



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

REDISEÑO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL ÁREA DE  
EMBUTIDOS DE LA EMPRESA ITALIMENTOS CIA. LDTA.

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniero Mecánico

AUTOR RICHARD ANDRÉS SACTA ALEJANDRO

TUTOR: ING. MARLON XAVIER QUINDE ABRIL, MSc.

Cuenca – Ecuador

2023

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Richard Andrés Sacta Alejandro con documento de identificación N° 0105926737 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 23 de agosto 2023

Atentamente,



---

Richard Andrés Sacta Alejandro  
0105926737

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Richard Andrés Sacta Alejandro con documento de identificación N°. 0105926737, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: "Rediseño del sistema de enfriamiento del área de embutidos de la empresa Italimentos CIA. LDTA.", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 23 de agosto 2023

Atentamente,



---

Richard Andrés Sacta Alejandro  
0105926737

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Marlon Xavier Quinde Abril con documento de identificación N°. 0104627658, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: REDISEÑO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL ÁREA DE EMBUTIDOS DE LA EMPRESA ITALIMENTOS CIA. LDTA., realizado por Richard Andrés Sacta Alejandro, con documento de identificación N°. 0105926737, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 23 de agosto 2023

Atentamente,



---

Ing. Marlon Xavier Quinde Abril, M. Sc.  
0104627658

## **Dedicatoria**

### ***Richard Sacta***

El presente proyecto de titulación está dedicado:

A Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza para llevar a cabo cada una de las metas que me he propuesto.

A mis padres Ricardo y Martha, quienes con su cariño, paciencia, esfuerzo y apoyo incondicional me han permitido llegar a cumplir otro de los objetivos trazados. Gracias por siempre ser mi pilar e inculcar en mí constancia, valentía y esfuerzo.

Finalmente, dedico a las personas que formaron parte del proceso y me brindaron su apoyo de una u otra forma.

## **Agradecimientos**

### ***Richard Sacta***

Agradezco principalmente a Dios por permitirme llegar a cumplir esta meta tan anhelada y por brindarme salud, fuerza e impartirme sabiduría a lo largo del proceso.

Agradezco profundamente a mis padres que, gracias al cariño recibido, apoyo, paciencia y comprensión ha sido posible lograr cada una de las metas que me he propuesto, gracias a mi madre por estar siempre dispuesta a acompañarme, guiarme y apoyarme en cada situación, y en cada larga jornada de estudio, en las que su compañía, consejos y abrazos eran para mí como un impulso para continuar hacia adelante y cumplir con los propósitos planteados; a mi padre por siempre alentarme y guiarme en la vida.

Me gustaría además agradecer a mi Tutor de Proyecto de Titulación Ing. Marlon Quinde, a quien admiro; por su esfuerzo y dedicación brindados al actual trabajo de titulación. Sus orientaciones, conocimientos y su paciencia han sido esenciales para culminar con el presente.

Este documento fue realizado enteramente en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

## Índice

Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación . . . . .	I
Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana . . . . .	II
Certificado de dirección del trabajo de titulación . . . . .	III
Dedicatoria . . . . .	IV
Agradecimientos . . . . .	V
Resumen . . . . .	XII
Abstract . . . . .	XIII
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Problema</b>	<b>3</b>
2.1. Antecedentes . . . . .	3
2.1.1. Diseño de una línea de enfriamiento para el mejoramiento del proceso de producción de jamones de pierna de la empresa Subcerca C.A . . .	3
2.1.2. Estudio experimental del enfriamiento con hidroaerosol de salchichas: Efecto de los factores del proceso en la intensidad del enfriamiento . .	3
2.1.3. Evaluación de un innovador enfriamiento al vacío por inmersión con diferentes índices de reducción de presión y agitación para embutidos cocidos en tripa natural o artificial . . . . .	4
2.2. Descripción del problema . . . . .	4
2.3. Importancia y alcances . . . . .	5
2.4. Delimitación . . . . .	5
2.4.1. Espacial o geográfica . . . . .	5
2.4.2. Temporal . . . . .	6
2.4.3. Sectorial o institucional . . . . .	6
2.5. Problema General . . . . .	6
2.6. Problemas Específicos . . . . .	6
<b>3. Objetivo</b>	<b>7</b>
3.1. Objetivo General . . . . .	7
3.2. Objetivos Específicos . . . . .	7

<b>4. Marco Teórico</b>	<b>8</b>
4.1. Refrigeración de embutidos . . . . .	8
4.1.1. Importancia de la refrigeración . . . . .	8
4.1.2. Sistemas de refrigeración . . . . .	8
4.2. Patentes de refrigeración . . . . .	9
4.2.1. Sistema de hieleras con enfriamiento por convección forzada de un líquido	9
4.2.2. Sistema de refrigeración tipo mini-split que incorpora un dispositivo generador de ozono para la desinfección del aire . . . . .	9
4.2.3. Procedimiento de elaboración y conservación mediante frío de productos alimenticios . . . . .	10
4.3. Componentes de sistema de duchado . . . . .	10
4.3.1. Boquillas de aspersión . . . . .	10
4.3.2. Tubería . . . . .	11
4.3.3. Bomba centrífuga . . . . .	11
4.4. Diseño mecánico . . . . .	12
4.5. Simulación en software . . . . .	12
4.5.1. Simulación de elementos finitos . . . . .	12
<b>5. Marco metodológico</b>	<b>14</b>
5.1. Metodología de la Investigación . . . . .	14
5.2. Metodología del proceso . . . . .	15
5.2.1. Diagnóstico de la situación actual del sistema de enfriamiento de embutidos de la empresa Italimentos CIA. LDTA., e identificar las variables que intervienen en el proceso. . . . .	15
5.2.1.1. Situación actual . . . . .	15
5.2.1.2. Aspectos dimensionales . . . . .	17
5.2.1.3. Componentes de sistema de refrigeración . . . . .	18
5.2.1.4. Análisis del sistema . . . . .	21
5.2.1.5. Cálculos del sistema actual de enfriamiento . . . . .	22
5.2.1.6. Esquematización de sistema de nebulización de duchas de embutidos . . . . .	36
5.2.2. Propuesta del rediseño de sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos para la empresa Italimentos CIA. LDTA., por medio de simulación en software de ingeniería para garantizar su viabilidad. . .	36
5.3. Determinación del costo de implementación del rediseño propuesto del sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos a través de la metodología de costos unitarios. . . . .	37

