa la cantidad de energía adicional que debe suministrarse o extraerse del sistema mediante unidades para lograr un balance energético. Si $H_{neto} < 0$ significa que al sistema se le debe suministrar esa energía mediante unidades calientes; por el contrario, si $H_{neto} > 0$ significa que ese calor debe ser eliminado mediante utilidades frías. Como se puede observar en la tabla 10, el calor neto es $-91,56 \text{ kW}$, lo que quiere decir que ese calor debe ser suministrado al sistema.

5.2.4 Selección del $\Delta T_{mínimo}$ inicial

El $\Delta T_{mínimo}$ o temperatura de aproximación mínima representa la menor diferencia de temperaturas que puede existir entre una corriente fría y una caliente a lo largo de un intercambiador de calor, para que la transferencia sea efectiva. Mientras menor sea el $\Delta T_{mínimo}$ que se seleccione, mayor será el área de transferencia necesaria en los intercambiadores (aumentando el costo de instalación y mantenimiento) pero menores serán los requerimientos de utilidades (disminuyendo los costos de operación). El $\Delta T_{mínimo}$ se fija, por lo común en 10°C . Esto no quiere decir que los valores inferiores o superiores permitan redes de intercambio eficientes, de ahí a que sea necesario, posteriormente, la optimización de este parámetro.

5.2.5 Construcción del diagrama de intervalos de temperaturas

Este diagrama no es más que un gráfico donde se indican todos los niveles de temperatura del proceso. Cada corriente se representa con una flecha vertical que va desde la temperatura inicial hasta la temperatura de salida. Las corrientes frías se representan con la flecha de abajo hacia arriba, y las calientes de arriba hacia abajo.

El diagrama se separa con una franja central, colocándose las corrientes calientes a la izquierda y las frías a la derecha. Cada línea tiene una temperatura diferencia de $\Delta T_{mínimo}$ entre el lado caliente y el frío. Para mejor apreciación, el diagrama de intervalos del sistema resulta de la siguiente manera (ver figura 6):

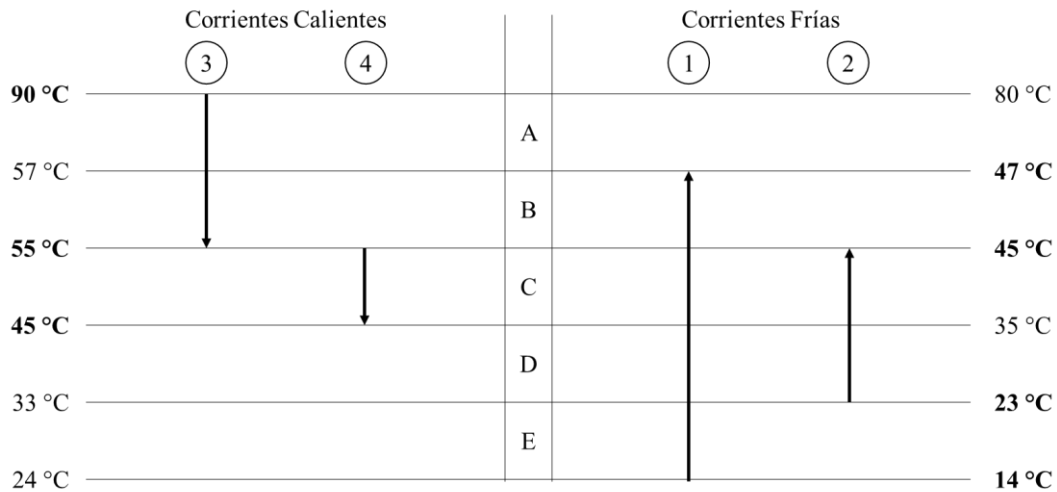


Figura 6: Diagrama de intervalos

Fuente: Rivera (2023)

Como se puede observar en la figura, cada línea genera un intervalo de temperatura tanto en el lado caliente como en el frío, cada uno de estos se identifica con una letra consecutiva. Las flechas van desde la temperatura de inicio hasta la temperatura de salida para cada corriente. Este diagrama permite apreciar cuales son las corrientes involucradas en cada intervalo, para así conocer la cantidad de energía suministrada o extraída de estos. Es por esto que el diagrama es apoyado por un balance energético para los intervalos de temperaturas. El calor de estos se calcula como la diferencia de calor entre las corrientes calientes y frías en el intervalo:

$$H_{intervalo} = \left[(T_{Cal_{max}} - T_{Cal_{min}}) \sum_{i=1}^{CorrCal} (CP) \right] - \left[(T_{Fría_{max}} - T_{Fría_{min}}) \sum_{i=1}^{CorrFría} (CP) \right]$$

De esta manera, aplicando esto en cada intervalo, el calor para cada uno se muestra en la siguiente tabla (ver tabla 11):

Intervalo	<i>H</i> Intervalo (kW)	
A	$(90 - 57) \times 5,04$	166.36
B	$(57 - 55) \times 5,04 - (47 - 45) \times 7,39$	-4.70
C	$(55 - 45) \times 2,43 - (45 - 35) \times (7,39 + 2,20)$	-71.60
D	$-(35 - 23) \times 7,39 - (35 - 23) \times 2,20$	-115.13
E	$-(23 - 14) \times 7,39$	-66.50
<i>H</i>total (kW) =		-91.56

Tabla 11: Calores de intervalo

Fuente: Rivera (2023)

El calor de total resulta de la sumatoria de los calores de cada intervalo. Se puede observar en la tabla que $H_{total} = -91,56 \text{ kW}$, como se determinó previamente en la tabla problema (ver tabla 10), con lo que se comprueban los cálculos del balance energético.

5.2.6 Construcción del diagrama de cascada

El diagrama de cascada permite determinar la cantidad óptima de energía que se debe suministrar y/o extraer del proceso mediante utilidades. A su vez este diagrama también posibilita conocer la temperatura a la que se ubica el *pinch*.

