

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
RETROALIMENTACIÓN CON ESTERILIZADOR ROTATIVO  
CONTINUO DE 20 HP PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE  
AGUA EN UNA PLANTA PROCESADORA DE LECHE. LIMA-  
PERU”**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECANICO:

BACHILLER: JUAN FRANCISCO JUNIOR MORAN ZUASNABAR

**Callao, 2021**

**Perú**



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
RETROALIMENTACIÓN CON ESTERILIZADOR ROTATIVO  
CONTINUO DE 20 HP PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO  
DE AGUA EN UNA PLANTA PROCESADORA DE LECHE. LIMA-  
PERU”**

**ACTA N° 002 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**LIBRO .....FOLIO N.º ..... ACTA N° 002 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

A los 25 días del mes febrero, del año 2021, siendo las 14:53 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/nqn-npve-juc>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO** profesional de **Ingeniero Mecánico** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

- |                                     |   |            |
|-------------------------------------|---|------------|
| ▪ Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldán | : | Presidente |
| ▪ Dr. Pablo Mamani Calla            | : | Secretario |
| ▪ Mg. Adolfo Orlando Blas Zarzosa   | : | Miembro    |
| ▪ Mg. Juan Carlos Huaman Alfaro     | : | Asesor     |

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **MORAN ZUASNABAR JUAN FRANCISCO JUNIOR**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico sustenta la tesis titulada **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RETROALIMENTACIÓN CON ESTERILIZADOR ROTATIVO CONTINUO DE 20 HP PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN UNA PLANTA PROCESADORA DE LECHE. LIMA-PERU"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N° 039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **BUENO** y calificación cuantitativa **15 (quince)**, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018-CU del 30 de Octubre del 2018.

Se dio por cerrada la Sesión a las 15:32 horas del 25 del mes y año en curso.



Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldán  
Presidente de Jurado



Dr. Pablo Mamani Calla  
Secretario de Jurado



Mg. Adolfo Orlando Blas Zarzosa  
Miembro de Jurado



Mg. Juan Carlos Huaman Alfaro  
Asesor

Dedicatoria:

Este presente trabajo de tesis está dedicado a mis padres, por el apoyo que me brindan en mi vida. A la memoria de mi abuelo por inculcarme la importancia del saber, aprender y ayudarme ser la persona que soy ahora. Y a mi fiel compañera por todos estos años brindado a mi lado.

Agradecimiento:

- Al Sr Fernando por su tiempo y paciencia en el campo, apoyo técnico brindado y el asesoramiento para llevar a cabo el presente trabajo.
- Al Sr. Jesús por el asesoramiento en ingeniería, la cual me permitió terminar la presente tesis.
- A mi fiel compañera, por acompañarme en todas estas noches de trabajo continuo y arduo.

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b> .....	1
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	1
<b>INDICE DE TABLA</b> .....	1
<b>RESUMEN</b> .....	2
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	4
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	6
1.1. Descripción de la realidad problemática:.....	6
1.2. Formulación del problema.....	7
1.2.1. Problema general .....	7
1.2.2. Problemas específicos .....	7
1.3. Objetivos .....	7
1.3.1. Objetivo general .....	7
1.3.2. Objetivos específicos.....	7
1.4. Limitantes de la investigación. ....	8
1.4.1. Limitante teórica .....	8
1.4.2. Limitante temporal.....	8
1.4.3. Limitante espacial.....	8
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	9
2.1. Antecedentes .....	9
2.1.1. Internacionales .....	9
2.1.2. Nacionales.....	10
2.2. Bases teóricas.....	12
2.2.1. Ecuación de continuidad .....	12
2.2.2. Caudal .....	12
2.2.3. Presión .....	12
2.2.4. Calor.....	12
2.2.5. La esterilización en la industria alimentaria.....	13
2.2.6. El esterilizador de alimentos envasados. ....	13
2.2.7. Sistema de retroalimentación .....	15
2.3. Conceptual.....	16
2.3.1. Definiciones:.....	16

2.3.2. Fluido y flujo. ....	17
2.3.3. Tipos de flujo. ....	17
2.3.4. Numero de Reynold.....	18
2.3.5. Factor de fricción (f).....	19
2.3.6. Conservación de la energía – Ecuación de Bernoulli. ....	20
2.3.7. Ecuación general de la energía. ....	20
2.3.8. Ecuación de Darcy: .....	21
2.3.9. Perdidas localizadas.....	21
2.3.10.Espesor de tubería a presión interna.....	23
2.3.11. Válvulas de control ON-OFF.....	26
2.3.12. Selección de válvulas de control para sistema de vapor.....	27
2.3.13. Esterilización y enfriamiento.....	27
2.3.14. Proceso térmico a alta temperatura.....	27
2.3.15.Evaluación técnico – económica.....	27
2.4. Definición de términos básicos.....	28
<b>III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....</b>	<b>30</b>
3.1. Hipótesis .....	30
3.1.1. Hipótesis general:.....	30
3.1.2. Hipótesis específica:.....	30
3.2. Definición conceptual de variable.....	30
3.2.1. Variable independiente.....	30
3.2.2. Variable dependiente.....	30
3.2.3. Operacionalización de las variables .....	31
<b>IV. DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>32</b>
4.1. Tipo y diseño de investigación .....	32
4.2. Método de investigación.....	32
4.3. Población y muestra.....	32
4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado .....	33
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información .....	33
4.6. Análisis y procesamiento de datos.....	37
4.6.1. Determinación de oportunidades de ahorro encontradas.....	39
4.6.2. Parámetros de diseño: .....	43
4.6.3. Dimensionamiento del equipo. ....	49
4.6.4. Implementación del sistema de retroalimentación.....	79

4.6.5. Análisis de costo en gastos de agua y vapor. ....	87
4.6.6. Presupuesto técnico económico.....	88
4.6.7. Evaluación técnico económica. ....	90
<b>V. RESULTADOS.....</b>	<b>91</b>
5.1. Resultados descriptivos. ....	91
5.2. Resultados inferenciales. ....	91
5.2.1. Prueba de Shapiro – Wilk.....	92
5.2.2. Prueba del t-student. ....	95
<b>DISCUSION DE RESULTADO .....</b>	<b>99</b>
5.3. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados. ....	99
5.3.1. Contrastación de la hipótesis general.....	99
5.3.2. Contrastación de la hipótesis específica.....	99
5.4. Contrastación de los resultados con otros estudios similares. ....	100
5.4.1. Contrastación con los antecedentes internacionales.....	100
5.4.2. Contrastación con los antecedentes nacionales.....	100
5.5. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	101
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>102</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>103</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>104</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>107</b>

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2. 1. Esterilizador de un solo cuerpo.....	14
FIGURA 2. 2. Esterilizador rotativo continuo de tres cuerpos .....	14
FIGURA 2. 3. Sistema de retroalimentación de agua y vapor propuesto para el equipo esterilizador .....	15
FIGURA 2. 4. Detalle de operación del esterilizador rotativo. ....	16
FIGURA 2. 5. Representación del flujo laminar en un ducto. ....	18
FIGURA 2. 6. Esfuerzo permisible básico. ....	24
FIGURA 2. 7. Factor básico de calidad .....	25
FIGURA 2. 8. Factor de reducción. ....	25
FIGURA 2. 9. Valor de coeficiente. ....	26
FIGURA 2. 10. Válvula de asiento inclinado accionada neumáticamente.....	26
FIGURA 4. 1. Técnicas e instrumentación para la recolección de la información .....	34
FIGURA 4. 2. Diagrama de técnicas e instrumentación para la recolección de la información.....	35
FIGURA 4. 3. Lista de requerimientos.....	36
FIGURA 4. 4. Diseño conceptual de la investigación .....	37
FIGURA 4. 5. Diagrama del procesamiento de datos .....	39
FIGURA 4. 6. Recorrido de lata.....	40
FIGURA 4. 7. Representación del esterilizador rotativo de tarros .....	43
FIGURA 4. 8. Diagrama de fluidos. ....	47
FIGURA 4. 9. Flujo masico de etapa 1 a 2 y de etapa 3 y 4.....	48
FIGURA 4. 10. Ubicación de los puntos de temperatura del precalentador. ....	49
FIGURA 4. 11. Sistema de retroalimentación planteado.....	50
FIGURA 4. 12. Diferencia de niveles del sistema.....	51
FIGURA 4. 13. Tramo de succión de bomba para el enfriador.....	53
FIGURA 4. 14. Tramo de descarga de a la bomba de impulsión del enfriador. 57	
FIGURA 4. 15. Detalle de la torre de enfriamiento. ....	61
FIGURA 4. 16. Sistema de pulverización de la torre de enfriamiento. ....	61
FIGURA 4. 17. Boquilla del sistema de pulverización de la torre de enfriamiento .....	62
FIGURA 4. 18. Geometría de boquilla.....	62

FIGURA 4. 19. Dimensiones de una bomba de marca hidrostal .....	64
FIGURA 4. 20. Tabla de selección de modelo de bomba. ....	64
FIGURA 4. 21. Bomba centrífuga del enfriador. ....	65
FIGURA 4. 22. Detalle de las dimensiones de las tuberías del precalentador. ....	66
FIGURA 4. 23. Bomba Alfa Laval modelo LKH. ....	69
FIGURA 4. 24. INTERFAZ DEL SOFTWARE CAS 200.....	70
FIGURA 4. 25. Ingreso de data software cas 200- zona alta temperatura .....	72
FIGURA 4. 26. Cálculo del intercambiador de alta temperatura.....	73
FIGURA 4. 27. Ingreso de data software cas 200- zona baja temperatura .....	74
FIGURA 4. 28. Cálculo del intercambiador de baja temperatura.....	75
FIGURA 4. 29. Modelo de intercambiador de calor alfa laval.....	76
FIGURA 4. 30. Características técnicas del intercambiador de placas zona 1 y 2 del precalentador.....	77
FIGURA 4. 31. Características técnicas del intercambiador de placas zona 3 y 4 del precalentador.....	78
FIGURA 4. 32. Cámara termográfica serie E50. ....	82
FIGURA 4. 33. Distanciamiento de los agujeros en el precalentador.....	82
FIGURA 4. 34. Detalle de las perforaciones al precalentador. ....	83
FIGURA 4. 35. Detalle del empalme y de la unión soldada al precalentador. ...	83
FIGURA 4. 36. Arreglo en paralelo de tuberías en el precalentador. ....	84
FIGURA 4. 37. Arreglo de tubería en paralelo - bomba .....	84
FIGURA 4. 38. Propuesta de plataforma normada para instalación de intercambiadores.....	86
FIGURA 4. 39. Intercambiadores de calor instalados en la plataforma.....	86
FIGURA 4. 40. Filtro en Y.....	87
FIGURA 5. 1. Campana de gauss para el vapor de agua. ....	96
FIGURA 5. 2. Campana de gauss para el vapor de agua. ....	98

## INDICE DE TABLA

TABLA 2. 1. Rugosidad de tubería.....	20
TABLA 2. 2. Factores de fricción en la zona de turbulencia completa. ....	22
TABLA 2. 3. Resistencia de válvulas y acoplamientos.....	23
TABLA 3. 1 Operacionalización de las variables.....	31
TABLA 4. 1. Parámetros iniciales del equipo esterilizador. ....	42
TABLA 4. 2. Características de operación de la leche. ....	44
TABLA 4. 3. Características de operación de la lata. ....	45
TABLA 4. 4. Datos del enfriador en estado de operación. ....	46
TABLA 4. 5. Características de tubería diámetro nominal de 3". ....	52
TABLA 4. 6. Tuberías y accesorios para la succión de la bomba ....	54
TABLA 4. 7. Tuberías y accesorios para la descarga de la bomba.....	58
TABLA 4. 8. Características de la matriz principal de agua de retorno ....	60
TABLA 4. 9. Características de la tubería de la zona 1 a 2. ....	67
TABLA 4. 10. Gastos del consumo de agua y vapor antes. ....	87
TABLA 4. 11. Gastos de agua y vapor después.....	88
TABLA 4. 12. Tabla de gastos para el proyecto y su implementación. ....	89
TABLA 4. 13. Flujo neto efectivo proyectado por la empresa.....	90
TABLA 5. 1. Consumo de agua y vapor después de la implementación del sistema.....	92
TABLA 5. 2. Datos de demostración de la normalidad para el vapor de agua. 93	
TABLA 5. 3. Datos de demostración de la normalidad para el agua ....	94
TABLA 5. 4. Cálculo del "t -student" para el vapor de agua. ....	96
TABLA 5. 5. Cálculo del "t -student" para el agua.....	97

## RESUMEN

El consumo de agua en equipos empleados en la industria de la alimentación es un problema habitual en cada planta procesadora de alimento y un problema a nivel mundial. Es por ello que en la planta procesadora de leche en la cual se observó este consumo de agua innecesario, se vio en la necesidad de presentar una solución para así reducir el consumo de agua en ese proceso de esterilización.

Es por eso que se tuvo como propósito el diseño y fabricación de un sistema de retroalimentación, el cual estará conformado por tuberías, intercambiadores de calor, bombas, medidores de calor, etc. Los cuales en base a los cálculos aprendidos en los cursos de mecánica de fluidos se realizarán este diseño.

El método que se empleo es el analítico con enfoque sistemático, según el autor Ing. Ciro Espinoza Montes. Ya que se empleó el análisis de cada uno los componentes del sistema y de esta manera mediante la observación y cálculos se permitió la construcción de los modelos.

Los resultados de la implementación de un sistema de retroalimentación para un esterilizador rotativo de 20 HP, demostraron un ahorro significativo en el consumo de agua y de vapor. Este ahorro se realizó en base a que se tomaron de muestras durante un mes de funcionamiento con el sistema implementado. Se obtuvo un porcentaje de ahorro mayor al 40% en ahorro de flujo masico de agua y vapor. Se concluyo así mismo que mediante la evaluación económico del proyecto, este resultado rentable y viable para su implementación en la planta industrial.

Palabras claves: esterilizador, reducción del consumo de agua, reducción del consumo de vapor, sistema de retroalimentación.

## ABSTRACT

The consumption of water in equipment used in the food industry is a common problem in each food processing plant and a problem worldwide. That is why in the milk processing plant in which this unnecessary water consumption was observed, it was necessary to present a solution in order to reduce the water consumption in this sterilization process.

That is why the purpose was to design and manufacture a feedback system, which will be made up of pipes, heat exchangers, pumps, heat meters, etc. Which, based on the calculations learned in the fluid mechanics courses, this design will be made.

The method used is the analytical one with a systematic approach, according to the author Ing. Ciro Espinoza Montes. Since the analysis of each of the components of the system was used and in this way, through observation and calculations, the construction of the models was allowed.

The results of the implementation of a feedback system for a 20 HP rotary sterilizer demonstrated significant savings in water and steam consumption. This saving was made on the basis that samples were taken during one month of operation with the system in place. A saving percentage greater than 40% was obtained in mass flow savings of water and steam. It was also concluded that through the economic evaluation of the project, it was profitable and viable for its implementation in the industrial plant.

Keywords: sterilizer, water consumption reduction, steam consumption reduction, feedback system.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el proceso de esterilización de leche envasada es similar en todas las plantas a nivel mundial, teniendo en cuenta las normas de salud y de seguridad alimentarias adecuadas. Sin embargo, la vaporización y gran parte del condensado se eliminan después del proceso térmico, generando así un ciclo totalmente costoso y de baja generación de mayores emisiones de gases del efecto invernadero.

Luego del proceso térmico del tarro en el esterilizador, se obtiene condensado con alta temperatura (superior a 100°C) como efluente de la esterilización; el cual al tener una mayor presión que la presión atmosférica genera vapor flash a la salida del esterilizador el cual es portador de gran cantidad de energía térmica. Tomando en cuenta que se eliminará al medio ambiente un fluido a elevada temperatura, causará impacto ambiental negativo, es una importante opción, la recuperación del condensado que contiene un alto calor sensible y está exento de sales, el cual podría emplearse para precalentar el agua de alimentación al caldero.

El propósito del presente trabajo de investigación busca resolver el problema de la pérdida del agua y vapor usados durante el proceso de esterilización, diseñando un sistema de retroalimentación de energía con esterilizador continuo.

El tipo de investigación empleado en el presente proyecto de tesis es de carácter tecnológico con método de carácter analítico con enfoque sistemático.

En el presente proyecto de tesis está conformado por los siguientes capítulos:

El capítulo I trata sobre el planteamiento del problema, en el cual se plantea si es posible realizar un sistema de retroalimentación en un esterilizador continuo el cual pueda tener un sistema de recirculación de agua y vapor, usando el condensado y el agua del mismo proceso de esterilización.

En el capítulo II se aborda los antecedentes y tesis que han tratado problemas de consumo energéticos en plantas industriales, reutilizando como ello sistema de vapor, condensado y agua para tal fin.

En el capítulo III se ve las variables y las hipótesis del presente proyecto. Como hipótesis general se argumenta si es posible diseñar un sistema de

retroalimentación en un esterilizador continuo mediante cálculo y selección de sistema de tuberías y accesorios.

En el capítulo IV se cita las metodologías planteadas durante el presente proyecto de tesis. Se ve el tipo de investigación, el diseño de investigación, población y muestra, lugar de estudio, etc.

En el capítulo V se presenta el cronograma de actividades, el cual estima el tiempo aproximado de cada etapa o actividad de la investigación de acuerdo a la naturaleza del problema a investigar.

En el capítulo VI se tiene el presupuesto del proyecto, tomando la cuenta ellos elementos como el asesoramiento, gestiones, recolección de información, asesorías, impresiones, elaboración del proyecto, etc.

En el capítulo VII se cita la bibliografía de acuerdo a la norma internacional ISO 690.

En el capítulo VIII se anexa la matriz de consistencia del proyecto de tesis.

# I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1. Descripción de la realidad problemática:

En la industria alimentaria el proceso de esterilización sirve para la eliminación total de los microorganismos presentes en los productos alimentarios, este proceso se realiza ya sea por el método de esterilización continua y discontinua. Conlleva a un gran consumo de agua para la esterilización de los productos alimenticios (leche, bebidas, conservas, etc.) a una determinada temperatura (de 110 a 120°C).

Para llevar a cabo este proceso las empresas de industrias alimentarias, utilizan diversos equipos para el proceso de esterilización (precalentador, esterilizador y enfriador). Los cuales en el proceso utilizan elevadas cantidades de litros de agua para el continuo proceso a realizar.

La mayoría de equipos de esterilización, en las plantas procesadoras de leche, desechan el agua. El agua cual es cambiada regularmente por la contaminación que puede haber por agentes externos o internos del tanque, o por el mismo producto que ingreso de un medio externo a uno interno.

Este problema de desechar el agua sin tener un plan de ahorro sostenible y/o energético o un sistema de recirculación del proceso, es de índole mundial (Organizacion de las Naciones Unidas, 2019). Ya que en la grande, mediana y pequeña industria el uso inadecuado de este en el proceso con lleva grandes pérdidas en costo – precios. Como también a grandes pérdidas de agua y de vapor, el cual sabemos en un recurso hídrico muy importante para vida en nuestro planeta.

Lo que se propone en el presente informe de tesis, es el realizar un diseño de un sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP y su implementación, lo cual contribuirá en un ahorro significativo en el consumo de agua. Así como también en un ahorro energético, por el aprovechamiento de las purgas de agua y vapor, que este puede realizar durante el proceso de esterilización continua en una planta procesadora de leche.

## **1.2. Formulación del problema**

### 1.2.1. Problema general

- ¿Cómo diseñar e implementar un sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP para disminuir el consumo de agua en una planta procesadora de Leche?

### 1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo determinar los cálculos hidráulicos que permitan seleccionar los equipos y materiales del sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP mediante la evaluación del caudal y temperatura contenida en el sistema?
- ¿Cómo implementar adecuadamente el sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP?
- ¿Cómo implementar el sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP para generar un ahorro no menor al 40 por ciento por el aprovechamiento de las purgas de agua y vapor?

## **1.3. Objetivos**

### 1.3.1. Objetivo general

- Diseñar e implementar un sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP que permita reducir el consumo de agua en una planta procesadora de leche.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar los cálculos hidráulicos que permitan la selección de los equipos y materiales del sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP mediante la evaluación del caudal y temperatura contenida en el sistema.
- Seleccionar los equipos, materiales y dimensionar el sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP.

- Implementar un sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP que genere un ahorro no menor al 40 por ciento por el aprovechamiento de las purgas de agua y vapor.

#### **1.4. Limitantes de la investigación.**

##### 1.4.1. Limitante teórica

Como limitaciones teóricas se establece que no se cuenta con las fuentes de información suficientes para condiciones de nivel industrial. Es por ello que se recurre a información obtenida a condiciones de una planta como fichas de mantenimiento, fichas técnicas, planos, etc.

##### 1.4.2. Limitante temporal

Según (Alfaro Rodriguez, 2012) la limitante temporal se refiere básicamente al tiempo que se toma en cuenta con relación a hechos, fenómenos y sujetos de la realidad. Para el presente proyecto de tesis esta limitante es de tipo *transversal*, ya que dentro de ella están comprendidos los estudios los cuales permiten ejecutarse con rapidez ya que nuestro problema está correctamente planteado.

##### 1.4.3. Limitante espacial

Según Alfaro (2012) la delimitación espacial o geográfica es necesario especificar el área o lugar geográfico en el que se llevara a cabo la investigación, delimitando espacio institucional, colonia, ciudad, municipio, estado, región, país, etcétera.

Como limitación espacial, el presente proyecto de tesis se ubica en las plantas procesadoras de leche. Ya que estas son las que procesan y esterilizan el producto. Las industrias de procesamiento de productos lácteos se encuentran en su gran mayoría en países industrializados.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Internacionales

Mendoza y Zavala (2010): **“Diseño y Pruebas de Funcionamiento de un Sistema para Esterilización Comercial de Alimentos”**. Informe de experiencia profesional para optar el título profesional de ingeniero de alimentos. Universidad de El Salvador. Honduras.

Presenta como objetivo dar a conocer a los estudiantes la importancia del proceso de esterilización, así como entender el comportamiento del proceso térmico de este realiza a los alimentos enlatados.

El problema que aborta la presente tesis; es el diseño de una autoclave para el laboratorio del curso de “tecnología del procesamiento de alimento I” de la facultad de ingeniera de química de la Universidad del Salvador.

La metodología que emplea la presente tesis fue en primer lugar la selección del alimento a esterilizar para el proceso; seguido del diseño propio del equipo para poder realizar el procedimiento de esterilizado; realizando finalmente las pruebas de este en el laboratorio de la presente facultad.

El resultado de la presente investigación nos dio un diseño de un esterilizador el cual redujo satisfactoriamente la unidad formadora de colonia (UFC) de 160 UFC/g (antes del esterilizado) a menos de 10 UFC/g (Luego del esterilizado).

En conclusión, el diseño y funcionamiento de la autoclave para el laboratorio de ingeniera de alimentos es una herramienta que contribuirá a la formación profesional de los estudiantes de la presente carrera. Ya que este equipo permitirá realizar pruebas de laboratorio, futuros trabajos de investigación, proyectos de materia, etc.

De la presente investigación podemos rescatar la forma de funcionamiento del equipo de esterilización, ya de esta manera se podrá implementar un adecuado sistema de retroalimentación.

Cárdenas (2018): **“Diseño y construcción de un prototipo para minimizar el desperdicio de agua en tuberías de agua caliente”**. Trabajo de titulación para optar el título de Ingeniero Electrónico. Universidad Técnica de Salesiana. Cuenca - Ecuador.

Esta tesis tiene como objetivo general realizar el diseño y construcción de un prototipo que minimiza el desperdicio de agua en tuberías de agua caliente.

La metodología que se utilizó en la presente tesis para diseñar sistemas hidráulicos surge de la necesidad de responder a requerimiento actuales para prototipos de alto rendimiento, sistemas sofisticados en los cuales no pueden aceptarse métodos basados en la experimentación de prueba y error. (Cardenas Guaraca, 2018)

Los resultados obtenidos en la presente investigación dieron un ahorro de 4 litros aproximadamente por cada vez que se requiera agua caliente a domicilio. Dando un ahorro mensual de aproximadamente unos 600 litros mensuales.

En conclusión, de la presente investigación se pudieron determinar la importancia de brindar un sistema para minimizar el desperdicio de agua. Así mismo se puede corroborar en los resultados el impacto significativo de ahorro que este puede brindar a un sistema o equipo.

De la presente investigación se puede rescatar el proceso de realización del diseño de prototipo para minimizar los costos de agua y compararlo con el sistema que nosotros proponemos.

#### 2.1.2. Nacionales

Jiménez (2015): **“Disminución de los costos de producción de conservas de atún optimizando el uso de vapor”**. Informe de experiencia profesional para optar por el grado de Doctor en Ciencias e Ingeniería. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo - Perú.

Esta tesis tiene por objetivo la recuperación de la energía del condensado generado en la etapa de esterilización para precalentar el agua del caldero disminuyendo los costos de operación al optimizar el uso del vapor.

La problemática que toma la presente investigación está en que al poder controlar el vapor involucrado en el proceso de realización de las conservas de pescado; este impactara de forma de favorable en la reducción de los costos de producción de la misma.

En conclusión, el trabajo menciona que es posible aplicar un sistema de recuperación de condensado proveniente del vapor de la autoclave para el precalentamiento del agua y elevar su temperatura a 40 °C.

De esta tesis tomaremos como ejemplo los cálculos que demuestran el ahorro de vapor y agua en la producción de conservas de atún. Y lo implementaremos en nuestra investigación para los cálculos.

Suárez (2015): **“Determinación del ahorro energético a partir de la recuperación del vapor condensado en una fábrica de papel tissue”**. Informe de tesis para optar el título de Ingeniero forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.

La presente tesis tiene como objetivo determinar el ahorro energético a partir del vapor condensado recuperado y cómo éste repercute en la economía de la producción de papel tissue, de esta manera se contribuye con la información existente sobre el consumo de energía en una fábrica de papel.

La problemática que aborda la presente investigación es el elevado costo energético que presenta la fábrica de papel tissue, es porque ello que plantea como objetivo la elaboración de un ahorro energético a partir de la recuperación del vapor condensado.

En conclusión, el presente trabajo pudo determinar que la recuperación del vapor condensado permite un ahorro económico en el consumo de combustible, el cual repercute en la disminución del costo total de producción del papel tissue.

De esta presente investigación pudimos rescatar la formulación del cálculo del ahorro económico generado por el aprovechamiento del vapor en la planta de papel.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Ecuación de continuidad

Para Mataix (1982), “solo en fluido incompresible el caudal volumétrico que atraviesa una sección transversal cualquiera de un filamento de corriente es constante; pero en todo fluido tanto compresible como incompresible el caudal masico es constante”.

En conclusión, se dice, para una condición ideal, que el fluido permanecerá constante a lo largo de su recorrido. Siendo la velocidad o presión las únicas cantidades que pueden aumentar o disminuir, estas dependen del diámetro de la sección de la tubería.

### 2.2.2. Caudal

Para Mataix (1982), “Caudal Q es el volumen de fluido por unidad de tiempo que pasa a través de una sección transversal a la corriente. Así, por ejemplo, en una tubería de agua los litros por hora que circulan a través de un plano transversal a la tubería”.

$$\text{Ecuación de dimensiones: } [Q] = [L]^3 [T]^{-1}$$

### 2.2.3. Presión

La presión absoluta es el resultado de la suma de la presión atmosférica más la presión absoluta.

Es usada normalmente cuando esta presión es mayor a la presión atmosférica.

### 2.2.4. Calor

El calor se define como la forma de energía que, a una temperatura dada, se transfiere a través de los límites de un sistema a otro sistema (o a su entorno) que está a una menor temperatura y que sucede en virtud de la diferencia de temperatura entre los dos sistemas. (Van Willen, 2003)

La esterilización comprende un proceso de “hervor” del mismo recipiente que contiene el alimento por etapas, el cual mata de forma vegetativa de las bacterias patógenas, virus, hongos, etc.; eliminándolos en un periodo de tiempo.

Entonces se puede definir al calor húmedo como un método térmico el cual mata microorganismos por coagulación de proteínas (desnaturalización), el cual es causado por la rotura de los puentes de hidrogeno.

#### 2.2.5. La esterilización en la industria alimentaria

En la conservación de alimentos el tratamiento más usado a lo largo de la historia ha sido el uso del calor, esto es que, debido a las altas temperaturas, ésta inhibe el crecimiento de microorganismos evitando así el deterioro del producto y mejorando su calidad. (Jelen, 1985)

La aplicación de la teoría de esterilización de alimentos consiste en la destrucción térmica de microorganismos realizado en la industria de la esterilización industrial de productos envasados. (Rodriguez, y otros, 2002 pág. 220)

A diferencia de la pasteurización es un tratamiento térmico enérgico que tiene como objetivo la destrucción total de todos los microorganismos presentes en el alimento tratado. La esterilización se lleva a cabo a temperaturas elevadas, al menos 100°C, normalmente superiores, y su severidad es de varios órdenes superiores a la pasteurización. (Mendoza Chamagua, y otros, 2013).

#### 2.2.6. El esterilizador de alimentos envasados.

La aplicación de la teoría expuesta sobre la destrucción térmica de microorganismos a la esterilización industrial de productos envasados exigiría una fase de calentamiento instantáneo hasta alcanzar la temperatura de operación, seguida del mantenimiento de esta temperatura durante el tiempo de muerte térmica preestablecido, para terminar con el enfriamiento súbito del sistema. (Rodriguez, y otros, 2002 pág. 220)

Los esterilizadores son maquinarias empleadas en la industria alimentaria, cuya finalidad es la minoración (por etapas de calentamiento) de la vida microbiana contenida en el alimento. El esterilizador de línea

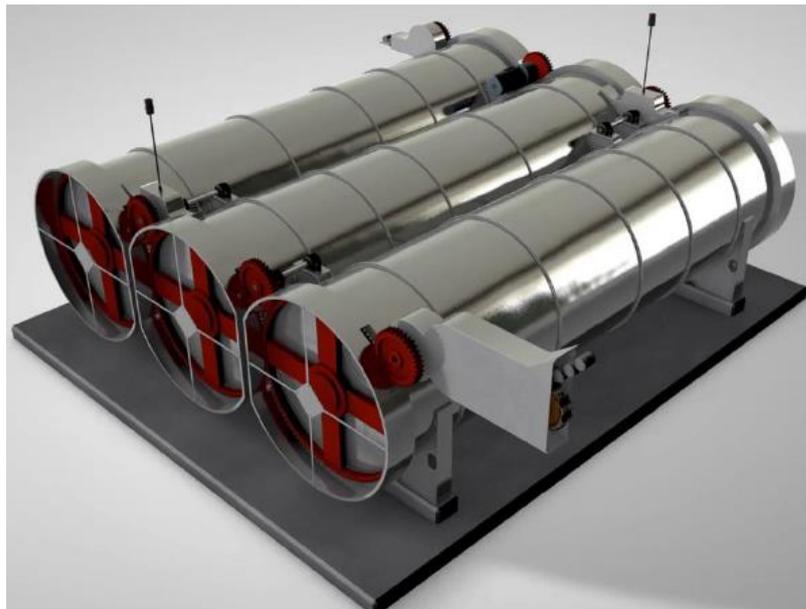
continua es una máquina que opera a temperatura elevada de forma constante, muy usada en las plantas de industrias de procesamiento alimentarias. Su función fundamental es la de esterilizar de forma continua productos y/o alimentos para el consumo humano. Otra de sus funciones es disminuir cualquier microorganismo, bacterias, hongos y levaduras.

FIGURA 2. 1. Esterilizador de un solo cuerpo



Fuente: Tomado de Surdry

FIGURA 2. 2. Esterilizador rotativo continuo de tres cuerpos



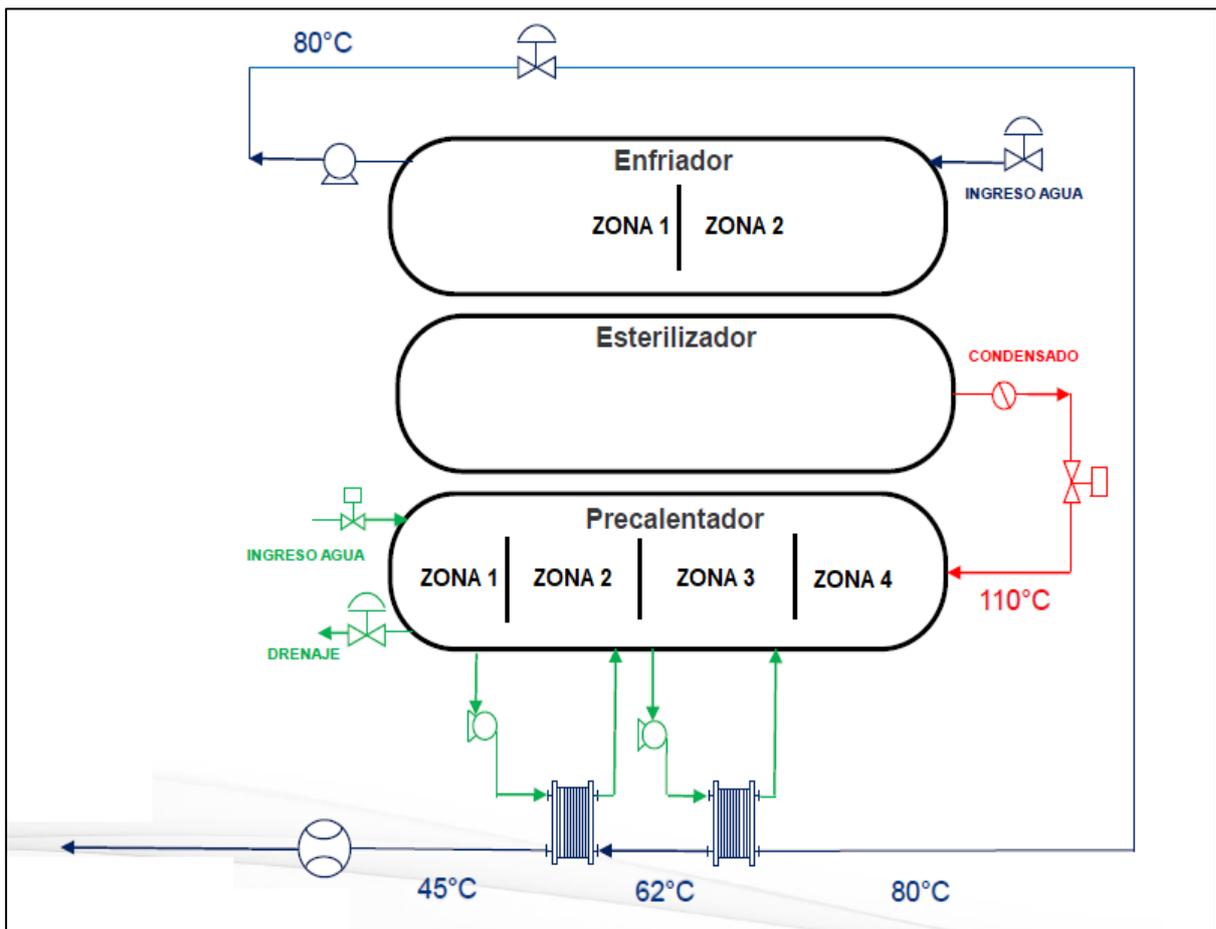
Fuente: tomado del renderizado del software Solidworks

### 2.2.7. Sistema de retroalimentación

El sistema de retroalimentación empleado se usará en todo el esterilizador rotativo. El agua presente en el primer cuerpo del enfriador (a una temperatura de 80°C) se impulsará por medio de una bomba hasta el enfriador ubicado en la zona 3 del precalentador así mismo dirigirse a la zona 2 por otro intercambiador; cada uno de estos intercambiadores estará alimentador de las respectivas zonas anteriores del precalentador; finalmente por medio de una bomba terminar este ciclo en la torre de enfriamiento del agua.

Así mismo el condensado del esterilizador que (está a 110°C) alimenta al precalentador en la zona 4.

FIGURA 2. 3. Sistema de retroalimentación de agua y vapor propuesto para el equipo esterilizador



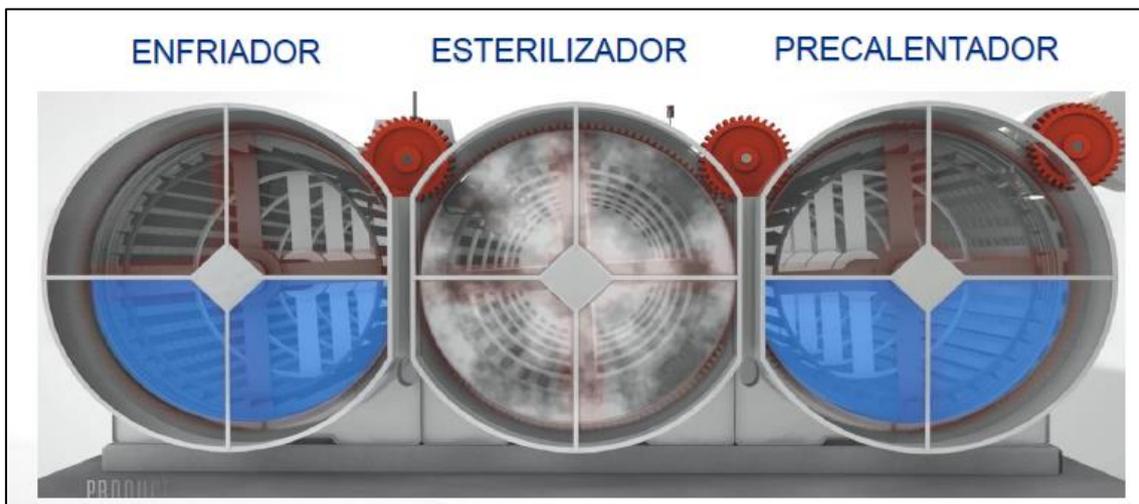
. Fuente: Elaboración propia en base a lo observado del equipo esterilizador

## 2.3. Conceptual

### 2.3.1. Definiciones:

- Esterilizador rotativo continuo: Es una maquina compuesta por 03 tanques (precalentador, cocedor y enfriador); la cual tiene como finalidad poder disminuir la fauna microbiana presente en la leche. Los cuerpos llamados precalentador y enfriador están llenos a la mitad de su volumen de agua. Mientras que el cocedor esta completamente lleno de vapor a 120°C, con la finalidad de garantizar la cocción.