<b>6. Resultados</b>	<b>39</b>
6.1. Resultados de la alternativa 5 con tubería de acero inoxidable y disminución del diámetro del circuito. . . . .	39
6.2. Cotización de costo del rediseño propuesto del sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos a través de la metodología de costos unitarios. . . . .	49
6.2.1. Equipo y herramienta . . . . .	49
6.2.2. Materiales . . . . .	50
6.2.3. Transporte . . . . .	51
6.2.4. Mano de obra . . . . .	52
6.2.5. Costo total . . . . .	52
<b>7. Conclusiones</b>	<b>53</b>
<b>8. Recomendaciones</b>	<b>54</b>
Referencias . . . . .	57
ANEXOS . . . . .	58
ANEXOS . . . . .	65

## Lista de Tablas

5.1. Accesorios del sistema de tuberías actual . . . . .	20
5.2. Datos iniciales de red de tubería . . . . .	29
5.3. Caudales para cada nodo . . . . .	29
5.4. Velocidad en cada nodo . . . . .	30
5.5. Número de Reynolds . . . . .	31
5.6. Flujo turbulento de cada nodo . . . . .	32
5.7. Coeficiente K . . . . .	32
5.8. Primera iteración . . . . .	33
5.9. Sumatorias de la pérdida de carga y sumatoria de la de $hf/Q$ . . . . .	33
5.10. Dato $q$ . . . . .	34
5.11. Datos de caudales corregidos . . . . .	34
5.13. Dato $q$ . . . . .	35
5.14. Dato $q$ de corrección de la tercera iteración . . . . .	35
5.15. Datos de caudales corregidos . . . . .	36
5.16. Tabla de ponderación . . . . .	37
6.1. Datos técnicos de la bomba . . . . .	44
6.2. Propuestas de mejora . . . . .	45
6.3. Costos de equipos y herramientas . . . . .	50
6.4. Costo de materiales . . . . .	51
6.5. Costo de transporte . . . . .	51
6.6. Costo de mano de obra . . . . .	52
6.7. Costo total . . . . .	52
8.1. Matriz de consistencia . . . . .	59
8.2. Variable dependiente . . . . .	60
8.3. Coeficiente de fricción de accesorios . . . . .	64

## Lista de Figuras

2.1. Ubicación . . . . .	6
5.1. Metodología de proceso . . . . .	14
5.2. Embutidos elaborados en la empresa Italiana . . . . .	15
5.3. Sistema de enfriamiento por nebulización . . . . .	16
5.4. Dimensiones del carro trasportador . . . . .	17
5.5. Bomba centrifuga . . . . .	18
5.6. Parámetros de bomba centrifuga . . . . .	19
5.7. Red de tubería . . . . .	28
6.1. Bomba centrifuga . . . . .	43
6.2. Simulación de un ramal . . . . .	46
6.3. Velocidad del fluido en el aspersor . . . . .	47
6.4. Velocidad del fluido en el aspersor . . . . .	48
6.5. Velocidad del fluido en el aspersor . . . . .	49

## Resumen

**E**n la siguiente investigación se realizó el rediseño del sistema de enfriamiento del área de embutidos de la empresa Italimentos CIA. LDTA., ya que con el sistema actual se tiene la problemática del cual no se puede habilitar las dos secciones de las duchas, ya que se reduce la presión y velocidad del agua para enfriar adecuadamente el producto, esto genera un cuello de botella en la producción y produce retrasos en la entrega del producto y puede generar organismos microbianos en los productos por la falta de enfriamiento instantáneo, para esto primero se realizó un diagnóstico actual del sistema de enfriamiento, tomando todos los elementos instalados como red de tubería, bomba centrífuga y aspersores, realizando cálculos de pérdidas totales del sistema, el caudal que llega a cada uno de los aspersores, presión total del sistema, etc., y se llegó a la conclusión de que la red de tubería y la bomba, no está bien implementada y se debe de realizar un cambio de estos elementos, realizando una tabla de ponderación se escoge cuál es la mejor alternativa de material, se escogió a la de mejor puntaje y se comenzó a realizar cálculos con el tipo de material escogido y con el tipo de bomba escogido, con estos resultados se planteó un rediseño cambiando la bomba centrífuga y las dimensiones de la tubería esto con el fin de que la presión sea igual a todos los aspersores, para tener una uniformidad en la liberación de agua, validando con un software de ingeniería y finalmente se realizó el costo de toda la implementación del rediseño propuesto, dando un costo total de \$4274.55, lo cual para la empresa tiene un costo adecuado, ya que entienden que el material que es el acero inoxidable es muy caro y por eso se dispara el precio.

**Palabras clave:** Diseño, Simulación, Cálculo, Caudal, Presión, Tubería.

## **Abstract**

**I**n the following investigation, the redesign of the cooling system of the sausage area of the company Italimentos CIA. LDTA., Since with the current system there is the problem of which the two sections of the showers cannot be enabled, since the pressure and speed of the water is reduced to adequately cool the product, this generates a bottleneck in the production and produces delays in the delivery of the product and can generate microbial organisms in the products due to the lack of instant cooling, for this, a current diagnosis of the cooling system was first made, taking all the elements installed such as the pipe network, centrifugal pump and sprinklers, making calculations of total losses of the system, the flow that reaches each of the sprinklers, total pressure of the system, etc., and it was concluded that the network of pipes and the pump is not well implemented and a change of these elements must be made, a weighting table is made, the best material alternative is chosen, the one with the best score was chosen and calculations began with the type of material chosen and with the type of pump chosen, with these results a redesign was proposed, changing the centrifugal pump and the dimensions of the pipe so that the pressure is equal to all the sprinklers, to have a uniformity in the release of water, validating with an engineering software and finally the cost of the entire implementation of the proposed redesign was made, giving a total cost of \$2748.87, which for the company has an adequate cost since they understand that the material that is stainless steel is very expensive and that is why the price rises.

**Keywords:** Design, Simulation, Calculation, Flow, Pressure, Pipeline.

## 1. Introducción

**D**esde el inicio de la humanidad, se ha tenido la necesidad de preservar alimentos, por lo cual en la prehistoria se cazaba y se consumía la carne en el mismo día, de lo contrario se dañaba. En el año 500 000 a.C. se descubrió el fuego (Directo al paladar, 2011) y así se mejoró la conservación de los alimentos cárnicos, ya se empleaba el ahumado y la cocción. En el año 2670 a.C. se descubrió la sal, esta se obtenía por medio del mar, ya que evaporaban el agua y solo se quedaban con la sal o por medio de la obtención en los desiertos, y la sal en ese entonces era costosa, por el tiempo y trabajo que costaba conseguirla, pero esto dio origen a las primeras carnes y pescados ya condimentados, y se empezaron a comercializar (Asociación mexicana de la Industria Salinera A.C., 2017).