Para su construcción se colocan los intervalos en rectángulos individuales. Dentro de cada rectángulo se escribe la letra que identifica al intervalo y el valor energético del mismo ($H_{intervalo}$). A la izquierda de los intervalos se ubica una fuente de energía (utilidades calientes), y la derecha un sumidero de energía (utilidades frías). En cada rectángulo se balancea la energía que entra con la que existe para determinar la energía de salida de dicho intervalo. La energía que sale de dicho intervalo debe ser mayor o igual que cero. Cada vez que se requiera energía adicional para completar el balance de la etapa, se extrae de la utilidad caliente. Al final, toda la energía remanente del proceso se pasa a la utilidad fría. En la siguiente figura se muestra el diagrama de cascada del sistema (ver figura 7):

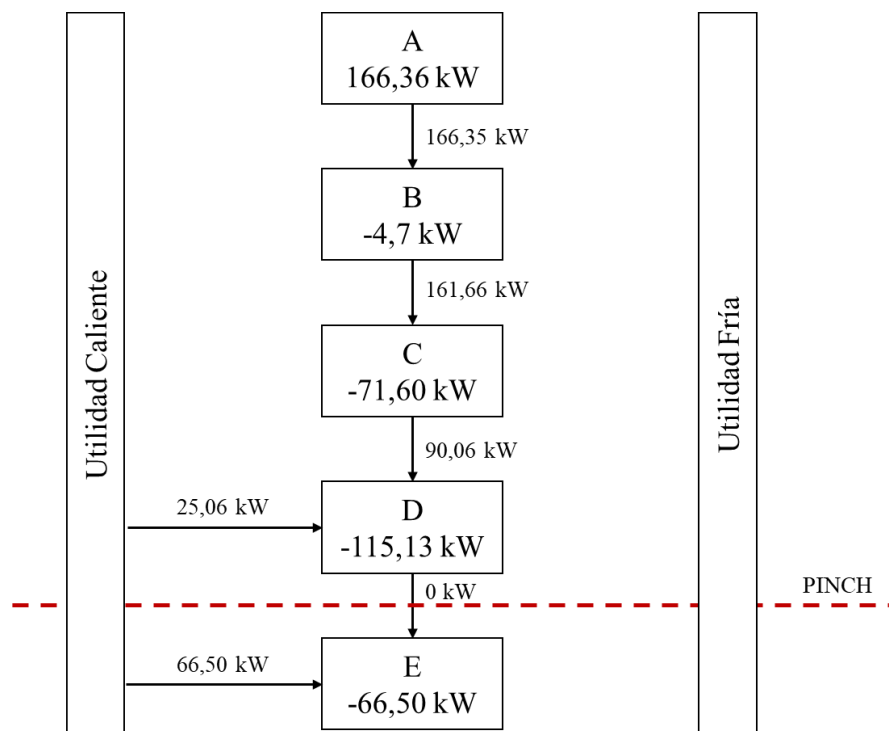


Figura 7: Diagrama de cascada

Fuente: Rivera (2023)

En la figura se observa cómo existe un suministro de calor en dos ocasiones, en el intervalo D y el E. El calor neto del sistema es la diferencia entre las utilidades frías y las calientes:

$$H_{neto} = \sum H_{utilidades_frías} - \sum H_{utilidades_calientes}$$

Para este sistema $H_{neto} = -25,06 \text{ kW} - 66,50 \text{ kW} = -91,56 \text{ kW}$, como se había determinado previamente en el diagrama de intervalos (ver tabla 11), con lo que se comprueban los cálculos del balance del diagrama de cascada.

En la figura 7 se indica, a su vez, mediante una línea discontinua el punto del pinch. Este punto está ubicado donde la diferencia de temperaturas entre la zona caliente y la fría del sistema se aproximan hasta un valor igual al $\Delta T_{mínimo}$ seleccionado. EL pinch energético se determina, partiendo del diagrama de cascada, en el punto donde de calor entre dos intervalos es cero.

Se observa que el punto pinch está en el sistema se ubica entre los intervalos D y E. En el diagrama de intervalos de temperaturas (ver figura 6), entre D y E se encuentra la línea de temperaturas de 23°C a 33°C. Por consiguiente, el intervalo de temperaturas donde ocurre el pinch es de 23°C a 33°C y la temperatura del pinch es 28°C, cómo se indica en la figura 8.

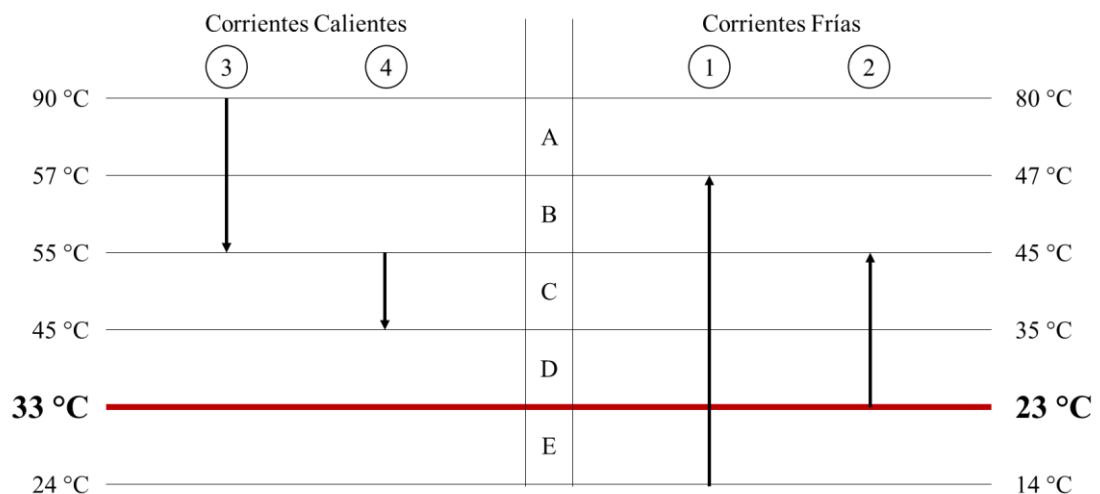


Figura 8: Detalle del pinch en el diagrama de intervalos de temperaturas

Fuente: Rivera (2023)

5.2.7 Construcción de las curvas compuestas

Para la construcción de las curvas compuestas se separan las corrientes frías de las calientes y se calculan los datos energéticos de cada intervalo de temperatura. Estos se resumen en una tabla que contiene la letra que identifica al intervalo (en orden decreciente y comenzando por uno adicional al último), la temperatura superior de cada uno, el calor o

entalpía de las corrientes (separando las calientes de las frías) y la entalpía acumulada de las corrientes.

El calor de cada intervalo se calcula para cada corriente de la siguiente manera:

$$HCal_{intervalo} = (TCal_{max} - TCal_{min}) \sum_{i=1}^{CorrCal} CP_i$$

$$HFría_{intervalo} = (TFría_{max} - TFría_{min}) \sum_{i=1}^{CorrFría} CP_i$$

Cómo el intervalo adicional al último no tiene corrientes ni temperatura inferior, la primera entalpía es siempre cero. El calor o entalpía acumulada se calcula como la suma de todas las entalpías desde el primer intervalo (el adicional) hasta el intervalo actual. Para este sistema, las temperaturas y calores para las corrientes se muestran en la tabla 12 y para las corrientes frías en la tabla 13.