FIGURA 2. 4. Detalle de operación del esterilizador rotativo.



Fuente: Elaborado con el software SolidWorks renderizado

- Bombas de impulsión: Son maquinas usadas para la impulsión de un determinado tipo de fluido, la impulsión del fluido se realiza mediante el giro del impulsor el cual otorga energía cinética al fluido. El cual sale de la carcasa de forma radial a una determinada velocidad hasta el punto de descarga.
- Parámetro de operación: Este parámetro es el flujo de tarro que se quiere por hora. Para estas condiciones es de 30000 latas / hr.
- Planta procesadora de leche: Es aquel lugar en la cual se procesa la leche, pasando por procesos tales como como la recepción, enfriamiento, pasteurización, llenaje, esterilización y embalaje.

- Sistema de tubería: Es aquel conjunto de tuberías que presente un determinado orden, cumplen con el fin de transportar un fluido para un determinado fin. Durante su trayectoria se puede encontrar diferentes dispositivos tales como bombas, válvulas, filtros, codos, etc.

### 2.3.2. Fluido y flujo.

Se denomina fluido a todo cuerpo que posea la capacidad de fluir, no posee elasticidad ni rigidez. Es por ello, por la falta de estas dos propiedades, es que si es sometido a una fuerza tiene tendencia a alterar su forma. Un fluido se le puede llamar a cualquier líquido o gas.

Al flujo se le denomina al estudio del fluido, las cuales podemos estudiar por medio de las leyes físicas que lo gobiernan. Para estos estudios es importante conocer las propiedades del fluido, características del ambiente y el medio por donde viaja.

Las propiedades fundamentales que se usan cuando se trabajó con fluidos son la viscosidad cinemática, viscosidad dinámica, peso específico, densidad, etc. Existen 03 principios fundamentales que se aplican para el flujo, los cuales se detallan a continuación:

- Principio de conservación de la masa.
- Principio de energía cinética.
- Principio de la cantidad de movimiento.

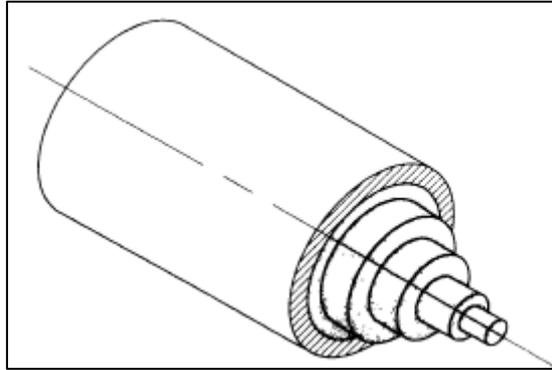
### 2.3.3. Tipos de flujo.

Los tipos de flujo en fluidos son dos: flujo laminar y flujo turbulento.

- Flujo laminar: Se le denomina así al régimen regular, es decir presente un ordenamiento en su desplazamiento. Las características del régimen es que se mueve en líneas paralela y concéntricas a la sección en donde es transportado. Este transporte se da sin las combinaciones de las sus distintas capas y cada partícula del fluido viaja en forma ordenada. Otras

características del flujo es que es de velocidad relativamente baja. Se le conoce también como régimen viscoso.

FIGURA 2. 5. Representación del flujo laminar en un ducto.



Fuente: (Mott, 2006 pág. 227)

- Flujo turbulento: El régimen del fluido es de régimen turbulento cuando el fluido presente un movimiento desordenado, irregular, impredecible y caótico. Las capas del fluido se mezclan unas con otras, presentan una mayor velocidad y la distribución de velocidad no es tan uniforme como el flujo laminar.

#### 2.3.4. Numero de Reynold.

Mott (2006 pág. 230) explica “el comportamiento de un fluido, particular en lo que se refiere a las pérdidas de energía, depende de que el flujo sea laminar o turbulento ...”.

El número de Reynold es un numero adimensional, el cual nos indica que si un fluido presenta un régimen laminar o turbulento.

De acuerdo a las investigaciones de Osborne Reynold demostró que el régimen de un flujo depende de la velocidad ( $v$ ), del diámetro de la tubería ( $D$ ), la viscosidad ( $\eta$ ) y densidad ( $\rho$ ). El número de Reynold expresa la relación de las fuerzas dinámicas de la masa del fluido respecto a los esfuerzos de deformación ocasionado por la viscosidad.

$$Re = \frac{V_a * D_a * \rho_a}{\eta}$$

Como las unidades del numerador y denominador de la ecuación se cancelan, el número de Reynold tiene valor numérico adimensional.

Para número de Reynold mayores a 4000, por lo general por su alta velocidad y/o baja viscosidad, tienden a ser de régimen turbulento. Aquellos fluidos que tienen alta viscosidad y/o se mueven a muy bajas velocidades tendrán número de Reynold menor de 2000 y su régimen es de comportamiento laminar.

Entre los valores de 2000 a 4000 está la zona denominada “critica”, es donde el régimen al cual está sometido el fluido no se puede determinar. Puede ser de régimen laminar, turbulento o de transición dependiendo de las condiciones.

### 2.3.5. Factor de fricción (f).

El flujo durante el recorrido por la tubería está sometido constantemente a una fuerza cortante, la cual es generada por la rugosidad de las paredes de las tuberías que lo contiene. El factor de fricción está en función del tipo de flujo.

- Factor de fricción del flujo laminar.

Mott (2006) dice “El flujo laminar es tan regular y ordenado que es posible deducir una relación entre las pérdidas de energía y parámetros medibles del sistema de flujo. Esta relación se conoce como la ecuación de Hagen-Poiseulli” (pág. 183). Donde se demuestra que el factor de fricción depende del número de Reynold.

$$f = \frac{64}{Re}$$

- Factor de fricción de flujo turbulento.

El calculo del valor de f para un flujo de régimen turbulento se presenta mediante la ecuación desarrollada por P.K. Swamee y A.K. Jain, la cual se expresa a continuación:

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log\left(\frac{1}{3.7 * \frac{D}{\epsilon}} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right) \right]^2}$$

Donde:

- D: diámetro de la tubería

- $\epsilon$ : rugosidad de la tubería

TABLA 2. 1. Rugosidad de tubería.

Material	Rugosidad $\epsilon$ (m)
Acero, comercial o soldado	$4.6 * 10^{-5}$

Fuente: Dato obtenido de Mott (2006 pág. 185)

### 2.3.6. Conservación de la energía – Ecuación de Bernoulli.

Le ecuación de Bernoulli refleja la conservación de energía en dos puntos distintos de una tubería. Para la aplicación de la ecuación de Bernoulli el fluido debe de ser incompresible y no debe tener ganancia ni pérdida de energía con el medio.

$$\frac{P_a}{\rho g} + \frac{V_a^2}{2g} + Z_a = \frac{P_b}{\rho g} + \frac{V_b^2}{2g} + Z_b$$

Donde:

- $\frac{P}{\rho * g}$  : carga de presión.
- $\frac{V_a^2}{2g}$  : carga de velocidad.
- $Z$  : carga de elevación.

La suma de estos tres términos se denomina carga total, y son iguales en ambos puntos ya que no hay pérdida ni adición de energía.

### 2.3.7. Ecuación general de la energía.

Es una ecuación más completa y semejante a la ecuación de Bernoulli. Tiene en consideración la ganancia aportado por las bombas, las pérdidas por las tuberías y las pérdidas de los accesorios.

$$\frac{P_a}{\rho g} + \frac{V_a^2}{2g} + Z_a + h_a - h_r - h_L = \frac{P_b}{\rho g} + \frac{V_b^2}{2g} + Z_b$$

Donde:

- $h_a$ : ganancia de energía de la bomba (m).
- $h_r$ : pérdida de energía por el motor (m).

- $h_l$ : pérdida de energía por las tuberías (m).

#### 2.3.8. Ecuación de Darcy:

Las pérdidas generadas por las tuberías y los accesorios, son llamadas pérdidas secundarias. Son consideradas pérdidas menores generados por los dispositivos como válvulas, codos, filtros, etc. La magnitud de la pérdida de energía es directamente proporcional a la carga de velocidad del fluido. Matemáticamente se puede expresar como:

$$h_s = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

- $h_s$ : pérdida de energía secundaria (m).
- $f$ : factor de fricción.
- $v$ : velocidad media del flujo (m/s).
- $D$ : diámetro de la tubería.
- $g$ : aceleración de la gravedad ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

#### 2.3.9. Pérdidas localizadas.

Las pérdidas localizadas (llamadas también pérdidas secundarias) son consideradas aquellas pérdidas menores debió a la válvulas y accesorios. La magnitud de la pérdida de energía (*expresada en  $\frac{N*m}{N}$* ) es directamente proporcional a la carga de la velocidad del fluido elevada al cuadrado. Su expresión matemática es la siguiente:

$$h_s = k * \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

- $h_s$ : pérdida de energía secundaria (m).
- $K$ : coeficiente de resistencia de la válvula o accesorio.
- $v$ : velocidad media del flujo (m/s).
- $g$ : aceleración de la gravedad ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

El coeficiente de resistencia del accesorio (válvula, codo, filtros, etc) depende de la geometría interna de la válvula o del accesorio y se determina para cada tipo y tamaño elegido ( de acuerdo al diámetro nominal de la tubería). El método para determinar el coeficiente de resistencia K que expresado por la siguiente ecuación:

$$K = f_t * \left(\frac{L_e}{D}\right)$$

Donde:

- $f_t$ : factor de fricción presente en la tubería a la que está conectado la válvula o accesorio, llevado hasta la zona de turbulencia completa.
- $f$ : longitud equivalente, presenta la longitud de un tubo del mismo diámetro nominal que la válvula y que tendría la misma resistencia que la válvula (m).
- $D$ : diámetro de la tubería (m).

Los valores para  $f_t$  varían con el tamaño de la tubería y la válvula lo cual ocasiona que el valor de este coeficiente de resistencia K varié.

TABLA 2. 2. Factores de fricción en la zona de turbulencia completa.

Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción ( $f_t$ )	Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción ( $f_t$ )
½	0.027	3 ½, 4	0.017
¾	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
1 ¼	0.022	8-10	0.014
1 ½	0.021	12-16	0.013
2	0.019	18-24	0.012
2 ½, 3	0.018		

Fuente: Tabla obtenida del libro de Mott (2006 pág. 297)

TABLA 2. 3. Resistencia de válvulas y acoplamientos

Tipo	Longitud equivalente de diámetro de tubería $L_e/D$
Válvula de globo – abierta por completo	340
Válvula de compuerta – abierta por completo	
- ¾" abierta.	35
- ½" abierta.	160
- ¼" abierta.	900
Válvula de verificación de tipo giratorio	100
Válvula de verificación- tipo bola	150
Válvula de mariposa abierta por completo	
- 10 a 14 pulg.	35
- 16 a 24 pulg.	25
Codo estándar a 90°	30
Codo roscado a 90°	50

Fuente: Tabla obtenida del libro de Mott (2006 pág. 297)

### 2.3.10. Espesor de tubería a presión interna.

De acuerdo a lo establecido en el ASME B13.3, el cálculo del espesor de pared de tubería reca sometida a presión interna se determina utilizando las dos ecuaciones matemáticas mostradas:

$$t = \frac{P * D}{2 * (S * E * w + P * Y)}$$

Donde:

- t: espesor de diseño de presión.
- P: presión de diseño manométrica interna.
- D: diámetro externo del tubo.
- S: esfuerzo admisible = 35000 psi (ver figura 2.6)
- E: factor de calidad = 1 (ver figura 2.7)
- W: factor de reducción de resistencia en unión soldada= 1 (ver figura 2.8)

- Y: coeficiente obtenido =0.4 (ver figura 2.9)

$$t_m = t + c$$

Donde:

- $t_m$ : espesor mínimo requerido.
- $c$ : Suma de tolerancias mecánicas más las tolerancias por corrosión y por erosión= 0.126 in.

El cálculo del espesor de las tuberías se realiza en consideración del material y tipo de tubería existente. Por otro lado, para la verificación del espesor mínimo calculado, se tiene como referencia el espesor de la tubería existente que es dato del fabricante.

FIGURA 2. 6. Esfuerzo permisible básico.

Tabla A-1 Esfuerzos permitidos básicos en tensión para metales <sup>1</sup> (cont.)												
Los números en paréntesis se refieren a las notas para las Tablas del apéndice A; las especificaciones son ASTM a menos que se especifique de otra forma.												
Material	No. de espec.	N.º P o N.º S (5)	Grado	No. UNS	Notas	Temp. mín. °F (6)	Mín. esfuerzo especificado, ksi		Temp. mín.			
							Tensión	Elasticidad	a 100	200	300	
<b>Acero carbón tuberías y tubos (2)</b>												
A 285 Gr. A	A 134	1	...	...	(8b)(57)	B	45	24	15,0	14,7	14,2	
A 285 Gr. A	A 672	1	A45	K01700	(57)(59)(67)	B	45	24	15,0	14,7	14,2	
Soldadura a tope Smls y ERW	API 5L	S-1	A25	...	(8a)	-20	45	25	15,0	15,0	14,7	
	API 5L	S-1	A25	...	(57)(59)	B	45	25	15,0	15,0	14,7	
...	A 179	1	...	K01200	(57)(59)	-20	47	26	15,7	15,7	15,3	
Tipo F	A53	1	A	K02504	(8a)(77)	20	48	30	16,0	16,0	16,0	
...	A 139	S-1	A	...	(8b)(77)	A	48	30	16,0	16,0	16,0	
...	A 587	1	...	K11500	(57)(59)	-20	48	30	16,0	16,0	16,0	
...	A53	1	B	K03005	(57)(59)	B	60	35	20,0	20,0	20,0	
...	A 106	1	B	K03006	(57)	B	60	35	20,0	20,0	20,0	
...	A 333	1	6	K03006	(57)	-50	60	35	20,0	20,0	20,0	
...	A 334	1	6	K03006	(57)	-50	60	35	20,0	20,0	20,0	
...	A 369	1	FPB	K03006	(57)	-20	60	35	20,0	20,0	20,0	
...	A 381	S-1	Y35	...	...	A	60	35	20,0	20,0	20,0	
...	API 5L	S-1	B	...	(57)(59)(77)	B	60	35	20,0	20,0	20,0	

Fuente: Normativa Tubería de proceso ASME B13.3 (2008 pág. 158)

FIGURA 2. 7. Factor básico de calidad

**Tabla A-1B factores de calidad básicos para juntas longitudinales soldadas en tuberías, tubos y accesorios,  $E_j$**   
 Estos factores de calidad son determinados de acuerdo con el párrafo 302.3.4(a). vea también párrafo 302.3.4(b) y Tabla 302.3.4 para factores de calidad incrementados aplicables a casos especiales. Las especificaciones, excepto API, son ASTM.

No. espec.	Clase (o tipo)	Descripción	$E_j$ (2)	Notas. Apéndice A
<b>Acero carbono</b>				
API 5L	...	Tubería sin costura	1.00	...
		Tubería soldada por resistencia eléctrica	0.85	...
		Tubería soldada por fusión eléctrica, doble tope, cordón recto o en espiral	0.95	...
		Soldada a tope en horno	0.60	...
A 53	Tipo S	Tubería sin costura	1.00	...
	Tipo E	Tubería soldada por resistencia eléctrica	0.85	...
	Tipo F	Soldada a tope en horno	0.60	...
A 105	...	Forjas y accesorios	1.00	(9)
A 106	...	Tubería sin costura	1.00	...
A 134	...	Tubería soldada por fusión eléctrica, doble tope, cordón recto o en espiral	0.80	...
A 135	...	Tubería soldada por resistencia eléctrica	0.85	...
A 139	...	Tubería soldada por fusión eléctrica, doble tope, cordón recto o	0.80	...

Fuente: Normativa Tubería de proceso ASME B13.3 (2008 pág. 209)

FIGURA 2. 8. Factor de reducción.

**Table 302.3.5 Weld Joint Strength Reduction Factor,  $W$**

Steel Group	Component Temperature, $T_i$ , °C (°F)														
	427 (800)	454 (850)	482 (900)	510 (950)	538 (1,000)	566 (1,050)	593 (1,100)	621 (1,150)	649 (1,200)	677 (1,250)	704 (1,300)	732 (1,350)	760 (1,400)	788 (1,450)	816 (1,500)
CrMo [Notes (1)–(3)]	1	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	...	...	...	...	...	...
CSEF (N + T) [Notes (3)–(5)]	...	...	...	1	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	...	...	...	...	...	...
CSEF [Notes (3) and (4)] (Subcritical PWHT)	...	...	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	...	...	...	...	...	...
Autogenous welds in austenitic stainless grade 3xx, and N088xx and N066xx nickel alloys [Note (6)]	...	...	...	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Austenitic stainless grade 3xx and N088xx nickel alloys [Notes (7) and (8)]	...	...	...	1	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	0.59	0.55	0.5
Other materials [Note (9)]	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Fuente: Normativa Tubería de proceso ASME B13.3 (2008 pág. 21)

FIGURA 2. 9. Valor de coeficiente.

Materiales	Temperatura, °C (°F)					
	≤ 482	510	538	566	593	≤ 621
	(900 y menores)	(950)	(1.000)	(1.050)	(1.100)	(1.150 y mayores)
Aceros Ferriticos	0,4	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7
Aceros Austeniticos	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7
Otos metales ductiles	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Hierro Fundido	0,0	...	...	...	...	...

Fuente: Normativa Tubería de proceso ASME B13.3 (2008 pág. 22)

### 2.3.11. Válvulas de control ON-OFF

La válvula de control manipula un líquido en circulación, como gas, vapor, agua o compuestos químicos para compensar las perturbaciones de carga y mantener la variable de proceso regulada lo más cercana posible al punto de ajuste deseado. (Emerson Automation Solutions , 2017)

FIGURA 2. 10. Válvula de asiento inclinado accionada neumáticamente.



Fuente: tomado de Burkert Fluid Control Systems (Burkert Fluid Control Systems, 2018)

### 2.3.12. Selección de válvulas de control para sistema de vapor

El criterio de selección a seguir para las válvulas de control ON-OFF para sistema de vapor, se basa en las opciones de control automático disponible, las decisiones que deben tomarse antes de hacerlo dependerán de una serie de factores. (Spiraxsarco First for Steam Solutions, 2017)

Estos factores son:

- Aplicación (posición, abierta, cerrada, que controlara, presión, temperatura, etc.)
- Fuerza motriz (electricidad, agua, aire, presión, voltaje, etc.).

### 2.3.13. Esterilización y enfriamiento.

Durante el proceso de selección de esterilización y enfriamiento las latas con el producto en su interior y cerradas pasan por los tres cuerpos del esterilizador, el cual opera de forma continua. En este tipo de esterilizador rotativo continuo las latas pasan a través de una cinta transportadora a una velocidad controlada de forma precisa.

### 2.3.14. Proceso térmico a alta temperatura

Melo (2016) explica que para el proceso de esterilización continua las latas de leche se deben mantener en movimiento durante el proceso.

Este movimiento dará un proceso de forma más rápida, distribuida y uniforme en las latas. Cualquier precipitación proteínica durante este tratamiento térmico se distribuye uniformemente por toda la leche. Durante el periodo de calentamiento en el precalentador, la leche alcanza una temperatura de esterilización de 120°C (la cual se mantiene entre 15 a 20 minutos) procediéndose después al enfriamiento del tarro hasta alcanzar la temperatura ambiente o de almacenamiento.

### 2.3.15. Evaluación técnico – económica.

Con la finalidad de verificar la viabilidad del proyecto de ingeniería, se empleará la matemática financiera como una herramienta base para el cálculo del VAN (valor actual neto) y TIR (tasa de interés de retorno) ,

donde el VAN indica cuanto se va a ganar o perder con la inversión del proyecto y el TIR el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá la inversión. Se muestra la formula del VAN a continuación:

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{FN_j}{(1 + t_d)^j} + I_o$$

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{FN_j}{(1 + t_d)^j} + I_o = 0 \rightarrow t_d = TIR = a\%$$

Donde:

- n: número de meses.
- $FN_j$ : flujo de caja para el mes j.
- $t_d$ : tasa de descuento.
- $I_o$ : Inversión.

Saul (2011 pág. 132), en su libro “Los proyectos de inversión” refiere lo siguiente. Para los proyectos independientes, se usa la siguiente regla de decisión.

- Si el TIR > K      VAN > 0, proyecto viable.
- Si el TIR < k      VAN < 0, no es un proyecto viable.
- Si el TIR = K      VAN = 0, no es un proyecto viable.

Resalta que el  $K = t_d$ .

Por lo tanto, esta regla se tomara en cuenta para verificar si el proyecto establecido en la presente tesis es viable.

#### 2.4. Definición de términos básicos

A continuación, se nombran algunos términos que serán empleados en la siguiente investigación. Los términos serán definidos de acuerdo a las normas ASME sec. VIII div. I y ASME B31.3.

**ASME:** Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos / American Society of Mechanical Engineers. (ASME, 2008)

**ANSI:** El Instituto Nacional Estadounidense de Estándares, más conocido como ANSI, es una organización sin fines de lucro que supervisa el

desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos

**Esterilizador rotativo continuo:** Maquinaria de tipo industrial que utiliza vapor de agua y agua caliente a elevadas presiones

**Purgadores:** Localizados a lo largo de la parte superior de los cocedores para purgar aire y proveer una adecuada circulación de vapor dentro de la cámara.

**Cámara de calentamiento:** Cuerpo de la maquina en el cual se lleva el calentamiento del envase por etapas hasta cierta temperatura.

**Cámara de esterilizado:** Cuerpo de la maquina en el cual el envase es procesado con vapor saturado a una temperatura igual a la salida de la cámara de calentamiento

**Cámara de enfriamiento:** Cuerpo de la maquina en el cual se disminuye la temperatura del envase para su próxima eyección a la atmosfera.

**Planta procesadora de leche:** Lugar en donde la leche es procesada y sometida a diversos tratamientos para el consumo humano.

### III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

#### 3.1. Hipótesis

##### 3.1.1. Hipótesis general:

- El diseño e implementación de un sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP disminuye el consumo de agua en una planta de procesadora de leche.

##### 3.1.2. Hipótesis específica:

- Los cálculos hidráulicos (caudal, altura de la bomba, número Reynold, factor fricción, etc.) permitieron la selección de los equipos y materiales del sistema de retroalimentación mediante la evaluación del caudal y temperatura del sistema.
- Los cálculos del sistema permitieron la selección de equipos, materiales y dimensionamiento para implementar el sistema de retroalimentación.
- La implementación del sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP generó un ahorro no menor del 40 por ciento de agua y vapor.

#### 3.2. Definición conceptual de variable

##### 3.2.1. Variable independiente

Sistema de retroalimentación: Son aquellos sistemas empleados en los procesos industriales, los cuales tienen como finalidad implementar un sistema conformado por bombas, válvulas, tuberías, etc. Todo este sistema permitirá aprovechar las aguas o de vapor del sistema, para ser reutilizado en otro proceso.

##### 3.2.2. Variable dependiente.

Consumo de agua: Son aquellas acciones que realiza el ser humano para optimizar el uso del agua en un determinado proceso en el cual no se vea completamente aprovechado. Todo ese flujo de agua y de vapor propios del equipo, será recirculado con la finalidad de optimizar el consumo.

### 3.2.3. Operacionalización de las variables

TABLA 3. 1 Operacionalización de las variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICES	METODO	TECNICA E INSTRUMENTOS
VI  SISTEMA DE RETROALIMENTACION EN UN ESTERILIZADOR ROTATIVO CONTINUO DE 20 HP.	Calculo hidráulico	Demanda del sistema	- Velocidad media del flujo (m/s). - Diámetro de la tubería (m) - Caudal (m3/s)	Tipo: Tecnológico  Diseño: De Aplicación  Método: Analítico lógico con enfoque sistémico  Población: Esterilizador rotativo continuo  Muestra:  Muestra: Esterilizador rotativo continuo	Documental:  - Ficha de registro de datos observables. - Fichas técnicas - Recolección de datos. - Guía de observación. - Fichas de mantenimiento
		Carga del sistema	- Tipo de fluido. (agua - vapor) - Caída de presión. (bar)		
	Selección de equipos, materiales y dimensionamiento del sistema de retroalimentación.	Tanque reservorio	- Volumen (m3)		
		Línea de succión y descarga	- tipo y longitud (m)		
		Dimensionamiento de las líneas de retroalimentación	- Espacio de trabajo. (m2) - Longitud del equipo. (m)		
		Selección de intercambiadores	- Tipo placas - Temperatura de ingreso y salida (°C) - Tipos de fluidos: Agua - vapor.		
		Planos del sistema	Posicionamiento de accesorios y tuberías (m)		
		Implementación del sistema de retroalimentación	Procedimiento de operación.		
	Capacitación de personal.		Numero de capacitaciones		
	VD  CONSUMO DE AGUA	Control del consumo de agua	Consumo de agua líquida.		
Consumo de agua en vapor.			- M3 / hr. - KG / hr.		

Fuente: Elaboración propia

## IV. DISEÑO METODOLÓGICO

### 4.1. Tipo y diseño de investigación

En el presente proyecto de tesis sus aspectos metodológicos estarán enmarcados dentro de una investigación de tipo “**Tecnológico**”, porque aplicaremos el conocimiento científico para el desarrollo de la presente propuesta del modelo y su viabilidad para solucionar unos de los principales problemas de la sociedad (Espinoza Montes, 2010).

En la presente tesis, por ser un tipo de investigación aplicada de diseño e innovación, se basa en un **diseño de aplicación** o de soluciones que tiene como principal propósito innovar en los diseños reutilizando el vapor flash por medio de un circuito cerrado (Espinoza Montes, 2010).

### 4.2. Método de investigación

Según Espinoza (2010 pág. 48), “El Reduccionismo es un método **analítico** que observa por separado los componentes”.

Según Espinoza (2010 pág. 10),” El **enfoque de sistemas** afronta el problema en su complejidad a través de una forma de pensamiento basada en la totalidad, en el estudio de la relación entre las partes y de las propiedades emergentes resultantes”.

En base a lo citado el presente proyecto de tesis presente un método de carácter analítico con un enfoque sistemático, porque nosotros observamos los componentes del sistema con la finalidad de comprender el fenómeno a estudiar; así mismo cada componente a estudiar tiene relación entre sus partes y propiedades emergentes. Es por eso que el presente proyecto de tesis es de carácter analítico con enfoque sistemático.

### 4.3. Población y muestra

Según Neill y Cortez (2017 pág. 103), “La población o universo comprende la totalidad de sujetos u **objetos** a los cuales se va a investigar, su selección se da en función a ciertas características que pueden contribuir a la obtención de información relevante para estudiar el problema”. Así

mismo el autor cita que cuando la muestra y la población son relativamente pequeños estos coinciden.

Para los fines del presente informe de tesis, la población respecto al diseño queda delimitada por el sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio.

Con respecto al ahorro de agua y vapor la población estaría comprendida por el consumo continuo de agua y vapor.

Muestra:

La muestra queda comprendida por una toma de datos diarios en un lapso de 24 días, lo cual se puede observar en la tabla 5.1.

#### **4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado**

El lugar de estudio de la presente investigación será en una planta procesadora de leche, en la cual se presenta el principal problema es el elevado consumo de agua en el Esterilizador continuo rotativo. Por tal motivo se vio en la necesidad de implementar el sistema de reutilización de agua con el objetivo de reducir el consumo de agua.

#### **4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información**

De acuerdo a Espinoza (2010 pág. 110), “La *técnica documental* permite la recopilación de evidencias para demostrar las hipótesis de investigación [...]. La *técnica empírica* permite la observación en contacto directo con el objeto de estudio, y el acopio de testimonios que permitan confrontar la teoría con la práctica en la búsqueda de la verdad”. En cuando a los instrumentos el autor cita que son aquellos objetos que nos permiten obtener datos del objeto de investigación.

La información y datos de la primera parte del presente proyecto de tesis serán recolectados mediante la llamada **técnica documental** a través de la recopilación de los datos en forma cuantitativa de documentos empresariales, técnicos e institucionales que registren datos e información estadística de su funcionamiento. La segunda parte del

trabajo realiza la **técnica empírica**, ya que en base a lo que nosotros implementemos obtendremos datos para corroborar la teoría con la práctica.

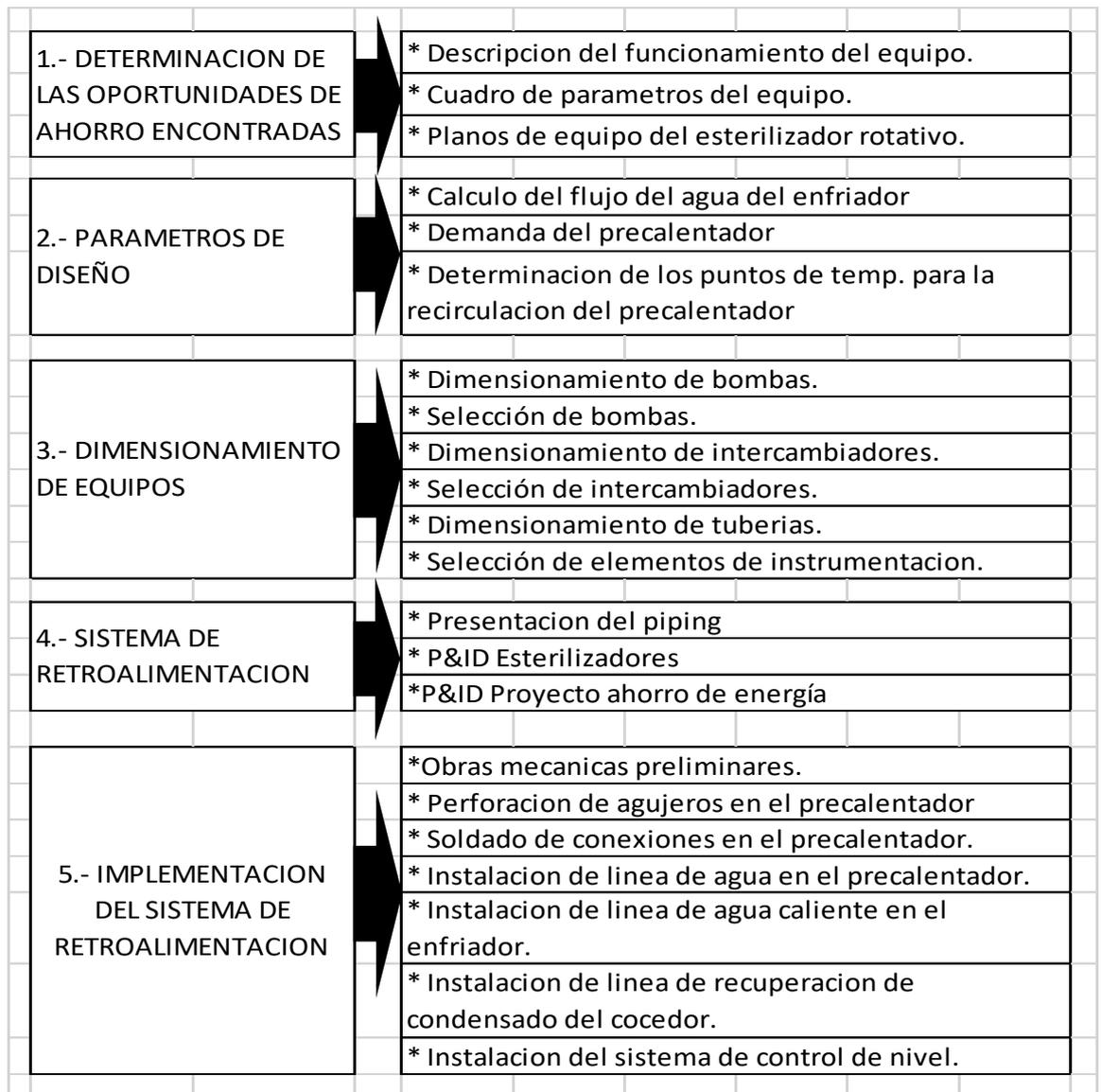
FIGURA 4. 1. Técnicas e instrumentación para la recolección de la información



Fuente: elaboración propia.

Los instrumentos usados para la técnica documental en el presente proyecto de tesis serán: recolección de datos, guías de observación, fichas técnicas, manuales de mantenimiento. Mientras que en la técnica empírica será de observación.

FIGURA 4. 2. Diagrama de técnicas e instrumentación para la recolección de la información.



**Fuente:** Elaboración propia

Se mostrará a continuación una lista de requerimientos para los diversos aspectos que se relacionan con el diseño y la implementación del equipo; así como a los responsables involucrados en cada actividad para la realización y culminación del proyecto.

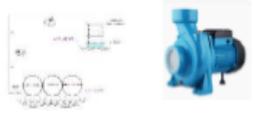
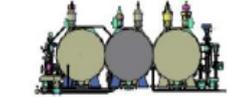
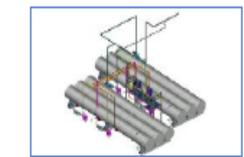
FIGURA 4. 3. Lista de requerimientos

Lista de requerimiento		pag	1 de 1
Proyecto	"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RETROALIMENTACIÓN CON ESTERILIZADOR ROTATIVO CONTINUO DE 20 HP PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN UNA PLANTA PROCESADORA DE LECHE. LIMA-PERU"		
Nº	Deseo (D)	DESCRIPCION	RESPONSABLE
	Exigencia (E)		
<b>FUNCION PRINCIPAL</b>			
1		Reduccion del consumo de agua en el proceso de esterilizacion de los tarros de leche	Juan Moran
2		El sistema de retroalimentacion debe adecuarse, previo calculo, al espacio en planta	Juan Moran
3		No sobredimensionar el sistema ya que se realizo un calculo para las tuberias	Juan Moran
<b>ENERGIA</b>			
4		La energia del sistema debe esta suministrada por una fuente electrica	Intelectric
5		La energia no debe impactar en el medio ambiente	Intelectric
<b>GEOMETRIA</b>			
6		Las dimensiones de los equipos debe adaptarse al espacio donde se instalaran	Juan Moran
7		Las dimensiones de las tuberias debe adaptarse al espacio del equipo	Juan Moran
8		Las dimensiones de los intercambiadores debe adaptarse al espacio del equipo	Juan Moran
<b>CINEMATICA</b>			
9		La velocidad del flujo debe tener un promedio de 2.5 m/s a 3 m/s	Juan Moran
<b>ERGONOMIA</b>			
10		La disposición de los equipos de aire serán diseñada de tal forma que sea muy manejable y cómoda para el operador a la hora de su instalación.	Juan Moran
<b>MANTENIMIENTO</b>			
11		El Mantenimiento deberá ser sencillo, económico y de fácil acceso.	Juan Moran
12		Los componentes del sistema van a ser de fácil reemplazo (stock Nacional).	
<b>MEDIO AMBIENTE</b>			
		El sistema no debe producir segregaciones que impacten el medio ambiente. Las niveles de ruido sea	
<b>OPERACIÓN</b>			
13		La nueva forma de operar del equipo con el sistema debe ser facil de operar	Juan Moran/ Jesus Marin
14		Se realizara un manual de instrucción para el operador	Juan Moran/ Jesus Marin
<b>COSTO</b>			
15		Los costo de fabricacion, realizacion y montaje deben ser los minimos posibles	Juan Moran/ Jesus Marin

Fuente: Elaboración propia

Se muestra así mismo el diseño conceptual de la investigación, en la cual detallamos los pasos con las diversas herramientas que vamos a utilizar.

FIGURA 4. 4. Diseño conceptual de la investigación

DISEÑO CONCEPTUAL		
ETAPAS		MODELO CONCEPTUAL DEL SISTEMA
PARAMETROS DE DISEÑO	* Calculo del flujo del agua del enfriador	
	* Demanda del precalentador	
	* Determinación de los puntos de temp. para la recirculación del precalentador	
DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS	* Dimensionamiento de bombas.	
	* Selección de bombas.	
	* Dimensionamiento de intercambiadores.	
	* Selección de intercambiadores.	
	* Dimensionamiento de tuberías.	
* Selección de elementos de instrumentación.		
SISTEMA DE RETROALIMENTACION	* Presentación del piping	
	* P&ID Esterilizadores	
	* P&ID Proyecto ahorro de energía	
IMPLEMENTACION DEL DISEÑO	* Obras mecanicas preliminares.	
	* Perforación de agujeros en el precalentador	
	* Soldado de conexiones en el precalentador.	
	* Instalacion de linea de agua en el precalentador.	
	* Instalacion de linea de agua caliente en el enfriador.	
	* Instalacion de linea de recuperacion de condensado del cocedor.	
* Instalacion del sistema de control de nivel.		