Pero esto no bastaba para la supervivencia humana, y se quería preservar más la carne, por lo cual nació la idea de hacer embutidos, ya que se podría guardar carne sazónada y por más tiempo, el inicio de los embutidos no se tiene muy en claro, pero en obras literarias como la Odisea ya se puede identificar un tipo de embutido como una especie de carne grasosa dentro de una tripa y cocinada a las brazas.

Teniendo ya embutidos, nació la necesidad en algunas civilizaciones de guardarlas y así en la antigua Grecia e imperio romano se amontonaban en hoyos enterrados en la tierra que eran aislados con paja y ramas, esto lo utilizaban en épocas de calor hasta el siglo XX. Como también se puede constatar en el antiguo Egipto se colocaba agua en vasijas de arcillas pocas profundas, encima de pajas, para que el calor de la Tierra no afecte a la temperatura fría.

En la edad media, en la India, en el siglo IV y durante el periodo musulmán, en la Península Ibérica, se utilizaron los primeros métodos artificiales mediante procesos químicos, con el uso de nitrato sódico y nitrato de potasio en el agua se consiguió disminuir la temperatura. En el siglo XVI, Blas Villafranca, un médico español asentado en Roma, se dedicaba al enfriamiento del agua y el vino mediante mezclas refrigerantes, pero fue en 1607 cuando se descubrió que con una mezcla de agua con sal, el agua se podía congelar (Josebernad, 2019).

En la edad moderna los científicos como Robert Boyle y Philippe Laire comenzaron a utilizar mezclas refrigerantes en sus laboratorios. Con estos procesos permitieron ensayar a bajas temperaturas hasta que en el año 1715, mediante una aleación de nieve y nitrato amónico, Fahrenheit estableció el cero en el termómetro. Pocos años después, Priestley descubrió las propiedades termodinámicas del amoníaco y el dióxido de carbono como refrigerantes (Josebernad, 2019).

En la edad contemporánea, en el año de 1805 Oliver Evans diseñó la primera máquina de

refrigeración utilizando vapor. Pero no fue hasta 1842 cuando el americano John Gorrie diseñó una máquina para refrescar, el aparato se basaba en el principio de comprimir un gas que lo enfría a través de bobinas de radiación y después ampliarlo para bajar la temperatura (Josebernad, 2019).

En 1856, el australiano James Harrison, basándose en los refrigeradores de Gorrie, introdujo la refrigeración de compresión a vapor en las industrias cerveceras, que hasta en la actualidad se sigue utilizando. A partir de entonces la maquinaria de refrigeración empieza a despegar a un ritmo vertiginoso. En 1859 Ferdinand Carré diseña un sistema más complejo con amoníaco. A partir de entonces surge el transporte refrigerado (Josebernad, 2019).

La tecnología ha ido evolucionando y esto ha ido mejorando la refrigeración, como por ejemplo con la implementación de sensores de temperatura, sensores de rango de temperatura, etc., para que el ser humano tenga más comodidad a la hora de generar nuevos sistemas de enfriamiento.

Gracias a toda esta evolución de la refrigeración y su aplicación en la conservación de embutidos, favorece a que las bacterias microbiológicas no proliferen en estos y sea más seguro para el consumo humano, y también se utiliza para el almacenamiento y transporte para que lleguen con las mismas características a cada una de las tiendas para su comercialización.

## **2. Problema**

### **2.1. Antecedentes**

#### **2.1.1. Diseño de una línea de enfriamiento para el mejoramiento del proceso de producción de jamones de pierna de la empresa Subcerca C.A**

En la empresa venezolana de productos cárnicos SUBCERCA C.A. se requirió la implementación de una línea de enfriamiento para mejorar el proceso de elaboración de jamón cocido. Partiendo de las siguientes consideraciones: Determinación de las propiedades físico-químicas del jamón que inciden en la etapa de enfriamiento, evaluación del proceso actual de elaboración de producto, investigación de las tecnologías de enfriamiento que mejor se adapten al proceso de estudio, dimensionamiento de los equipos necesarios por la tecnología seleccionada y por último el establecimiento de la factibilidad económica de la inclusión del diseño a desarrollar (Ferrari, 2008).

#### **2.1.2. Estudio experimental del enfriamiento con hidroaerosol de salchichas: Efecto de los factores del proceso en la intensidad del enfriamiento**

En la Universidad de Tecnologías de los Alimentos en Bulgaria se realiza un estudio experimental a través de un proceso controlado de enfriamiento por hidroaerosol de salchichas ahumadas y el efecto de los principales factores del proceso sobre la intensidad de su enfriamiento. El medio de hidroaerosol incluye gotas de agua dispersas en el aire húmedo, el tiempo de enfriamiento total, la velocidad de enfriamiento y el coeficiente de transferencia de calor superficial, se utilizaron como índices para estimar la intensidad de la transferencia de calor. El orden de los factores de proceso estudiados clasificados por su importancia es el siguiente: diámetro de la salchicha, temperatura del agua de refrigeración, velocidad del flujo de aire y temperatura del flujo de aire. La intensidad del enfriamiento por hidroaerosol controlable estudiado es 1.4 a 3.8 veces mayor que el enfriamiento en condiciones industriales. El enfriamiento por hidroaerosol puede garantizar la producción de salchichas seguras y de alta calidad con cubiertas naturales y sintéticas y su vida útil prolongada (Grozdanova y Garo, 1998).

### **2.1.3. Evaluación de un innovador enfriamiento al vacío por inmersión con diferentes índices de reducción de presión y agitación para embutidos cocidos en tripa natural o artificial**

ANCOVA analizó los efectos de diferentes tasas de reducción de presión y agitación del líquido (523 rpm) sobre la tasa de éxito de la salchicha, el tiempo de enfriamiento, las pérdidas, las propiedades de textura y los parámetros químicos y físicos. La tasa de caída de presión lineal probada de 320 mbar a 50 mbar fue de 20, 30 o 40 mbar/min para salchichas con tripa artificial (ACS) y 60, 80, o 100 mbar/min para embutidos en tripa natural (NCS). Desde 50 mbar hasta 6,4 mbar, se utilizó 5 mbar/min para ambas carcasas. NCS fueron más adecuados que ACS para IVC. La tasa de reducción de presión recomendada fue de 30 mbar/min para ACS y 60 mbar/min para NCS. ACS por debajo de 30 mbar/min con agitación presentó valores de propiedad de textura significativamente más altos que sin agitación ( $P < 0.05$ ). El tiempo de enfriamiento (0 a 4 °C) de NCS a 60 mbar/min y agitación fue significativamente más corto que sin agitación ( $P < 0,05$ ). Este estudio podría ayudar a los procesadores o fabricantes de carne a la hora de elegir una tasa de caída de presión adecuada para diferentes tipos de salchichas (Feng, Drummond, Zhang, y SunDa-Wen, 2014).