Intervalos	Temperatura Superior del intervalo (°C)	Calor de intervalo de temperatura (kW)		Calor Acumulado (kW)
-	24	-	= 0,00	0,00
E	33	$(33 - 24) \times (0)$	= 0,00	0,00
D	45	$(45 - 33) \times (0)$	= 0,00	0,00
C	55	$(55 - 45) \times (2,43)$	= 24,34	24,34
B	57	$(57 - 55) \times (5,04)$	= 10,08	34,42
A	90	$(90 - 57) \times (5,04)$	= 166,36	200,78

Tabla 12: Temperaturas y calores para las corrientes calientes del sistema

Fuente: Rivera (2023)

Intervalos	Temperatura Superior del intervalo (°C)	Calor de intervalo de temperatura (kW)		Calor Acumulado (kW)
-	14	-	= 0,00	0,00
E	23	$(23 - 14) \times (7,39)$	= 66,50	66,50
D	35	$(35 - 23) \times (7,39 + 2,2)$	= 115,13	181,63
C	45	$(45 - 35) \times (7,39 + 2,2)$	= 95,94	277,56
B	47	$(47 - 45) \times (7,39)$	= 14,78	292,34
A	80	$(80 - 47) \times (0)$	= 0,00	292,34

Tabla 13: Temperaturas y calores para las corrientes frías del sistema

Fuente: Rivera (2023)

El calor neto del sistema es igual a la diferencia entre los calores totales de las corrientes calientes y frías:

$$H_{neto} = \sum_{i=1}^{Intervalos} (H_{Cal_i}) - \sum_{i=1}^{Intervalos} (H_{Fría_i})$$

Para el sistema $H_{neto} = 200,78 \text{ kW} - 292,34 \text{ kW} = -91,52 \text{ kW}$; comprobándose los cálculos realizados.

A partir de estos datos se construyen las curvas compuestas. Para esto se grafican los puntos de temperatura superior de cada intervalo en función del calor acumulado hasta el intervalo. Los puntos de unen con rectas. En el mismo gráfico se deben representar las tablas de corrientes calientes y frías, obteniéndose dos líneas (figura 9).

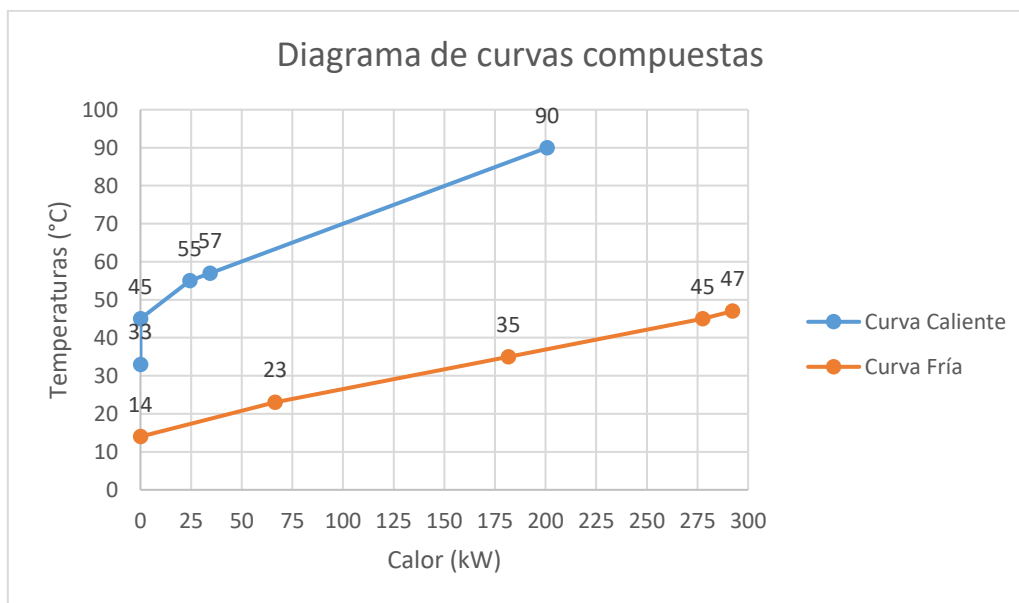


Figura 9: Gráfico de temperatura superior en función del calor acumulado

Fuente: Rivera (2023)

Sin embargo, este grafico no representa la realidad en su totalidad. Una vez representadas las curvas, estas deben ajustarse para el $\Delta T_{mínimo}$ seleccionado. Comúnmente este ajuste se realiza desplazando la curva fría a la derecha hasta que ambas líneas queden separadas, en el punto donde más se aproximan por el eje vertical, con una diferencia $\Delta T_{mínimo}$. Sin embargo, este caso particular no presenta este caso, ya que al desplazar esta curva a la derecha no nos estaríamos acercando al punto pinch, sino todo lo contrario, es por esto que se decide desplazar la curva caliente a la derecha.

Una vez ajustada la curva compuesta al $\Delta T_{mínimo}$, la diferencia de energía entre ambas líneas, en el extremo izquierdo del gráfico, es igual a una parte del calor que se debe suministrar al sistema, la otra parte se ubica en el extremo derecho. En el punto pinch, las temperaturas de las líneas calientes y frías corresponden con la temperatura pinch.

El ajuste de la curva compuesta $\Delta T_{\text{mínimo}} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, en el sistema, se realiza moviendo la línea de las corrientes calientes 66,5 kW a la derecha, como se muestra en la figura 10 (ver figura 10). La curva compuesta para los datos del sistema, ajustada a $\Delta T_{\text{mínimo}} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, queda finalmente como se muestra en la figura 11 (ver figura 11).

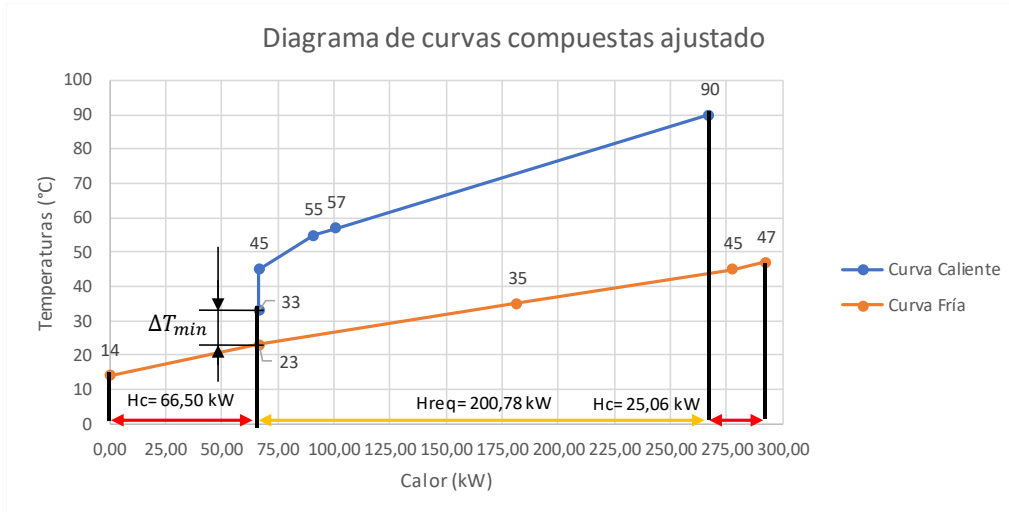


Figura 10: Ajuste de gráfico de temperatura superior en función del calor acumulado a un $\Delta T_{\text{mínimo}} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$