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6. Análisis y procesamiento de datos

Según el autor Espinoza (2010 pág. 110), “la técnica documental permite la recopilación de evidencias para demostrar las hipótesis de investigación”.

Entonces el tipo de análisis empleado en la presente investigación es de tipo análisis documental, ya que se emplearán documentos como registros de datos, datos de funcionamiento,

El análisis y procesamiento de los datos serán realizados de la siguiente manera:

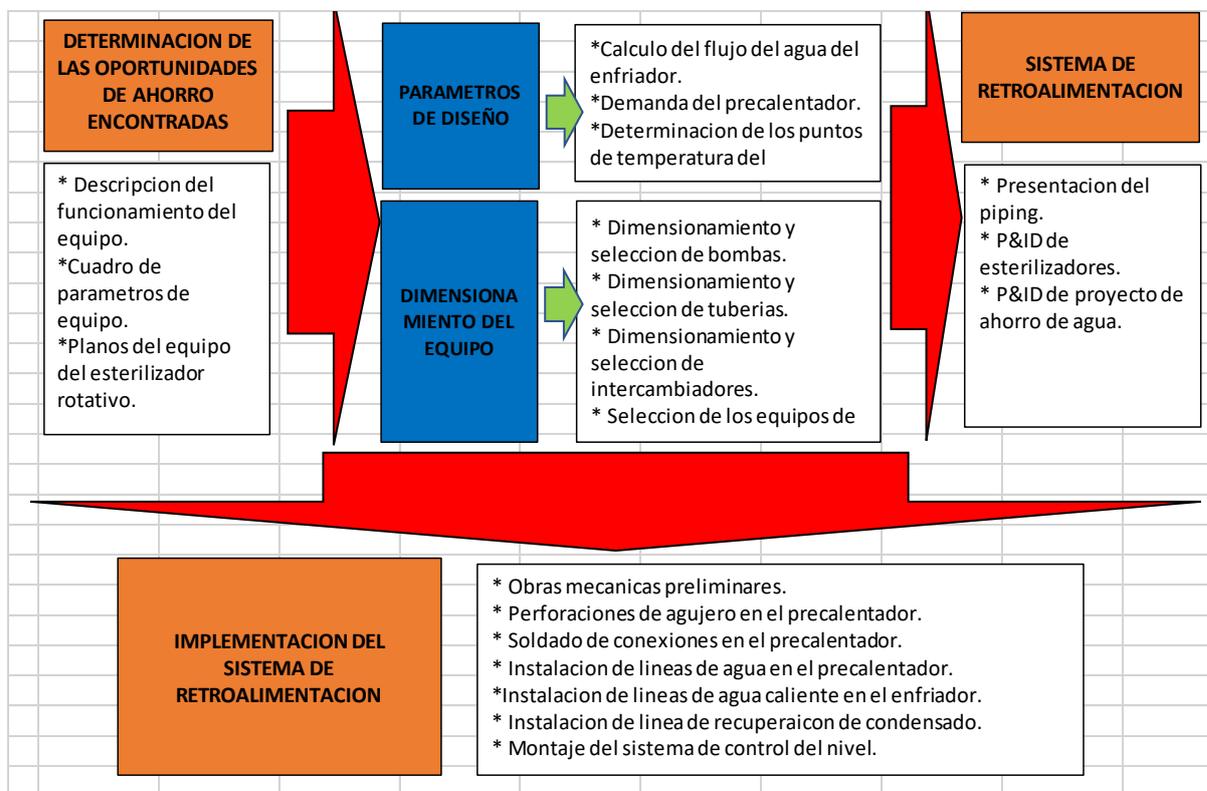
- La primera parte constara de la descripción del equipo, sus características, funcionamiento, tipo de fluido, temperaturas, etc. Estos parámetros se representarán en un cuadro de datos los cuales se tomarán para los cálculos posteriores del sistema de retroalimentación.

- Se representará mediante planos (2D y 3D) el equipo, para un mejor entendimiento del mismo. En donde se señalarán los componentes, sistemas, tuberías, etc.
- Se realizará el cálculo hidráulico en base a la demanda y carga del sistema, se usarán las ecuaciones respectivas para el cálculo de las bombas, ecuación de continuidad, ecuación de Bernoulli, el número de Reynold, etc.
- Se realizarán los cálculos hidráulicos para cada uno de los equipos en el cual el flujo está recirculando. Se comenzará por el calculo del caudal, tipo de tubería, espesor, potencia del la bomba del enfriador; con el mismo criterio se realizara los cálculos para las bombas del precalentador.
- Se realizará la selección de los equipos, materiales y dimensionamiento del sistema. Todo esto en base a los datos obtenidos en los cálculos hidráulicos. Los equipos serán seleccionados de catálogos de fabricantes. El dimensionamiento se realizará teniendo en consideración el espacio, dimensionamiento y área que tiene el equipo.
- Se realizará el cálculo de los intercambiadores de calor, por medio del software CAS 200, el cual es usado por la empresa “Alfa Laval” para el cálculo de intercambiadores de calor por placas. Se colocarán los parámetros ya mostrados para el flujo de agua en el software, con los datos el programa nos brindara el intercambiador de calor más económico y rentable para la operación.
- Se realizará la ingeniería del montaje del sistema de retroalimentación, se sugerirán una serie de pasos para el montaje de la bomba, instalación de base de la bomba, instalación de la tubería de succión y de descarga, alineamiento del motor-bomba, instalación de los intercambiadores de calor, etc.
- Se implementará el sistema de retroalimentación con la finalidad de la reducción del consumo de agua en el esterilizador rotativo continuo, así mismo se realizará la técnica empírica para demostrar con la práctica lo sustentado en la hipótesis.

- Finalmente se procesó la data del consumo mediante el software EXCEL, para comprobar la normalidad de la distribución de los datos por medio de la estadístico Shapiro Wilk y la contrastación de hipótesis por medio del estadístico t-student.

A continuación, se muestra el diagrama del procesamiento de datos planteados en la presente investigación.

FIGURA 4. 5. Diagrama del procesamiento de datos



Fuente: elaboración propia

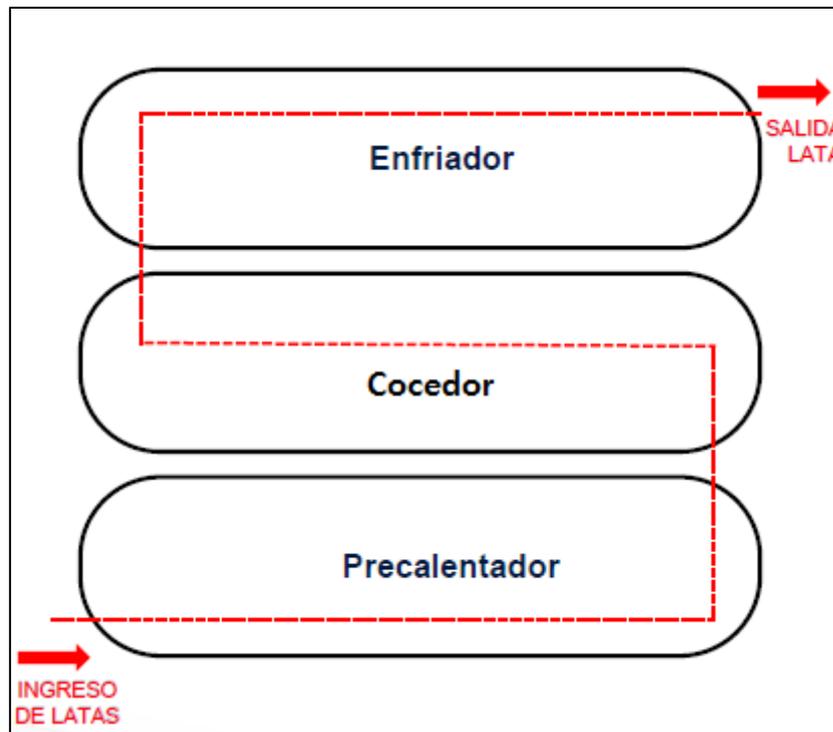
#### 4.6.1. Determinación de oportunidades de ahorro encontradas.

- Descripción del funcionamiento del equipo.
1. Actualmente la planta procesadora de leche cuenta con 02 equipos de esterilización de latas de leche evaporada, cuyos respectivos fabricantes son JBT y FMC con una producción por equipo de 30,000 latas por hora.
  2. Durante producción solamente opera 01 equipo, el cual generalmente es el JBT, mientras que el equipo FMC se mantiene como *backup*, durante

un año el equipo JBT opera durante 40 semanas, mientras que el FMC 10 semanas.

3. Cada equipo cuenta con 03 etapas principales (Ver Figura IV.6):

FIGURA 4. 6. Recorrido de lata



Fuente: elaboración propia

- Precalentador:

Equipo rotativo cuya función es pre calentar las latas mientras estas siguen su camino, formando una rampa de calentamiento a través del equipo, desde el ingreso de las latas a 8°C, pasando por 4 etapas, hasta llegar a la última etapa de 98°C, cada etapa cuenta con 05 ingresos de vapor cuya función es mantener la temperatura de cada etapa en un *setpoint* ya programado (1ra etapa 44°C, 2da etapa 60 °C, 3ra etapa 80°C, y 4ta etapa 98°C).

El equipo esterilizador JBT cuenta con un sistema modulante de ingreso de vapor, en el caso de la 1ra etapa, las válvulas corte de la válvula moduladora se encuentran cerradas, debido a que la válvula moduladora se encuentra con falla, en esta 1ra etapa no suele inyectarse vapor, debido a que, en lugar de disminuir la temperatura, esta aumenta, el

sistema al detectar este aumento de temperatura abre la válvula de ingreso de agua para mantener la temperatura a 44°C.

El ingreso de vapor del equipo FMC cuenta con un sistema de control *ON-OFF*, que al detectar una disminución en la temperatura abre la válvula al 100%.

- Cocedor

Posterior al pre calentamiento de las latas, estas son esterilizadas a una temperatura de 120°C para leche evaporada y 120.8°C para fórmula NAN, las temperaturas no pueden variar demasiado debido a que si son menores no se garantiza el esterilizado de la lata, mientras que si son mayores se puede dañar el producto.

- Enfriador

Después de pasar por el cocedor, la temperatura de las latas debe ser disminuida hasta 35°C y 80°C, para lo cual son enfriadas utilizando agua proveniente de la torre de enfriamiento (Agua con Bromo), la temperatura de las latas no debe disminuir de 35°C, por lo cual se le inyecta vapor con el fin de mantener dicha temperatura.

El tiempo que la lata tarda en salir del equipo es de 30 minutos.

- **Oportunidad de ahorro encontrada:**

- a. En el proceso de enfriamiento, las latas transfieren su energía calorífica al agua de enfriamiento, la cual es actualmente disipada en la torre de enfriamiento, se plantea aprovechar la energía que es liberada al ambiente, y utilizarla en el proceso de pre calentamiento, de este modo se reducirá el consumo de vapor en dicho proceso. Así mismo el transporte del agua a 80°C del enfriador a la torre de enfriamiento, **se genera una disipación de calor** en la misma tubería que transporta el agua a 80°C por motivos de la transferencia de calor que existe entre el fluido y el medio.
- b. Recuperar el condensado del cocedor generado en el proceso de esterilización, el cual es actualmente purgado al drenaje, y enviarlo al

pre calentador con el fin de aprovechar su energía térmica. Su recuperación se dará por medio de una válvula.

- Cuadro de parámetros del equipo

A continuación, se muestra un cuadro con las características del equipo, promedio de consumos de agua y vapor las cuales serán necesarias para el cálculo del sistema de retroalimentación. Los datos presentados en la tabla son proporcionados por parte de la empresa en donde se implementará el sistema de retroalimentación.

TABLA 4. 1. Parámetros iniciales del equipo esterilizador.

Nombre el proyecto	Sistema de retroalimentacion para un esterilizador rotativo de 20 HP	
Parametros de diseño		Ingresar parametros
<i>Condiciones del equipo</i>		
Produccion total de tarros	30000 latas por hora	
Temperatura del enfriador		
Zona 1	80 °C	
Zona 2	36 °C	
Temperatura del cocedor	120 °C	
Temperatura del precalentador		
Zona 1	40 °C	
Zona 2	60 °C	
Zona 3	80 °C	
Zona 4	98 °C	
<i>Presion del equipo</i>		
Precalentador	2.25 bar	
Cocedor	2.25 bar	
Enfriador	2.25 bar	
<i>Equipo</i>		
Consumo de agua padron historico (L)	1,105,530	
Consumo de agua de vapor padron historico (kg)	1,285,500	
Costo de vapor (Ton)	S/. 56.04	
Costo de agua (m3)	S/. 15.23	

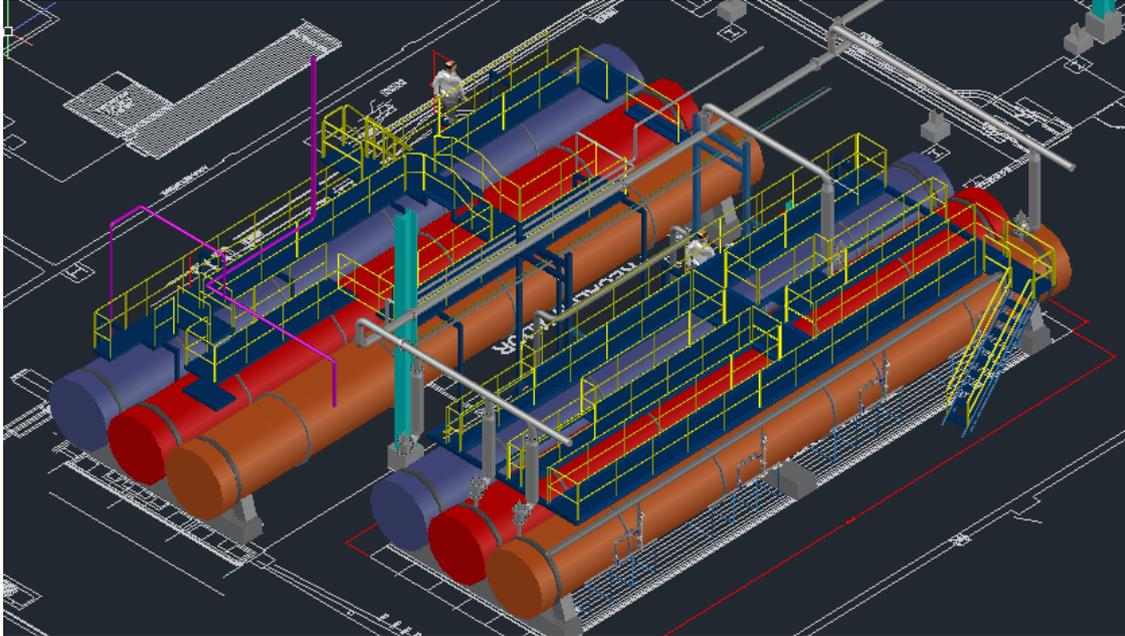
Fuente: Elaboración propia

- Planos del equipo:

El equipo está compuesto por 03 tanques, los cuales están orientados horizontalmente. La comunicación de estos tanques se da por medio de una

válvula de transferencia que une a los cuerpos. La función del equipo es esterilizar por medio de agua y vapor un flujo de 30000 latas por hora.

FIGURA 4. 7. Representación del esterilizador rotativo de tarros



Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.2. Parámetros de diseño:

- Cálculo del flujo de agua del enfriador.

##### 1. Balance de energía en el enfriador:

Se realizará el cálculo de la energía térmica liberada por las latas en su paso por el enfriador, desde una temperatura de 120°C a 35°C, para ello se considera como 02 cuerpos separados a la leche evaporada y a la lata.

Por lo tanto:

$$Energia\ total = Energia\ (leche) + Energia\ (lata)$$

Cálculo de energía para la leche evaporada:

Datos:

TABLA 4. 2. Características de operación de la leche.

Producto	Leche evaporada		
Producción	30000	Latas / h	Producción de planta
M (masa)	0.4	Kg	Contenido de leche por lata
Cp	0.85	kcal / kg °C	Calor específico de la leche
Ti	120	°C	Temperatura de ingreso de latas al enfriador
Tf	35	°C	Temperatura de salida de latas del enfriador

Fuente: Elaboración propia.

Calculando el flujo masico equivalente de la leche evaporada:

$$\dot{m} = \text{produccion} * m$$

$$\dot{m} = 30000 \frac{\text{latas}}{\text{horas}} * 0.4 \frac{\text{kg}}{\text{lata}}$$

$$\dot{m} = 12000 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}$$

Con el flujo masico se procede al cálculo de la energía contenida en la leche.

$$\text{Energia (leche)} = \dot{m} * C_p * (T_f - T_i)$$

$$\text{Energia (leche)} = 1200 * 0.85 * (120 - 35)$$

$$\text{Energia (leche)} = 867\ 000 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Cálculo de la energía para las latas:

TABLA 4. 3. Características de operación de la lata.

Producto	Latas de aluminio		
Producción	30000	Latas / h	Producción de planta
m (masa)	0.045	Kg	Masa de latas vacías
Cp	0.12	kcal / kg °C	Calor específico de lata
Ti	120	°C	Temperatura de ingreso de latas al enfriador
Tf	35	°C	Temperatura de salida de latas del enfriador

Fuente: Elaboración propia.

Calculando el flujo masico equivalente en leche evaporada:

$$\dot{m} = \text{produccion} * m$$

$$\dot{m} = 30000 \frac{\text{latas}}{\text{horas}} * 0.045 \frac{\text{kg}}{\text{lata}}$$

$$\dot{m} = 1350 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}$$

Con el flujo masico se procede al cálculo de la energía contenida en las latas:

$$\text{Energia (leche)} = \dot{m} * C_p * (T_f - T_i)$$

$$\text{Energia (leche)} = 1350 * 0.12 * (120 - 35)$$

$$\text{Energia (leche)} = 13770 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Con las energías obtenidas, se obtiene la energía total:

$$\text{Energia total} = \text{Energia (leche)} + \text{Energia (lata)}$$

$$\text{Energia total} = 867000 + 13770$$

$$\text{Energia total} = 880770 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

- Cálculo del flujo de agua del enfriador.

Realizando el balance de energía entre el calor liberado por las latas en el proceso de enfriamiento y el agua utilizada para dicho fin, se calcula el flujo de agua necesario para una adecuada transferencia de calor.

TABLA 4. 4. Datos del enfriador en estado de operación.

Datos		
Ti	20 °C	Temperatura de ingreso al enfriador
Tf	90 °C	Temperatura de salida de del enfriador
Cp	1 kcal / kg °C	Calor específico del agua
Energía total	880 770 kcal / h	Calculo anterior

Fuente: Elaboración propia.

$$Energia\ total = \dot{m} * C_p * (T_f - T_i)$$

$$880\ 770 = \dot{m} * 1 * (90 - 20)$$

$$\dot{m} = 12528 \frac{kg}{h}$$

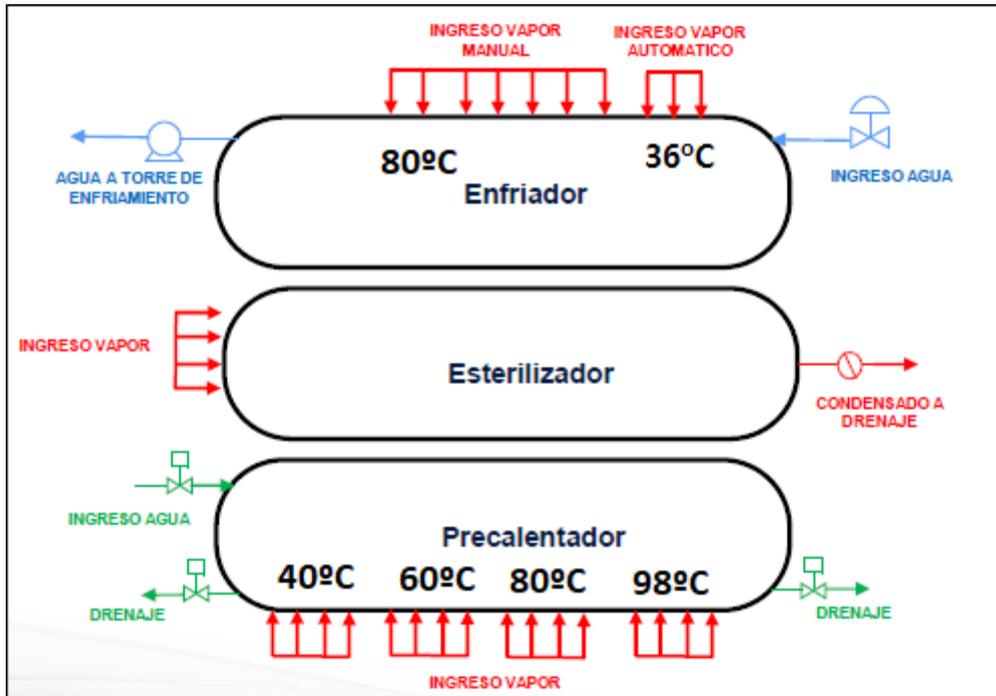
Se considerará un caudal de agua de salida del enfriador de:

$$\dot{m} = 13 \frac{m^3}{h}$$

- Demanda de flujo en las bombas del precalentador.

El precalentador es uno de los 03 cuerpos presentes en el equipo de esterilización; este posee 04 etapas de temperatura crecientes de 40°C, 60°C, 80°C y 98 °C, para luego pasar al cuerpo central (cocedor) a una temperatura de vapor saturado de 120°C.

FIGURA 4. 8. Diagrama de fluidos.

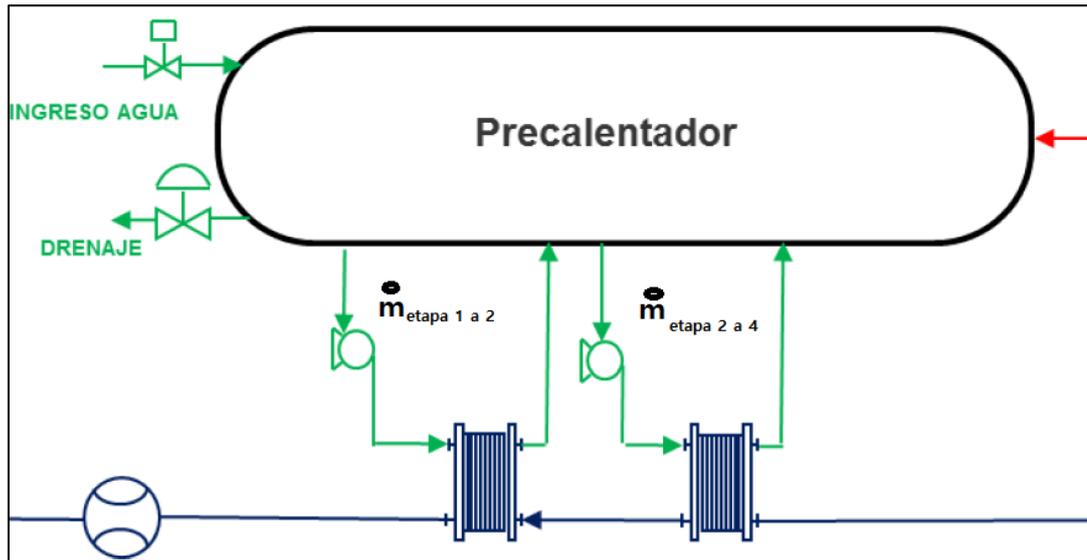


Fuente: elaboración propia

El precalentador contará con un sistema de tuberías y bombas, el cual impulsará agua a una determinada temperatura de un punto de la zona 2 a otro punto de la zona 3; así mismo se impulsará agua de una determinada temperatura de un punto de la zona 2 a un punto de la zona 3.

Cabe mencionar que estos flujos pasaran por el intercambiador de calor, este pase de agua a distintas temperaturas generada por el pase de calor del fluido caliente a la placa del intercambiador (conducción) e igualmente de la placa del intercambiador al fluido (convección). Se procederá a calcular los flujos masicos de acuerdo a la figura mostrada para las etapas 1 a 2 y etapa 3 y 4.

FIGURA 4. 9. Flujo masico de etapa 1 a 2 y de etapa 3 y 4.



Fuente: elaboración propia

Cálculo del flujo masico para la zona 3 a la zona 4.

$$Q = \dot{m} * C_e * \Delta T$$

Realizando el balance térmico en la zona 3 a la zona 4.

$$Q_{enfriador} = Q_{precaentador}$$

80°C a 68°C                      60°C a 80°C

$$\dot{m}_{enfriador} * C_{e-agua\ 80^\circ C} * \Delta T = \dot{m}_{prec.3\ a\ 4} * C_{e-agua\ 60^\circ C} * \Delta T$$

$$\left(13 \frac{m^3}{hr}\right) * \left(4.196 \frac{KJ}{K * Kg}\right) (80 - 68) = \dot{m}_{prec.3\ a\ 4} * \left(4.185 \frac{KJ}{K * Kg}\right) (80 - 60)$$

Nota: Se tomará como temperatura de salida un valor ligeramente mayor a 60°C. el valor será de la temperatura de salida será de 68°C.

$$\dot{m}_{prec.3\ a\ 4} = 14.26 \frac{m^3}{hr}$$

Cálculo del flujo masico para la zona 1 a la zona 2.

$$Q = \dot{m} * C_e * \Delta T$$

Realizando el balance térmico en la zona 1 a la zona 2.

$$Q_{enfriador} = Q_{precaentador}$$

68°C a 45°C                      40°C a 60°C

$$\dot{m}_{enfriador} * C_{e-agua\ 45^\circ C} * \Delta T = \dot{m}_{prec.1\ a\ 2} * C_{e-agua\ 60^\circ C} * \Delta T$$

$$\left(13 \frac{m^3}{hr}\right) * \left(4.180 \frac{KJ}{K * Kg}\right) (68 - 45) = m_{prec.1 a 2} * \left(4.185 \frac{KJ}{K * Kg}\right) (80 - 60)$$

Nota: Se tomará como temperatura de salida un valor ligeramente mayor a 40°C. el valor será de la temperatura de salida será de 45°C.

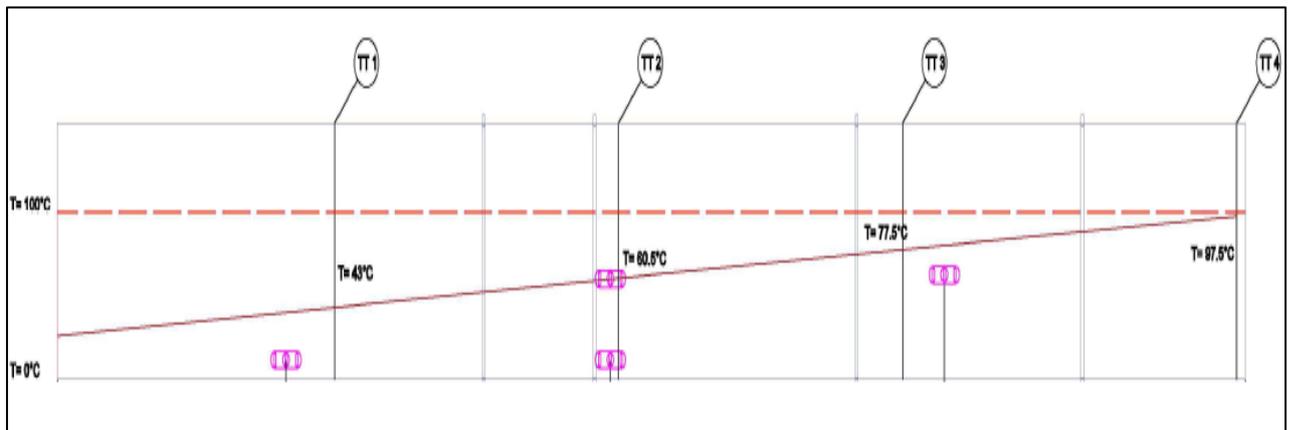
$$m_{prec.1 a 2} = 14.9 \frac{m^3}{hr}$$

- Determinación de los puntos de temperatura para la recirculación de calor.

Para la determinación de los puntos de temperatura para la extracción de caudal a una determinada temperatura, se ubicaron los puntos de temperatura dados por el fabricante del equipo.

Para la ubicación de los puntos de temperatura se usarán equipos de medición de calor (cámaras termográficas) durante el funcionamiento de este.

FIGURA 4. 10. Ubicación de los puntos de temperatura del precalentador.



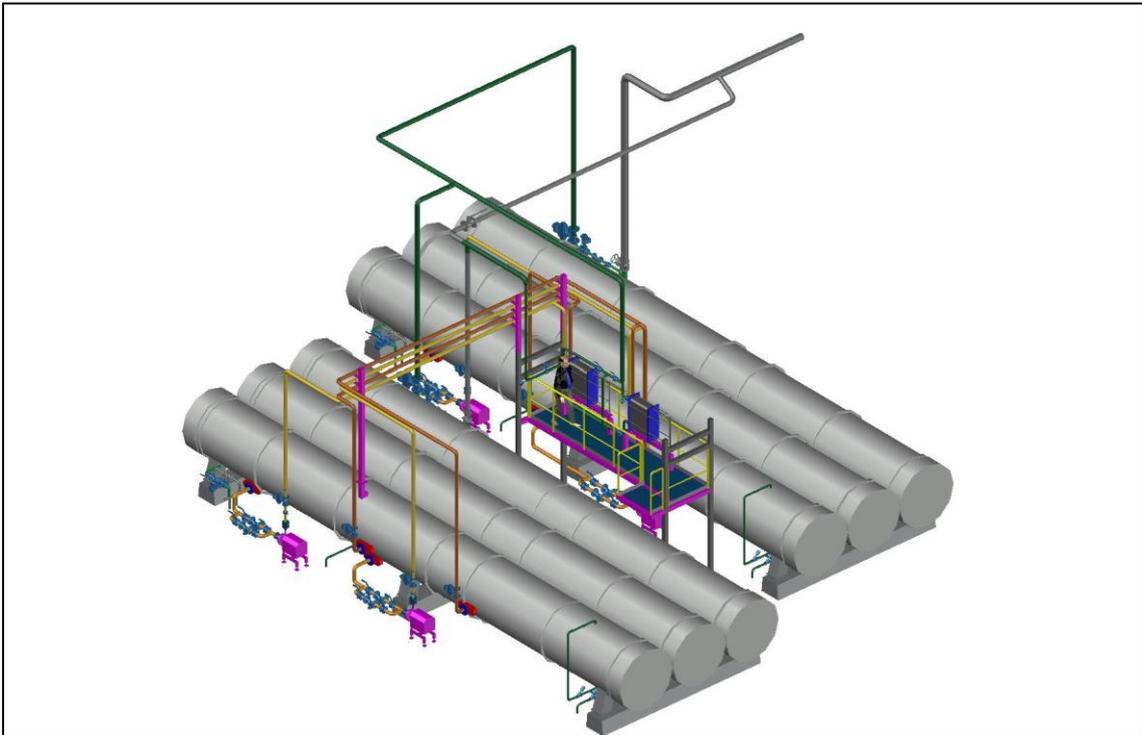
Fuente: elaboración propia

#### 4.6.3. Dimensionamiento del equipo.

- Sistema de retroalimentación propuesto.

De acuerdo al espacio determinado en la planta procesadora de leche, se propone un sistema de tuberías, accesorios e intercambiadores. Los cuáles serán validados por el equipo de ingeniería de la planta de leche. A continuación, se presente un piping del proyecto.

FIGURA 4. 11. Sistema de retroalimentación planteado.



Fuente: elaboración propia

Conforme se dio la aprobación del diseño presentado, se procedió al cálculo de la bomba del enfriador, para ello se tuvo en cuenta el siguiente sistema de tuberías.

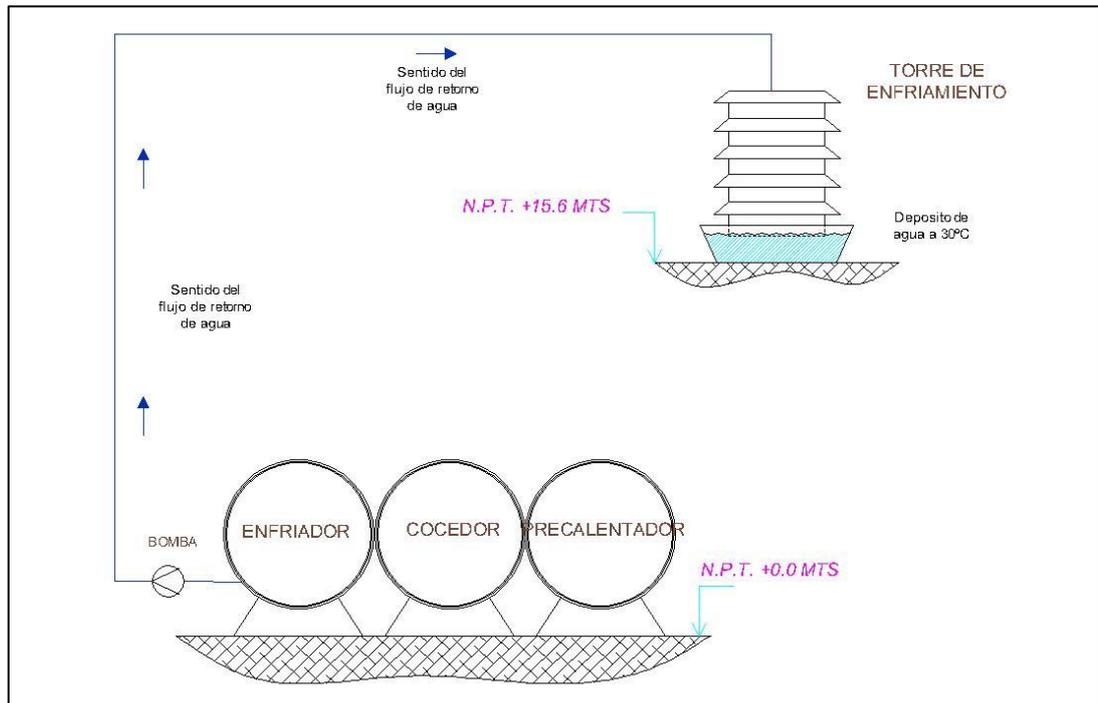
- Calculo y dimensionamiento de la bomba del enfriador.

La bomba que impulsara el agua del enfriador, realizara el recorrido desde la maquina (primer nivel de planta) hasta la torre de enfriamiento (segundo nivel de la planta).

De acuerdo al mapeo realizado de ambos puntos. La diferencia de niveles fue de 15.6 mts. Entonces decimos que:

$$H = 15.6 \text{ mts}$$

FIGURA 4. 12. Diferencia de niveles del sistema.



Fuente: Elaboración propia

Calculamos la potencia de la bomba requerida para la elevación del fluido hacia la torre de enfriamiento.

Asumimos la velocidad de aspiración en el sistema. Para ello asumimos un valor entre [0.5 m/s – 2 m/s].

Asumiremos una velocidad de 1.5 m/s. Determinamos el área de la sección del flujo de área mediante la fórmula de continuidad para un fluido:

$$Q = V * A$$

$$13 \frac{m^3}{h} * \frac{1h}{3600 s} = 1.5 \frac{m}{s} * A$$

$$A_{obtenida} = 2.41 * 10^{-3} m^2$$

Donde:

- $A_{obtenida}$ : área mínima permisible para el pase del caudal.

De la tabla de medidas para tuberías de sch 40 (anexo N°4), determinamos el área próxima superior para seleccionar la tubería.

Escogemos la tubería cuyo diámetro nominal es de 3", debido a que el diámetro de 2 1/2" no es comercial.

TABLA 4. 5. Características de tubería diámetro nominal de 3".

Diámetro nominal (DN)	Diámetro exterior	Diámetro interior	Espesor	Flujo de área
3"	88.9 mm	77.9 mm	5.49 mm	$4.768 * 10^{-3} m^2$

Fuente: Mecánica de Fluidos. Robert L. Mott

Determinamos la velocidad corregida para la nueva selección del diámetro que hemos escogido.

$$V_{\text{corregida}} = V_a = \frac{Q}{A}$$

$$V_a = \frac{3.61 * 10^{-3} \frac{m^3}{s}}{4.768 * 10^{-3} m^2}$$

$$V_a = 0.75 \frac{m}{s}$$

Donde:

- $V_a$ : velocidad obtenida en la succión en el punto a.

Hallamos el espesor mínimo requerido para la tubería por la presión interna existente.