## **2.2. Descripción del problema**

En la empresa Italimentos CIA. LDTA., tiene como sistema de enfriamiento para sus embutidos un sistema de duchas, que está compuesta por una sección de tuberías conectadas a aspersores para que el agua se distribuya uniformemente sobre los productos, el agua debe de estar a una temperatura ideal de 2 a 9 °C, pero al salir el agua del aspersor esta sale a una temperatura de 16 °C, esta temperatura es importante, ya que esto evitara la pérdida de peso ocasionado por el proceso más conocido como mermas. Este sistema de enfriamiento por duchas se acciona por medio de llaves manuales, una llave principal que habilita a todo el sistema y dos secundarias que están a una altura de 2,5 metros, para cada ducha existente, cada ducha está compuesta por una red de tubos y por aspersores que dan una nebulización, y esto hace que se dé un rocío casi uniforme, dado que una cantidad de producto no llega a tener contacto con el agua. De las dos duchas existentes, se utiliza solamente una para que la presión del agua no se pierda, esto lo haría si las dos duchas funcionaran al mismo tiempo. Al activar las dos duchas no se tendría un cuello de botella en la producción, ya que se colocaría más producto en las duchas y se acortaría los tiempos de producción. La altura de las llaves hace que el operario tenga que realizar la apertura manual para cada válvula. Esto se lo hace por ciclos según sea el producto empleado, estos ciclos están controlados por medio de la bomba centrífuga que está conectado a la tubería principal y la bomba se acciona durante un minuto y se apaga medio minuto, esto lo hace en intervalos de 10 minutos en

total, cada vez que se acabe el ciclo, el operario debe de reiniciar el programa apagando la bomba centrífuga y cerrando la válvula de una ducha, y abre la válvula de la otra ducha. Después de que el producto pasa por las duchas se emplea una solución anti-levadura, esto hace que en el producto no se produzcan microorganismos, esta solución se pulveriza a través de una pistola de aire, de manera manual repetitiva esto lo hace un operario, por lo que no es uniforme en el producto. Al cubrir este procedimiento con la implementación de una ducha que haga este trabajo se acortarían los tiempos de la producción.

### **2.3. Importancia y alcances**

La presente propuesta de trabajo radica su importancia en el mejoramiento del proceso de enfriamiento de embutidos, que acuerdo a datos obtenidos de la empresa Italimentos CIA. LDTA., se realiza alrededor de 30 duchados diarios, con el actual método manual, esto hace que el producto en ciertos casos esté estancando y esto en condiciones salubres no es adecuado. Con el diseño que se plantea se agilizará la producción, favoreciendo a que los embutidos tengan un enfriamiento adecuado y uniforme, garantizando la calidad del producto.

### **2.4. Delimitación**

El problema de estudio se delimitará en las siguientes dimensiones:

#### **2.4.1. Espacial o geográfica**

El trabajo de limitación se lo realizará en la Ciudad de Cuenca, provincia del Azuay, en la institución Italimentos CIA. LDTA., ubicado en la Av. Octavio Chacón Moscoso y Pa. Río Machangara, como se observa en la Figura 2.1

## Figura 2.1

*Ubicación de la empresa Italimentos CIA. LDTA.*



**Nota:** En la Figura se puede observar la dirección geográfica del lugar donde se desarrollara el trabajo de titulación (Google Maps, 2023).

### 2.4.2. Temporal

El trabajo de titulación se desarrollará en el periodo académico 62 comprendido entre los meses de marzo-agosto del 2023 y tiene un alcance en el tiempo de 240 horas efectivas.

### 2.4.3. Sectorial o institucional

El trabajo de titulación tiene una aplicación en la industria alimenticia.

## 2.5. Problema General

- ¿Es posible rediseñar el sistema de tuberías de enfriamiento del área de embutidos de la empresa Italimentos CIA. LDTA.?

## 2.6. Problemas Específicos

- ¿Es posible hacer un diagnóstico de la situación actual del sistema de enfriamiento de embutidos de la empresa Italimentos CIA. LDTA.?
- ¿Es posible proponer el rediseño de sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos para la empresa Italimentos CIA. LDTA.?
- ¿Se puede establecer el costo de implementación del rediseño propuesto del sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos a través de la metodología de costos unitarios?

### **3. Objetivo**

#### **3.1. Objetivo General**

- Rediseñar el sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos en la empresa Italimentos CIA. LDTA.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- Diagnosticar la situación actual del sistema de enfriamiento de embutidos de la empresa Italimentos CIA. LDTA., e identificar las variables que intervienen en el proceso.
- Proponer el rediseño de sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos para la empresa Italimentos CIA. LDTA., por medio de simulación en software de ingeniería para garantizar su viabilidad.
- Establecer el costo de implementación del rediseño propuesto del sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos a través de la metodología de costos unitarios.

## **4. Marco Teórico**

### **4.1. Refrigeración de embutidos**

En el sector alimentario, el frío es la clave para garantizar que el crecimiento de bacterias en los productos sea muy baja y así evitar su deterioro o pérdida. Un buen sistema de control de frío, garantiza la seguridad y la conservación óptima de nuestros alimentos (Enertic, 2019).

#### **4.1.1. Importancia de la refrigeración**

Técnicamente, la refrigeración es cuando la temperatura del producto alcanza un valor inferior a 7 °C, ya que a esta temperatura no es posible la proliferación de microorganismos patógenos. La refrigeración debe aplicarse a productos sanos, ser precoz y continua. El frío no destruye los microorganismos, sino que demora su crecimiento y duplicación. (Yuste y Mor-Mur, 2021).

La manera más efectiva de retardar la reproducción de estos patógenos es mantener la carne a temperaturas de refrigeración adecuadas. La cadena de frío en productos cárnicos no debe interrumpirse nunca en el transcurso de su cadena de distribución. El mantenimiento de la cadena de frío es uno de los principales requisitos establecidos en el Reglamento N° 853/2004 de la Unión Europea (UE) sobre higiene de los alimentos de origen animal. En este sentido, las materias primas, ingredientes, productos intermedios y productos terminados derivados de las carnes que puedan favorecer el crecimiento de patógenos y/o bacterias que aceleren su descomposición deben conservarse a temperaturas que eviten riesgos para la salud (Intersam, 2023).

#### **4.1.2. Sistemas de refrigeración**

En la producción de carne fresca se emplea la refrigeración por aire, enfriado mediante sistemas mecánicos. El proceso de refrigeración consta de dos etapas: a) disminución de la temperatura corporal en el momento del sacrificio hasta la de conservación y b) mantenimiento de la canal a baja temperatura. En el ámbito industrial, no deben mezclarse carnes en diferente momento del proceso, puesto que se provocarían oscilaciones térmicas que serán muy perjudiciales para

la calidad. Para conseguir una correcta disminución de temperatura y un correcto mantenimiento, en las cámaras se controlan tres parámetros: la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del aire.