Fuente: Rivera (2023)

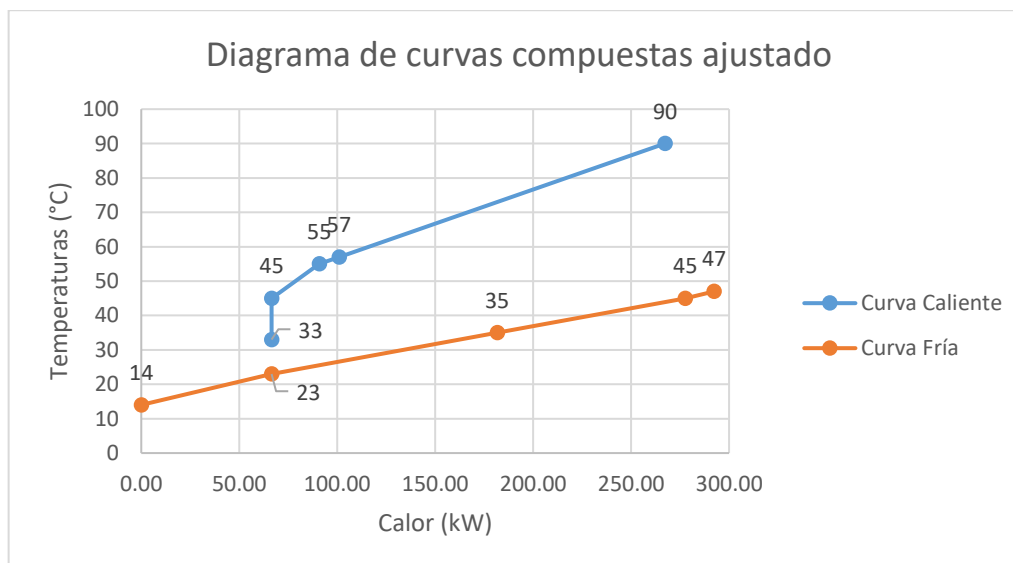


Figura 11: Curva compuesta correspondiente al sistema a estudiar

Fuente: Rivera (2023)

5.2.8 Determinación del número óptimo de intercambiadores

Una vez determinado el punto pinch, es necesario calcular el número mínimo de intercambiadores de calor que garanticen una transferencia eficiente para las condiciones mínimas de utilidades. En esta etapa existe un principio que nunca debe ser violado: una

corriente nunca debe transferir calor a través de la temperatura pinch. Es por esto que el proceso se divide en “Encima del pinch” y “debajo del pinch” para calcular la cantidad de intercambiadores y diseñar la red de intercambio. El número de intercambiadores se calcula como:

$$\begin{aligned} \text{Número de intercambiadores sobre el pinch} &= \text{Número de corrientes calientes sobre el pinch} + \text{Número de corrientes frías sobre el pinch} + \text{Número de utilidades} - 1 \\ \text{Número de intercambiadores bajo el pinch} &= \text{Número de corrientes calientes bajo el pinch} + \text{Número de corrientes frías bajo el pinch} + \text{Número de utilidades} - 1 \end{aligned}$$

El número total de intercambiadores de calor a instalar es la suma de intercambiadores sobre y bajo el pinch. A partir del diagrama de intervalos de temperaturas (figura 8) resulta fácil identificar la cantidad de corrientes encima y debajo del pinch. En nuestro sistema se tienen 2 corrientes calientes y dos frías sobre el pinch y 1 corriente fría bajo el pinch.

A partir del diagrama de cascada (figura 7) es posible conocer la cantidad de corrientes de utilidades. En el sistema, utilizando el diagrama de cascada, se tiene una utilidad caliente arriba del pinch (25,06 kW) y 1 utilidad caliente debajo del pinch (66,05 kW). En la tabla 14 se calcula el número óptimo de intercambiadores de calor del sistema.

Número óptimo de intercambiadores			
Corrientes calientes	Corrientes frías	Utilidades	Intercambiadores de Calor
2	2	1	4
0	1	1	1
Total =			5

Tabla 14: Número óptimo de intercambiadores de calor para la red del sistema

Fuente: Rivera (2023)

5.3 Fase III: Diseño de red de intercambio de calor que mejore la transferencia de calor entre las corrientes seleccionadas

En esta tercera fase se llevó a cabo el diseño de la red de intercambiadores de calor que maximice eficiencia energética, aplicable para cada una de las líneas de producción. Si bien en planta se realizan distintos tipos de margarina, el proceso de formulación y envasado sigue los mismos principios con ligeras variaciones a causa de las propiedades del producto, con lo cual el diseño a desarrollar es aplicable para todas las líneas de producción, sujeta a variaciones mínimas en calores específicos y flujos de producto en las líneas de envasado.

5.3.1 Propuesta de intercambio encima y debajo del pinch

Después de determinar el número de intercambiadores de calor, encima y debajo del pinch, se debe proponer una red preliminar de intercambio de calor entre las corrientes. Para ello se debe analizar por separado las redes de intercambio sobre y bajo el pinch. El objetivo de esta etapa consiste en determinar, para cada intercambiador de calor, las corrientes y la cantidad de energía que intercambian entre sí.

Para proponer una red de intercambiadores, las corrientes se colocan en rectángulos, las calientes encima (incluyendo las utilidades calientes), y las frías debajo (incluidas las utilidades frías). Dentro de los rectángulos se coloca la cantidad de energía que absorberá o liberará cada corriente. Los intercambiadores de calor se representan con círculos numerados consecutivamente. Se debe pasar toda la energía de las corrientes calientes a las frías utilizando solo el número de intercambiadores calculados en la tabla 13.

Para desarrollar la propuesta de diseño, se tomó como base lo que existe actualmente, la distribución actual de los equipos y tuberías para minimizar el costo, también se toma en cuenta que el agua caliente de envasado será utilizada en las tuberías e intercambiadores de refusión, y el agua caliente de formulación se utilizará en los intercambiadores de fase acuosa. Partiendo de esto, la propuesta de transferencia de calor queda de la siguiente manera (ver figura 12).