- Espesor de la tubería por presión interna (t):

$$t = \frac{P * D}{2(S * E * W + P * Y)}$$

Para presiones menores a los  $300 \frac{lb}{pulg^2}$ , la presión de diseño queda definido con la siguiente expresión:

$$P = P_o + 30 \frac{lb}{pulg^2}$$

$$P = 36.25 \frac{lb}{pulg^2} + 30 \frac{lb}{pulg^2}$$

$$P = 66.25 \frac{lb}{pulg^2}$$

Reemplazamos los datos de acuerdo a las figuras 2.6, 2.7 y 2.8:

$$t = \frac{66.25 * 88.9}{2(20000 * 1 * 1 + 66.25 * 0.4)}$$

$$t = 0.147 \text{ mm}$$

Determinando el espesor mínimo requerido:

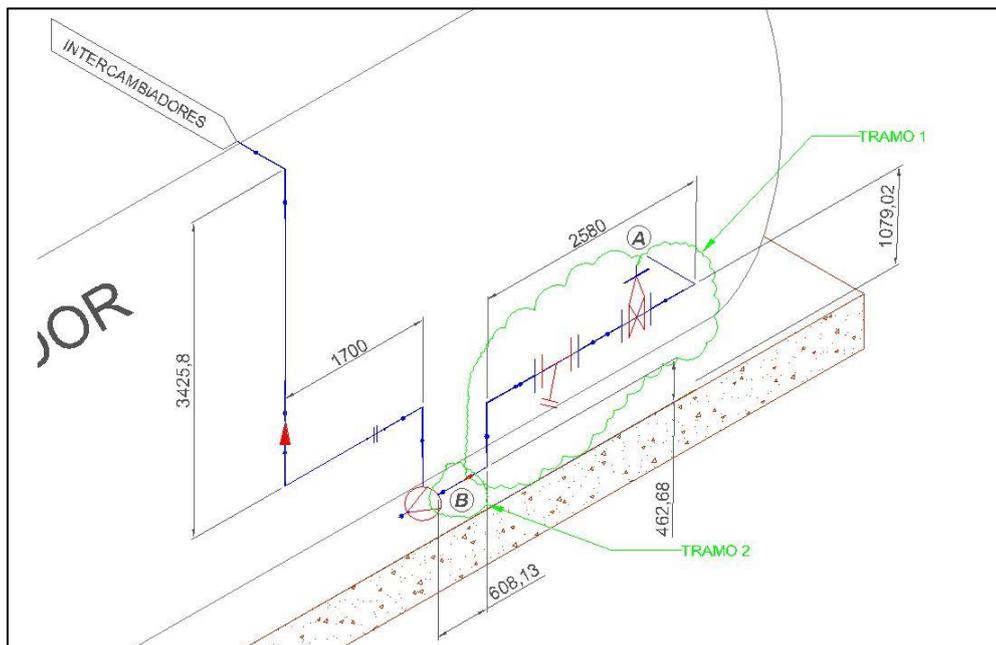
$$t_m = t + 0.126 \text{ in}$$

$$t_m = 0.147 \text{ mm} + 0.126 \text{ in}$$

$$t_m = 3.347 \text{ mm}$$

Para la aplicación de la ecuación de la energía, de acuerdo al siguiente grafico determinamos la presión en el punto “b”:

FIGURA 4. 13. Tramo de succión de bomba para el enfriador.



Fuente: elaboración propia.

Calculamos la velocidad en el punto “b” de la figura mostrada, empleamos la ecuación de continuidad. Se tiene una tubería de 3” inicialmente para la toma de agua a la bomba, se empleará una reducción antes del ingreso de la bomba. Ya

que generalmente los ingresos son para tuberías de diámetro nominal de 2". Obtenemos lo siguiente:

$$A_a * V_a = A_b * V_b$$

$$(4.768 * 10^{-3} \text{ m}^2) * (0.75 \frac{\text{m}}{\text{s}}) = (2.168 * 10^{-3} \text{ m}^2) * V_b$$

$$V_b = 1.65 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Aplicamos la ecuación de Bernoulli para determinar la presión en el punto "b", que es la zona de ingreso a la bomba.

$$\frac{P_a}{\rho g} + \frac{V_a^2}{2g} + Z_a + h_a - h_r - h_L = \frac{P_b}{\rho g} + \frac{V_b^2}{2g} + Z_b$$

Se determinarán las pérdidas de los accesorios para el tramo 1 mostrado en la figura iv.12. Los elementos de la tubería se presentan a continuación.

TABLA 4. 6. Tuberías y accesorios para la succión de la bomba

Producto	Agua (T = 80°C)	
	Diámetro nominal	3"
Tramo 1 (Q = 13 $\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ )	Longitud	$L_1 = 0.6 \text{ mts}$
		$L_2 = 2.58 \text{ mts}$
		$L_3 = 0.69 \text{ mts}$
		$L_4 = 0.2 \text{ mts}$
	Accesorios	01 válvula de compuerta. 01 filtro en Y. 03 codos 90°
	Diámetro nominal	2"
Tramo 2 (Q = 13 $\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ )	Longitud	$L_5 = 0.3 \text{ mts}$
	Accesorios	01 reductor de 3" a 2"

Fuente: elaboración propia

- En la tubería de 3", por el cual se tiene un flujo de agua a una temperatura de 80°C. Las características son las siguientes:
  - Densidad ( $\rho$ ) = 971.6  $\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

- Viscosidad dinámica ( $\eta$ ) =  $0.000355 \frac{Kg}{m*s}$
- Diámetro interno:  $77.9 \times 10^{-3} m$ .
- $\epsilon = 4.6 \times 10^{-5}$  (para tuberías de acero A53)
- Para la tubería de 2", si tienen las siguientes características:
  - Densidad ( $\rho$ ) =  $971.6 \frac{Kg}{m^3}$
  - Viscosidad dinámica ( $\eta$ ) =  $0.000355 \frac{Kg}{m*s}$
  - Diámetro interno:  $52.5 \times 10^{-3} m$ .
  - $\epsilon = 4.6 \times 10^{-5}$  (para tuberías de acero A53)
- Numero de Reynold:
  - Para tubería de diámetro nominal de 3":

$$Re = \frac{V_a * D_a * \rho_{agua}}{\eta}$$

$$Re = \frac{(0.75 \frac{m}{s}) * (77.9 * 10^{-3} m) * (971.6 \frac{kg}{m^3})}{(0.000355 \frac{kg}{m * s})}$$

$$Re = 159903.46$$

Como el  $Re > 2000$ , el flujo tiene comportamiento turbulento.

- Determinación el factor de fricción para la tubería de 3".

Para flujo turbulento se tiene:

$$f = \frac{0.25}{\log\left(\frac{1}{3.7 * \frac{D}{\epsilon}} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)^2}$$

$$f = \frac{0.25}{\log\left(\frac{1}{3.7 * \frac{77.9 * 10^{-3}}{4.6 * 10^{-5}}} + \frac{5.74}{(159903.46)^{0.9}}\right)^2}$$

$$f = 0.0198$$

- Para tubería de diámetro nominal de 2":

$$Re = \frac{V_b * D_b * \rho_{agua}}{\eta}$$

$$Re = \frac{(1.65 \frac{m}{s}) * (52.5 * 10^{-3} m) * (971.6 \frac{kg}{m^3})}{(0.000355 \frac{kg}{m * s})}$$

$$Re = 237084.08$$

Como el  $Re > 2000$ , el flujo tiene comportamiento turbulento.

- Determinación el factor de fricción para la tubería de 2".

Para flujo turbulento se tiene:

$$f = \frac{0.25}{\log(\frac{1}{3.7 * \frac{\epsilon}{D}} + \frac{5.74}{Re^{0.9}})^2}$$

$$f = \frac{0.25}{\log(\frac{1}{3.7 * \frac{52.5 * 10^{-3}}{4.6 * 10^{-5}}} + \frac{5.74}{(237084.08)^{0.9}})^2}$$

$$f = 0.02$$

- Determinación de las pérdidas secundarias generadas por la tubería y accesorios.

- $h_{1-salida} = k * \frac{V_a^2}{2g} = 0.5 * \frac{(0.75)^2}{2 * 9.81} = 0.014 m$

- $h_{codo 90^\circ} = 3 * h_{codo 90} = 3 * f_{dt} * \frac{L_e}{D} * \frac{V_a^2}{2g} = 3 * 0.017 * 50 * \frac{0.75^2}{2 * 9.81}$

$$h_{codo 90^\circ} = 0.073 m.$$

- $h_{valv.globo} = k * \frac{V_a^2}{2g} = 0.017 * 50 * \frac{(0.75)^2}{2 * 9.81} = 0.0244 m$

- $h_{valv.verif.} = k * \frac{V_a^2}{2g} = 0.017 * 150 * \frac{(0.75)^2}{2 * 9.81} = 0.073 m$

- $h_{valv.expansion} = k * \frac{V_a^2}{2g} = 0.05 * \frac{0.75^2}{2 * 9.81} = 1.43 * 10^{-3} m$

- $\sum h_{tub 3''} = \frac{f}{D} * \frac{V^2}{2g} (\sum L_i) = \frac{0.0198}{77.9 * 10^{-3}} * \frac{1.65^2}{2 * 9.81} * (0.6 + 2.58 + 0.69 + 0.3)$

$$\sum h_{tub 3''} = 0.165 m$$

- $\sum h_{tub 3''} = \frac{f}{D} * \frac{V^2}{2g} (\sum L_i) = \frac{0.02}{52.5 * 10^{-3}} * \frac{1.65^2}{2 * 9.81} * 0.2 = 0.01 m$

Sumando las pérdidas totales en el tramo de succión:

$$\sum h_L = 0.361 m$$

Determinación de la presión en el punto b, mediante la ecuación general de la energía.

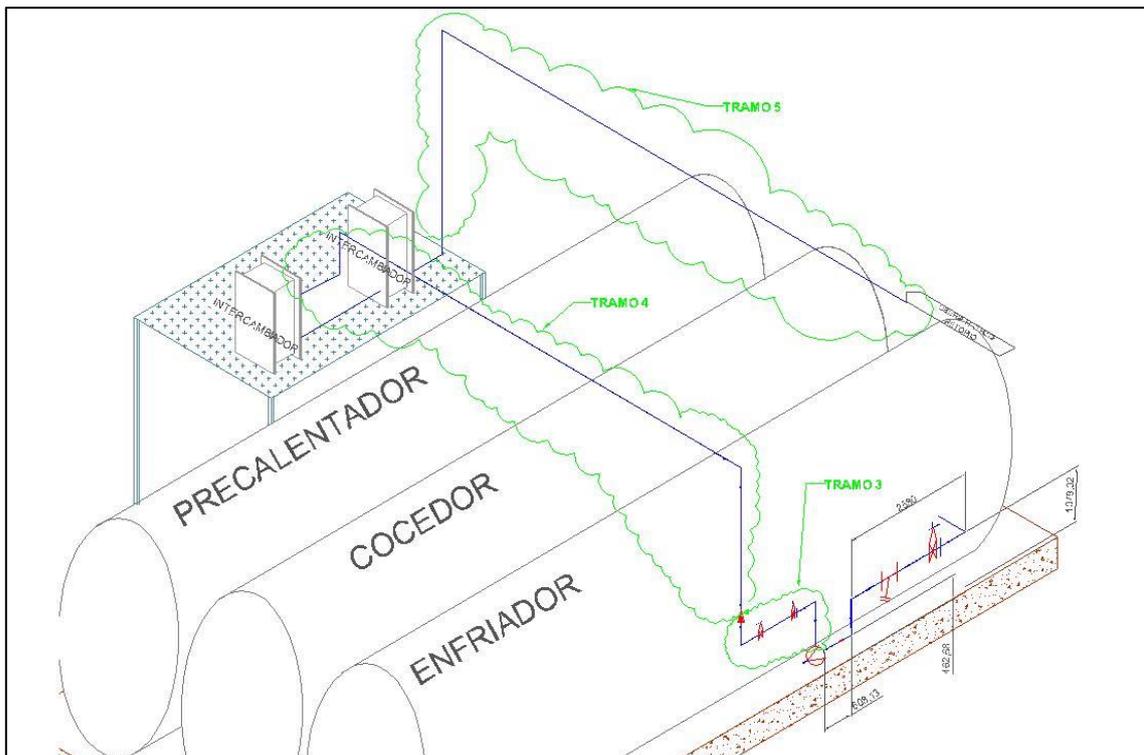
$$\frac{P_a}{\rho g} + \frac{V_a^2}{2g} + Z_a + h_a - h_r - h_L = \frac{P_b}{\rho g} + \frac{V_b^2}{2g} + Z_b$$

$$\frac{225 \cdot 10^3}{971.6 \cdot 9.81} + \frac{0.75^2}{2 \cdot 9.81} + 1.150 - 0.361 = \frac{P_b}{971.6 \cdot 9.81} + \frac{1.65^2}{2 \cdot 9.81} + 0.46$$

$$P_b = 227.1 \text{ KPa}$$

- Determinación de la altura de la bomba y la potencia requerida para la impulsión del agua para la torre de enfriamiento.

FIGURA 4. 14. Tramo de descarga de a la bomba de impulsión del enfriador.



Fuente: Elaboración propia

- Realización del cálculo para determinar la altura de la bomba.

$$\frac{P_b}{\rho g} + \frac{V_b^2}{2g} + Z_b + h_b - h_r - h_L = \frac{P_c}{\rho g} + \frac{V_c^2}{2g} + Z_c$$

Se muestra a continuación una tabla que muestra las características de las tuberías que se adicione (incluyendo sus accesorios como codos y

válvulas) y como esta se anexa a la matriz principal de descarga para la torre de enfriamiento.

TABLA 4. 7. Tuberías y accesorios para la descarga de la bomba

Producto	Agua (T = 40°C)	
	Diámetro nominal	2"
Tramo 3 (Q = 13 $\frac{m^3}{h}$ )	Longitud	$L_1 = 1310 \text{ mm}$
		$L_2 = 1700 \text{ mm}$
	Accesorios	01 válvula de compuerta 01 válvula de verif. 02 codos a 90°
	Diámetro nominal	3"
Tramo 4 (Q = 13 $\frac{m^3}{h}$ )	Longitud	$L_1 = 3425.8 \text{ mm}$
		$L_2 = 3301.6 \text{ mm}$
		$L_3 = 400 \text{ mm}$
		$L_4 = 4055 \text{ mm}$
		$L_5 = 700 \text{ mm}$
Accesorios	07 codos a 90°	
	Diámetro nominal	3"
Tramo 5 (Q = 13 $\frac{m^3}{h}$ )	Longitud	$L_1 = 4311.1 \text{ mm}$
		$L_2 = 10500 \text{ mm}$
		$L_3 = 200 \text{ mm}$
Accesorios	04 codos a 90°	

Fuente: elaboración propia

- Determinación de las pérdidas de la tubería por los accesorios y las tuberías.

$$\circ h_{\text{codo } 90^\circ-2''} = 2 * h_{\text{codo } 90} = 2 * f_{dt} * \frac{L_e}{D} * \frac{V_a^2}{2g} = 2 * 0.019 * 30 * \frac{1.65^2}{2*9.81}$$

$$h_{\text{codo } 90^\circ} = 0.158 \text{ m.}$$

$$\circ h_{\text{codo } 90^\circ-3''} = 9 * h_{\text{codo } 90} = 9 * f_{dt} * \frac{L_e}{D} * \frac{V_a^2}{2g} = 2 * 0.019 * 30 * \frac{1.65^2}{2*9.81}$$

$$h_{codo\ 90^\circ} = 0.712\ m.$$

- $h_{valv.\ globo} = k * \frac{V_a^2}{2g} = 0.019 * 340 * \frac{(1.65)^2}{2*9.81} = 0.895\ m$
- $h_{valv.\ verif.} = k * \frac{V_a^2}{2g} = 0.019 * 150 * \frac{(1.65)^2}{2*9.81} = 0.395\ m$
- $h_{valv.\ expansion} = k * \frac{V_a^2}{2g} = 0.05 * \frac{1.65^2}{2*9.81} = 0.094\ m$

- Determinación de las perdidas generada por la fricción interna de la tubería.

- $\sum h_{tub\ 2''} = \frac{f}{D} * \frac{V^2}{2g} (\sum L_i) = \frac{0.02}{52.5*10^{-3}} * \frac{1.65^2}{2*9.81} * (1.31 + 1.7) = 0.159\ m$

- $\sum h_{tub\ 3''} = \frac{f}{D} * \frac{V^2}{2g} (\sum L_i) = \frac{0.0197}{77.9*10^{-3}} * \frac{0.75^2}{2*9.81} * (3.4258 + 3.301 + 0.4 + 4.55 + 0.7 + 1.11 + 10.5) = 0.197\ m$

- Determinación de las perdidas generada por la matriz principal de retorno del agua. La cual realiza la descarga a la torre de enfriamiento.

- Determinación de la velocidad del agua en la matriz principal.

$$A_b * V_b = A_c * V_c$$

$$(4.768 * 10^{-3}\ m^2) * (0.75\ \frac{m}{s}) = (1.864 * 10^{-2}\ m^2) * V_c$$

$$V_b = 0.2\ \frac{m}{s}$$

- Para tubería de diámetro nominal de 6":

$$Re = \frac{V_c * D_c * \rho_{agua}}{\eta}$$

$$Re = \frac{(0.2\ \frac{m}{s}) * (154.1 * 10^{-3}\ m) * (992.25\ \frac{kg}{m^3})}{(0.000653\ \frac{kg}{m * s})}$$

$$Re = 46831.7$$

Como el  $Re > 2000$ , el flujo tiene comportamiento turbulento.

- Determinación el factor de fricción para la tubería de 3".

Para flujo turbulento se tiene:

$$f = \frac{0.25}{\log\left(\frac{1}{3.7 * \frac{D}{\epsilon}} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)^2}$$

$$f = \frac{0.25}{\log\left(\frac{1}{3.7 * \frac{154.1 * 10^{-3}}{4.6 * 10^{-5}}} + \frac{5.74}{(46831.7)^{0.9}}\right)^2}$$

$$f = 0.022$$

- Determinación de las perdidas generada por la fricción interna de la tubería matriz para descarga en la torre de enfriamiento.

TABLA 4. 8. Características de la matriz principal de agua de retorno

Producto	Agua (T=40°C)	
	Diámetro	6"
		$L_1 = 3 \text{ mts}$
Tramo 4		$L_2 = 1 \text{ mts}$
$(Q = 13 \frac{m^3}{h})$	Longitud	$L_3 = 30 \text{ mts}$
		$L_4 = 0.4 \text{ mts}$
		$L_5 = 4.5 \text{ mts}$
		$L_6 = 12 \text{ mts}$

Fuente: Elaboración propia

$$\sum h_{tub \ 6''} = \frac{f}{D} * \frac{V^2}{2g} (\sum L_i) =$$

$$= \frac{0.022}{152.1 * 10^{-3}} * \frac{0.2^2}{2 * 9.81} * (3 + 1 + 30 + 0.47 + 4.5 + 12)$$

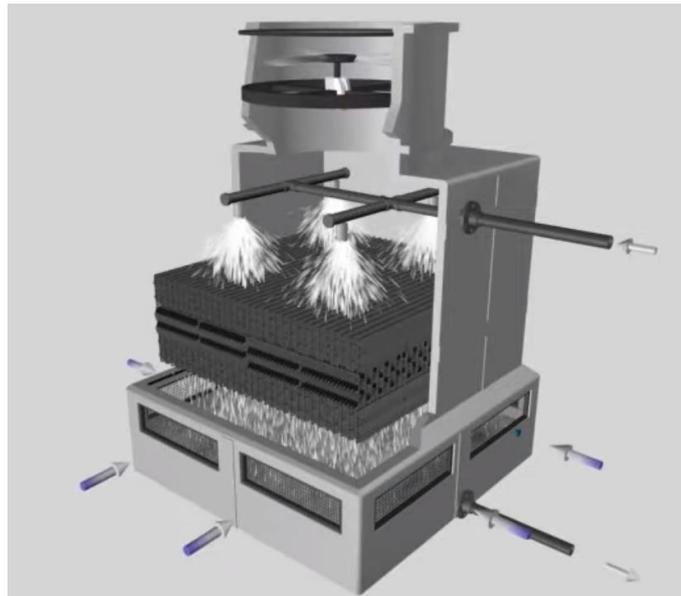
$$\sum h_{tub \ 6''} = 0.159 \text{ m}$$

- Determinando las perdidas secundarias totales que se generan en la tubería de descarga y matriz principal.

$$\sum h_L = 2.605 \text{ m}$$

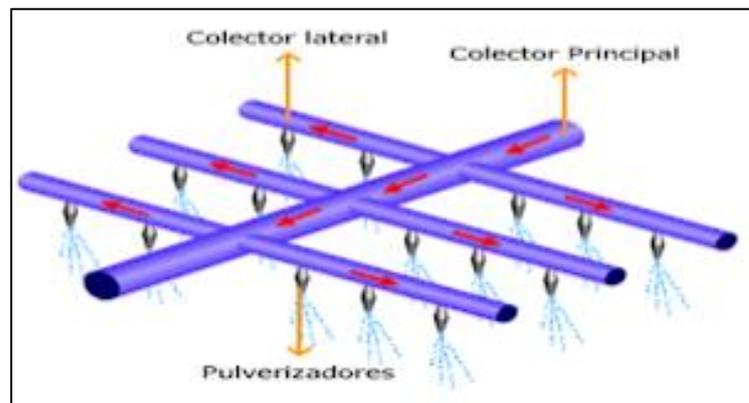
La descarga se da directo en la torre de enfriamiento, la cual pasa por unos pulverizadores que lo ingresa las persianas de la torre para así reducir la temperatura de 40°C a 25°C. tal como se muestra a continuación.

FIGURA 4. 15. Detalle de la torre de enfriamiento.



Fuente: Tomado de (Luis Huerta, 2014)

FIGURA 4. 16. Sistema de pulverización de la torre de enfriamiento.



Fuente: [http://ddplantas.blogspot.com/2012/10/torres-de-enfriamiento\\_5716.html](http://ddplantas.blogspot.com/2012/10/torres-de-enfriamiento_5716.html)

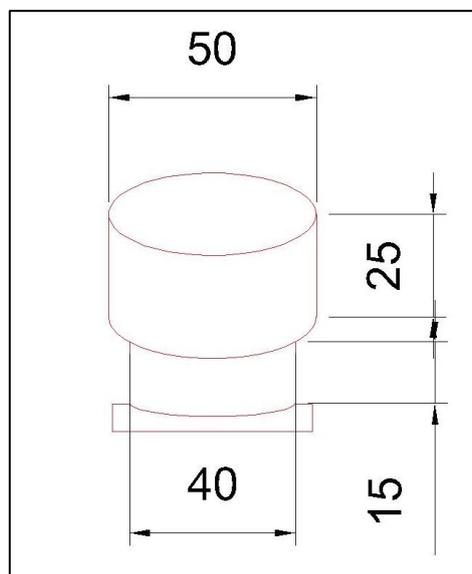
FIGURA 4. 17. BOQUILLA DEL SISTEMA DE PULVERIZACIÓN DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO



Fuente: Toma de Brentwood (Brendwood, 2018)

La cantidad de boquillas es de 15 unidades distribuidas en el sistema de pulverización de la torre de enfriamiento. Se determina la presión generada por una de estas boquillas.

FIGURA 4. 18. GEOMETRÍA DE BOQUILLA



Fuente: Elaboración propia

- Determinación de la presión generada por cada boquilla.

$$P = \frac{F}{A} = \frac{M * a}{A}$$

Cálculo del área interna de la boquilla.

$$A = 2\pi R_1 h + 2\pi R_2 h$$

$$A = 2\pi(12.5)(25) + 2\pi(10)(15)$$

$$A = 2.9059 * 10^{-3} m^2$$

Para la presión:

$$P = \frac{(3.48) * (9.81)}{2.9059 * 10^{-3}}$$

$$P = 11.7478 Kpa$$

- Determinación de la presión total:

$$P_{total} = N^{\circ}boquillas * p$$

$$P_{total} = 15 * 11.7478 Kpa$$

$$P_{total} = 176.2 Kpa$$

- Reemplazando lo obtenido en la fórmula general de la energía.

$$\frac{P_b}{\rho g} + \frac{V_b^2}{2g} + Z_b + h_b - h_r - h_L = \frac{P_c}{\rho g} + \frac{V_c^2}{2g} + Z_c$$

$$\frac{227.1 * 10^3}{971.6 * 9.81} + \frac{1.65^2}{2 * 9.81} + 0.46 + h_A - 2.605 = \frac{176.2 * 10^3}{971.6 * 9.81} + \frac{0.2^2}{2 * 9.81} + 15.6$$

$$h_A = 12.26 mts$$

- Determinación de la potencia de la bomba.

$$Pot = \rho * g * Q * h_A$$

$$Pot = (992.25) * (9.81) * (3.61 * 10^{-3}) * (12.26)$$

$$Pot = 431.1 W = 0.57 HP \approx 1HP$$

- Selección de bomba del enfriador.

Para la selección de la bomba de impulsión del agua del enfriador, se escogerá al proveedor de hidrostal, cual con el cálculo de la potencia hallada se selecciona la bomba adecuada.



Fuente: Hidrostral

FIGURA 4. 21. BOMBA CENTRIFUGA DEL ENFRIADOR.

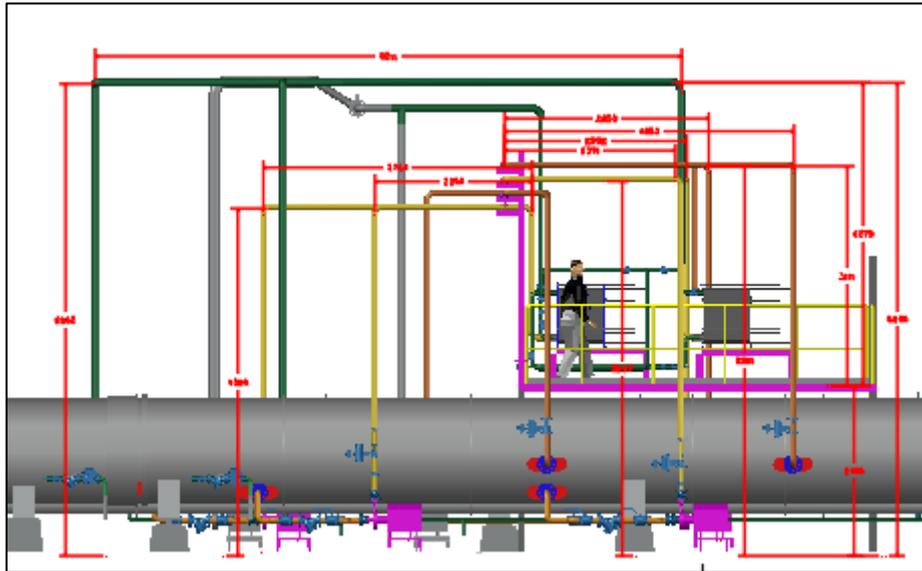


Fuente: Fotografía propia.

- Dimensionamiento de la bomba del precalentador.
  - Cálculo de la bomba de la zona 1 a 2 del precalentador.  
Se tiene el flujo másico del precalentador determinado anteriormente.

$$m_{prec.1 a 2} = 14.9 \frac{m^3}{hr}$$

FIGURA 4. 22. Detalle de las dimensiones de las tuberías del precalentador.



Fuente: Elaboración propia con el software AutoCAD 2020.

Se observa que las diferencias de niveles para el ingreso del flujo de agua al intercambiador es el siguiente:

$$\Delta Z = 4.9 \text{ mts}$$

Para el cálculo de la altura de la bomba se procederá a calculo mediante la ecuación general de la energía.

$$\frac{P_a}{\rho g} + \frac{V_a^2}{2g} + Z_a + h_a - h_r - h_L = \frac{P_b}{\rho g} + \frac{V_b^2}{2g} + Z_b$$

Como la tubería de salida de la bomba tiene las mismas dimensiones del enfriador, esta presenta la misma velocidad tanto el punto de salida como en la llegada del intercambiador de calor.

Se deduce:

- $P_a = 0 \text{ kPa}$
- $V_a = 0 \text{ m/s}$

La ecuación queda de esta manera:

$$Z_a + h_a - h_r = Z_b$$

$$h_a = Z_b - Z_a + h_r$$

$$h_a = 4.9 \text{ mts} + h_r$$

Se describe los componentes que posee el tramo de la tubería que recorre el flujo por la tubería de la zona 1 a la zona 2.

TABLA 4. 9. Características de la tubería de la zona 1 a 2.

Producto	Agua (T = 40°C)	
	Diámetro nominal	3"
		$L_1 = 0.6 \text{ mts}$
Tramo 1	Longitud	$L_2 = 4.9 \text{ mts}$
( $Q = 14.9 \frac{m^3}{h}$ )		$L_3 = 6.65 \text{ mts}$
		$L_4 = 2.5 \text{ mts}$
		Accesorios
	Diámetro nominal	3"
		$L_1 = 2.5 \text{ mts}$
Tramo 2	Longitud	$L_2 = 6.65 \text{ mts}$
( $Q = 14.9 \frac{m^3}{h}$ )		$L_3 = 4.2 \text{ mts}$
		Accesorios

Fuente: Elaboración propia.

- En la tubería de 3", por el cual se tiene un flujo de agua a una temperatura de 40°C. Las características son las siguientes:
  - Densidad ( $\rho$ ) =  $992.25 \frac{Kg}{m^3}$
  - Viscosidad dinámica ( $\eta$ ) =  $0.000653 \frac{Kg}{m*s}$
  - Diámetro interno:  $77.9 \times 10^{-3}m$ .
  - $\epsilon = 4.6 \times 10^{-5}$  (para tuberías de acero A53)
- Numero de Reynold:
  - Para tubería de diámetro nominal de 3":

$$Re = \frac{V_a * D_a * \rho_{agua}}{\eta}$$

$$Re = \frac{(0.75 \frac{m}{s}) * (77.9 * 10^{-3} m) * (992.25 \frac{kg}{m^3})}{(0.000653 \frac{kg}{m * s})}$$

$$Re = 88778.26$$

Como el  $Re > 2000$ , el flujo tiene comportamiento turbulento.

- Determinación el factor de fricción para la tubería de 3".

Para flujo turbulento se tiene:

$$f = \frac{0.25}{\log\left(\frac{1}{3.7 * \frac{D}{\epsilon}} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)^2}$$

$$f = \frac{0.25}{\log\left(\frac{1}{3.7 * \frac{77.9 * 10^{-3}}{4.6 * 10^{-5}}} + \frac{5.74}{(88778.26)^{0.9}}\right)^2}$$

$$f = 0.021$$

- Determinación de las pérdidas de la tubería por los accesorios y las tuberías.

$$h_{codo\ 90^\circ-3''} = 6 * h_{codo\ 90} = 6 * f_{dt} * \frac{L_e}{D} * \frac{V_a^2}{2g} = 6 * 0.019 * 30 * \frac{1.65^2}{2 * 9.81}$$

$$h_{codo\ 90^\circ-3''} = 0.47\ mts$$

- Determinación de las perdidas generada por la fricción interna de la tubería.

$$\sum h_{tub\ 3''} = \frac{f}{D} * \frac{V^2}{2g} (\sum L_i) = \frac{0.021}{52.5 * 10^{-3}} * \frac{1.65^2}{2 * 9.81} * (0.6 + 4.9 + 6.65 + 2.5 + 2.5 + 6.65 + 4.2)$$

$$\sum h_{tub\ 3''} = 1.55\ mts$$

Determinando los la altura por las pérdidas de las tuberías y accesorios:

$$h_r = 1.55 + 0.47\ mts$$

$$h_r = 2.02\ mts$$

La altura de bombeo será:

$$h_a = 4.9\ mts + h_r$$

$$h_a = 4.9\ mts + 2.02\ mts$$

$$h_a = 6.92\ mts$$

- Determinación de la potencia de la bomba.

$$Pot = \rho * g * Q * h_A$$

$$Pot = (992.25) * (9.81) * (3.96 * 10^{-3}) * (6.92)$$

$$Pot = 266.8 \text{ W} \approx 0.3 \text{ Kw}$$

La elección de la bomba será la brindada por la empresa Alfa Laval. Las cuales brindan un catálogo cuya mínima potencia requerida será la de 0.7 Kw.

FIGURA 4. 23. Bomba Alfa Laval modelo LKH.



Fuente: Tomado del catálogo de Alfa Laval.

Estos modelos que se brindan son de acero inoxidable, escogida debido a las condiciones a la que estará expuesta la bomba. Cuya zona esta sometida a una temperatura de 40°C aproximadamente. Así mismo la zona tiene un alto de vapor de agua por el purgado de vapor.

Los cálculos para la bomba de la zona 3 a 4 del precalentador será similar a la realizada para la bomba de la zona 1 a 2, es por ello que se usara una de las mismas características a la seleccionada anteriormente.

- Dimensionamiento y selección de intercambiadores.

Para la realización del dimensionamiento de los intercambiadores de calor, se usará el software CAS 200 proporcionado por la empresa mundial Alfa Laval. El software es desarrollado por la empresa Alfa Laval AB, la versión más reciente del producto es la 4.5 la cual será usada para el cálculo del intercambiador de placas.

El software CAS 200 es un programa mundialmente usado para el cálculo de intercambiadores de placas en las plantas industriales que procesan alimentos, para la reducción de la temperatura del fluido en un proceso.

FIGURA 4. 24. INTERFAZ DEL SOFTWARE CAS 200



Fuente: software suministrado por Alfa Laval.

La elección de un intercambiador de calor de placas para el uso del siguiente sistema se debe a que es un dispositivo de muy fácil mantenimiento que uno de tubos y carcasa.

Se realizará el cálculo para dos intercambiadores; el intercambiador de la etapa 1 a 2 (intercambiador de alta temperatura) será para el aumento de la temperatura del agua del precalentador de la zona 1 (40°C) para que ingrese a la misma temperatura de la zona 2 (60°C).

Así mismo para el cálculo del intercambiador de la etapa 3 a 4 (intercambiador de baja temperatura) requerido para el aumento de la temperatura de la zona 2 (60°C) para que ingrese a la misma temperatura de la zona 3 (80°C).

Para comenzar a realizar los cálculos del tipo y modelo del intercambiador que se va a elegir, se iniciaran calculando el flujo masico correspondiente a las bombas que impulsaran el fluido a los intercambiadores. Se usará la ecuación de equilibrio térmico para su cálculo.

- Flujo masico para el intercambiador de alta temperatura

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

Equilibrio térmico en para el agua proveniente del enfriador y el agua que viene de la zona 3 y 4 del precalentador. Y teniendo en consideración una temperatura de salida para el agua del enfriador no menor 60°C; se tomará el valor 68°C como la temperatura del agua a la salida del enfriador.

$$Q_{enfriador} = Q_{precalentador\ 60-80\ ^\circ C}$$

$$m_{enfriador} * C_p (80^\circ C) * \Delta T = m_{precalentador} * C_p (60^\circ C) * \Delta T$$

$$\left(13 \frac{m^3}{hr}\right) * \left(4.196 \frac{kJ}{k * kg}\right) * (80 - 68) = m_{precal.} * \left(4.185 \frac{kJ}{k * kg}\right) * (80 - 60)$$

$$m_{precal.3-4} = 14.26 \frac{m^3}{hr}$$

- Flujo masico para el intercambiador de baja temperatura.