Aparte de los sistemas de compresión mecánica, se puede refrigerar con líquidos criogénicos que se usan para productos ya semielaborados o elaborados, de alto valor añadido (para compensar el mayor coste del sistema), regulares y de pequeñas medidas (Yuste y Mor-Mur, 2021).

Para mantener la cadena de frío según la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1338:2012 que se refiere a carne y productos cárnicos. productos cárnicos crudos, productos cárnicos curados - madurados y productos cárnicos pre recocidos - cocidos, son requisitos generales, la materia prima refrigerada, que va a utilizarse en la manufactura, no debe tener una temperatura superior a los 7°C y la temperatura en la sala de despice no debe ser mayor de 14°C.

Y para producto cárnico congelado deben de mantener una temperatura igual o inferior a -18 °C. Y el producto cárnico refrigerado deben de mantenerse a una temperatura entre 0 °C – 4 °C (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012). Estos son los requerimientos para el uso práctico de carnes, en este módulo también se considera como carne a los embutidos, de esta manera tomamos esta normativa para tener en cuenta los rangos de temperatura que se pueda manejar en todo el proceso de elaboración de embutidos.

## **4.2. Patentes de refrigeración**

### **4.2.1. Sistema de hieleras con enfriamiento por convección forzada de un líquido**

Un sistema de hieleras con circulación forzada de un líquido para usarse con un equipo recirculante de líquido que incluye medios impulsores de líquido, un puerto de salida de líquido y un puerto de admisión de líquido al equipo, mediante el cual es posible enfriar todas las hieleras al mismo tiempo con un solo equipo, evitando el moverlo de una hielera a otra, manteniendo la temperatura de varias hieleras al mismo tiempo, aprovechando al máximo las capacidades de cada equipo y evitando un consumo excesivo de energía eléctrica gracias al mejor aprovechamiento del equipo (López, 2007).

### **4.2.2. Sistema de refrigeración tipo mini-split que incorpora un dispositivo generador de ozono para la desinfección del aire**

Sistema de refrigeración tipo mini-split que incorpora un dispositivo generador de ozono para la desinfección del aire. Dicho dispositivo generador de ozono cuenta con una fuente de voltaje alterno, un transformador y un par de placas electrodos

separadas por un material dieléctrico. Además, dicho sistema de refrigeración comprende un compresor, un condensador, un ventilador disipador de calor, una válvula de expansión, un evaporador, un ventilador recirculador, un sensor de temperatura, un sensor de ozono, un sensor piroeléctrico de presencia, un temporizador y un controlador. Un conducto de aire asociado a una compuerta accionada por un motor eléctrico conecta el lado de succión de aire de recirculación del evaporador con el exterior, de forma tal que cuando el sensor piroeléctrico detecta la presencia de personas, entonces el controlador envía una señal para abrir dicha compuerta y renovar el aire de la habitación. (Vélez, Pardo, y Vázquez, 2015).

### **4.2.3. Procedimiento de elaboración y conservación mediante frío de productos alimenticios**

Procedimiento de elaboración y conservación de productos alimenticios, especialmente carnes, pescados, verduras y postres, del tipo de los utilizados en hostelería, restauración o catering, para poder disponer con gran antelación de gran número de raciones de comida, caracterizado porque se realiza la cocción de las piezas pre cortadas en raciones individuales agrupadas dentro de un único embolsado al vacío, para posteriormente proceder a su almacenamiento refrigerado o congelado. La invención que se presenta aporta las principales ventajas de realizar la cocción de los alimentos en su propio jugo, sin pérdida de nutrientes ni de sabor, sin necesidad de aditivos químicos ni conservantes, a la par que permite tener guardados durante gran tiempo las raciones de alimentos. (Bordonaba, 2006).

## **4.3. Componentes de sistema de duchado**

### **4.3.1. Boquillas de aspersión**

Una boquilla de aspersión sirve para optimizar el flujo del agua de acuerdo a la necesidad. Es un mecanismo cuya función es esparcir un líquido sometido a presión. Toberas de agua para difuminar y distribuir el agua de la forma más eficiente posible. La boquilla determina la cantidad de producto aplicado, uniformidad y cobertura en el producto, así como la cantidad de deriva durante la aplicación. Una mala selección de esta puede causar que se aplique una cantidad excesiva o deficiente de producto, cualquiera de los dos casos representa mayores costos debido a que se necesitara más producto o una nueva aplicación. Otro aspecto importante es la vida útil de la boquilla, ya que las boquillas con un desgaste del 10%, al igual que una boquilla inadecuada, ocasiona disformidad en la aplicación y con ello la necesidad de hacer una nueva aplicación. (INTAGRI, 2018)

### 4.3.2. Tubería

La función es de transportar el fluido manteniendo la temperatura, caudal y presión necesaria para tener las condiciones idóneas del proceso de refrigeración.

### 4.3.3. Bomba centrífuga

Son bombas que aprovechan el movimiento de rotación de una rueda con paletas (impulsor) insertada en el cuerpo de la bomba misma. El rodete, alcanzando alta velocidad, proyecta hacia afuera el agua previamente aspirada gracias a la fuerza centrífuga que desarrolla, encañalando el líquido en el cuerpo fijo y luego en la tubería de descargar. (Aguilera, Flores, y Quijada, 2016)

Las ventajas y desventajas de las bombas son:

- Ventajas
  - Alta eficiencia y ahorro de energía: CFD se utiliza para calcular la dinámica de fluidos, y se analiza y calcula la relación entre la distribución de presión y la distribución de velocidad en la bomba, y se optimiza el diseño del canal de flujo de la bomba para garantizar que la bomba tenga un perfil hidráulico eficiente y mejorar la eficiencia de la bomba. (Bestu, 2021)
  - Instalación y mantenimiento convenientes: la estructura vertical de la tubería, la entrada y salida de la bomba se puede instalar en cualquier posición y dirección de la tubería como una válvula, lo cual es extremadamente conveniente para la instalación y el mantenimiento. (Bestu, 2021)
  - Funcionamiento suave, seguro y confiable: El eje del motor y el eje de la bomba de agua son coaxiales y están conectados directamente, con alta concentricidad, operación estable, seguro y confiable. (Bestu, 2021)
- Desventajas
  - Se necesita cebar la bomba o utilizar el equipo de la bomba para extraer el aire de la bomba. (Bestu, 2021)
  - La viscosidad del líquido tiene un impacto relativamente grande en el rendimiento de la bomba. (Bestu, 2021)
  - Las bombas centrífugas de una sola etapa se ven fácilmente afectadas cuando se usan en un entorno de flujo pequeño. (Bestu, 2021)