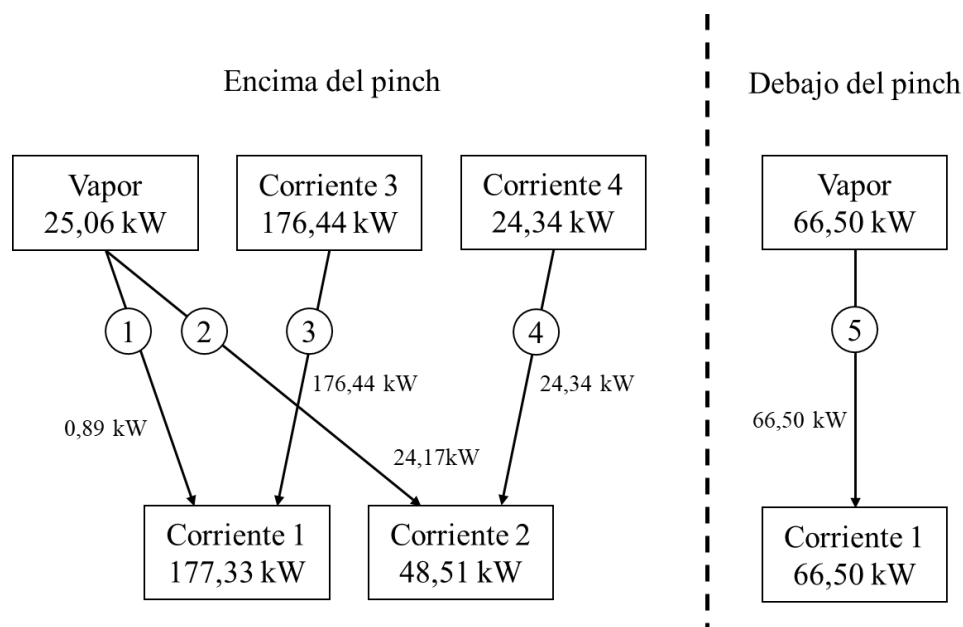


Figura 12: Propuesta de intercambio sobre y bajo el pinch para el sistema

Fuente: Rivera (2023)

Como se puede observar, tanto debajo como encima del pinch es necesario implementar utilidades calientes, suministrando vapor al sistema de manera tal que sea posible llegar a las

temperaturas deseadas en las corrientes frías. Así mismo, se puede ver como la corriente 3 (agua caliente para envasado) es utilizada en su totalidad para calentar a la corriente 1 (margarina) por encima del pinch, del mismo modo, la corriente 4 (agua caliente para formulación) es utilizada en su totalidad para calentar a la corriente 2 (fase acuosa). Si embargo las corrientes calientes encima del pinch no tienen suficiente energía para calentar lo suficiente a las corrientes frías, es por esto que se requiere un suministro de vapor que complete el calentamiento, este incorpora calor tanto a la corriente 1 como a la 2, lo suficiente para que ambas alcancen su temperatura objetivo.

Por otro lado, debajo del pinch solo se encuentra la corriente 1, al no haber una corriente caliente, la única manera de calentar dicha corriente es mediante un suministro caliente, vapor concentrado, el cual va a calentar la totalidad de la margarina involucrada hasta llegar a la temperatura del pinch (33°C).

5.3.2 Diseño preliminar de la red de intercambiadores

A parte de la propuesta de intercambio realizada anteriormente, quedan definidas las corrientes y la cantidad de calor a transferir entre sí. Solo falta ubicar el orden los intercambiadores de calor en el diagrama de flujo. Para ello se colocan las corrientes como líneas horizontales, con flechas que van de derecha a izquierda para las corrientes fría, y de izquierda derecha para las corrientes calientes. Sobre cada línea se representan las temperaturas de entrada, de salida y de pinch de cada corriente. Una vez representadas las corrientes colocan los intercambiadores de calor entre estas, según la propuesta anterior.

Sobre cada intercambiador se indica el calor que debe intercambiar y se calculan las temperaturas de entrada y de salida de cada corriente a cada uno de ellos.

$$T_{salida_{corr_caliente}} = T_{entrada_{cor_caliente}} - \frac{H}{CP}$$

$$T_{entrada_{corr_caliente}} = T_{salida_{cor_caliente}} + \frac{H}{CP}$$

$$T_{salida_{corr_fría}} = T_{entrada_{cor_fría}} + \frac{H}{CP}$$

$$T_{entrada_{cor_fría}} = T_{salida_{cor_fría}} - \frac{H}{CP}$$

En la figura 13 se muestra una posible red de intercambiadores que se ajusta a las condiciones del problema.

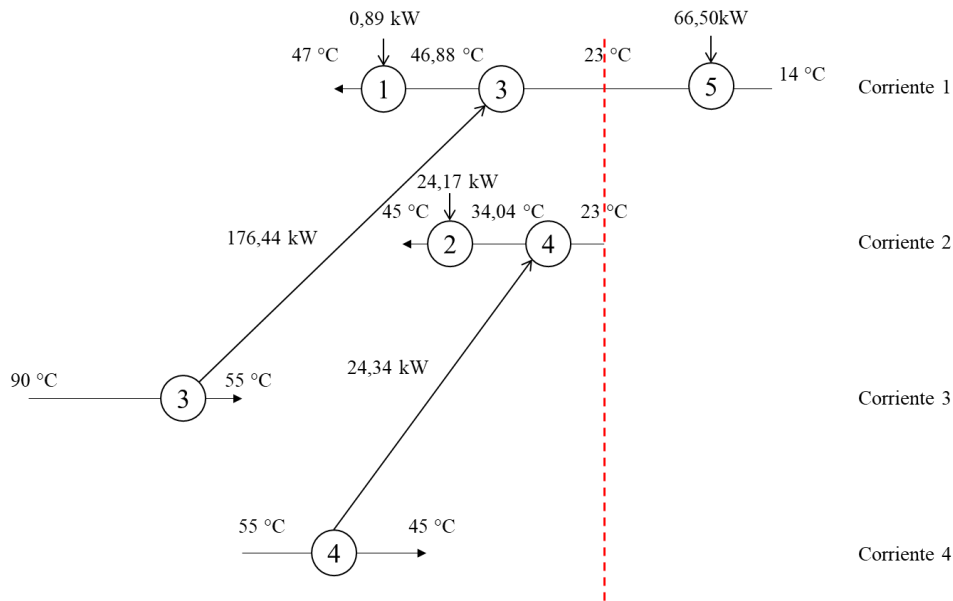


Figura 13: Red de intercambiadores para el sistema

Fuente: Rivera (2023)

Es importante analizar en cada intercambiador de calor, que la diferencia entre las temperaturas de las corrientes calientes y frías sea mayor o igual al $\Delta T_{\text{mínimo}}$ seleccionado:

$$\Delta T_{\text{Frío}} = T_{\text{salida}_{\text{corr_caliente}}} - T_{\text{entrada}_{\text{corr_fría}}}$$

$$\Delta T_{\text{Caliente}} = T_{\text{entrada}_{\text{corr_caliente}}} - T_{\text{salida}_{\text{corr_fría}}}$$

De existir intercambiadores de calor con cruces de temperatura o que no garanticen el $\Delta T_{\text{mínimo}}$, se tendría que realizar un cambio en el diseño, una redistribución, cambiando el orden de los equipos propuesto en este paso o, incluso, cambiando la distribución preliminar propuesta en el paso anterior. En la siguiente tabla (ver tabla 15) se resumen las diferencias de temperatura entre las corrientes frías y calientes para cada intercambiador de calor.