Para el intercambiador de calor de baja temperatura; para el flujo de agua del enfriador que sale del primer intercambiador se tiene en consideración una temperatura de ingreso de 68°C y una temperatura de salida de 45°C.

$$Q_{enfriador} = Q_{precalentador\ 40-60\ ^\circ C}$$

$$m_{enfriador} * C_p (45^\circ C) * \Delta T = m_{precalentador} * C_p (60^\circ C) * \Delta T$$

$$\left(13 \frac{m^3}{hr}\right) * \left(4.180 \frac{kJ}{k * kg}\right) * (68 - 45) = m_{precal.} * \left(4.185 \frac{kJ}{k * kg}\right) * (60 - 40)$$

$$m_{precal.1-2} = 14.9 \frac{m^3}{hr}$$

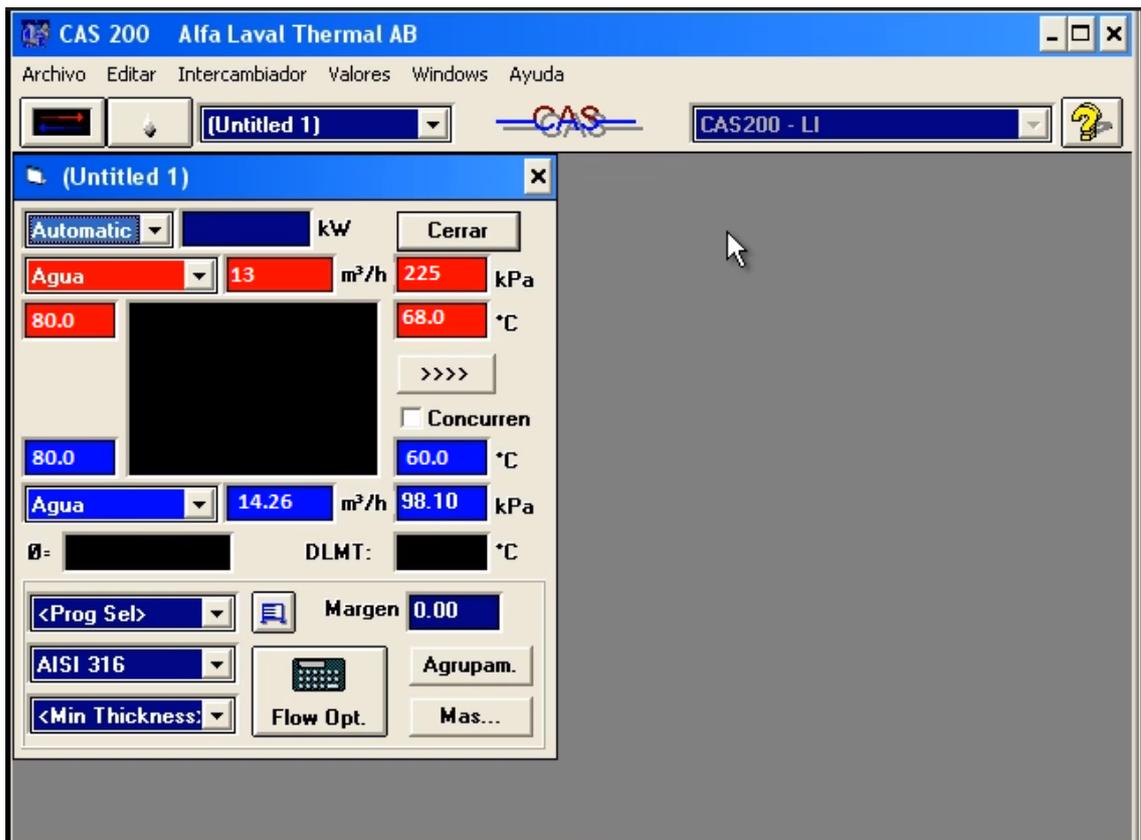
Los datos obtenidos (tales como temperatura de ingreso, salida, flujo masico) son ingresados al software para el dimensionamiento de intercambiadores de calor teniendo en cuenta el orden de ingreso de las

temperaturas y el flujo masico respectivo. Colocamos los valores en la pantalla de cálculo del software y se obtienen los siguientes resultados:

- Datos del intercambiador de alta temperatura:

Se procede con la colocación de los cálculos en la primera ventana del software de la siguiente manera:

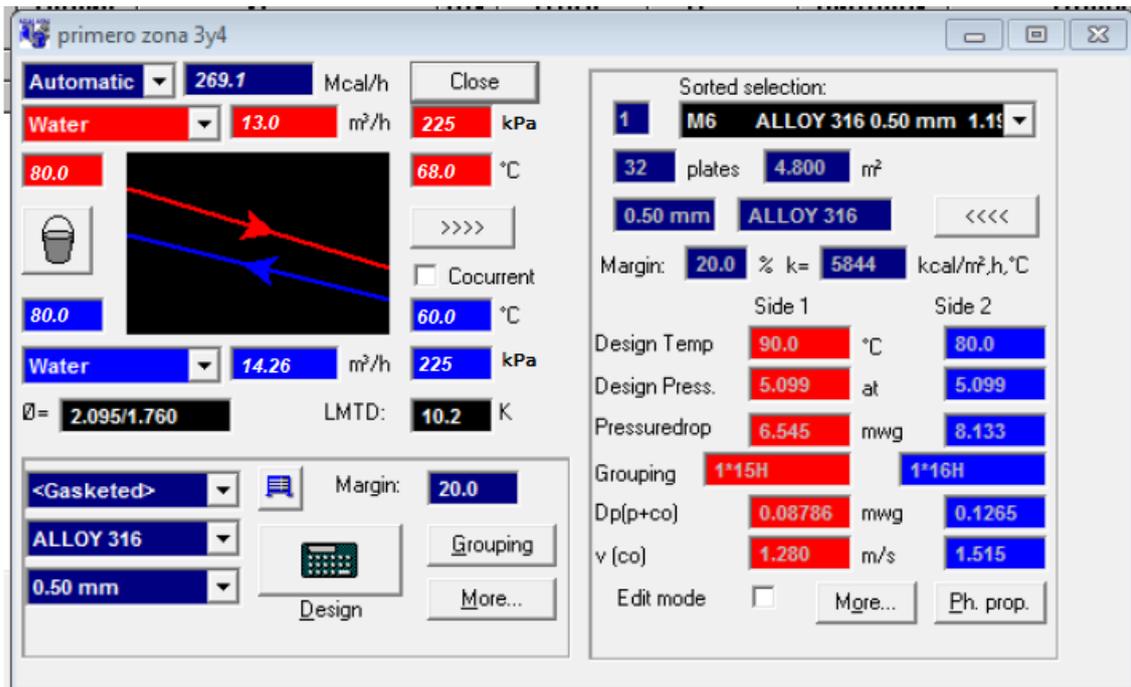
FIGURA 4. 25. INGRESO DE DATA SOFTWARE CAS 200- ZONA ALTA TEMPERATURA



Fuente: software alfa lava.

Apretando el botón "Flow opt." se obtiene los siguientes parámetros, modelo y cantidad de placas del intercambiador de que se propone:

FIGURA 4. 26. Cálculo del intercambiador de alta temperatura



Fuente: software alfa lava.

Para los parámetros ingresados se obtuvo lo siguiente:

Agua de enfriamiento (proveniente del enfriador):

$T_i = 80 \text{ }^\circ\text{C}$  (temperatura de ingreso al intercambiador)

$T_f = 68.9 \text{ }^\circ\text{C}$  (temperatura de salida del intercambiador)

Agua del precalentador zona 3 a 4:

$T_i = 60 \text{ }^\circ\text{C}$  (temperatura de ingreso al intercambiador)

$T_f = 80 \text{ }^\circ\text{C}$  (temperatura de salida del intercambiador)

Características del intercambiador:

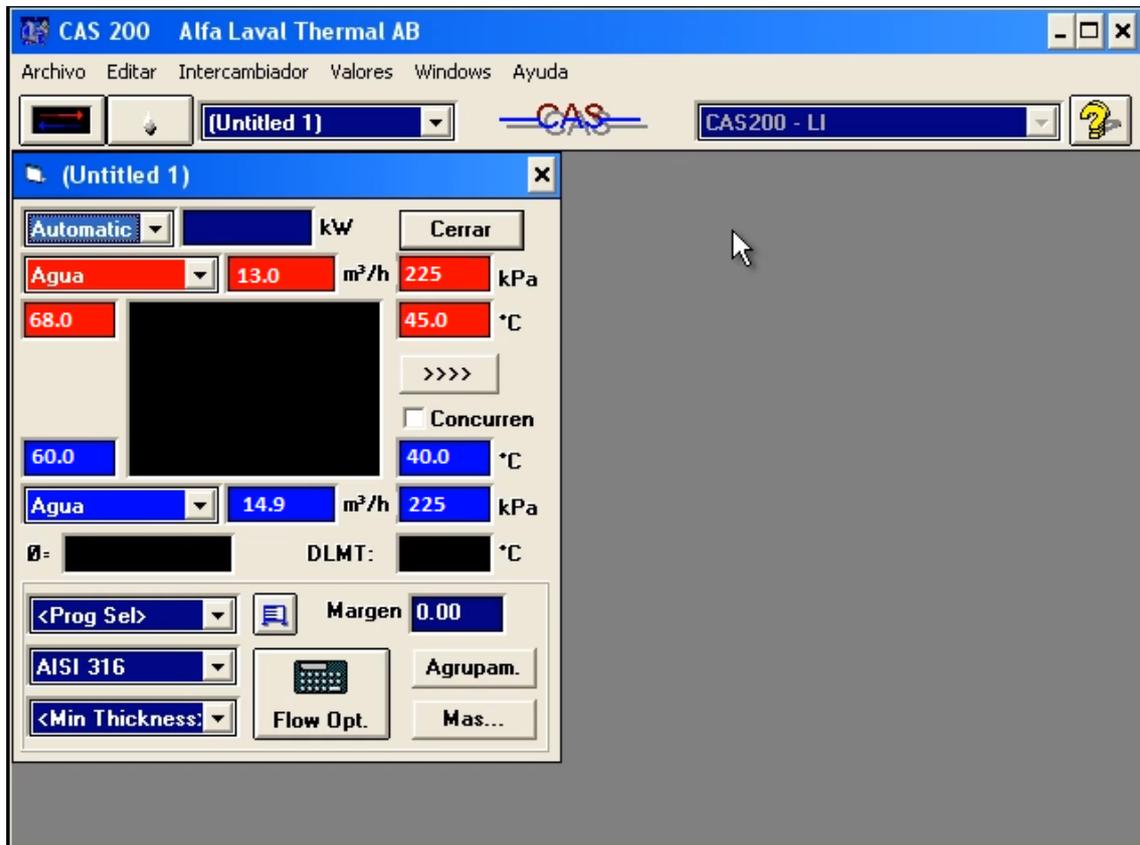
Modelo: ALLOY 316 (0.5MM) 1.19

Cantidad de placas: 32

Área de placas:  $4800 \text{ m}^2$

- Datos del intercambiador de baja temperatura:

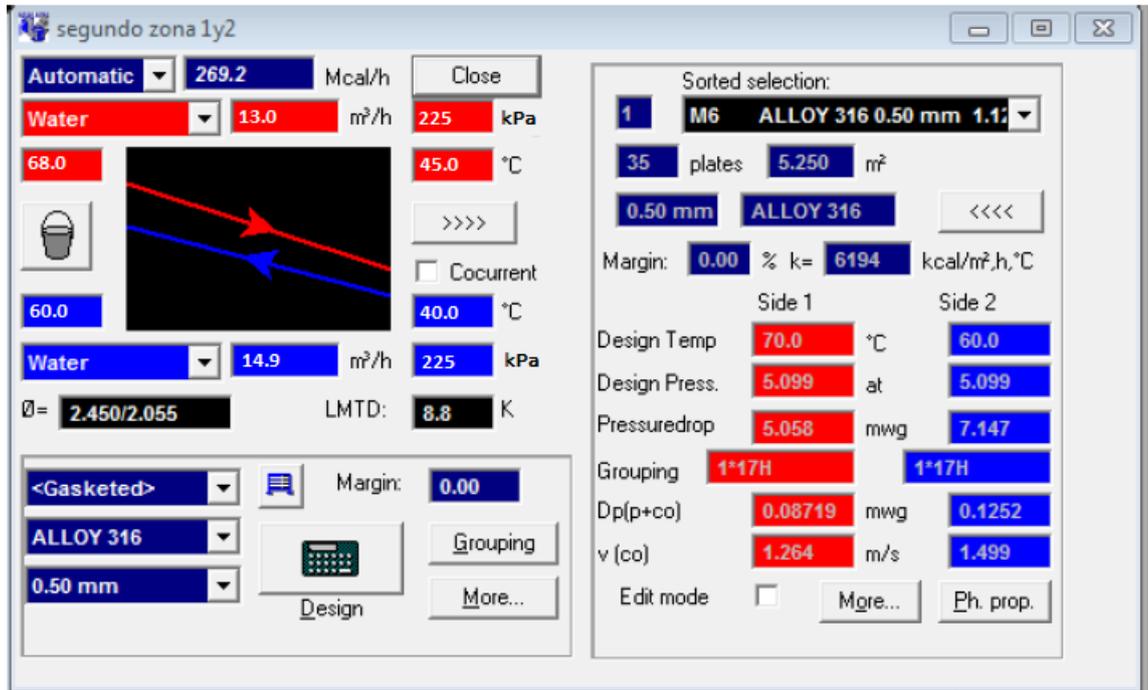
FIGURA 4. 27. Ingreso de data software cas 200- zona baja temperatura



Fuente: software alfa lava.

Apretando el botón “Flow opt.” se obtiene los siguientes parámetros, modelo y cantidad de placas del intercambiador de que se propone:

FIGURA 4. 28. Cálculo del intercambiador de baja temperatura



Fuente: Software Alfa Laval

Agua de enfriamiento (proveniente del intercambiador de alta temperatura):

$T_i = 68 \text{ }^\circ\text{C}$  (temperatura de ingreso al intercambiador)

$T_f = 45 \text{ }^\circ\text{C}$  (temperatura de salida del intercambiador)

Agua del precalentador:

$T_i = 40 \text{ }^\circ\text{C}$  (temperatura de ingreso al intercambiador)

$T_f = 60 \text{ }^\circ\text{C}$  (temperatura de salida del intercambiador)

Características del intercambiador:

Modelo: ALLOY 316 (0.5MM) 1.12

Cantidad de placas: 35

Área de placas:  $5250 \text{ m}^2$

FIGURA 4. 29. Modelo de intercambiador de calor alfa laval



Fuente: Alfa laval

- Características de los intercambiadores alfa laval seleccionados:

A continuación, se mostrarán los intercambiadores seleccionados, la selección del equipo se dio mediante el cruce de información obtenidos en el software con los manuales técnicos y catálogos brindados por parte de la empresa Alfa Laval.

FIGURA 4. 30. Características técnicas del intercambiador de placas zona 1 y 2 del precalentador



## Plate Heat Exchanger

**Technical specification**

**Cliente** :  
**Modelo** : M6-FM  
**Project:** : RECUPERACION DE ENERGIA JBT Y FMC  
**Item** : ZONA 1 Y 2

		Lado Caliente	Lado Frio
<b>Fluido</b>		Agua	Agua
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	983.6	987.5
Calor específico	kcal/kg, °C	1.00	1.00
Conductividad térmica	kcal/m, h, °C	0.558	0.550
Viscosidad entrada	cP	0.411	0.654
Viscosidad salida	cP	0.573	0.480
Volume flow rate	m <sup>3</sup> /h	12.9	15.1
Temperatura entrada	°C	68.6	40.0
Temperatura salida	°C	47.3	58.0
Pérdida de carga	mwg	5.08	7.11
Calor Intercambiado	Mcal/h	268.5	
L.M.T.D.	K	8.8	
C.G.T.C. Limpio	kcal/m <sup>2</sup> , h, °C	6195	
C.G.T.C. Servicio	kcal/m <sup>2</sup> , h, °C	6134	
Area Transferencia Calor	m <sup>2</sup>	5.0	
Fouling resistance * 10000	m <sup>2</sup> , h, C/kcal	0.016	
Margen servicio	%	1.0	
Direcciones rel. de los fluidos		Contracorriente	
Número de placas		35	
placas efectivas		33	
Número de pasos		1	1
Capacidad ampliación			4
Material/espesor de placa		ALLOY 316 / 0.50 mm	
Material de cierre		NBRB CLIP-ON	NBRB CLIP-ON
Material conexión		Stainless steel	Stainless steel
Diámetro conexión		See drawing	See drawing
Orientación conexiones		S1 -> S2	S4 <- S3
Código de recipientes a presión		PED	
Rating brida		DIN	
Presión diseño	at	5.1	5.1
Presión de prueba	at	6.6	6.6
Temperatura diseño	°C	70.0	60.0
Largo x ancho x alto exterior	mm	550 x 320 x 920	
Volumen líquido	dm <sup>3</sup>	5.48	5.48
Peso neto, vacío/operación	kg	112 / 122	
Packed weight ( BOX(OCEAN) )	kg	132	
Volumen interno	dm <sup>3</sup>	274.2	
largo x ancho x alto	mm	960 x 420 x 680	

Fundamentación condicionado a la exactitud de los datos del cliente y su capacidad para suministrar equipo

Data, specifications, and other kind of information of technological nature set out in this document and submitted by Alfa Laval to you (Proprietary Information) are intellectual proprietary rights of Alfa Laval. The Proprietary Information shall remain the exclusive property of Alfa Laval and shall only be used for the purpose of evaluating

Fuente: Alfa laval

FIGURA 4. 31. Características técnicas del intercambiador de placas zona 3 y 4 del precalentador



## Plate Heat Exchanger

**Technical specification**

**Cliente** :  
**Modelo** : M6-FM  
**Project:** : RECUPERACION DE ENERGIA JBT Y FMC  
**Item** : ZONA 3 Y 4

---

		Lado Caliente	Lado Frio
Fluido		Agua	Agua
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	972.4	978.1
Calor específico	kcal/kg,°C	1.00	1.00
Conductividad térmica	kcal/m,h,°C	0.575	0.568
Viscosidad entrada	cP	0.314	0.465
Viscosidad salida	cP	0.411	0.363
Volume flow rate	m <sup>3</sup> /h	13.0	15.3
Temperatura entrada	°C	90.0	60.0
Temperatura salida	°C	68.6	77.9
Pérdida de carga	mwg	6.51	8.16
Calor Intercambiado	Mcal/h	268.4	
L.M.T.D.	K	10.2	
C.G.T.C. Limpio	kcal/m <sup>2</sup> ,h,°C	7006	
C.G.T.C. Servicio	kcal/m <sup>2</sup> ,h,°C	5842	
Area Transferencia Calor	m <sup>2</sup>	4.5	
Fouling resistance * 10000	m <sup>2</sup> ,h,C/kcal	0.28	
Margen servicio	%	19.9	
Direcciones rel. de los fluidos		Contracorriente	
Número de placas		32	
placas efectivas		30	
Número de pasos		1	1
Capacidad ampliación			7
Material/espesor de placa		ALLOY 316 / 0.50 mm	
Material de cierre		NBRB CLIP-ON	NBRB CLIP-ON
Material conexión		Unlined	Unlined
Diámetro conexión		See drawing	See drawing
Orientación conexiones		S1 -> S2	S4 <- S3
Código de recipientes a presión		PED	
Rating brida		DIN PN10	
Presión diseño	at	5.1	5.1
Presión de prueba	at	6.6	6.6
Temperatura diseño	°C	90.0	80.0
Largo x ancho x alto exterior	mm	550 x 320 x 920	
Volumen líquido	dm <sup>3</sup>	4.62	4.92
Peso neto, vacío/operación	kg	110 / 119	
Packed weight ( BOX(OCEAN) )	kg	130	
Volumen interno	dm <sup>3</sup>	274.2	
largo x ancho x alto	mm	960 x 420 x 680	

---

Fundacionamiento condicionado a la exactitud de los datos del cliente y su capacidad para suministrar equipo

Data, specifications, and other kind of information of technological nature set out in this document and submitted by Alfa Laval to you (Proprietary Information) are intellectual proprietary rights of Alfa Laval. The Proprietary Information shall remain the exclusive property of Alfa Laval and shall only be used for the purpose of evaluating

Fuente: Alfa laval

#### 4.6.4. Implementación del sistema de retroalimentación.

Instalación de equipos y accesorios.

Los equipos y accesorios serán los siguientes:

- Agua del enfriador:

Para la impulsión del agua del enfriador se usará la bomba centrífuga de impulsión seleccionada. Para su instalación se debe tener en cuenta una serie de pasos y su planificación para su instalación.

Antes de la instalación de la bomba se debe realizar una cimentación sólida (robusta y plana) para la base de la bomba, que garantice un funcionamiento del conjunto motor – bomba libre de vibraciones.

Se debe tener en consideración un espacio adecuado para evitar calentamiento en motor (es decir que posea una adecuada ventilación), así mismo el adecuado espacio al momento de instalación le brindara al técnico la comodidad de la inspección y del mantenimiento. Se sugiere un margen de disponibilidad de 70 cm por cada lado de la fundación.

Así mismo se deberá tener previsto una estructura adecuada para la sujeción de las tuberías de succión y descarga, ya que estas no se deben soportar en las bordas de la bomba con el fin de evitar desalineamiento, fracturas del conjunto motor – bomba.

Para nuestro diseño el sistema tubería de succión con bomba en carga, es decir cuando el depósito del cual se toma el líquido sobre el nivel de la bomba, la tubería debe instalarse manteniendo una liberación inclinación para evitar la formación de paquetes de aire.

Para el arreglo que se está proponiendo los accesorios que se deben instalar, para el tramo de succión, son los siguientes:

- Válvula de cierre: cuando la bomba este en operación esta válvula está abierta por completo, la válvula solo se cerrará para realizar los trabajos de mantenimiento preventivo.
- Filtro en Y: cuando se tenga seguridad que el líquido a bombear tendrá solidos en suspensión, se deberá instalar un filtro en Y. Su

superficie de filtrado debe tener a menos 3 veces el tamaño del diámetro de la tubería nominal.

- Tramo estabilizador: esta tubería debe tener al menos 10 veces el tamaño del diámetro nominal de la tubería.
- Reducción: se instalará una reducción, ya que el diámetro de succión de la bomba es de 2" y la de la tubería de succión es de 3". La instalación de la reducción busca reducir la formación de bolsas de aire.

Para la tubería de impulsión de debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se debe colocar de manera vertical, manteniendo la sección continua.
- Ampliación concéntrica: para asegurar que las pérdidas de fricción en la descarga sean mínimas, recomendable que el diámetro de la tubería sea mayor al diámetro de la brida de la bomba.
- Válvula check o de retención: se instalará para evitar los llamados "golpes de ariete".
- Válvula de regulación y cierre: se instalará con el fin de permitir el ajuste de la bomba al punto de operación adecuado, de igual forma al inicio del bombeo se abrirá de forma gradual.

Para el montaje del conjunto motor – bomba se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Antes del inicio del montaje se verificará la limpieza de las tuberías, para evitar así la aparición de los cuerpos extraños durante la operación de la bomba.
- Realizar el montaje del conjunto motor – bomba, se verificará el anclaje del motor. Respetando la medida del torque dado por el fabricante de la bomba.
- Verificar, girando el acople, que el eje pueda girar libremente.
- Las tapas de protección de las bocas de succión y descarga, deben ser removidas solamente cuando la bomba esta lista para ser conectadas a las tuberías para evitar el ingreso de cuerpos extraños.

- Una vez asegurada el conjunto a la fundación y sus tuberías a las bridas, se debe realinear el conjunto motor – bomba para realinear en un posible caso desalineamiento durante la instalación.
- Comprobar el sentido de giro adecuado de la bomba, realizando el giro de la bomba lleno de líquido.

Siguiendo estos pasos se garantiza un adecuado montaje, operación y confiabilidad del proceso.

Se utilizarán las bombas de los equipos enfriadores existentes (JBT y FMC), enviando agua a un flujo de 13m<sup>3</sup>/h (según memoria de cálculo), dicho caudal será controlado por 01 válvula modulante para cada bomba enlazada al medidor de flujo que será instalado en la salida del intercambiador de baja temperatura, en dirección a la torre de enfriamiento.

La válvula de control modulante controlará tanto el caudal de agua, como el nivel de agua en el equipo enfriador, cambiando el tipo de control de nivel ON–OFF existente por un control modulante.

La instalación de la bomba se realizará respetando la normativa ASME. La puesta de equipos debe ser realizada por una empresa con experiencia en el rubro de instalaciones de equipos de estas características.

- Preparación del precalentador:

Está planteado realizar 04 perforaciones al equipo pre calentador, las cuales serán definidas bajo criterios mecánicos y térmicos. Las perforaciones serán conectadas al ingreso y salida de los intercambiadores de alta temperatura y baja temperatura.

Para la realización de los agujeros en (para la salida e ingreso de agua al equipo) se ubicarán los puntos de calor en la parte inferior del precalentador, por medio de una cámara termográfica. La cual ubico los puntos en la cual el fluido tiene la temperatura ligeramente menor a 40°C, 60°C, 80°C y 98°C.

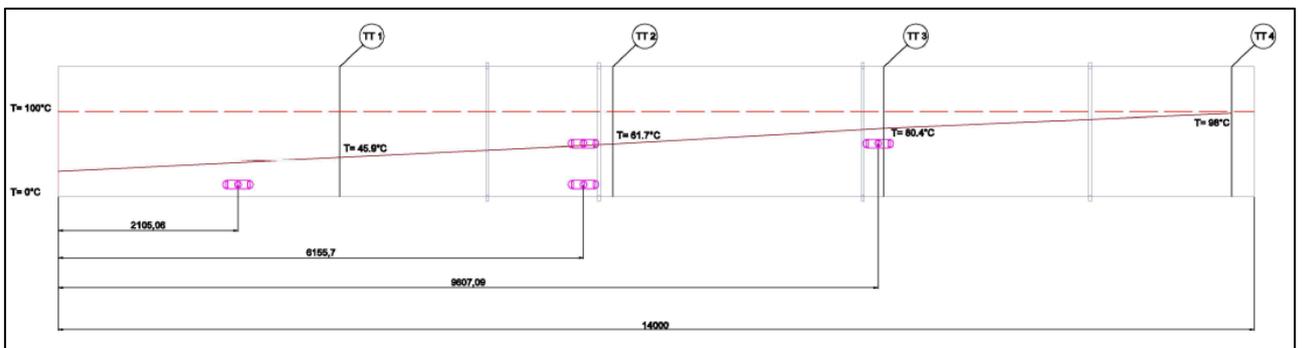
FIGURA 4. 32. Cámara termográfica serie E50.



Fuente: Tomado de Arquitectsolar (Arquitectsolar, 2014)

Ubicados los puntos de calor, se procederá a realizar el plano respectivo dando las ubicaciones de los agujeros en la parte inferior del cuerpo del precalentador. La realización de estos agujeros se realizará con un taladro adecuado para la tarea, las perforaciones se realizarán con una broca de menos a mayor.

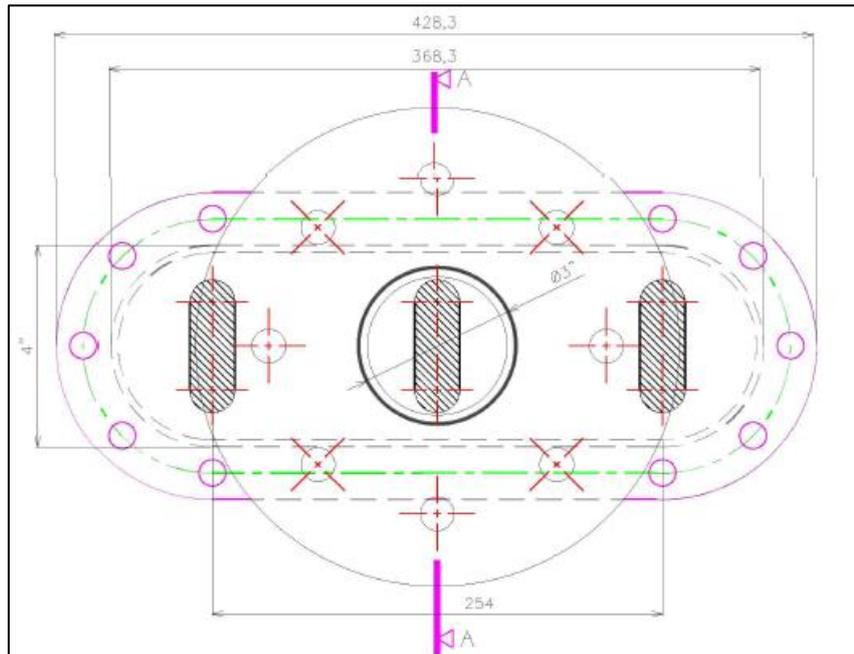
FIGURA 4. 33. Distanciamiento de los agujeros en el precalentador.



Fuente: elaboración propia con el software Autocad

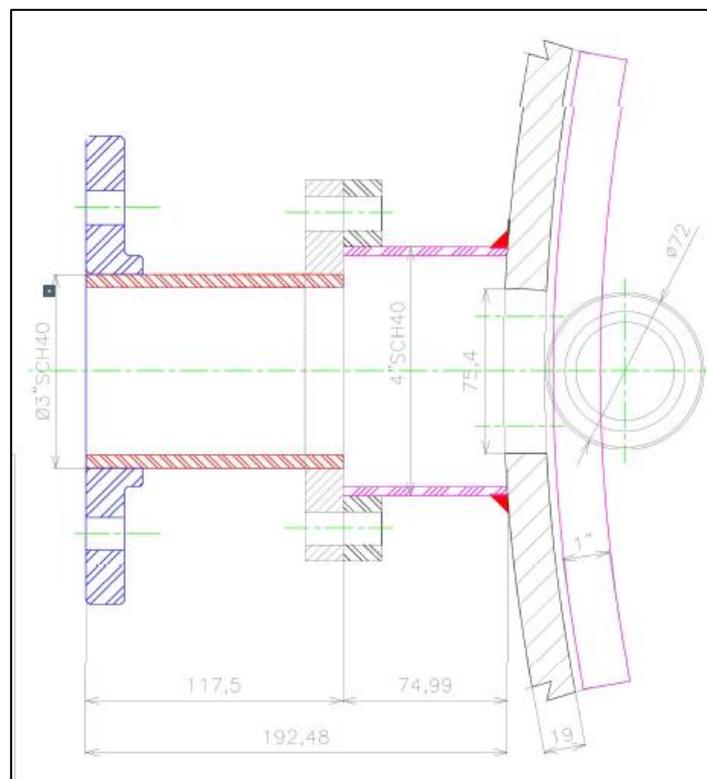
Se realizará la soldadura de las bridas a los agujeros de acuerdo a la norma API 1104, la realización de tal tarea la debe realizar un soldador calificado, los requerimientos para el soldador estarán especificados en la norma ASME SEC IX parte QW.

FIGURA 4. 34. Detalle de las perforaciones al precalentador.



Fuente: elaboración propia con el software Autocad

FIGURA 4. 35. Detalle del empalme y de la unión soldada al precalentador.



Fuente: elaboración propia con el software AutoCAD

Se realizarán el mismo procedimiento para la realización de los demás agujeros especificado en los planos.

Previo al montaje de la tubería, se propone un arreglo de salida de agua en paralelo. Por motivos de que el agua al calentarse forma partículas de sarro en el agua a cierta temperatura; es por ello que, si una de las tuberías tiene un posible atasco durante la producción, se pueda usar la tubería paralela a esta. El arreglo se muestra en la figura.

FIGURA 4. 36. Arreglo en paralelo de tuberías en el precalentador.



Fuente: Fotografía propia.

FIGURA 4. 37. Arreglo de tubería en paralelo - bomba



Fuente: Fotografía propia.

- Instalación del Intercambiador de alta temperatura y baja temperatura:

Para la instalación de los intercambiadores en la zona propuesta para el proyecto será necesario el diseño, fabricación e implementación de una plataforma estriada con barandas (todo según la norma nacional de edificaciones) para instalar sobre ella los intercambiadores de calor.

Se procederá con la verificación del buen estado de las piezas, se verificará que las conexiones hidráulicas estén en buen estado se montaran sobre el bastidor.

Se colocarán los ejes sobre las que irán las placas, se colocaran las placas (las cuales ya fueron calculadas con el programa CAS 200), hay que tener en consideración que el montaje de las placas debe realizarse de tal manera que permita el paso del fluido, es decir debe guarda un orden la unión de una placa con la otra; se debe colocar la cara "A" de una placa pegada con la cara "B" de la otra placa, así sucesivamente. Se deberá verificar el estado de los sellos de las placas para evitar alguna fuga en el intercambiador.

Fijamos el segundo bastidor con una serie de ejes que se colocan en la periferia del bastidor. Se realiza el ajuste de los pernos con la llave indicada, cabe mencionar que el ajuste se realizara en cruz; es decir se irán ajustando pernos opuestos unos al otro. Con el fin de garantizar una correcta presión uniforme entre todas las placas.

Se instalará 01 transmisor de temperatura, el cual al detectar una temperatura menor al del agua de pre calentamiento detendrá la bomba de recirculación, con el fin de evitar la disminución de temperatura del agua de pre calentamiento.

FIGURA 4. 38. Propuesta de plataforma normada para instalación de intercambiadores.



Fuente: elaboración propia

FIGURA 4. 39. Intercambiadores de calor instalados en la plataforma.



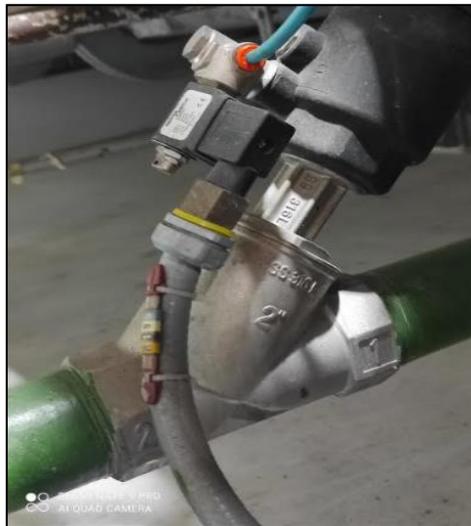
Fuente: Fotografía propia

- Instalación de filtros en Y:

Para la instalación de los filtros en Y se conectaran a la salida de la purga de vapor del cocedor. Posteriormente se realizará el recorrido hasta el ingreso del precalentador.

La conexión neumática se realizará con el equipo de instrumentación de la planta procesadora de leche.

FIGURA 4. 40. Filtro en Y.



Fuente: Fotografía propia

#### 4.6.5. Análisis de costo en gastos de agua y vapor.

El consumo de agua de y vapor mensual de la planta se vera dato por la siguiente tabla. Los datos representados fueron brindados por la oficina de servicios industriales de la empresa.

TABLA 4. 10. Gastos del consumo de agua y vapor antes.

CONSUMO MENSUAL DE GASTO DE AGUA Y VAPOR			
FLUIDO	CANTIDAD	COSTO	COSTO TOTAL MENSUAL
VAPOR (KG)	1232984.68	S/56.04	S/69,096,461.19
AGUA (M3)	1104828.5	S/15.23	S/16,826,538.06
		<b>TOTAL</b>	S/85,922,999.24

Fuente: Elaboración propia.

La importación de la siguiente tabla es conocer el alto costo que genera el consumo de agua y vapor por parte del equipo llamado esterilizador. Se realizará una comparación con los gastos económicos con las fórmulas del VAN y TIR para garantizar la rentabilidad y fiabilidad del proyecto.

TABLA 4. 11. Gastos de agua y vapor después.

CONSUMO MENSUAL DE GASTO DE AGUA Y VAPOR			
FLUIDO	CANTIDAD	COSTO	COSTO TOTAL MENSUAL
VAPOR (KG)	714994.43	S/56.04	S/40,068,287.86
AGUA (M3)	556675.21	S/15.23	S/8,478,163.45
		<b>TOTAL</b>	S/48,546,451.31

Fuente: Elaboración propia

Se realizó una comparación de los gastos de ambas tablas para saber cual es ahorro generado en dinero luego de la implementación del sistema de retroalimentación.

$$Ahorro = Gastos_{antes} - Gastos_{despues}$$

$$Ahorro = 85,922,999.24 - 48,546,451.31$$

$$Ahorro = S/. 37376547.93$$

Se concluye mediante el calculo simple del ahorro generado por el sistema de retroalimentación que su implementación genero un ahorro significativo en soles para la empresa.

#### 4.6.6. Presupuesto técnico económico.

Mediante la siguiente tabla se muestra la inversión que se tuvo que realizar para la implementación del sistema de retroalimentación.

TABLA 4. 12. Tabla de gastos para el proyecto y su implementación.

Nº	Lista de materiales	Unidad	Cantidad	Precio	Precio total
1	TUBO A53/A106/API 5L GR.B SCH40 S/C X 6.0MTS 3"	und	15	S/253.96	S/3,809.40
2	BOMBA CENTRIFUGA DE 1 HP HIDROSTAL	und	1	S/12,500.00	S/12,500.00
3	INTERCAMBIADORES DE CALOR ALFA LAVAL	und	2	S/9,400.00	S/18,800.00
4	BOMBA CENTRIFUGA ALFA LAVAL SOLID C1	und	2	S/6,000.00	S/12,000.00
5	ACTUADOR PN 9000 IM	und	4	S/450.00	S/1,800.00
6	ACTUADORES BVA IM	und	4	S/450.00	S/1,800.00
7	ACTUADORES BVA	und	4	S/500.00	S/2,000.00
8	ELIMINADOR DE AIRE PARA AGUA 13WS 13WHS IM	und	2	S/360.00	S/720.00
9	ELIMINADOR DE AIRE PARA AGUA 13WS 13WHS IT	und	2	S/360.00	S/720.00
10	FILTRO FIG 34	und	3	S/440.00	S/1,320.00
11	FILTRO IT	und	1	S/250.00	S/250.00
12	FILTRO REGULADOR DE AIRE MPC2	und	2	S/250.00	S/500.00
13	MEDIDOR DE CAUDAL ELECTROMAGNETICO ELM	und	3	S/668.00	S/2,004.00
14	MEDIDOR DE FLUJO ELM IM	und	3	S/700.00	S/2,100.00
15	MEDIDOR DE FLUJO TVA	und	3	S/700.00	S/2,100.00
16	POSICIONADOR SP 400	und	2	S/670.00	S/1,340.00
17	PREAMPLIFICADO DE SEÑAL PA420	und	4	S/800.00	S/3,200.00
18	SENSOR DE NIVEL CAPACITIVO LP20	und	6	S/980.00	S/5,880.00
19	SENSOR DE TEMPERATURA EL2270	und	6	S/1,100.00	S/6,600.00
20	VALVULA DE CONTROL LEA 33	und	3	S/840.00	S/2,520.00
21	VALVULA DE SEGURIDAD 5708	und	4	S/975.00	S/3,900.00
22	VALVULA ESFERICA M 10V	und	3	S/842.00	S/2,526.00
23	VALVULAS CHECK DCV4	und	6	S/740.00	S/4,440.00
24	TABLERO ELECTRICO DE CONTROL	und	1	S/6,000.00	S/6,000.00
25	ALQUILER DE EQUIPOS ELECTRONICOS	GLB	1	S/4,000.00	S/4,000.00
26	MANO DE OBRA DE CONTRATISTA PARA LA INSTALACION	GLB	1	S/18,700.00	S/18,700.00
				<b>TOTAL, DE INVERSION DEL PROYECTO</b>	S/121,529.40

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.7. Evaluación técnico económica.

Condiciones del cálculo:

- Meses de evaluación: 6 meses
- Tasa de descuento: 10%
- Inversión: Costo de implementación.
- Impuestos: 30%.

En la siguiente tabla se muestra los valores que se usaran para el cálculo del VAN:

TABLA 4. 13. Flujo neto efectivo proyectado por la empresa.

Detalle	PERIODO				
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Flujo neto efectivo proyectado	s/. 60000				

Fuente: Tabla brindado por la oficina de proyectos de la empresa procesadora de leche.

$$VAN = -121529.40 + \frac{60000}{(1 + 0.1)^1} + \frac{60000}{(1 + 0.1)^2} + \frac{60000}{(1 + 0.1)^3} + \frac{60000}{(1 + 0.1)^4} + \frac{60000}{(1 + 0.1)^5}$$

$$VAN = S/ 409471.305$$

$VAN > 0$ , proyecto viable.