## **4.4. Diseño mecánico**

El diseño mecánico es una actividad dificultosa, ya que requiere varias habilidades. Es necesario dividir tareas difíciles en tareas más simples. La dificultad del tema requiere una secuencia en la cual las ideas se presentan y se revisan. Como primer objetivo es analizar la naturaleza del diseño en general, luego el diseño en ingeniería mecánica en particular. El diseño es un proceso iterativo con varias fases interactivas. Existen varios medios para que el diseñador tenga más facilidad, entre los que se conlleva varias fuentes de información y una gran abundancia de herramientas en programas de diseño. El ingeniero de diseño no solo necesita desarrollar competencia en su campo, sino que también debe cultivar un fuerte sentido de responsabilidad y ética de trabajo profesional. En cada trabajo hay obligaciones que deben realizarse mediante códigos y normas, porque se debe de presentar por la economía, por seguridad y por consideraciones de responsabilidad legal del producto. La supervivencia de un componente mecánico se relaciona con el esfuerzo y la resistencia. Los aspectos de incertidumbre siempre han estado presentes en el diseño en ingeniería y típicamente se abordan mediante el factor de diseño y el factor de seguridad, ya sea en la forma determinista. El enfoque estadístico se refiere a la confiabilidad del diseño y necesita datos estadísticos confiables. En el diseño mecánico existen otras consideraciones que incluyen las dimensiones, las tolerancias, las unidades y los cálculos (Budynas y Nisbett, 2011; García, 1984).

## **4.5. Simulación en software**

Para realizar la simulación se necesita saber conceptos básicos como se presenta a continuación:

### **4.5.1. Simulación de elementos finitos**

El análisis de elementos finitos es un método computarizado para predecir cómo reaccionará un producto ante las fuerzas, la vibración, el calor, el flujo de fluidos y otros efectos físicos del mundo real. La simulación de elementos finitos te permite comprobar si un producto se romperá, desgastará o funcionará como se espera. Se denomina análisis, pero en el proceso de desarrollo de productos, se utiliza para predecir qué ocurrirá cuando se utilice un producto.

El análisis de elementos finitos descompone un objeto real en un gran número (entre miles y cientos de miles) de elementos finitos, como pequeños cubos. Las ecuaciones matemáticas permiten predecir el comportamiento de cada elemento. Luego, una computadora suma todos los comportamientos individuales para

predecir el comportamiento real del objeto.

El análisis de elementos finitos predice el comportamiento de los productos afectados por una variedad de efectos físicos, entre los que se incluyen:

- Esfuerzo mecánico
- Vibración mecánica
- Fatiga
- Movimiento
- Transferencia de calor
- Flujo de fluidos
- Electrostática
- Moldeo por inyección de plástico.(Autodesk, 2023)

## 5. Marco metodológico

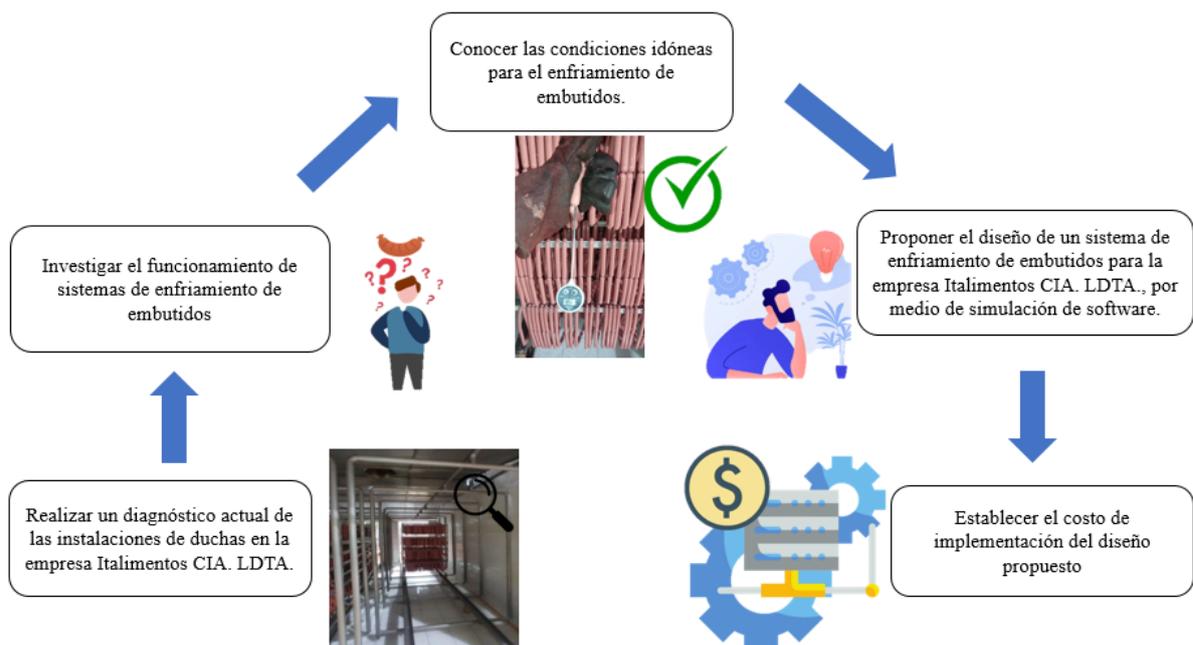
A continuación se presenta la metodología utilizada en el presente proyecto.

### 5.1. Metodología de la Investigación

Metodología del proceso en forma gráfica, se muestra en la Figura 5.1.

**Figura 5.1**

*Metodología de proceso.*



## 5.2. Metodología del proceso

### 5.2.1. Diagnóstico de la situación actual del sistema de enfriamiento de embutidos de la empresa Italimentos CIA. LDTA., e identificar las variables que intervienen en el proceso.

#### 5.2.1.1. Situación actual

En el área de refrigeración se almacena los productos de las líneas de embutidos y cárnicos, el presente proyecto se enfocó específicamente en la refrigeración de embutidos de diferentes tipos de carne, como pollo, res, cerdo y pavo, que de acuerdo a la norma NTE INEN 1338:2012 de la INEN deben encontrarse refrigerados a temperaturas entre  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . En la Figura 5.2 se muestran los productos que comercializa la empresa Italimentos Cia. LTDA.

#### Figura 5.2

*Embutidos elaborados en la empresa Italiana.*



**Nota:** En la figura se observa los embutidos producidos por la empresa, de diferentes carnicos y tamaños comerciales.

Además, se estableció que en la línea de producción de embutidos se maneja aproximadamente 1000 kg/h en producciones altas y 800 kg/h en producción baja, que depende de la demanda en algunos meses específicos del año, en función a fechas festivas, como el día de la madre, carnaval, navidad y fin de año.