Interc.	Corriente fría		Corriente caliente		$\Delta T_{\text{Frío}}$	$\Delta T_{\text{Caliente}}$
	Tentrada	Tsalida	Tentrada	Tsalida		
1	46,88 °C	47 °C	185,5 °C	185,5 °C	138,62 °C	138,50 °C
2	34,04 °C	45 °C	185,5 °C	185,5 °C	151,46 °C	140,50 °C
3	23 °C	46,88 °C	90 °C	55 °C	32,00 °C	43,12 °C
4	23 °C	34,04 °C	55 °C	45 °C	22,00 °C	20,96 °C
5	14 °C	23 °C	185,5 °C	185,5 °C	171,5 °C	162,50 °C

Tabla 15: Diferencia de temperaturas entre corrientes frías y calientes

Fuente: Rivera (2023)

Como se puede observar, todos los intercambiadores trabajan a temperaturas superiores al $\Delta T_{\text{mínimo}}$. Por otro lado, la planta surte vapor a presión constante de 150 psi, este valor se ubica en una tabla de vapor saturado, en esta se puede encontrar densidad del vapor, volumen específico, calor total, calor sensible, calor latente y temperatura del vapor, todo asociados a

proceso no sufre modificaciones significativas en lo referente a conexiones de tuberías y equipos, ya que el diseño se desarrolló con el fin de trabajar con los equipos que se tienen actualmente, resulta conveniente evaluar la factibilidad de este proyecto, sobre todo tomando en cuenta las pérdidas asociadas al año 2022 como referencia.

5.4.1 Factibilidad económica

Como se dijo anteriormente, la evaluación de este punto se realizará tomando como referencia las pérdidas del año anterior y relacionándolas con el costo aproximado del proyecto. Retomando la data recolectada en el planteamiento de problema, la planta tuvo un acumulado de tiempo en parada, debido a problemas de refusión de margarina, de 21,2 horas a lo largo del año 2022 (ver tabla 1). Si las líneas de envasado suelen trabajar a una velocidad promedio de 3.600 kg/h, resulta en 76.320 kg de margarina perdidos en un año. Tomando como referencia, (según promedio de precios en el mercado) que una tina de margarina de 500 gr se vende a un precio promedio de aproximadamente 3,30\$ (ver tabla 16), se puede decir que los 76.320 kg perdidos durante el año 2022 representan, aproximadamente, 503.712\$ en ingresos brutos, unas 152.640 tinas de margarina de 500 gr.

Margarina	Precio de venta
Mavesa 500gr	2,51
Nelly 500gr	2,5
Repostera 500gr	2,5
Ligera 500 gr	3,76
Chiffon 500 gr	5,26
Promedio	3,306

Tabla 16: Precio promedio de tinas de margarina 500 gr

Fuente: Rivera (2023)

El costo del proyecto se realiza en base a los equipos adicionales a adquirir, para esto se tomó en cuenta a los equipos que ya se tienen, los intercambiadores de placas específicamente, como lo son los de refusión y los de fase acuosa, estos son equipos que están actualmente en funcionamiento y pueden utilizarse en el diseño actual. Por otro lado, a las líneas de producción se les suman los intercambiadores 1, 2 y 5 (ver tabla 14) los cuales calientan la sustancia por medio de vapor. Dado que las transferencias de calor que se llevan a cabo en cada uno son relativamente bajas, basta con la adquisición de intercambiadores de calor pequeños.

Para el diseño propuesto, se seleccionó tres intercambiadores de placas iguales para cada línea, estos cuentan con 40 placas de 4x12 pulgadas y están fabricados en acero

inoxidable. Estos tienen un costo aproximado de 250\$ cada uno. Como se dijo anteriormente, el diseño corresponde de una línea de producción, si son 6 líneas actualmente (sin incluir a la línea de panelita ya que tiene su propio sistema de agua caliente) sería un total de 18 intercambiadores de calor de placas, a 250\$ cada uno, lo que resultaría en 4.500\$ de inversión en intercambiadores de calor de placas, como se muestra en la tabla 16.

Equipos	Costo	Cantidad por línea	Líneas de producción	Costo total
Intercambiador de calor de 40 placas de 4x12 pulgadas	\$250.00	3.00	6.00	\$4,500.00

Tabla 17: Costo total de los equipos a adquirir

Fuente: Rivera (2023)

El vapor adicional necesario proviene de planta, en donde se generan toneladas de vapor para los distintos procesos. Determinar cuánto dinero representa el flujo de vapor adicional no resulta significativo para la factibilidad, ya que se suministran cantidades tan pequeñas que no representan una variación significativa en las calderas. Con lo cual, se puede prescindir de estos. Esto nos deja con una inversión total de 4.500\$.

Para determinar la factibilidad, se transformarán los 4.500\$ de inversión en tinas de margarina, esto resulta en que la inversión equivale a 1.364 tinas de 500 gramos, o lo que es lo mismo, 682,82 kg de margarina. Si partimos de que las líneas de producción trabajan, en promedio, a 3.600 kg/h, esta cantidad de margarina se realizaría en 11,38 minutos, todo esto hablando en ingresos brutos (los datos referentes al costo del producto se consideran como información confidencial).

Con todo esto, y sujeto a variaciones respecto al costo del producto, se puede decir que el proyecto es factible económicamente. Esto debido a que los 503.712\$ de pérdida se solucionan con una inversión de poco más de 4.500\$, los cuales serán recuperados en un mínimo de 11 minutos de producción.

5.4.2 Factibilidad ambiental

Ambientalmente, únicamente se estaría incluyendo el vapor adicional, este se incluye dado que para producir el mismo, se utiliza gas. Ahora, la necesidad adicional de vapor no significa que se tenga que producir más, ya que la planta trabaja variando la presión del mismo como un recurso constante, en donde el gas implementado siempre es el mismo, con lo cual, se podría decir que es factible ambientalmente ya que no se estaría perjudicando más al ambiente, en comparación a cómo funciona actualmente.

5.4.3 Factibilidad operativa

El sistema de generadores de agua caliente trabaja de manera automática, con válvulas neumáticas que son controladas por un operador mediante software, en el área de formulación, con lo cual no se requiere de personal adicional ni formación especial para el desempeño de las labores necesarias para el buen funcionamiento del sistema propuesto.

5.4.4 Factibilidad técnica

Si bien se propone un cambio en el sistema de generadores de agua caliente, el puesto de trabajo no se vería afectado, al ser un proceso totalmente automático, no habría interacción humana más allá del operador que supervisa al sistema y verifica que todo esté funcionando correctamente. El software que se utilizará es el utilizado actualmente por los supervisores del área, y la planta se encarga de la formación necesaria para el manejo del sistema informático.