Cálculo del TIR:

$$0 = -121529.40 + \frac{60000}{(1 + TIR)^1} + \frac{60000}{(1 + TIR)^2} + \frac{60000}{(1 + TIR)^3} + \frac{60000}{(1 + TIR)^4} + \frac{60000}{(1 + TIR)^5}$$

$TIR = 40 \% > 30\%$ , proyecto viable.

## V. RESULTADOS

### 5.1. Resultados descriptivos.

- La presente tesis no presenta resultados descriptivos, pero si presenta datos estadísticos descriptivos los cuales fueron proporcionados por la empresa para el desarrollo del presente proyecto.
- Se proporcionaron los valores promedios de los consumos de agua y vapor tomados en un mes.

Media	Valor
$\overline{X_{vapor}}$	1232984.675 kg
$\overline{X_{agua}}$	1104828.5 m3

- Los datos presentados en la parte superior, tendrán su uso para el cálculo de la normalidad de los datos obtenidos después de la instalación del sistema de retroalimentación.
- Se hará la validación de la hipótesis utilizando la estadística de t de student.

### 5.2. Resultados inferenciales.

Luego de la implementación del sistema de retroalimentación, se procedió a la medición muestral durante un mes de los consumos de vapor y de agua para comprobar el rendimiento obtenido. Las muestras fueron tomadas contabilizando el consumo de agua y vapor durante 24 días de prueba.

TABLA 5. 1. Consumo de agua y vapor después de la implementación del sistema.

item	Consumo de Agua en Vapor (kg) con el sistema de	% Ahorro de vapor	item	Consumo de Agua (L) con el sistema de retroalimentacion	% Ahorro agua
1	643099.55	47.84%	1	589782.25	52.17%
2	647871.41	47.46%	2	578204.33	53.11%
3	729286.31	40.85%	3	553213.67	55.13%
4	648558.98	47.40%	4	600354.10	51.31%
5	728435.63	40.92%	5	588783.45	52.25%
6	670999.20	45.58%	6	570690.94	53.71%
7	765940.78	37.88%	7	548043.79	55.55%
8	681547.93	44.72%	8	589210.79	52.21%
9	706968.37	42.66%	9	560631.58	54.53%
10	687677.86	44.23%	10	556803.96	54.84%
11	735836.62	40.32%	11	532331.13	56.83%
12	720776.38	41.54%	12	536737.00	56.47%
13	704191.14	42.89%	13	550935.66	55.32%
14	721695.73	41.47%	14	532230.96	56.83%
15	711672.15	42.28%	15	535133.40	56.60%
16	690254.93	44.02%	16	554321.75	55.04%
17	753655.90	38.88%	17	595482.65	51.70%
18	744148.26	39.65%	18	554082.90	55.06%
19	747776.18	39.35%	19	556546.46	54.86%
20	719103.13	41.68%	20	563174.76	54.32%
21	662757.83	46.25%	21	534944.68	56.61%
22	685851.39	44.37%	22	615375.14	50.09%
23	690154.85	44.03%	23	567646.23	53.96%
24	719103.13	41.68%	24	554442.84	55.03%

Fuente: Elaboración propia con el programa Excel.

### 5.2.1. Prueba de Shapiro – Wilk

- Para el vapor de agua

Ho:  $X_i = N(\mu, \sigma^2)$

Hi :  $X_i \neq N(\mu, \sigma^2)$

TABLA 5. 2. Datos de demostración de la normalidad para el vapor de agua.

i	$X_i$	$(X_i - \text{MED})^2$	$a_i$	$X_i \text{ INV}$	$\text{Dif}(X_i - X_i \text{ INV})$
1	37.88	19.4811891	0.4493	47.4	-9.5200
2	38.88	11.6536891	0.3098	46.25	-7.3700
3	39.35	8.66566406	0.2554	45.58	-6.2300
4	39.65	6.98941406	0.2145	44.72	-5.0700
5	40.32	3.89568906	0.1807	44.37	-4.0500
6	40.32	3.89568906	0.1512	44.37	-4.0500
7	40.85	2.08441406	0.1245	44.23	-3.3800
8	40.92	1.88718906	0.0997	44.02	-3.1000
9	41.47	0.67856406	0.0764	42.89	-1.4200
10	41.54	0.56813906	0.0539	42.66	-1.1200
11	41.68	0.37668906	0.0321	42.28	-0.6000
12	41.68	0.37668906	0.0107	41.74	-0.0600
13	41.74	0.30663906		41.68	
14	42.28	0.00018906		41.68	
15	42.66	0.13413906		41.54	
16	42.89	0.35551406		41.47	
17	44.02	2.97993906		40.92	
18	44.23	3.74906406		40.85	
19	44.37	4.31081406		40.32	
20	44.37	4.31081406		40.32	
21	44.72	5.88668906		39.65	
22	45.58	10.7994391		39.35	
23	46.25	15.6519141		38.88	
24	47.4	26.0737891		37.88	

Fuente: Elaboración propia elaborado mediante el programa Excel

Obtenemos los siguientes valores:

X	42.29
$(X_i - \text{MED})^2$	135.111963
$a_i * \text{Dif}$	-11.50

Determinamos el coeficiente de correlación (Sw c)

SW c	0.98
SW t	0.916
p-value	>0.05

Se determina:

- No hay evidencia para rechazar la hipótesis nula.
- Los datos se ajustan a una distribución normal.
- El valor de significancia que se obtiene es de 0.877.

- Para el agua:

Ho:  $X_i = N(\mu, \sigma^2)$

Hi :  $X_i \neq N(\mu, \sigma^2)$

TABLA 5. 3. Datos de demostración de la normalidad para el agua

i	$X_i$	$(X_i - \text{MED})^2$	$a_i$	$X_i \text{ INV}$	$\text{Dif}(X_i - X_i \text{ INV})$
1	50.09	17.8400641	0.4493	56.83	-6.7400
2	51.31	9.02251406	0.3098	56.83	-5.5200
3	51.7	6.83168906	0.2554	56.61	-4.9100
4	52.17	4.59566406	0.2145	56.6	-4.4300
5	52.21	4.42576406	0.1807	56.47	-4.2600
6	52.25	4.25906406	0.1512	55.55	-3.3000
7	53.11	1.44901406	0.1245	55.32	-2.2100
8	53.71	0.36451406	0.0997	55.13	-1.4200
9	53.96	0.12513906	0.0764	55.06	-1.1000
10	54.32	3.9063E-05	0.0539	55.04	-0.7200
11	54.53	0.04676406	0.0321	55.03	-0.5000
12	54.84	0.27693906	0.0107	54.86	-0.0200
13	54.86	0.29838906		54.84	
14	55.03	0.51301406		54.53	
15	55.04	0.52743906		54.32	
16	55.06	0.55688906		53.96	
17	55.13	0.66626406		53.71	
18	55.32	1.01253906		53.11	
19	55.55	1.52831406		52.25	
20	56.47	4.64941406		52.21	
21	56.6	5.22693906		52.17	
22	56.61	5.27276406		51.7	
23	56.83	6.33151406		51.31	
24	56.83	6.33151406		50.09	

Fuente: Elaboración propia elaborado mediante el programa Excel

Obtenemos los siguientes valores:

X	54.31
$(X_i - \text{MED})^2$	82.1521625
$a_i * \text{Dif}$	-8.77

Determinamos el coeficiente de correlación (Sw c)

SW c	0.94
SW t	0.916
p-value	>0.05

Se determina:

- No hay evidencia para rechazar la hipótesis nula.
- Los datos se ajustan a una distribución normal.
- El valor de significancia que se obtiene es de 0.22

#### 5.2.2. Prueba del t-student.

Se realizará la prueba de t-student para demostrar que la hipótesis es que los valores de rendimiento sean mayores al 40% no se rechaza.

- Vapor de agua:

Determinamos la media ( $\bar{X}$ ), la varianza muestral ( $S^2$ ) y la varianza estándar muestral ( $S$ ).

$\bar{X}$	42.29375
$S^2$	5.87443315
$S$	2.42372299

Calculamos que nuestro valor "t" y que este valor se encuentre dentro de la campana de gauss ubicado en el lado izquierdo.

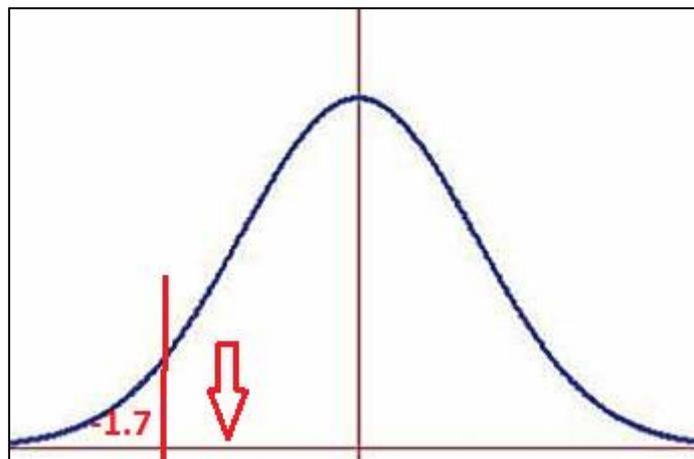
TABLA 5. 4. Cálculo del "t -student" para el vapor de agua.

VAPOR	
Prueba de Hip de la media Varianza poblacional desconocida	
Dicen	
u	40
Muestra	
$\bar{X}$	42.29375
S2	5.874433152
S	2.423722994
n	24
1- $\alpha$	0.95
$\alpha$	0.05
gl	23
Cola izquierda	
t(tabla)	-1.713871528
t(calculado)	4.636269996

Fuente: Elaboración propia elaborado mediante el programa Excel

Se puede observar que el valor obtenido del t de student está dentro de la campana de gauss, es por ello que la hipótesis no se rechaza.

FIGURA 5. 1. Campana de gauss para el vapor de agua.



Fuente: Elaboración propia.

- Agua:

Determinamos la media ( $\bar{X}$ ), la varianza muestral ( $S^2$ ) y la varianza estándar muestral ( $S$ ).

$\bar{X}$	54.31375
$S^2$	3.57183315
$S$	1.8899294

Se quiere demostrar:

$H_0: \mu \geq 40\%$

$H_1: \mu < 40\%$

Calculamos nuestro valor "t" y que este valor se encuentre dentro de la campana de gauss lado izquierdo.

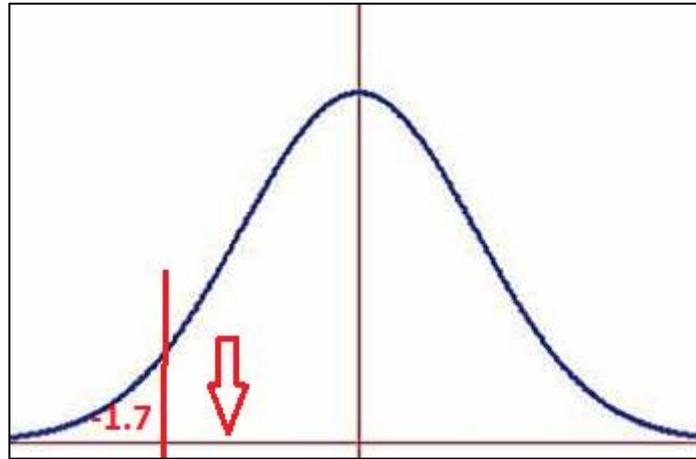
TABLA 5. 5. Cálculo del "t -student" para el agua.

LIQUIDO	
Prueba de Hip de la media Varianza poblacional desconocida	
Dicen	
u	40
Muestra	
$\bar{X}$	54.31375
$S^2$	3.571833152
$S$	1.889929404
n	24
$1-\alpha$	0.95
$\alpha$	0.05
gl	23
Cola izquierda	
t(tabla)	-1.713871528
t(calculado)	37.10337934

Fuente: Elaboración propia elaborado mediante el programa Excel

Se puede observar que el valor obtenido del t de student está dentro de la campana de gauss, es por ello que la hipótesis no se rechaza.

FIGURA 5. 2. Campana de gauss para el vapor de agua.



Fuente: Elaboración propia.

## DISCUSION DE RESULTADO

### 5.3. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.

#### 5.3.1. Contrastación de la hipótesis general.

La implementación del sistema de retroalimentación en el esterilizador rotativo continuo de 20 HP. Contribuyó a la reducción del consumo de agua del equipo, ya que por medio de la bomba que impulso el agua del enfriador a una temperatura de 80°C hacia los intercambiadores, los cuales aumentaron la temperatura del agua del precalentador para la recirculación en el mismo equipo.

Así mismo la implementación de una tubería de circulación del vapor del cocedor hacia el precalentador, que era eliminado hacia el medio ambiente; permitió un ahorro de vapor en el proceso de esterilizado del mismo.

#### 5.3.2. Contrastación de la hipótesis específica.

- H1. De acuerdo a los cálculos realizados para el caudal determinado se pudieron seleccionar los elementos adecuados para el sistema de retroalimentación. Se hizo una adecuada selección de la bomba de acuerdo al caudal requerido para la impulsión, su velocidad, presión y temperatura. De igual manera se procedió a realizar los cálculos para los intercambiadores de calor, por medio del software Alfa Laval, teniendo en consideración la temperatura de ingreso y salida del fluido, el flujo masico. Con estos datos pudimos obtener el modelo de intercambiador más adecuado para las condiciones del sistema, así mismo la cantidad de placas que esta necesita para una adecuada transferencia de calor.
- H2. La implementación del sistema se realizó mediante otra empresa experta en el trabo de montaje, soldado y cimentación de equipos. En el presente trabajo describimos algunas recomendaciones durante la realización del montaje del sistema, con la finalidad de que el sistema sea entregado y presentado en las óptimas condiciones.

- H3. Los resultados obtenidos luego de la implementación del sistema, nos dieron como resultados valores en el ahorro de agua y vapor de un 40 por ciento a más. Estos datos fueron sometidos a una prueba de normalidad para verificar su orden normal estándar. Así mismo se realizó una prueba estadística del “t-student” con la cual se comprobó que esta hipótesis no se rechaza.

#### **5.4. Contratación de los resultados con otros estudios similares.**

##### 5.4.1. Contratación con los antecedentes internacionales.

- En la tesis de Mendoza y Zavala (2013): “Diseño y Pruebas de Funcionamiento de un Sistema para Esterilización Comercial de Alimentos “. La tesis aborda el problema de diseño de esterilizador para un laboratorio en la Universidad del Salvador, se puede contrastar con el presente estudio es la similitud de operación de la máquina esterilizadora.
- En la tesis del autor Cárdenas (2018) “Diseño y construcción de un prototipo para minimizar el desperdicio de agua en tuberías de agua caliente”. Se contrasta con el presente estudio con los cálculos hidráulicos para la selección de la bomba. Así mismo abarca como tema secundario la importancia del reciclaje del recurso hídrico.

##### 5.4.2. Contratación con los antecedentes nacionales.

- En la tesis del autor Jiménez (2015): “Disminución de los costos de producción de conservas de atún optimizando el uso de vapor”. Tiene un contraste con la presente tesis, ya que refleja un tema de costos elevados por el alto consumo de vapor en las conservas de pescado, y en el presente estudio una consecuencia de disminuir el consumo de agua y vapor es la disminución del costo que se involucra en el proceso.
- En la tesis del autor Froylán (2015): “Determinación del ahorro energético a partir de la recuperación del vapor condensado en una fábrica de papel tissue”. Se contrasta con nuestra investigación ya que también determina un ahorro energético considerable por el respectivo

ahorro generado por el aprovechamiento de las purgas de agua y vapor.

#### **5.5. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.**

- La presente investigación fue elaborada con responsabilidad y ética ya que busca reutilizar un recurso vital, tal cual es el agua, el cual es amparada por la ONU.
- El autor de la presente investigación se responsabiliza por la información emitida en el informe final de la Tesis titulada “Diseño e implementación de un sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 hp para la reducción del consumo de agua en una planta procesadora de leche. Lima-Perú “, de acuerdo a las normas y reglamentos vigentes de la Universidad Nacional del Callao y con los consentimientos acreditados por el jefe de la planta.

## CONCLUSIONES

- De acuerdo a los objetivos del presente trabajo, se realizó un levantamiento de información luego de la implementación del sistema de retroalimentación en el equipo de esterilización rotativo continuo, en donde se recolectaron valores del consumo del agua y vapor diario del equipo durante 24 días. Los cuales nos dieron valores menores al consumo que se daba antes de la instalación del sistema de retroalimentación. Concluyendo que el sistema de implementado para el ahorro de agua y vapor es el adecuado.
- Para los cálculos hidráulicos fue necesario hacer uso de la ecuación de Bernoulli para el cálculo de la altura de la bomba, el espesor de las tuberías, la ecuación de continuidad, el número de Reynold, etc.
- Mediante la metodología empleada se determinó los componentes con las características mínimas de operación tales como la altura de la bomba, potencia, modelo de intercambiador, tuberías, etc. Y se verifica el mínimo espesor de las tuberías existentes.
- Se detallo una serie de recomendaciones para la implementación del sistema, ya que la instalación de los equipos, tuberías, bombas, válvulas, etc. Fueron realizadas por otra empresa contratista especializada en el montaje de equipos, soldado de tuberías, instalación de accesorios, maniobras en trabajo en altura, trabajo en caliente, etc.
- Mediante la evaluación del consumo de agua y vapor durante los 24 días luego de la instalación, se dedujo un ahorro significativo de agua y vapor de un 40%. Debido a estos resultados se pudo verificar que el proyecto que se realizó fue totalmente viable y rentable.

## **RECOMENDACIONES**

- En el momento de la instalación de las bombas para la impulsión de agua en el enfriador y precalentador se recomiendan garantizar todas las recomendaciones y especificaciones dadas por el fabricante, con la finalidad de no afectar la operación de la misma.
- La instalación de la tubería deberá instalarse de acuerdo a la normativa ASME B13.3, de tal forma que se garantice la conformidad, funcionamiento y cumplimiento del sistema.
- La instalación de las bombas se deberá instalar teniendo como soporte la norma ASME, con la finalidad de garantizar la calidad, funcionamiento y cumplimiento del equipo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Aguado, Jose.** Ingenieria de la Industria Alimentaria Vol 1. Madrid : Sistesis, 2002.

ISBN: 84-7738-667-6

**Alfaro Rodriguez, Carlos Humberto.** Metodologia de la investigacion cientifica aplicada a la ingenieria. 2012.

**Arquitectsolar. 2014.** Arquitectsolar. Arquitectsolar. [En línea]. Colombia: Arquitectsolar.2014. [fecha de consulta el: 05 de 01 de 2021.] Vinculos desde Imágenes. Disponibles en: <http://arquitectsolar.com/termografia/68-camara-termografica-flir-e50.html>.

**ASME.** Tuberia de proceso - Codigo ASME para tuberias a presion, B31. New York : THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, 2008.

ISBN: 10016-5990.

**Brendwood. 2018.** Brendwood. Brendwood. [En línea] . Mexico: Brendwood. 2014. [Fecha de consulta: 05 de 01 de 2021.]. Vinculo desde imágenes. Disponible:<http://es.brentwoodindustries.com/productos/torre-de-enfriamiento/accesorios/boquillas.php>.

**Burkert Fluid Control Systems. 2018.** Burkert . Burkert .Ecuador:Burkert, 2018. [Citado el: 15 de 01 de 2021.]. Vinculos desde imágenes. Disponible en: <https://www.burkert.es/es/products/valvulas-de-proceso-y-de-control/valvulas-de-cierre-on-off/valvulas-de-asiento-inclinado/manual>.

**Cardenas Guaraca, Crhistian Paul.** Diseño y construccion de un prototipo para minimizar el desperdicio de agua en tuberias de agua caliente. Tesis (Ingeniero Eletronico). Cuenca - Ecuador : Universidad Politecnica Salesiana, 2018.

**Emerson Automation Solutions .** Guía de válvulas de control. Marshalltown : Emerson, 2017.

ISBN: D101881X0ES.

**Espinoza Montes, Ciro .** Metodologia de investigacion tecnologia. Huancayo: Universidad Nacional del Centro, 2010.

ISBN: 978-612-00-0222-3.

**Gomez Bastar, Sergio.** Metodologia de la investigacion. Mexico : Red Tercer Milenio, 2012.

**Incropera, Frank P. y DeWitt, David P.** Fundamentos de la transferencia de calor. Mexico : Prentice Hall Hispanoamericana, 1999.

**Jelen, P.** Introduction to food Processing . Nueva Jersey : Reston Prentice Hall, 1985. pp.236-241.

**Jimenez Bellasimil, Juan.** Disminucion de los costos de produccion de conservas de atun optimizando el uso de vapor. Tesis( Doctor en ciencias e ingenieria). Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2015.

**Mataix Plana, Claudio.** Mecanica de fluidos y maquinas hidraulicas. Oxford : Oxford University Press Mexico , 1982.

ISBN: 968-6034-29-3.

**Melo, S.** Procesos termicos a alta temperatura: Esterilizacion de la leche evaporada. Mexico : Universidad Autonoma de Mexico, 2016.

**Mendoza Chamagua, Pablo Gabriel y Espinoza Zavala, Karla Patricia.** Diseño y pruebas de funcionamiento de un sistema para esterilizacion comercial de alimentos. Tesis (Ingeniero de Alimentos). El Salvador : Universidad del El Salvador , 2013.

**Mott, Robert L.** Mecanica de Fluidos. Mexico : Pearson Education, 2006. 970-26-0805-8.

**Neill, David Alan y Cortez Suarez, Liliana.** Procesos y fundamentos de la investigacion cientifica. Machala - Ecuador : UTMACH, 2017.

**Organizacion de las Naciones Unidas.** Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. Francia : UNESCO , 2019.

ISBN: 978-92-3-300108-4.

**Rodriguez, Francisco y Aguado, Jose.** Ingenieria de la Industria Alimentaria Vol. 3. España : Sintesis, 2002.

ISBN: 84-7738-939-X

**Spiraxsarco First for Steam Solutions. 2017.** Spiraxsarco. Spiraxsarco. [En línea]. 2017. [Fecha de consulta: 17 de 01 de 2021.]. Vinculos de imágenes. Disponible: <https://www.spiraxsarco.com/global/es-PE/blog/como-seleccionar-valvulas-de-control-para-sistemas-de-vapor>.

**Suárez Cabello, Froylán Arturo.** Determinacion del ahorro energetico a partir de la recuperacion del vapor condensado en una fabrica de papel Tissue . Tesis (Ingeniero Forestal). Lima : Universidad Agraria La Molina, 2015.

**Van Willen, Gordon J. 2003.** Fundamentos de Termodinamica. Mexico : Limusa, 2003.

ISBN: 968-18-5146-3.

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

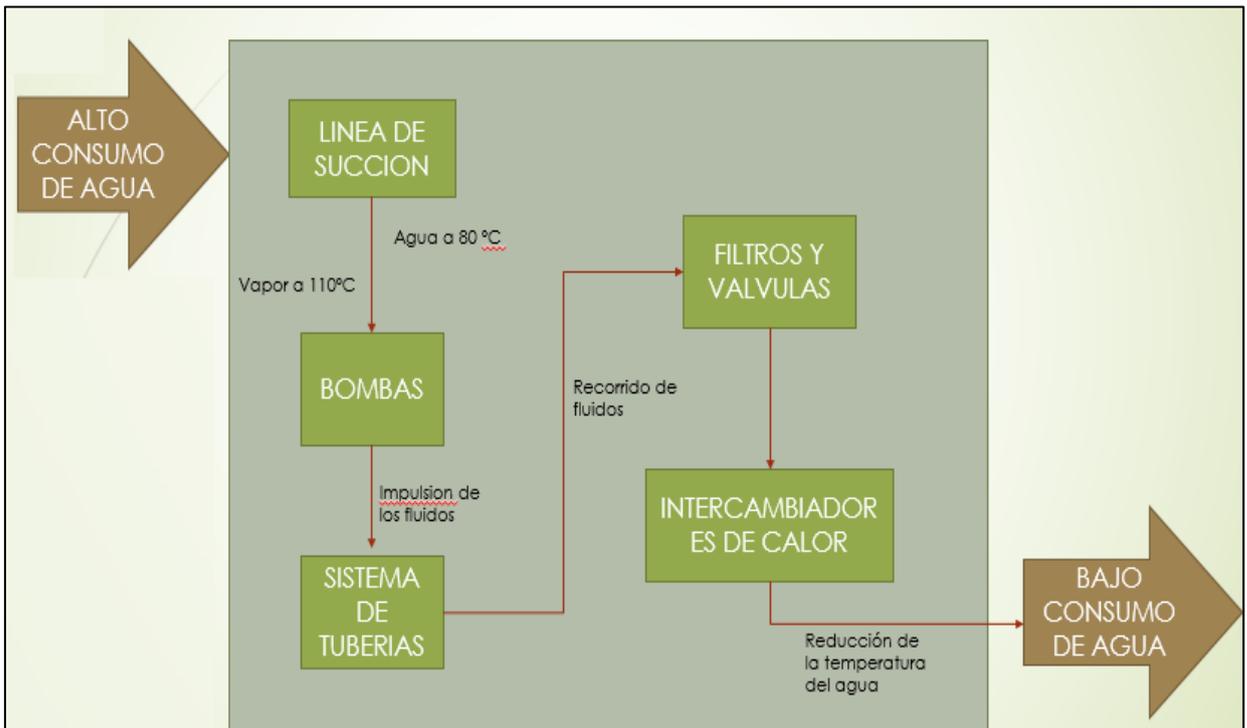
### DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RETROALIMENTACION EN UN ESTERILIZADOR ROTATIVO CONTINUO DE 20 HP PARA LA REDUCCION DEL CONSUMO DE AGUA EN UNA PLANTA PROCESADORA DE LECHE. LIMA-PERU

Problema	Objetivo	Hipotesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Metologia	Tecnicas e Instrumentos
<b>General</b>			<b>VI:</b> SISTEMA DE RETROALIMENTACION CON ESTERILIZADOR ROTATIVO CONTINUO DE 20 HP.	Calculo hidraulico	- Demanda del sistema - Carga del sistema	<b>Tipo:</b> Tecnologico  <b>Diseño:</b> Aplicacion  <b>Metodo:</b> Carácter analítico con enfoque sistematico  <b>Muestra:</b> Esterilizador rotativo continuo	<b>Documental:</b> - Ficha de registro de datos observables. - Fichas tecnicas - Recolección de datos. - Guia de observacion. - Fichas de mantenimiento
<ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cómo diseñar e implementar un sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP para disminuir el consumo de agua en una planta procesadora de Leche?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseñar e implementar un sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP que permita reducir el consumo de agua en una planta procesadora de leche.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si se diseña e implementa un sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP entonces se disminuirá el consumo de agua en una planta de procesadora de leche.</li> </ul>		Selección de equipos, materiales y dimensionamiento del sistema de retroalimentacion.	- Dimensionamiento de las lineas de retroalimentacion - Planos del sistema - Linea de succion y descarga		
<b>Especifico</b>				<b>VD:</b> CONSUMO DE AGUA	Perdida de agua liquida		
<ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cómo determinar los cálculos hidráulicos que permitan seleccionar los equipos y materiales del sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP mediante la evaluación del caudal y temperatura contenida en el sistema?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar los cálculos hidráulicos que permitan la selección de los equipos y materiales del sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP mediante la evaluación del caudal y temperatura contenida en el sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si se determina los cálculos hidráulicos se podrá seleccionar los equipos y materiales del sistema de retroalimentación mediante la evaluación del caudal y temperatura del sistema.</li> </ul>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>¿Como seleccionar los equipos, materiales y dimensionar el sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seleccionar los equipos, materiales y dimensionar el sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si se seleccionan los equipos, materiales y el dimensionamiento se podrá implementar el sistema de retroalimentación mediante los cálculos del sistema.</li> </ul>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cómo implementar el sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP para generar un ahorro no menor al 40 por ciento por el aprovechamiento de las purgas de agua y vapor?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar un sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP que genere un ahorro no menor al 40 por ciento por el aprovechamiento de las purgas de agua y vapor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si se implementa un sistema de retroalimentación con esterilizador rotativo continuo de 20 HP se genera un ahorro no menor del 40 por ciento de agua y vapor.</li> </ul>	Perdida de agua en vapor		<b>Empirica:</b> - Ficha de registro de datos observables.		

## ANEXO 2: CAJA NEGRA



## ANEXO 3: CAJA BLANCA



ANEXO 4: DIMENSIONES DE TUBERIAS SCH 40

Tamaño nom. de tubería (pulg)	Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior			Flujo de área	
	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(pies)	(mm)	(pies <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )
1/8	0.405	10.3	0.068	1.73	0.269	0.0224	6.8	0.000 394	3.660 × 10 <sup>-5</sup>
1/4	0.540	13.7	0.088	2.24	0.364	0.0303	9.2	0.000 723	6.717 × 10 <sup>-5</sup>
3/8	0.675	17.1	0.091	2.31	0.493	0.0411	12.5	0.001 33	1.236 × 10 <sup>-4</sup>
1/2	0.840	21.3	0.109	2.77	0.622	0.0518	15.8	0.002 11	1.960 × 10 <sup>-4</sup>
3/4	1.050	26.7	0.113	2.87	0.824	0.0687	20.9	0.003 70	3.437 × 10 <sup>-4</sup>
1	1.315	33.4	0.133	3.38	1.049	0.0874	26.6	0.006 00	5.574 × 10 <sup>-4</sup>
1 1/4	1.660	42.2	0.140	3.56	1.380	0.1150	35.1	0.010 39	9.653 × 10 <sup>-4</sup>
1 1/2	1.900	48.3	0.145	3.68	1.610	0.1342	40.9	0.014 14	1.314 × 10 <sup>-3</sup>
2	2.375	60.3	0.154	3.91	2.067	0.1723	52.5	0.023 33	2.168 × 10 <sup>-3</sup>
2 1/2	2.875	73.0	0.203	5.16	2.469	0.2058	62.7	0.033 26	3.090 × 10 <sup>-3</sup>
3	3.500	88.9	0.216	5.49	3.068	0.2557	77.9	0.051 32	4.768 × 10 <sup>-3</sup>
3 1/2	4.000	101.6	0.226	5.74	3.548	0.2957	90.1	0.068 68	6.381 × 10 <sup>-3</sup>
4	4.500	114.3	0.237	6.02	4.026	0.3355	102.3	0.088 40	8.213 × 10 <sup>-3</sup>
5	5.563	141.3	0.258	6.55	5.047	0.4206	128.2	0.139 0	1.291 × 10 <sup>-2</sup>
6	6.625	168.3	0.280	7.11	6.065	0.5054	154.1	0.200 6	1.864 × 10 <sup>-2</sup>
8	8.625	219.1	0.322	8.18	7.981	0.6651	202.7	0.347 2	3.226 × 10 <sup>-2</sup>
10	10.750	273.1	0.365	9.27	10.020	0.8350	254.5	0.547 9	5.090 × 10 <sup>-2</sup>
12	12.750	323.9	0.406	10.31	11.938	0.9948	303.2	0.777 1	7.219 × 10 <sup>-2</sup>
14	14.000	355.6	0.437	11.10	13.126	1.094	333.4	0.939 6	8.729 × 10 <sup>-2</sup>
16	16.000	406.4	0.500	12.70	15.000	1.250	381.0	1.227	0.1140
18	18.000	457.2	0.562	14.27	16.876	1.406	428.7	1.553	0.1443
20	20.000	508.0	0.593	15.06	18.814	1.568	477.9	1.931	0.1794
24	24.000	609.6	0.687	17.45	22.626	1.886	574.7	2.792	0.2594

## ANEXO 5. DENSIDAD DEL AGUA A DIFERENTES TEMPERATURAS

Presión externa: 1 atm = 101 325 Pa					
Temperatura °C	Densidad kg / m <sup>3</sup>	Temperatura °C	Densidad kg / m <sup>3</sup>	Temperatura °C	Densidad kg / m <sup>3</sup>
0 (hielo)	917,00	33	994,76	67	979,34
0	999,82	34	994,43	68	978,78
1	999,89	35	994,08	69	978,21
2	999,94	36	993,73	70	977,63
3	999,98	37	993,37	71	977,05
4	1000,00	38	993,00	72	976,47
5	1000,00	39	992,63	73	975,88
6	999,99	40	992,25	74	975,28
7	999,96	41	991,86	75	974,68
8	999,91	42	991,46	76	974,08
9	999,85	43	991,05	77	973,46
10	999,77	44	990,64	78	972,85
11	999,68	45	990,22	79	972,23
12	999,58	46	989,80	80	971,60
13	999,46	47	989,36	81	970,97
14	999,33	48	988,92	82	970,33
15	999,19	49	988,47	83	969,69
16	999,03	50	988,02	84	969,04
17	998,86	51	987,56	85	968,39
18	998,68	52	987,09	86	967,73
19	998,49	53	986,62	87	967,07
20	998,29	54	986,14	88	966,41
21	998,08	55	985,65	89	965,74
22	997,86	56	985,16	90	965,06
23	997,62	57	984,66	91	964,38
24	997,38	58	984,16	92	963,70
25	997,13	59	983,64	93	963,01
26	996,86	60	983,13	94	962,31
27	996,59	61	982,60	95	961,62
28	996,31	62	982,07	96	960,91
29	996,02	63	981,54	97	960,20
30	995,71	64	981,00	98	959,49
31	995,41	65	980,45	99	958,78
32	995,09	66	979,90	100	958,05

ANEXO 6. VISCOSIDAD DEL AGUA A DIFERENTES TEMPERATURAS

Temperatura		Temperatura		Temperatura	
°C	Viscosidad dinámica kg / (m·s)	°C	Viscosidad dinámica kg / (m·s)	°C	Viscosidad dinámica kg / (m·s)
0	0,001792	34	0,000734	68	0,000416
1	0,001731	35	0,000720	69	0,000410
2	0,001674	36	0,000705	70	0,000404
3	0,001620	37	0,000692	71	0,000399
4	0,001569	38	0,000678	72	0,000394
5	0,001520	39	0,000666	73	0,000388
6	0,001473	40	0,000653	74	0,000383
7	0,001429	41	0,000641	75	0,000378
8	0,001386	42	0,000629	76	0,000373
9	0,001346	43	0,000618	77	0,000369
10	0,001308	44	0,000607	78	0,000364
11	0,001271	45	0,000596	79	0,000359
12	0,001236	46	0,000586	80	0,000355
13	0,001202	47	0,000576	81	0,000351
14	0,001170	48	0,000566	82	0,000346
15	0,001139	49	0,000556	83	0,000342
16	0,001109	50	0,000547	84	0,000338
17	0,001081	51	0,000538	85	0,000334
18	0,001054	52	0,000529	86	0,000330
19	0,001028	53	0,000521	87	0,000326
20	0,001003	54	0,000512	88	0,000322
21	0,000979	55	0,000504	89	0,000319
22	0,000955	56	0,000496	90	0,000315
23	0,000933	57	0,000489	91	0,000311
24	0,000911	58	0,000481	92	0,000308
25	0,000891	59	0,000474	93	0,000304
26	0,000871	60	0,000467	94	0,000301
27	0,000852	61	0,000460	95	0,000298
28	0,000833	62	0,000453	96	0,000295
29	0,000815	63	0,000447	97	0,000291
30	0,000798	64	0,000440	98	0,000288
31	0,000781	65	0,000434	99	0,000285
32	0,000765	66	0,000428	100	0,000282
33	0,000749	67	0,000422		

## ANEXO 7. BOMBA CENTRIFUGA ALFA LAVAL MODELO LKH

### La mejor bomba

#### Alfa Laval LKH Bomba centrífuga

##### Aplicaciones

La bomba LKH es una bomba centrífuga económica y de gran eficiencia que cumple los requisitos de aplicaciones sanitarias, tratamiento delicado del producto y resistencia química.

La LKH está disponible en trece tamaños: LKH-5, -10, -15, -20, -25, -35, -40, -45, -50, -60, -70, -85 y -90.

##### Diseño estándar

La bomba LKH ha sido diseñada especialmente para soluciones CIP, por lo que tiene radios de gran tamaño y cierres fáciles de limpiar. La versión de uso sanitario de la LKH tiene un protector de acero inoxidable para el motor y toda la unidad se apoya sobre cuatro patas de acero inoxidable regulables.

##### Cierres axiales

La bomba LKH está equipada con un cierre externo simple o un cierre axial con enjuague. Ambos tienen retenes fijos de acero AISI 329 de acero inoxidable con superficie de sellado de carburo de silicio y retenes rotativos de carbono. El cierre secundario, correspondiente al cierre con enjuague, es un cierre con reborde de larga duración. Asimismo, la bomba puede estar equipada con un obturador de eje axial mecánico doble.



##### DATOS TÉCNICOS

###### Materiales

Piezas de acero bañadas por producto: W. 1.4404 (316L).  
Otras piezas de acero: . . . . . Acero inoxidable.  
Acabado: . . . . . Chorro estándar  
Cierres bañados por producto: . . . . . Caucho EPDM.

###### Conexiones para FSS y DMSS:

Tubo 8 mm/Rp de 1/8"

###### Tamaños de motores

50 Hz: . . . . . 0,75 - 110 kW  
60 Hz: . . . . . 0,9 - 125 kW

###### Motor

Motor de pie acoplado de conformidad con la normativa métrica estándar IEC, 2 polos = 3000/3600 r.p.m. a 50/60 Hz, 4 polos = 1500/1800 r.p.m. a 50/60 Hz, IP 55 (con orificio de drenaje con tapón de laberinto), aislamiento de clase F.