En la Figura 5.3 se muestra el sistema actual de nebulización que cuenta actualmente la empresa, y que ya tiene algunos años empleándola.

### Figura 5.3

*Sistema de enfriamiento por nebulización.*

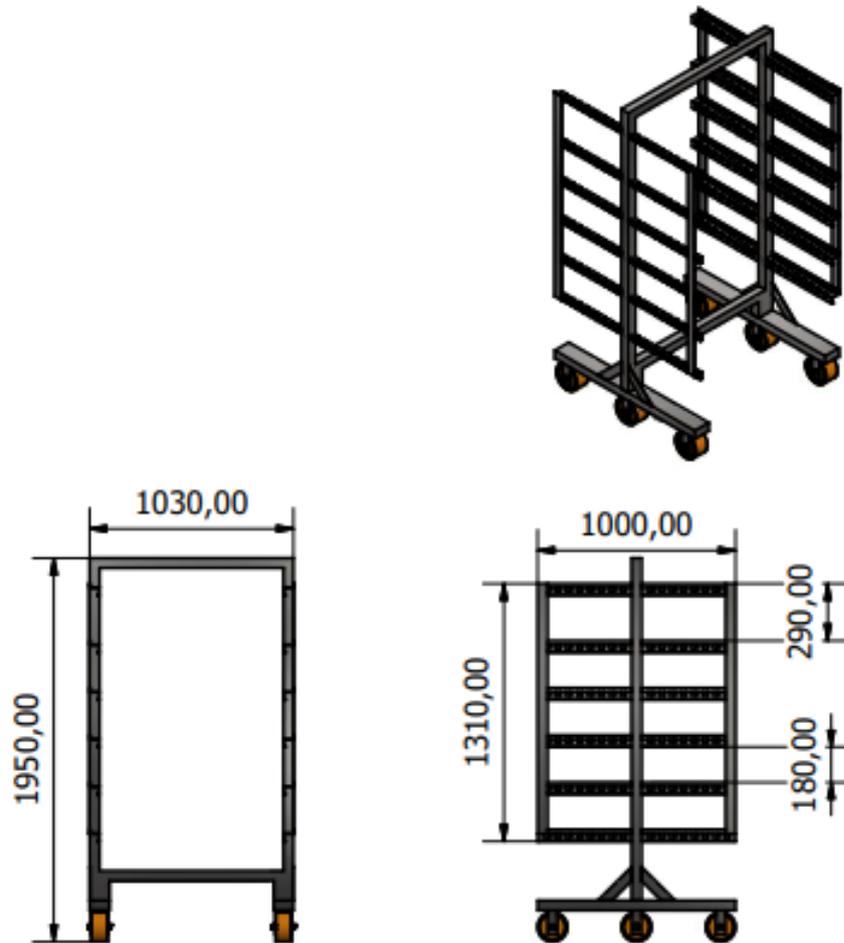


**Nota:** En la figura se puede observar el sistema actual de nebulización que tiene la finalidad de reducir la temperatura de salida de horno que aproximadamente es de 70°C a un temperatura de 14°C previo a pasar al cuarto frío donde se almacenará para su despacho a los centros de distribución.

Como se muestra en la Figura 5.4 se puede observar las dimensiones de los carros transportadores de los productos, cuyas dimensiones son relevantes para poder cubrir con la nebulosa todo el producto transportado, a continuación se presentan las medidas específicas.

**Figura 5.4**

*Dimensiones del carro transportador.*



**Nota:** En la figura se puede observar el carro transportador de productos en la línea, y sus dimensiones están de acuerdo a la capacidad de producción de embutidos.

Se consideró en el rediseño la altura y ancho en la que se encuentra el sistema de nebulización con respecto al producto, que pasa el caso de estudio se consideró 2.45 metros de altura y 1.50 metros de ancho.

#### **5.2.1.2. Aspectos dimensionales**

- Criterio de espacio físico

El espacio donde se encuentra las duchas de refrigeración es un cuarto de dimensiones de 5 metros de largo y 4 metros de ancho, con una altura de 2.50 metros de alto y cuenta con un sistema de tuberías de pulgada y media

por donde pasa el agua fría y adyacente a estos tubos tienen aspersores de acero inoxidable para hacer nebulización a cada uno de los productos.

### 5.2.1.3. Componentes de sistema de refrigeración

#### Bomba centrífuga

La empresa tiene una bomba centrífuga de marca WEG, para el uso del sistema de duchado con una potencia de 5 HP, como se muestra en la Figura 5.5

#### Figura 5.5

*Bomba centrífuga utilizada en la empresa.*



**Nota:** Se observa en la figura los parametros que tiene la bomba centrífuga que se esta empleando en la empresa para el sistema de enfriamiento.

Esta bomba centrífuga tiene parámetros establecidos que se muestra en la placa de la bomba como se puede apreciar en la Figura 5.6.

**Figura 5.6**

*Parámetros de bomba centrífuga.*



**Nota:** Se observa en la figura los parámetros que tiene la bomba centrífuga que se esta empleando en la empresa para el sistema de enfriamiento.

### **Cisterna**

El agua se almacena en una cisterna denominada D, que tiene un almacenamiento de 13 metros cúbicos, que siempre abastecerá al sistema de duchas.

### **Tubería**

El sistema de nebulización consta de tuberías de acero galvanizado que es desde la salida de la bomba hasta un codo que tiene una longitud de 9.9 metros, un tamo de acero de PVC de 4.15 metros de longitud, y una tubería de acero inoxidable de 64 metros lineales.

### **Tubería de acero galvanizado**

La tubería que alimenta a la bomba desde la cisterna y la salida de la bomba consta de acero galvanizado, que consta de 9.9 m lineales.

### **Tubería de PVC**

En una parte del sistema de tuberías, consta de tubos PVC. Este tipo de tubería tiene 4 m de largo.

## Tubería de acero inoxidable

Toda la sección de duchas está construido por acero inoxidable, esto lo hacen con el fin de no contaminar el producto de óxido, como comúnmente se utiliza en la gran mayoría de la infraestructura alimenticia que esté en contacto directo con alimentos, que consta de 64 m lineales.

## Accesorios

En todo el sistema de enfriamiento de los embutidos, el sistema de tuberías tiene varios accesorios como se los numera en la Tabla 5.1, esto será muy importante posteriormente para el desarrollo de los cálculos, ya que aquí existe una pérdida de presión en lo cual en el anexo F tenemos los coeficientes de fricción de cada accesorio, y también en el Anexo D se encuentra la ficha técnica de los aspersores instalados en la red de tubería.