5.4.5 Factibilidad social

El sistema de generación de agua caliente no interfiere en mayor medida con la sociedad, y el vapor adicional a suministrar no afectaría a la comunidad de los alrededores. Sin embargo, el diseño propuesto solucionaría el problema grave de fugas en los intercambiadores de refusión de margarina, con lo cual, el área de envasado de margarina se mantendría en perfectas condiciones, y el personal de limpieza no tendría que pasar por la desagradable tarea de remover grandes cantidades de margarina del suelo y equipos. Esto supondría un beneficio considerable para el personal de limpieza.

CONCLUSIONES

La presente investigación tuvo como fin diseñar un sistema de intercambio de calor en el área de generación de agua caliente de margarina en Planta Salsas y Untables de Alimentos Polar Comercial C.A. mediante la metodología pinch, con la finalidad de solucionar la problemática presente en los intercambiadores de refusión en el área de envasado de margarina. En efecto, esta empresa, en su planta Salsas y Untables, ha tenido grandes pérdidas económicas (por pérdida de producto debido a fugas y contaminación), así como de tiempo productivo debido a las horas de parada debido a problemas en la llenadora (aproximadamente 21,2 horas al año).

En este mismo orden de ideas, durante el año 2022 hubo pérdidas, debido a paradas puntuales, de alrededor de 76.320 kg de margarina. Estas pérdidas son producto de una situación puntual en donde el retorno de margarina al sistema de refusión es mucho más que el esperado. La margarina debe permanecer en movimiento, ya que esta cristaliza sumamente rápido, y, por otro lado, la llenadora suele retornar el 10% de la margarina (debido a naturaleza del proceso), este 10% es refundido y vuelve al proceso de cristalización. En situaciones normales, los intercambiadores de refusión son capaces de fundir ese porcentaje de retorno, sin embargo, cada cierto tiempo se presentan fallas en la llenadora que obligan al sistema a retornar el 100% del producto, en estas situaciones no hay calor suficiente para fundir, se obstruyen los intercambiadores (debido a la cristalización), se desplazan las placas y se fuga el producto, contaminando el agua y perdiendo grandes cantidades de producto.

Tomando como base el estudio del sistema actual, siendo la finalidad de la investigación buscar soluciones que fueran viables, resolviendo la problemática. Dentro de esta perspectiva, a través de las fases metodológicas de la investigación se concluyó lo siguiente:

Para la fase I de la investigación, se diagnosticó el sistema actual de generación de agua caliente para margarina, a través de las técnicas de recolección de información, como la lista de cotejo, entrevista no estructurada y la revisión documental, identificando la distintas corrientes frías y calientes, los flujos de cada una y las temperaturas de suministro (iniciales) y objetivo (finales), así como la situación actual en cuanto a la distribución de los equipos y conexiones de tuberías. En este sentido, con lo antes mencionado se encontraron dos corrientes frías (margarina y fase acuosa) las cuales deben calentarse de 14°C a 47°C y de 23°C a 45°C, respectivamente; y el agua caliente se tomó la decisión de dividirla en 2 para así garantizar los

55°C que deben entrar a la línea de formulación, con lo cual se tienen dos corrientes calientes (agua caliente para envasado y agua caliente para formulación) las cuales deben enfriarse de 90°C a 55°C y de 55°C a 45°C, respectivamente. Adicionalmente se consultó la posibilidad de anexar otros sistemas, como lo fue el de pasteurización, extrayendo toda la data descrita anteriormente.

En la fase II se aclararon una serie de consideraciones iniciales, en donde especificaba lo siguiente:

1. El diseño corresponde a la una (1) línea de producción.
2. Solo se tomará en consideración aquellos equipos donde se efectúe un cambio de temperatura.
3. No se tomará en cuenta el sistema de pasteurización por naturaleza del proceso.
4. Se dividirá el flujo de agua caliente para así garantizar las temperaturas del proceso.

Aclarado esto, se procedió a determinar los calores específicos para cada corriente y los flujos totales, esto para calcular posteriormente la capacidad calorífica total de las corrientes. Estas, junto a las diferencias de temperaturas de cada corriente sirvieron para determinar la energía necesaria para calentar o enfriar dichas corrientes, así como el calor total del sistema. Con toda la data recolectada, se desarrolló una tabla problema la cual será utilizada para el análisis pinch como tal. Se determinó un $\Delta T_{mínimo}$ de 10°C que funcionará como el mínimo de temperatura que debería existir entre intervalos de temperaturas, presentados en un diagrama homónimo que permitió conocer cuáles son los intervalos existentes entre corrientes frías y calientes, lo que llevó a la construcción de un diagrama de cascada en donde se plasmó el consumo de energía en cada intervalo, así como la cantidad de energía suministrada por servicios externos, de esto se concluyó que se necesitarían servicios de calentamiento en dos intervalos, ya que la energía de las corrientes calientes no era suficiente para calentar la totalidad de las frías.

Del diagrama de cascada también se obtuvo la ubicación del pinch, en donde se determinó que está ubicado entre los 23°C y 33°C, conociendo esto, se procedió a la construcción de las curvas compuestas, en donde se puede observar cuánto calor hay que suministrarle al sistema de manera gráfica. Para finalizar, se determina el número mínimo de intercambiadores que necesitará el sistema según el diseño desarrollado, se determinó como cantidad mínima 5 intercambiadores de calor.

La fase III consistió en la elaboración del diseño partiendo de los cálculos realizados en la fase II, para empezar, se asignó la transferencia de calor, esta se realizó tomando en cuenta

la distribución actual de los equipos, para así economizar la propuesta, considerando también que la distribución es la adecuada para una mejor transferencia. Esta transferencia consistió en asignar qué corrientes calientes (incluyendo suministros de vapor) intercambiarían calor con las frías. Conociendo cómo iban a ser distribuidas las corrientes, se procede a elaborar un diseño preliminar que muestra de una manera más gráfica lo que son las corrientes y los intercambios entre estas, así como el orden los mismos, la ubicación de los intercambiadores como tal. Finaliza la fase III con la construcción del diseño final, este incluye todos los equipos asociados, se revierte la división del suministro de agua caliente y se posicionan los intercambiadores pertinentes con sus temperaturas de entrada y salida.

Se culmina con la fase IV, en donde se determinó la factibilidad económica, ambiental, operativa, técnica y social del proyecto, en donde se demostró que el proyecto tiene la capacidad de ser rentable en corto tiempo, tomando en cuenta lo que representan las pérdidas en recursos monetarios, donde se tendría que invertir una cantidad baja de dinero para solucionar un problema que resultó ser costoso en un largo plazo. Ambientalmente se concluyó que el sistema no supone un problema muy grande para el ecosistema, sobre todo partiendo de que el flujo adicional de vapor no se traduce en que se tiene que generar más vapor, solo se tendría que aumentar la presión de un vapor que está disponible para toda la planta.