###### Velocidad mín./máx. del motor:

2 polos: 0,75 - 45 kW . . . . . 900 - 4000 r.p.m.  
2 polos: 55 - 110 kW . . . . . 900 - 3600 r.p.m.  
4 polos: 0,75 - 75 kW . . . . . 900 - 2200 r.p.m.

###### Garantía

Garantía ampliada de tres años para las bombas LKH. Dicha garantía cubre todas las piezas no desgastables siempre que se utilicen piezas de recambio originales de Alfa Laval.

##### DATOS DE FUNCIONAMIENTO

###### Presión

Presión de entrada máx.:

LKH-5: . . . . . 600 kPa (6 bares).  
De LKH-10 a -70: . . . . . 1000 kPa (10 bar).  
LKH-70: 60Hz . . . . . 500 kPa (5 bar).  
De LKH-85 a -90: . . . . . 500 kPa (5 bar).

###### Temperatura

Escala de temperatura: . . . . . de -10 °C a +140 °C (EPDM)

###### Cierre axial con enjuague:

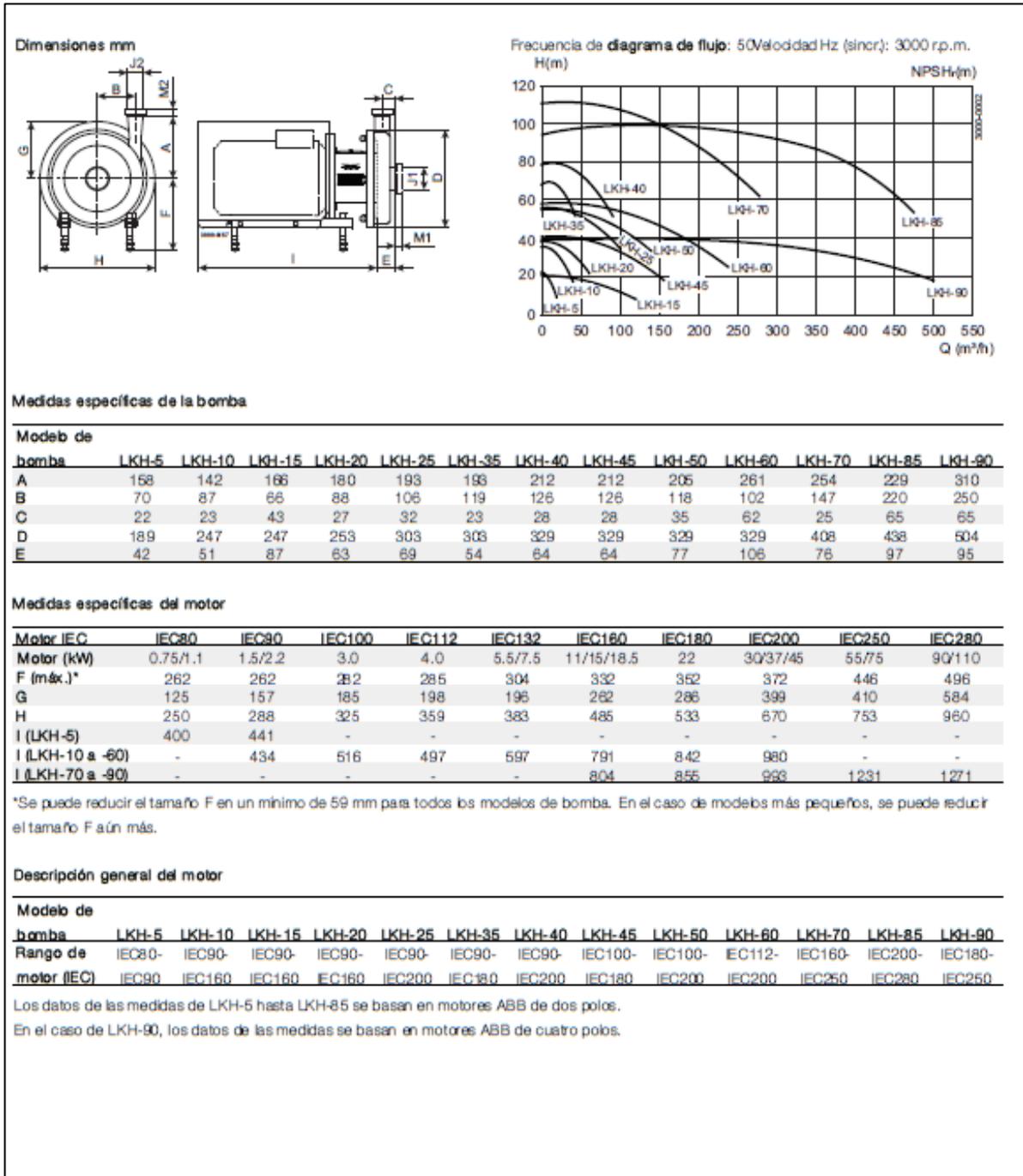
Presión de entrada de agua: . . . . . Máx. 1 bar.  
Consumo de agua: . . . . . 0,25 - 0,5 l/min.

###### Cierre axial mecánico doble:

Presión de entrada de agua, de LKH-5 a  
-60: . . . . . Máx. 500 kPa (5 bar).  
Presión de entrada de agua, de LKH-70  
y -90: . . . . . Máx. 300 kPa (3 bar).  
Consumo de agua: . . . . . 0,25 - 0,5 l/min.



## ANEXO 8. DETALLES MECANICOS DE BOMBA CENTRIFUGA ALFA LAVAL MODELO LKH



ANEXO 9. ESPECIFICACIONES DE FILTRO Y



**spirax/sarco**

TI-P064-02  
ST Issue 10

**Filtros de acero al carbono**  
**Fig 34**  
**Material ASTM**

**Descripción**

El Fig 34 es un filtro con bridas en acero del tipo Y. Está disponible en versión con material según ASTM. Las perforaciones de tamices estándar son de 0,8 mm en los tamaños de DN15-80 y de 1,6 mm en los tamaños de DN100-200. Bajo pedido se pueden suministrar otras perforaciones y mallas así como material del tamiz en Monel. Asimismo se puede suministrar la tapa con tapón de purga o válvula.  
**NB:** Disponible bajo pedido filtro de acero al carbono para baja temperatura.

**Normativas**

Este producto cumple con los requisitos de la Directiva Europea de Equipos a Presión 97/23/EC.

**Certificados**

Dispone de certificado de material 10204 2.2 como estándar y EN 10204 3.1B para cuerpo y tapa bajo pedido especial.

**Nota:** Los certificados/requerimientos de inspección deben solicitarse con el pedido.

**Extras opcionales**

**Tamiz**

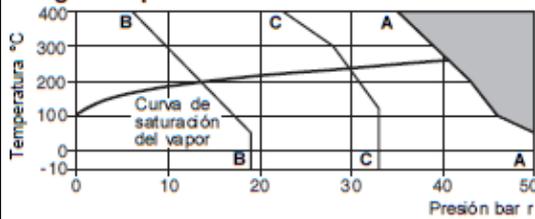
<b>Acero inoxidable</b>	Perforaciones	1,6 mm (DN15 a DN80)
		3 mm (DN15 a DN200)
	Mesh	40, 100, 200
<b>Monel</b>	Perforaciones	0,8 mm (DN15 a DN80)
		1,6 mm (DN100 a DN200)
		3 mm (DN15 a DN200)
	Mesh	100

**Conexiones para válvula o tapón de purga**

La tapa puede ser taladrada en los siguientes tamaños para facilitar el montaje de válvula o tapón de purga

Tamaño filtro	Válvula de purga	Tapón de purga
DN15	1/4"	1/4"
DN20 y DN25	1/2"	1/2"
DN32 y DN40	1"	3/4"
DN50 a DN125	1 1/4"	3/4"
DN150 y DN200	2"	3/4"

**Rango de operación**



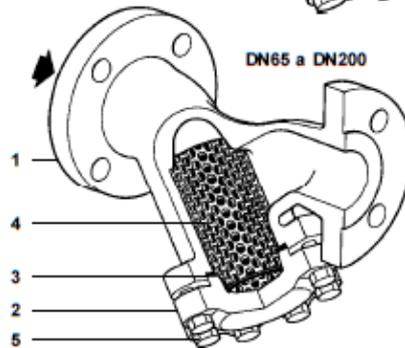
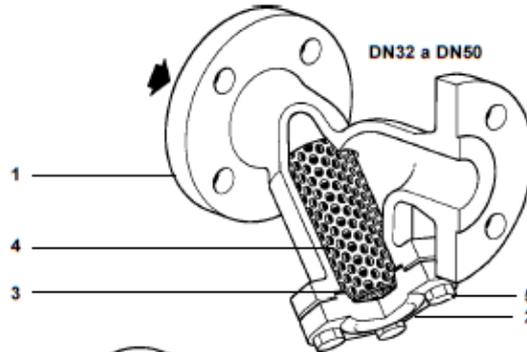
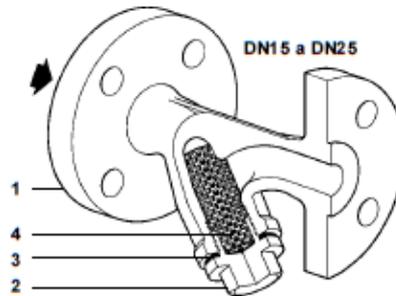
El filtro no puede trabajar en esta zona.

**A - A** Bridas ANSI 300      **C - C** Bridas JIS/KS 20  
**B - B** Bridas ANSI 150

Condiciones de diseño del cuerpo	PN50/ANSI 300
PMA Presión máxima admisible	50 bar r a 37,7°C
TMA Maximum allowable temperature	398,8°C a 34,8 bar r
Temperatura mínima admisible	-10°C
PMO Presión máxima de trabajo	50 bar r a 37,7°C
TMO Temperatura máxima de trabajo	398,8°C a 34,8 bar r
Temperatura mínima de trabajo	-10°C
<b>Nota:</b> Para temperaturas inferiores consultar con Spirax Sarco.	
Prueba hidráulica:	78 bar r

**Tamaños y conexiones**

DN15, DN20, DN25, DN32, DN40, DN50, DN65, DN80, DN100, DN125, DN150 y DN200  
Bridas estándar ANSI Clase 150 y 300, JIS/KS 20.



**Materiales**

No.	Parte	Material
1	Cuerpo	Acero al carbono ASTM A216 WCB
2	Tapa	DN15 - DN50 Acero forjado A105N
		DN65 - DN200 Acero al carbono ASTM A216 WCB
3	Junta tapa	Grafito laminado reforzado
4	Tamiz	Acero inoxidable ASTMA240 316L
5	Tomillos	Acero al carbono ASTM A193 B7

En beneficio del desarrollo y mejora del producto, nos reservamos el derecho de cambiar la especificación.

© Copyright 2005

## ANEXO 10. DIMENSIONES DE FILTRO Y

<b>Valores <math>K_v</math></b>		Para conversión: $C_v(\text{UK}) = K_v \times 0,963$ $C_v(\text{US}) = K_v \times 1,156$											
Tamaño	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100	DN125	DN150	DN200	
Perforaciones 0,8;1,6 y 3 mm	5	8	13	22	29	46	72	103	155	237	340	588	
Mesh 40 y 100	5	8	13	22	29	46	72	103	155	237	340	588	
Mesh 200	4	6	10	17	23	37	58	83	124	186	268	464	

<b>Dimensiones / peso (aproximado) en mm y kg</b>							
Tamaño	ANSI 150 A	ANSI 300 A	JIS/ KS 20 A	B	C	Área de filtrado $\text{cm}^2$	Peso
DN15	120	127	126	70	110	27	2,1
DN20	144	150	150	80	130	43	2,9
DN25	154	160	159	95	150	73	3,8
DN32	180	180	178	130	235	135	6,5
DN40	200	208	202	146	260	164	9,0
DN50	230	240	232	180	320	251	10,5
DN65	290	289	278	200	325	327	17,5
DN80	310	311	297	205	330	361	24,0
DN100	351	351	333	255	405	545	30,0
DN125	401	401	383	315	510	843	49,0
DN150	473	478	461	345	560	1 117	68,0
DN200	593	600	577	440	710	1 909	128,0

Distancia para desmontar

DN15 a DN25

### Recambios

Las piezas de recambio disponibles están indicadas con línea de trazo continuo. Las piezas indicadas con línea de trazos, no se suministran como recambio.

**Available spares**

Tamiz	4
(Indicar material, perforación o mesh y tamaño de filtro)	
Junta tapa	3
(tres unidades)	

**Como pasar pedido**

Al pasar pedido debe usarse la nomenclatura señalada en el cuadro anterior, indicando el tamaño y tipo de filtro.

**Ejemplo:** 1 - Tamiz para filtro Spirax Sarco Fig.34 de DN50 con perforaciones de 0,8 mm y conexiones ANSI 300.

### Seguridad, Instalación y Mantenimiento

Para información de seguridad, instalación y mantenimiento ver instrucciones que acompañan al equipo (IM-S60-18).

**Nota de instalación:**  
El filtro debe instalarse con la dirección del caudal indicada en el cuerpo. En una línea horizontal de vapor o gases, el filtro debe estar en plano horizontal. En sistemas de líquidos el filtro debe apuntar hacia abajo.

**Atención:**  
La junta tapa contiene un aro de acero inoxidable que puede causar daños si no se manipula/elimina correctamente.

**Eliminación**  
Este producto es reciclable. No es perjudicial para el medio ambiente si se toman las precauciones adecuadas para su eliminación.

**Como pasar pedido**  
**Ejemplo:** 1 - Filtro Spirax Sarco Fig.34 de DN40 con bridas ANSI 300 con tamiz de acero inoxidable con perforaciones de 0,8 mm.

DN32 a DN200

DN15 a DN25

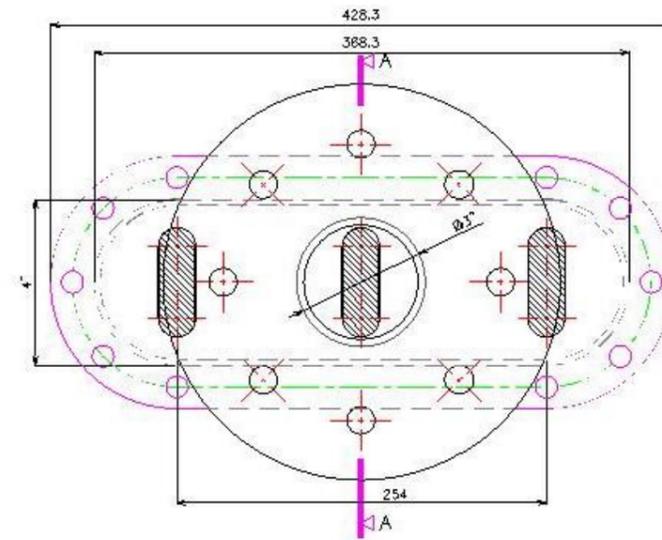
<b>Pares de apriete recomendados</b>					
Item	Tamaño	Cant.	$\varnothing$ mm	$\varnothing$ mm	N m
2	DN15	1	22		50 - 55
	DN20	1	27		60 - 66
	DN25	1	27		100 - 110
5	DN32 a DN65	4	19	M12 x 30	20 - 24
	DN80	4	19	M12 x 35	30 - 35
	DN100	8	24	M16 x 45	50 - 55
	DN125	8	30	M20 x 50	70 - 77
	DN150	8	30	M20 x 55	80 - 88
	DN200	12	36	M24 x 65	120 - 130

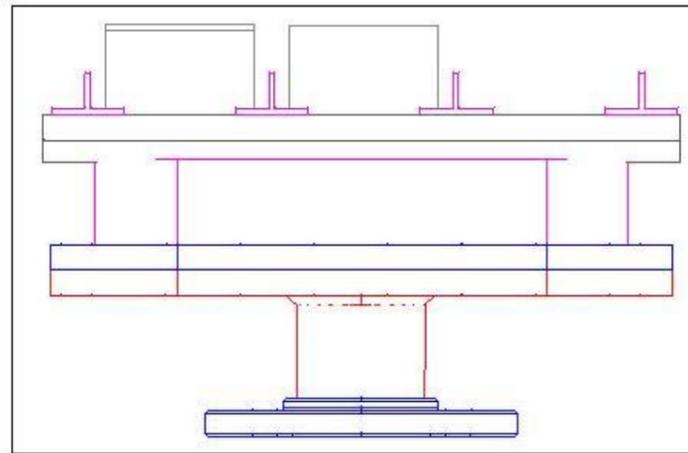
**Filtro de acero al carbono Fig 34 - Material ASTM**

TI-P064-02 ST issue 10

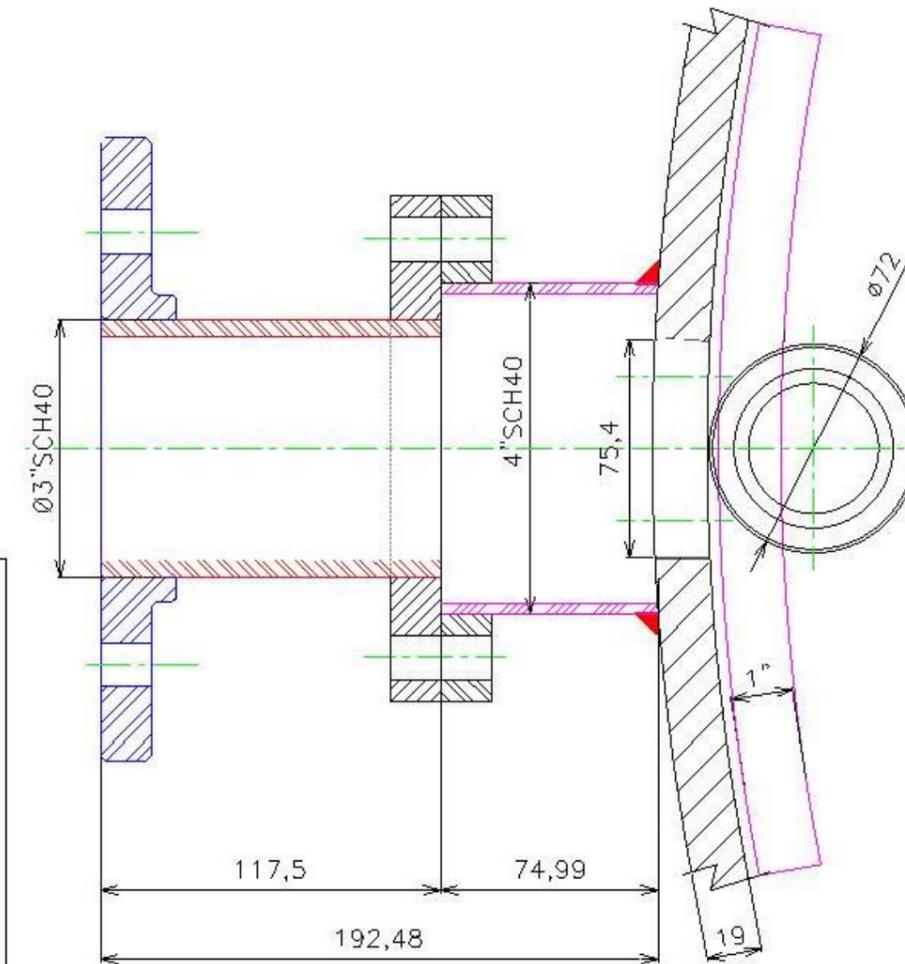
# ANEXO 11. DIMENSIONES PARA IMPLEMENTACION DE BRIDA EN EL ESTERILIZADOR



Vista Frontal  
ES 1/2.5



Vista Planta  
ES 1/2.5



Vista de Corte  
ES 1/2

Vista en 3D típico

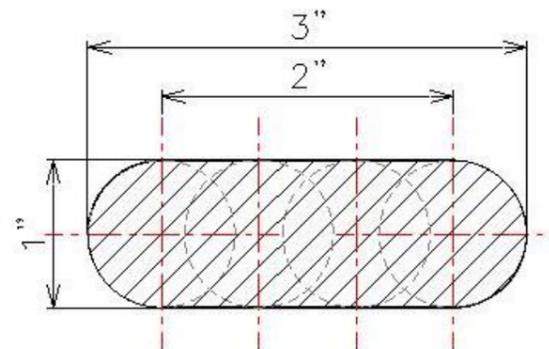


Fresa hueca HSS

Nota:

Los agujeros serán perforados con fresa hueca LED HSS acoplado a Taladro magnético 1200WATTS sobre una base metálica escuadra a estructura y apuntalada provisionalmente quedando a nivel de acuerdo a trazo realizado

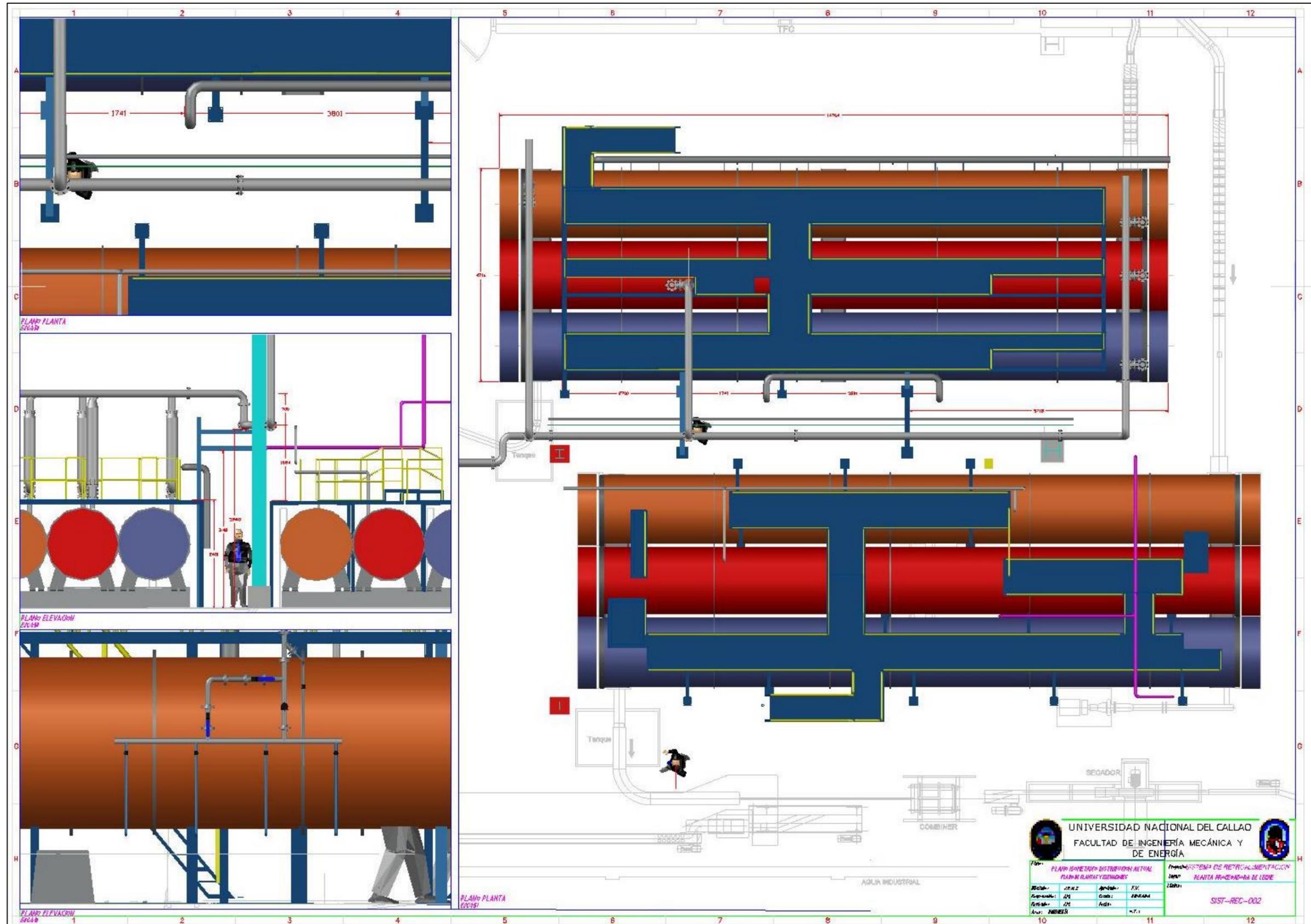
Taladro Magnético 1200W



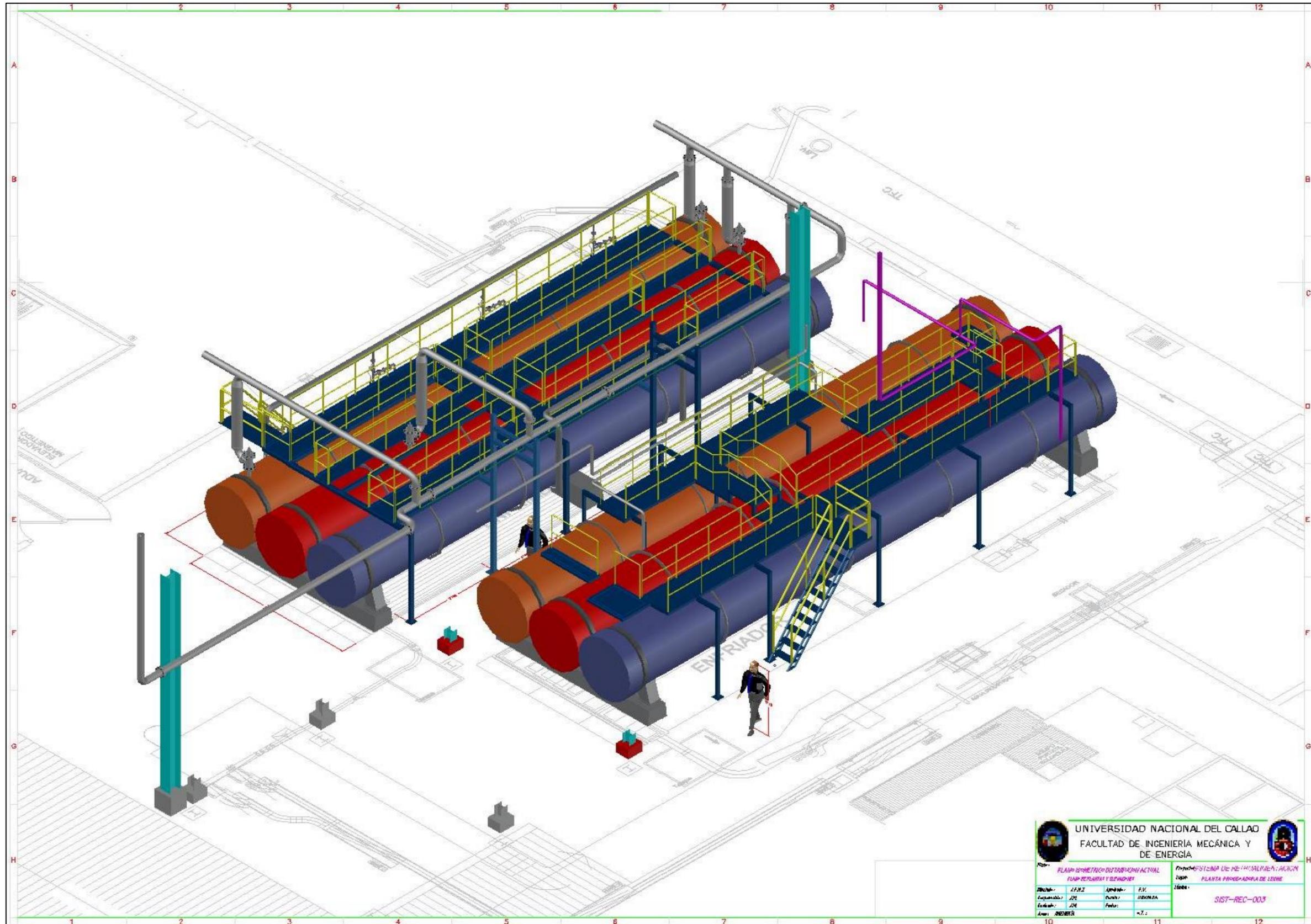
Detalle de Abertura  
ES 1/1

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGIA			
Nombre: DETALLE DE BRIDA INGRESO DE ARIA AL SST TUBO METALICO		Proyecto: SISTEMA DE REFRIGERACION Y ENFRIAMIENTO Lugar: PLANTA PRINCIPAL PARA BELZOTE	
Diseñado: A.P.N.Z. Escala: 1:1 Fecha: 02/05/2024	Aprobado: F.V. Escala: 1:1 Fecha: 02/05/2024	Código: SIST-REC-001	

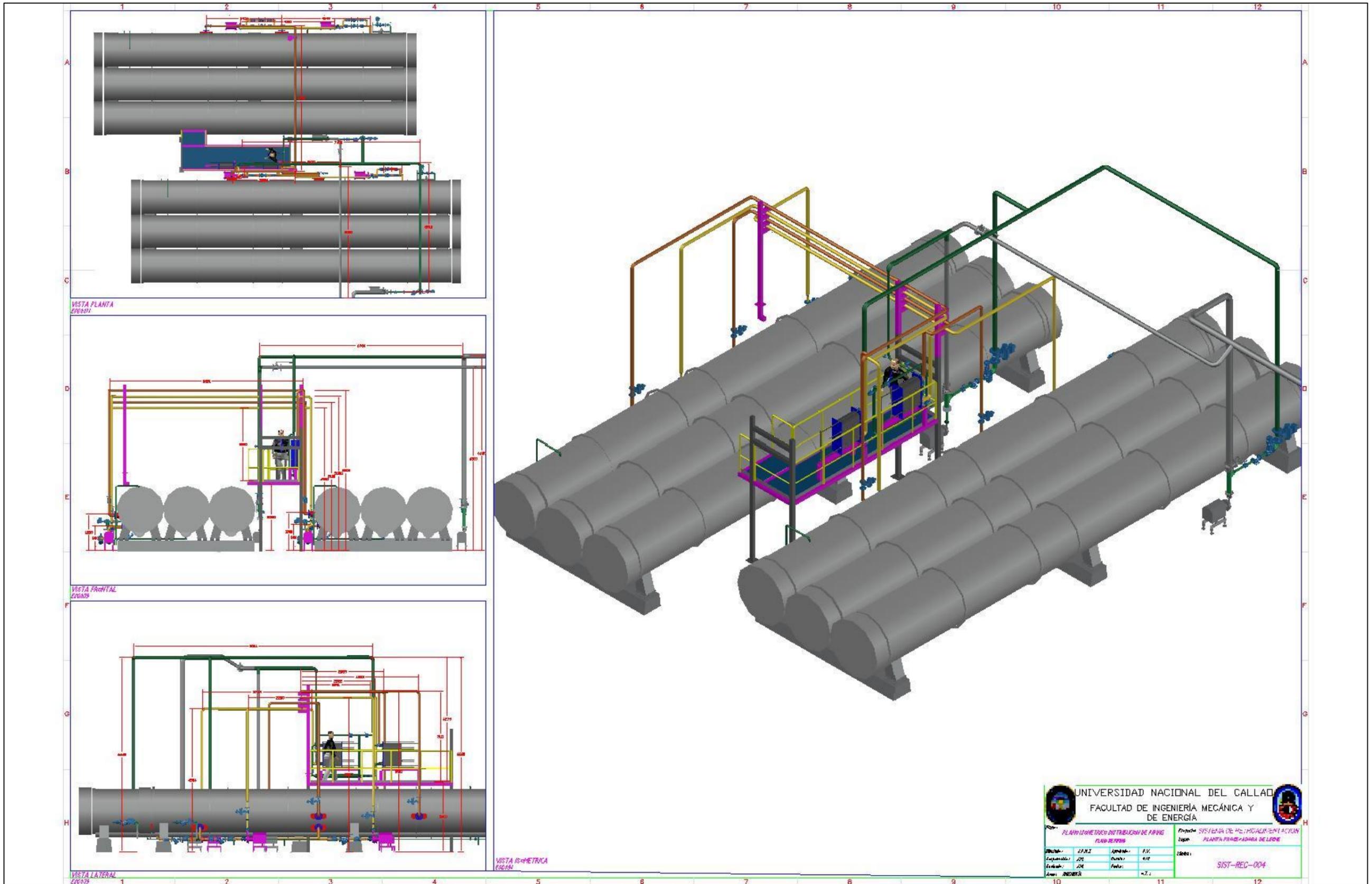
# ANEXO 12. DIMENSIONES PRINCIPALES DEL SISTEMA DE RETROALIMENTACION



# ANEXO 13. DIMENSIONES PRINCIPALES DEL SISTEMA DE RETROALIMENTACION

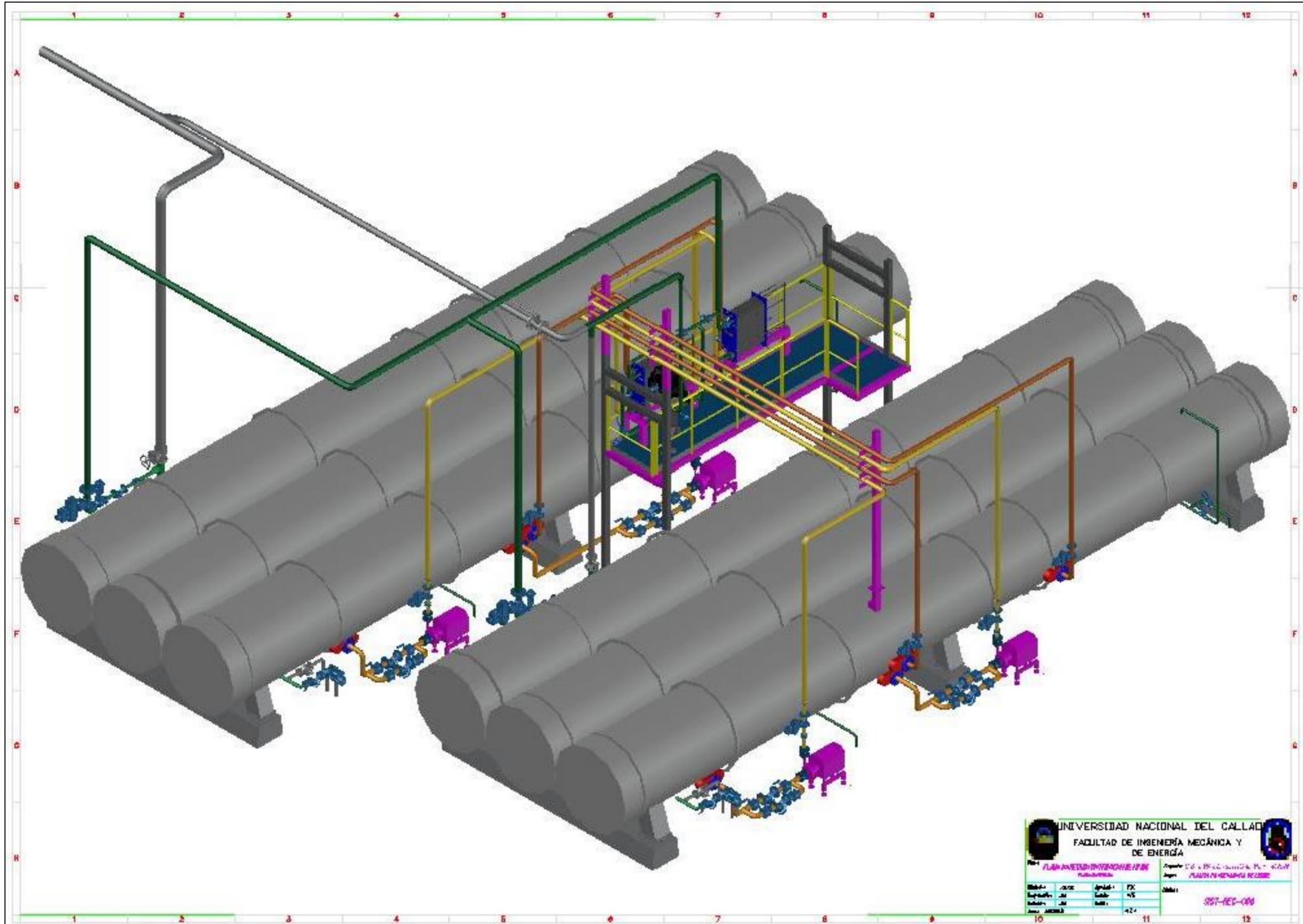


# ANEXO 14. DIMENSIONES PRINCIPALES DEL SISTEMA DE RETROALIMENTACION



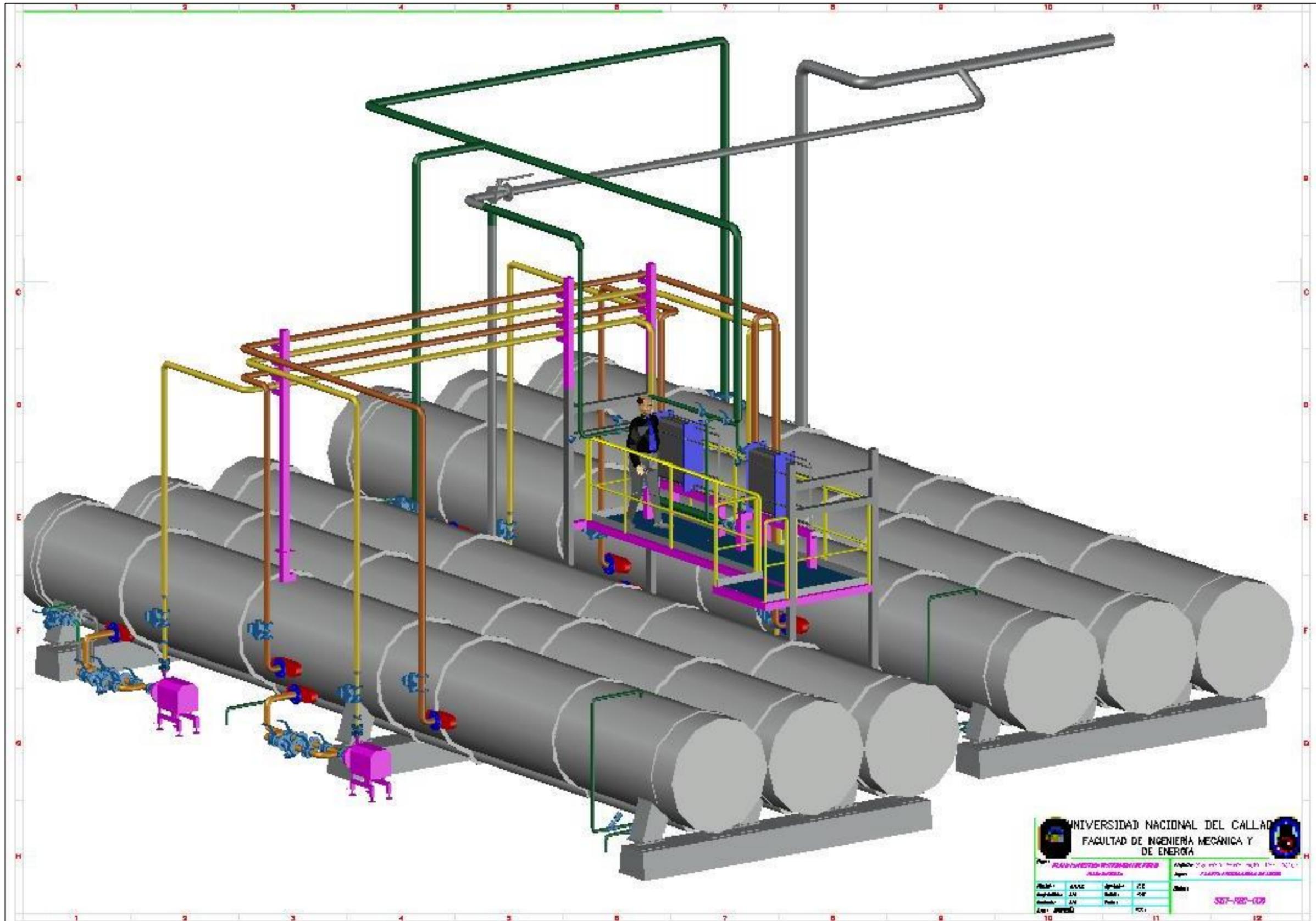


ANEXO 16. ISOMETRICO DEL SISTEMA DE RETROALIMENTACION

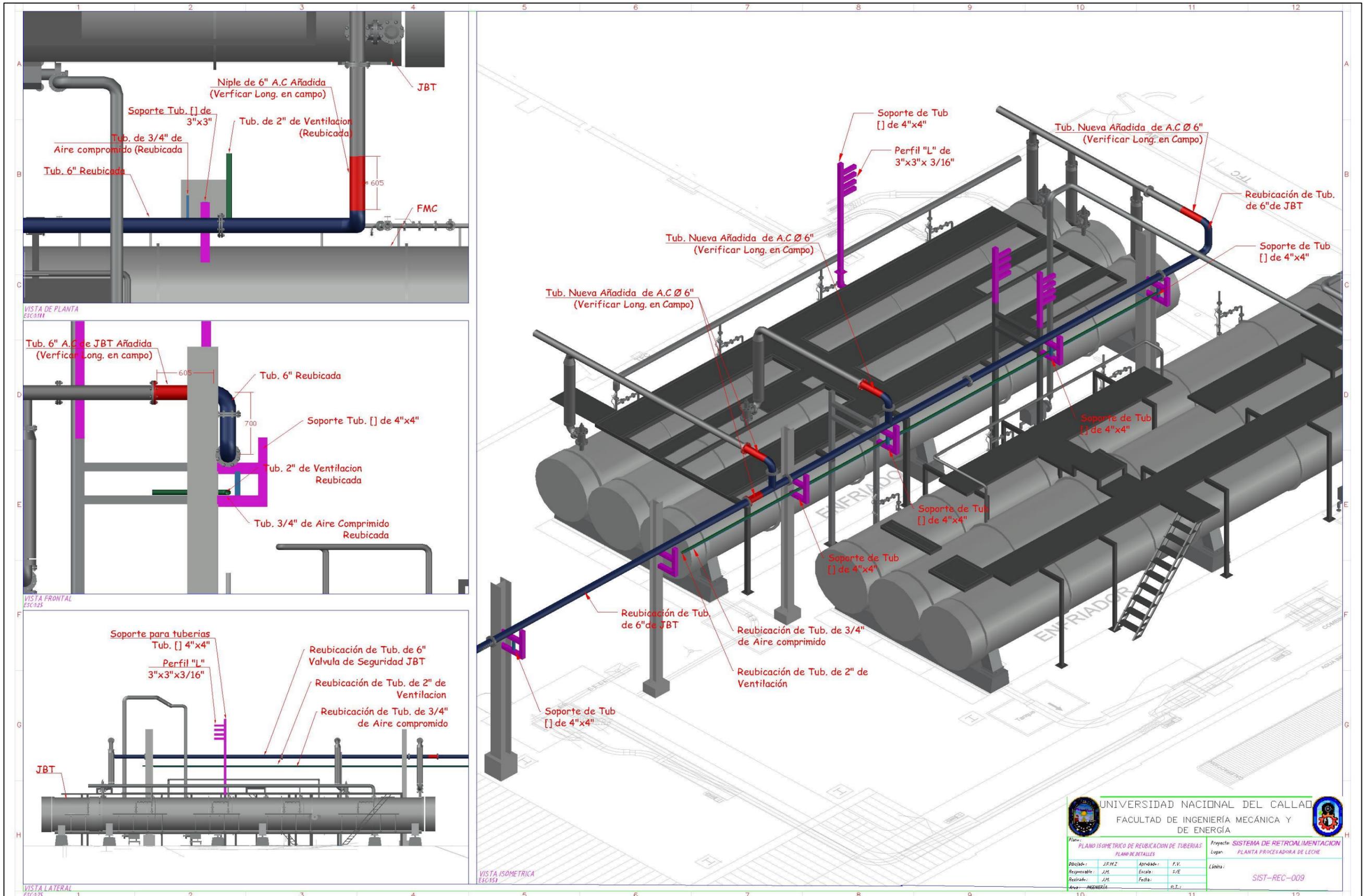




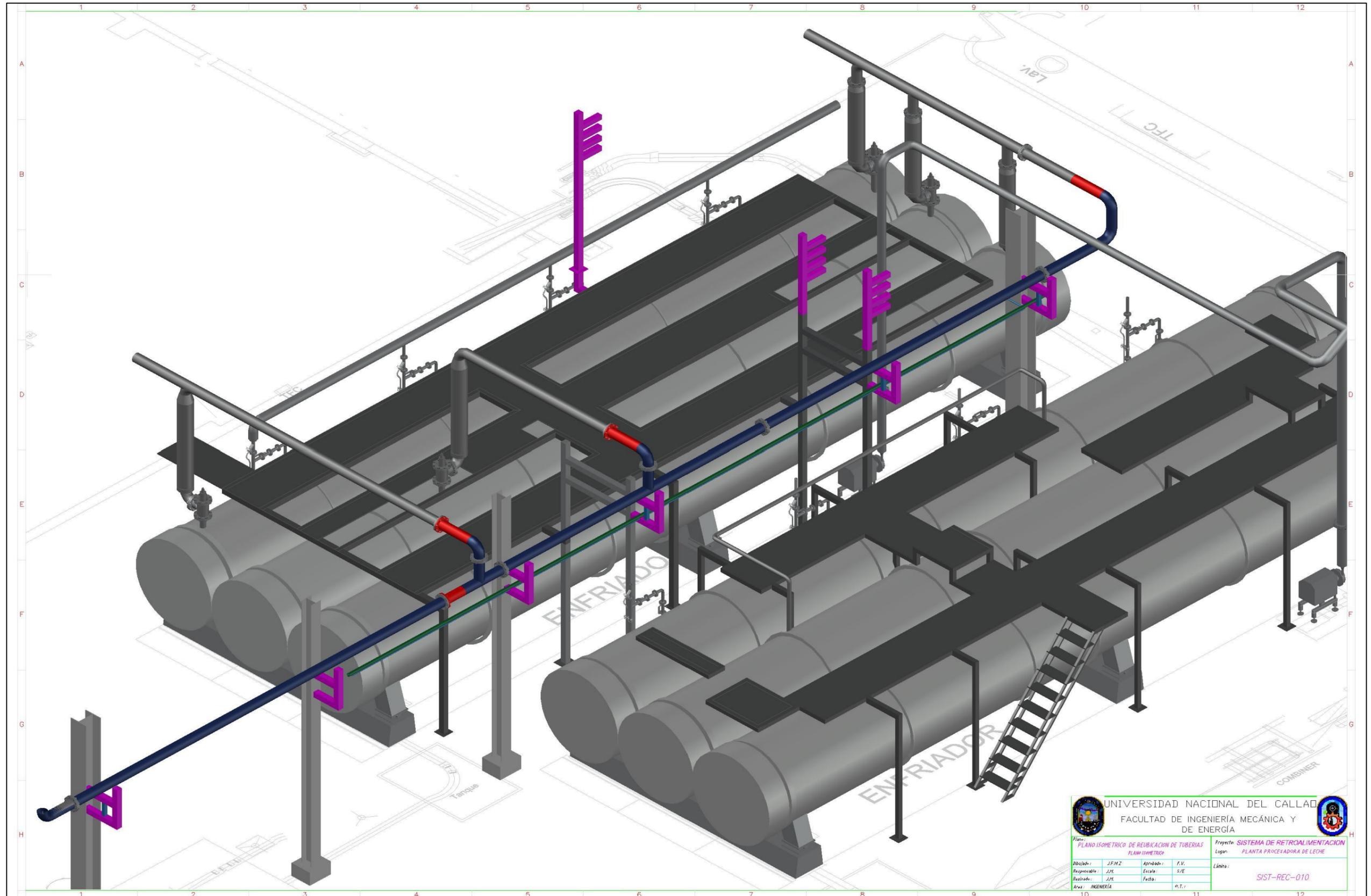
ANEXO 18. ISOMETRICO DEL SISTEMA DE RETROALIMENTACION



# ANEXO 19. PLANO ISOMETRICO DE REUBICACION DE TUBERIAS



ANEXO 20. PLANO ISOMETRICO DE REUBICACION DE TUBERIAS

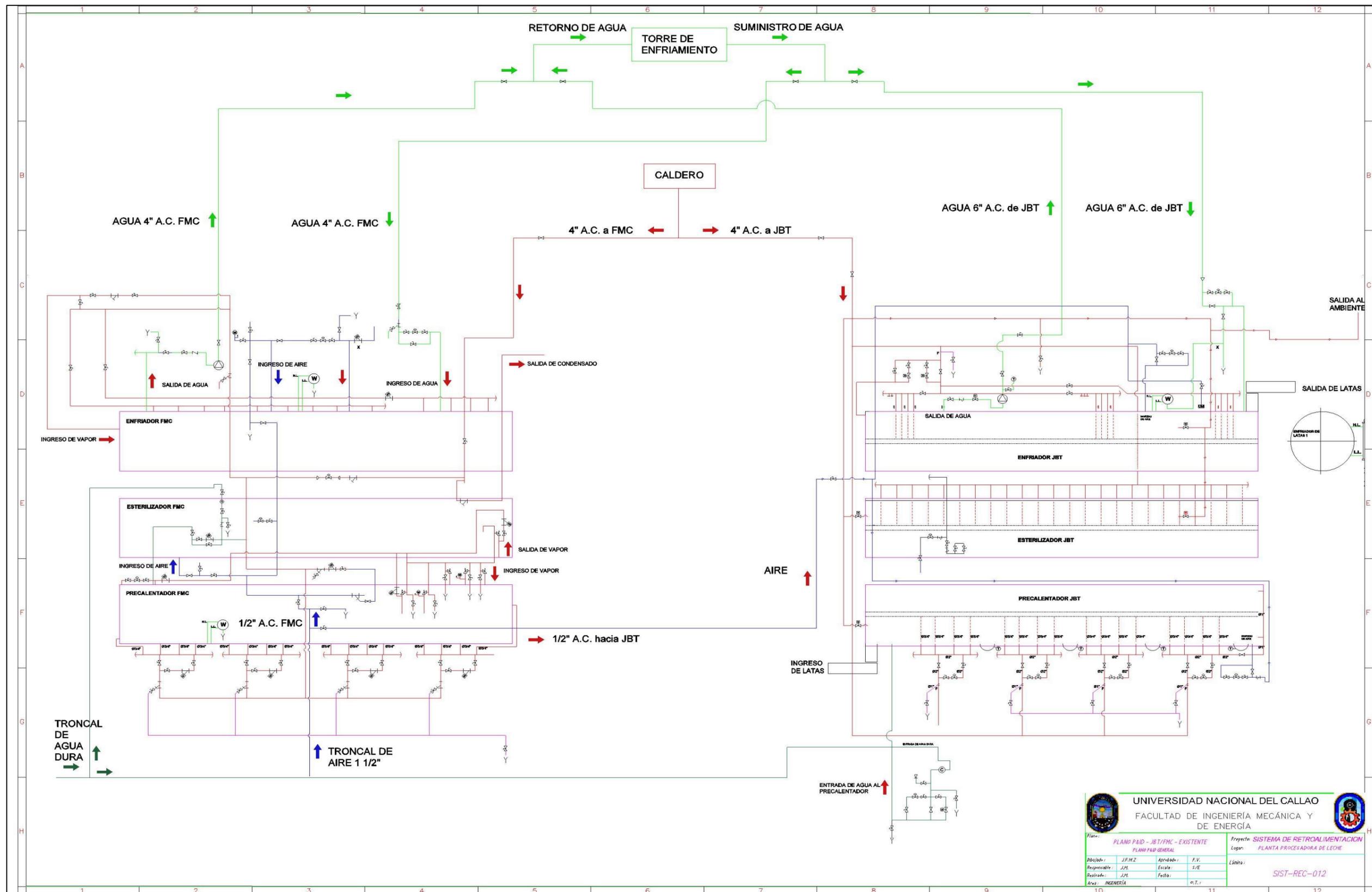


 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGIA 	
Plano: PLANO ISOMETRICO DE REUBICACION DE TUBERIAS PLANO ISOMETRICO	
Proyecto: SISTEMA DE RETROALIMENTACION Lugar: PLANTA PROCESADORA DE LECHE	
Diseñador: J.F.M.Z. Responsable: J.M. Revisor: J.M. Area: INGENIERIA	Aprobado: F.V. Escala: 1/1E Fecha: 01.11.17 Línea: SIST-REC-010

# ANEXO 21. PLANO ISOMETRICO DE REUBICACION DE TUBERIAS

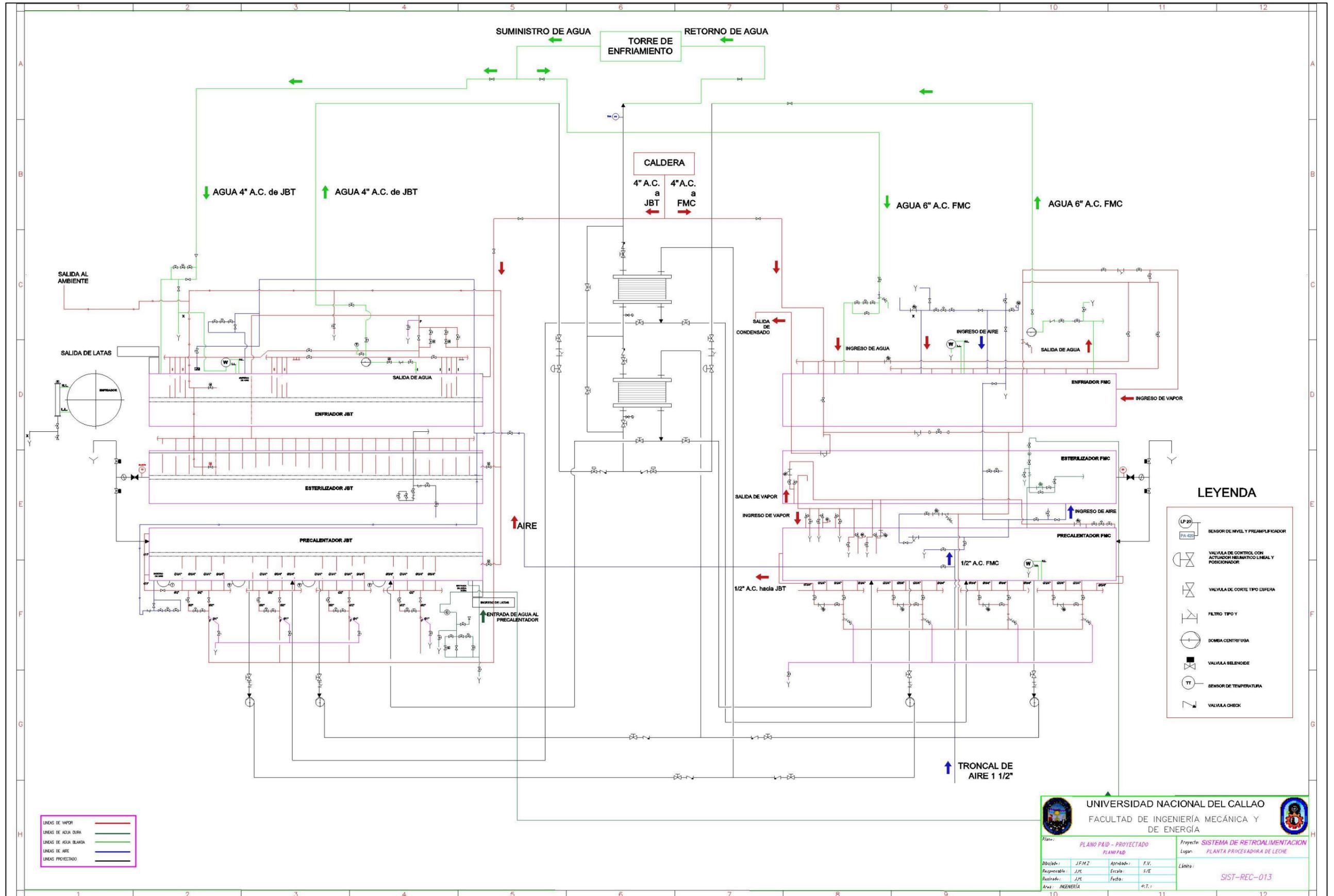


# ANEXO 22 P&ID DE TUBERIAS DEL ESTERILIZADOR ROTATIVO



 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA		
Plano: PLANO P&ID - JBT/FMC - EXISTENTE PLANO P&ID GENERAL		Proyecto: SISTEMA DE RETROALIMENTACION Lugar: PLANTA PROCESADORA DE LECHE
Diseñado: J.F.M.Z. Responsable: J.M. Revisado: J.M. Área: INGENIERIA	Aprobado: F.V. Escala: S/E Fecha: 01.11.17	Línea: SIST-REC-012

# ANEXO 23. P&D DE TUBERIAS DEL ESTERILIZADOR ROTATIVO



**LEYENDA**

	SENSOR DE NIVEL Y PREAMPLIFICADOR
	VALVULA DE CONTROL CON ACTUADOR NEUMATICO LINEAL Y POSICIONADOR
	VALVULA DE CORTE TIPO ESFERA
	FILTRO TIPO Y
	BOMBA CENTRIFUGA
	VALVULA BOLENDE
	SENSOR DE TEMPERATURA
	VALVULA CHECK

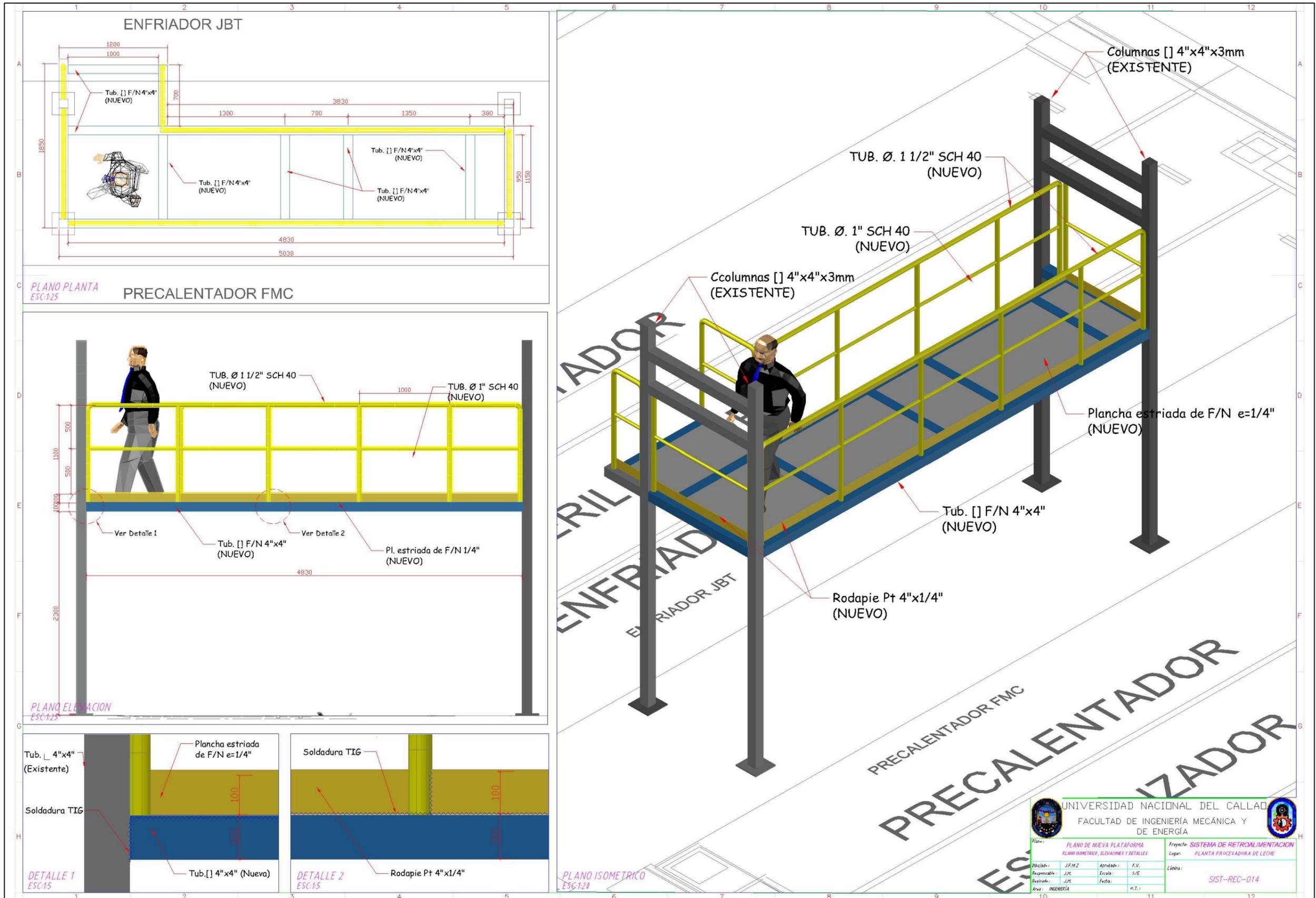
	LINEAS DE VAPOR
	LINEAS DE AGUA DURA
	LINEAS DE AGUA BLANDA
	LINEAS DE AIRE
	LINEAS PROYECTADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGIA

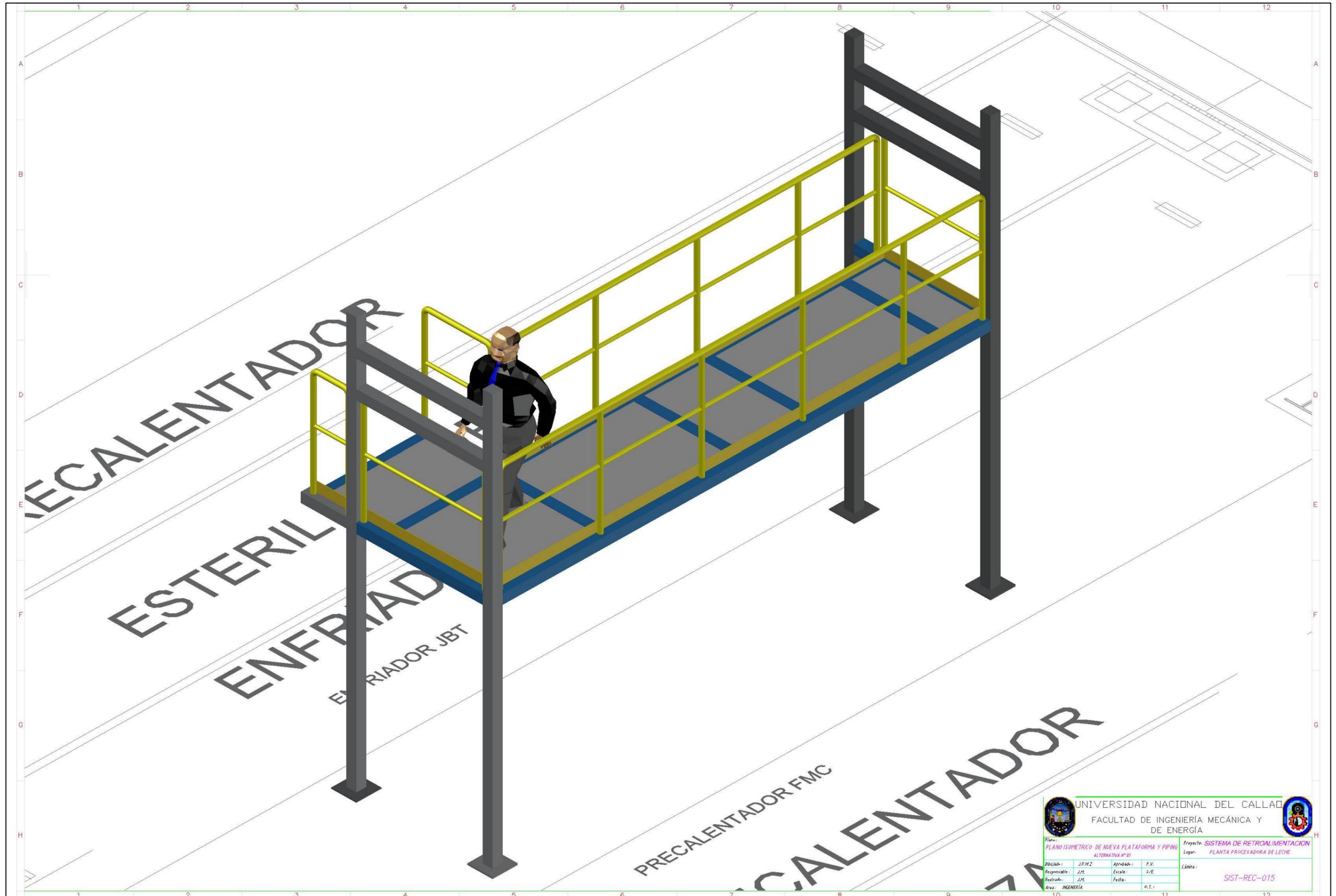
Plano:	PLANO P&ID - PROYECTADO	Proyecto:	SISTEMA DE RETROALIMENTACION
	PLANO P&ID	Lugar:	PLANTA PROCESADORA DE LECHE
Dibujado:	J.F.M.Z	Aprobado:	F.V.
Responsable:	J.M.	Escala:	1/1
Revisado:	J.M.	Fecha:	1/1/2011
Area:	INGENERIA	Cl. T.:	

SIST-REC-013

# ANEXO 24. PLATAFORMA DE INTERCAMBIADORES DE CALOR

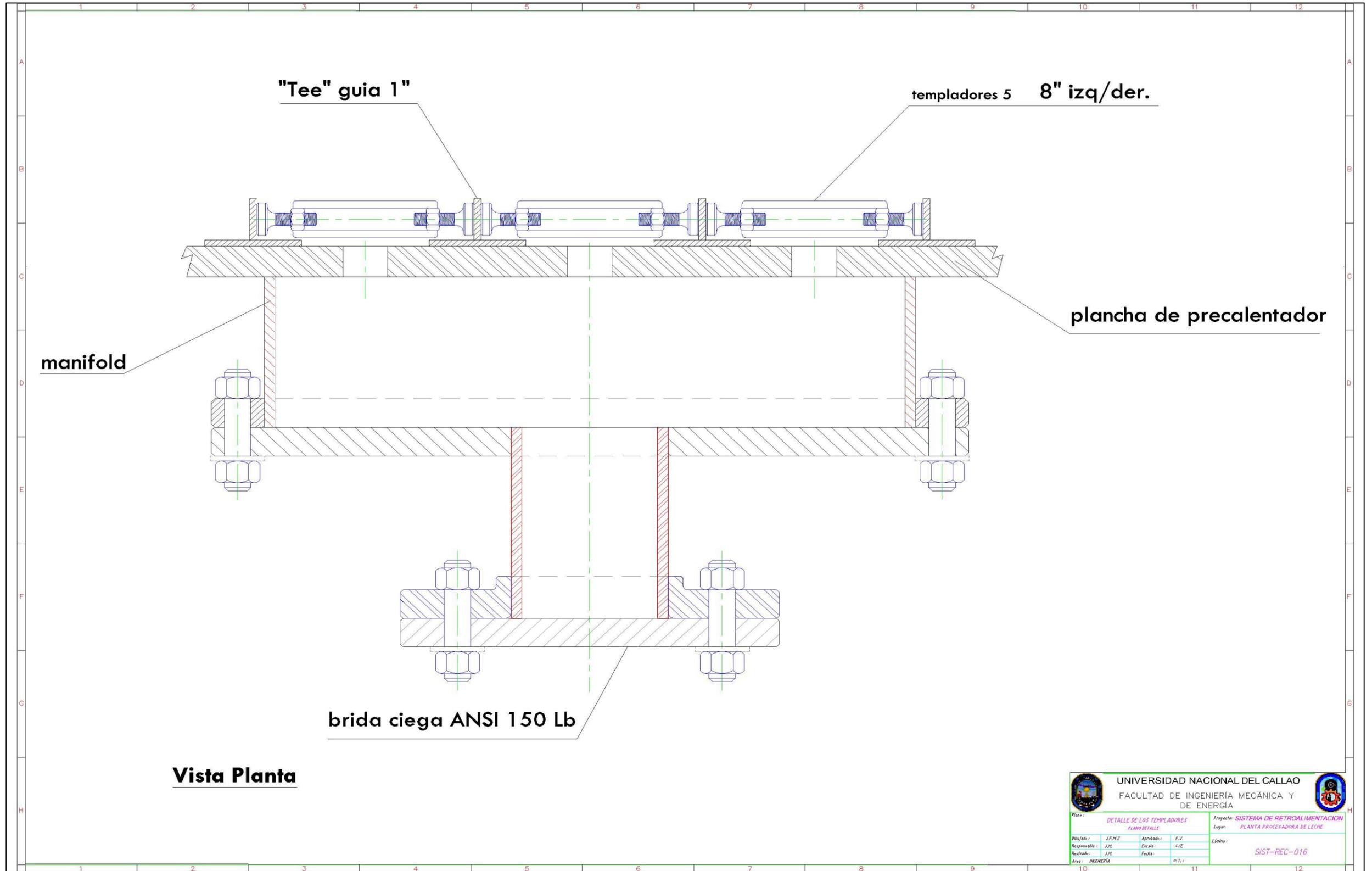


ANEXO 25. PLATAFORMA DE INTERCAMBIADORES DE CALOR



 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGIA			
Plano: PLANO ISOMETRICO DE NUEVA PLATAFORMA Y PIPING ALTERNATIVA N° 01		Proyecto: SISTEMA DE RETROALIMENTACION PLANTA PROCESADORA DE LECHE	
Dibujado: J.F.M.Z. Responsable: J.M. Revisado: J.M. Area: INGENIERIA	Aprobado: F.V. Escala: S/E Fecha:	Línea:	SIST-REC-015

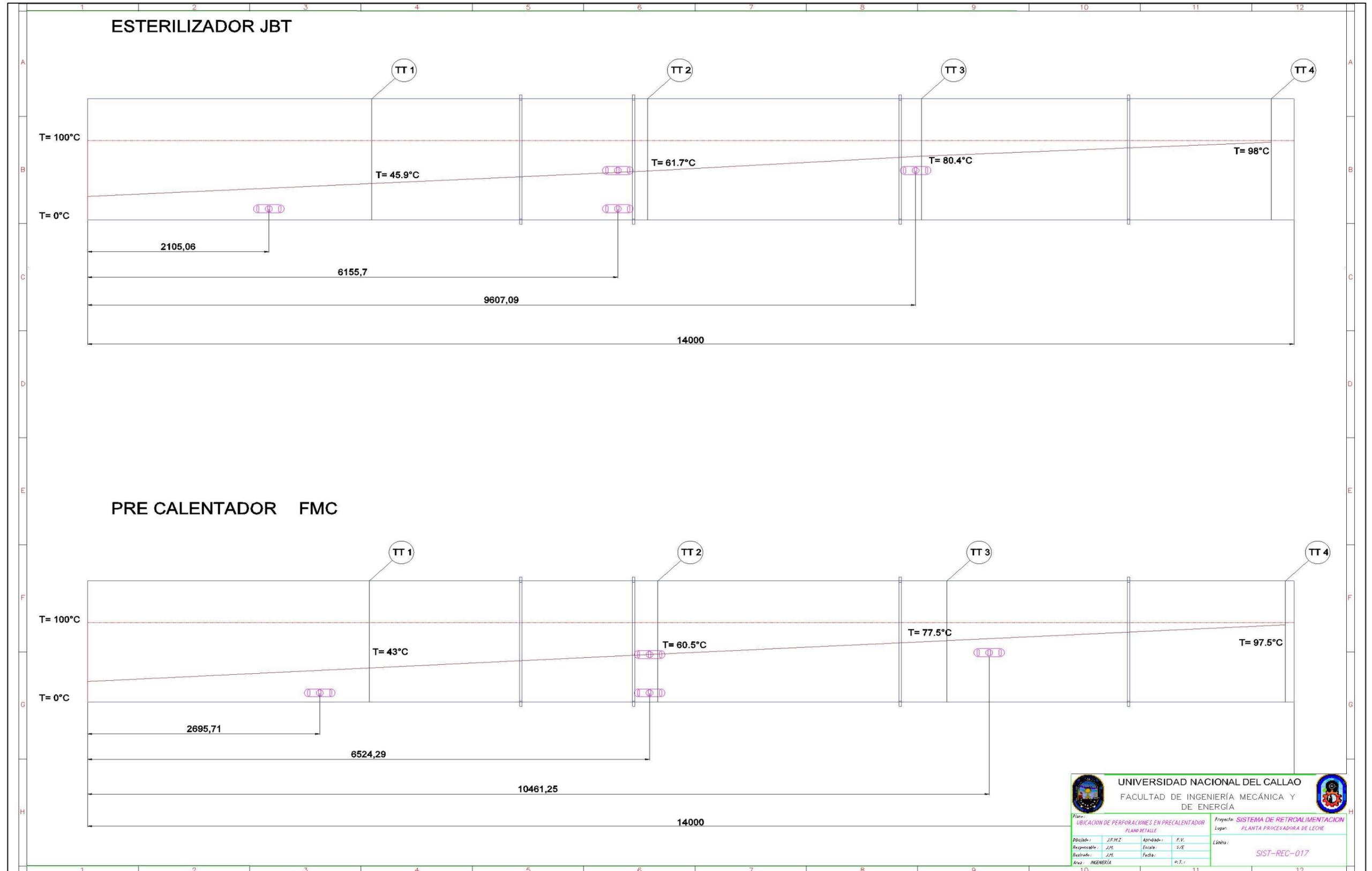
ANEXO 26. PLATAFORMA DETALLE DE LOS TEMPLADORES DE BRIDA



Vista Planta

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y DE ENERGÍA	
Plan: <b>DETALLE DE LOS TEMPLADORES</b> PLANO DETALLE		Proyecto: <b>SISTEMA DE RETROALIMENTACION</b> PLANTA PROCESADORA DE LECHE	
Dibujado: J.F.M.Z.	Aprobado: F.V.	Línea: <b>SIST-REC-016</b>	
Responsable: J.P.	Escala: S/E		
Revisado: J.P.	Fecha: P.T.		
Area: INGENIERIA			

## ANEXO 27. UBICACIÓN DE PERFORACIONES DEL PRECALENTADOR



		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA					
Plan: UBICACIÓN DE PERFORACIONES EN PRECALENTADOR		Proyecto: SISTEMA DE RETROALIMENTACION			
PLANO DETALLE		Lugar: PLANTA PROCESADORA DE LECHE			
Dibujado: J.F.M.Z.	Aprobado: F.V.	Escala: S/E		Línea: SIST-REC-017	
Revisado: J.M.	Fecha: S/E				
Area: INGENIERIA					