En el ámbito operacional y técnico se determinó que el diseño no necesitaría de una formación profesional adicional, ya que los operadores del área se encuentran totalmente capacitados para llevar el control del software destinado para manejar al sistema, así como todo el proceso de formulación y envasado, así mismo, no se estaría involucrado a mucho personal, basta con una persona que esté al tanto y conozca el sistema. Socialmente no supone un problema ya que, como se dijo anteriormente, el vapor adicional no supone mayor producción, y el sistema traería una serie de beneficios al personal de limpieza, lo que haría del ambiente laboral un espacio más agradable, y la satisfacción del personal aumentaría.

Como conclusiones generales, se puede decir que la implementación del diseño es efectiva, al presentar una mejora que solucionaría un problema importante para la organización, trayendo beneficios económicos dentro de la empresa Alimentos Polar Comercial C. A. en su planta Salsas y Untables, quedando de parte de la directiva la evaluación de dicha propuesta.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los estudios realizados en el presente proyecto de investigación, se determinó que la implementación de un sistema de reaprovechamiento de energía en el sistema generación de agua caliente de margarina es viable, por lo que se recomienda la inversión en esta propuesta, por ser una idea innovadora y económicamente rentable que genera un beneficio importante para la empresa Alimentos Polar Comercial C. A. Aun así, se realizan las siguientes recomendaciones a fin de mejorar la integración energética en la empresa:

- Realizar un estudio de alternativas de calentamiento que garantice la refusión de la margarina antes de ser depositada en el tanque retorno, de esta manera, no se necesitaría de un intercambiador de placas de refusión, ni un tanque retorno, todo se llevaría cabo en un único tanque. Se recomienda evaluar este punto con vapor saturado, ya que puede alcanzar temperaturas más altas.
- Evaluar el diseño aumentándole la cantidad de placas a los intercambiadores de refusión, esto aumentaría la superficie de contacto, lo que daría lugar a una mayor transferencia de calor y aumentando la capacidad de estos. Esto podría llevar al sistema a no necesitar los intercambiadores de acero inoxidable para vapor saturado, ya que se podría fundir toda la margarina sin la necesidad de suministros adicionales de temperatura. Del mismo modo, evaluar la posibilidad de implementar vapor saturado en todo el sistema.
- Llevar a cabo un estudio similar al realizado en el presente trabajo, detallado para cada línea, ya que por cada una fluye un producto distinto (en ocasiones más de uno), y estos tienen unas características propias que es importante tomar en cuenta para llegar a un diseño que se ajuste más a los requerimientos del producto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias F. (2016) *El proyecto de investigación*. 7ma Edición. Caracas: Editorial Episteme.
- Cengel Y. y Boles M. (2012). *Termodinámica*. 7ma Edición. McGRAW-HILL/ INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Cruz Llerena, A., Pérez Ones, O., Zumalacárregui de Cárdenas, L., & Pérez de los Ríos, J. L. (2021). *Integración energética del proceso de incineración de vinazas concentradas y generación de electricidad*. Revista Universidad y Sociedad, 13(6), 286-294.
- Deveque R. (2019). *Aplicación de la metodología pinch de integración energética en un proceso de síntesis de amoníaco*. Para optar por el título de Ingeniería Química en la Universidad Tecnológica Federal de Paraná.
- Gonzales F. y Jaramillo J. (2019). *Propuesta de un sistema de intercambio térmico del tanque reactor para la elaboración de detergente líquido en la empresa FG Servicios 2000 C.A.* Para optar por el título de Ingeniería Industrial en la Universidad José Antonio Páez de Valencia, estado Carabobo
- Infante A. (2004). *Análisis pinch y su contribución en la a la integración de procesos*. Revista de la Sociedad Química del Perú. Vol. 70, N°3. Editor Juan de Dios Guevara Romero.
- Jaramillo O (2007). *Intercambiadores de calor*. Universidad Nacional Autónoma de México
- Palella S. y Martins F. (2012). *Metodología de la Investigación Cuantitativa*. 3era Edición. Caracas: FEDUPEL.
- Stellman J. y McCann M. (1998). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. Editorial Chantal Dufresne, BA.
- Tamayo y Tamayo. (2003) *El Proceso de la Investigación Científica*. Limusa Noriega Editores. 4ta Edición. México.

ANEXOS

Anexo A

Operacionalización de variables

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	FUENTE DE INFORMACIÓN
<i>Diagnosticar las condiciones iniciales respecto al uso de energía térmica en generadores de agua caliente de planta Salsas y Untables de Alimentos Polar C. A.</i>	Energía térmica	Es la energía contenida en un sistema que es responsable de su temperatura.	Aspectos del sistema	Temperaturas objetivo	1	Técnica: Entrevista Instrumento: Guion de entrevista
				Cantidad de Agua	2	
	Eficiencia energética	Capacidad para obtener los mejores resultados en cualquier actividad empleando la menor cantidad posible de recursos energéticos	Naturaleza del sistema	Corrientes	3, 4	
				Servicios	5	

Anexo B

Guion de entrevista



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INDUSTRIAL

GUIÓN DE ENTREVISTA

OBJETIVO: Diagnosticar las condiciones iniciales respecto al uso de energía térmica en generadores de agua caliente de planta Salsas y Untables de Alimentos Polar C. A.

DIRIGIDO A: Superintendentes, Supervisores, Especialistas y Operadores de fabricación del área de generadores de agua caliente de margarina.

INSTRUCCIONES PARA LA GUIA DE ENTREVISTA

- **Proceda a leer detenidamente cada una de las preguntas**
- **Responda de manera objetiva**
- **En caso de dudas, consulte con la persona encargada de aplicar el cuestionario**

N°	Guion de entrevista
1	Desde su experiencia en el ramo alimenticio ¿Cuáles son los rangos de temperaturas que se deben tener para garantizar el buen funcionamiento del sistema generador de agua caliente en la elaboración de margarina?
2	Desde su óptica ¿Cuál es el consumo de agua utilizada en cada parte del sistema y la variabilidad de la misma?
3	¿Cuáles corrientes del sistema de agua requieren ser calentadas y enfriadas y cuál es el rango de temperaturas que tienen?
4	Desde su punto de vista ¿Qué corrientes externas al sistema de agua se podrían incluir para optimizar el proceso?
5	¿Qué servicios están involucrados en el sistema de agua y en qué proporción se utilizan?

Anexo C

Validación del instrumento (guion de entrevista)



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

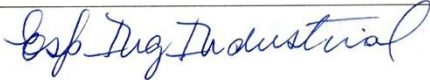
VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		

Fecha: 18/04/2023


Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	
--	--




VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		

Fecha: 18/04/2023


Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	ING. MECÁNICO ESPECIALISTA EN AUTOMATIZACIÓN MAQUINARIA EN PROCESOS DE MANUFACTURA DR. EN EDUCACIÓN
--	--



VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		

Fecha: 18/04/2023


Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	Ingeniero Industrial
--	----------------------