**Tabla 5.1**

*Accesorios del sistema de tuberías actual.*

Accesorios	Cantidad
Codos a 90°	65
Llaves	3
Uniones	5
Aspersores	98
T	31

**Nota:** En la tabla se observa todos los accesorios actuales que tiene la empresa para el sistema de nebulización de embutidos.

## Funcionamiento del sistema

En el cuarto frío de refrigeración de embutidos, donde consta de dos circuitos, cada uno de estos cuenta con rieles para que ingrese los carros transportadores de embutidos, como se puede observar en la Figura 5.4 de manera manual, estos circuitos consta de 7 ramales cerrados y 7 aspersores por cada ramal, en total existe 98 aspersores.

El sistema funciona cuando el operador ingresa los carros de manera manual, quien abre una válvula esférica a través de un tubo en la parte superior del cuarto para permitir el flujo de agua, el sistema es activado por una botonera la cual hace funcionar a la bomba centrífuga y por medio de temporizadores controlar el

tiempo que se prende por 2 minutos y se apaga por tiempo de 1 minuto esto en un ciclo de 11 minutos, el operador vuelve a cerrar la llave, y abre el siguiente circuito, porque previamente se ha ingresado el embutido y cumple otra vez con el mismo ciclo mencionado.

Cada circuito se utiliza alternadamente debido a que si se utiliza los 2 circuitos simultáneamente cae la presión del agua y no se consigue la refrigeración adecuada.

#### **5.2.1.4. Análisis del sistema**

Para iniciar con los cálculos se debe de tomar en cuenta algunos de los conceptos básicos que son:

##### **Caudal**

Es la cantidad de fluido que circula en una sección determinada de un ducto en cierta cantidad de tiempo. Este ducto puede ser cañería, oleoductos, tubería, río o canal, entre otros. (Ramírez, 2023).

##### **Dímetro de la tubería**

Se debe de calcular el diámetro de la tubería, según esto se sabrá si se tendrá más o menos caudal.

##### **Perdida de presión**

La pérdida de presión es el resultado de las fuerzas de fricción ejercidas sobre un fluido dentro de un sistema de tuberías, resistiendo su flujo. A medida que aumenta la pérdida de presión, también incrementa la energía requerida por las bombas del sistema para compensarla, lo cual lleva a mayores costos de operación. (Corzan, 2022)

##### **Temperatura de trabajo**

La temperatura que sale del horno los embutidos es un promedio de 75 °C, esto pasa rápidamente a las duchas de enfriamiento, lo cual entregan una temperatura en el agua de 14 °C, y según la experiencia del personal se debe mantener a una temperatura ideal entre 8 a 10 °C, para que en el proceso posterior que es en el Chiller sea más rápido y, por lo tanto, se ahorraría el tiempo en la producción.

### 5.2.1.5. Cálculos del sistema actual de enfriamiento

Se realizará los cálculos para saber cuanto caudal está entregando la bomba actual que tiene la empresa y saber si satisface para que las dos secciones funcionen simultáneamente

En la empresa cuenta con una bomba con los parámetros que se puede observar en la Figura 5.6, una vez conocido esto, determinamos que un promedio de caudal para esta bomba es de  $15 \text{ m}^3/\text{s}$ , lo que es equivalente a 4.167 L/s.

Se tendrá en cuenta valores iniciales como son:

El rendimiento hidráulico  $\eta_H$  esto es importante para los cálculos de pérdidas de carga debido al rozamiento del fluido por las paredes de la bomba, válvulas y los rodetes. Sería igual al cociente entre la altura manométrica que realmente logra el fluido y la que lograría de no existir estas pérdidas. El rendimiento hidráulico se puede calcular con los siguientes valores:

- Entre 0,95 hasta 0,97 para bombas de gran tamaño y con unas condiciones de escurrimientos favorables.
- Entre 0,85 hasta 0,88 para bombas más pequeñas y de diseño no demasiado elaborado.

Se escogerá un valor de 0.85 para el rendimiento hidráulico en caso de esta bomba.

El rendimiento volumétrico  $\eta_V$  se tiene en cuenta las pérdidas por fugas de fluido dentro del cuerpo de la bomba.

- entre 0,97 hasta 0,98 para bombas de cuidada ejecución y grandes caudales.
- entre 0,94 hasta 0,96 para bombas de cuidada ejecución y pequeños caudales.
- entre 0,89 hasta 0,92 para bombas de regular ejecución y pequeños caudales.

Se escogerá un rendimiento volumétrico de 0.89.

Se calculará la potencia útil, esta es la potencia que realmente se aprovecha cuando se activa un equipo o instalación eléctrica, la cual se calculará con la siguiente ecuación:

$$P_u = P_b \cdot \eta_H \cdot \eta_V = 3.78 \text{ hp} \quad (5.1)$$

Una vez teniendo estos datos iniciales se calculará la velocidad de fluido por la cual pasa en la tubería. Para esto se conoce el radio interno de la tubería de dos pulgadas que es de 23.74 mm y con este valor se da a conocer el área de la tubería, lo cual es un valor de  $0.002 \text{ m}^2$ . La velocidad se conocerá con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{15 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.002 \text{ m}^2} = 2.353 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (5.2)$$

## Número de Reynolds

El Número de Reynolds se puede considerar como la razón de fuerzas inerciales a fuerzas viscosas que actúan sobre un elemento de fluido (Cengel y Cimbala, 2012). Se utilizará a siguiente ecuación:

$$\text{NRe} = \frac{D_i \cdot V \cdot \rho}{\mu} \quad (5.3)$$

Donde:

$D_i$  = Diámetro interior

$\rho$  = Densidad de agua a 14 °C

$\mu$  = Viscosidad del agua a 14 °C

$V$  = Velocidad que ya calculamos en la ecuación 5.2.

Obteniendo:

$$\text{NRe} = \frac{0.02224\text{m} \cdot 2.353 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 998.91 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1.1709 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}} = 9.532 \cdot 10^4 \quad (5.4)$$

Este resultado es mayor a 4000, esto quiere decir que el flujo es turbulento.

## Ecuación de Bernoulli

La ecuación de Bernoulli es una relación aproximada entre la presión, la velocidad y la elevación, y es válida en regiones de flujo estacionario e incompresible en donde las fuerzas netas de fricción son despreciables. La cual es de uso común en mecánica de fluidos para el flujo estacionario e incompresible, a lo largo de una línea de corriente, en las regiones no viscosas del flujo. El valor de la constante puede evaluarse en cualquier punto de la línea de corriente en donde se conozcan la presión, densidad, velocidad y elevación.

La ecuación de Bernoulli también puede escribirse entre dos puntos cualesquiera sobre la misma línea de corriente como:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + H_B = Z_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + hf_{1-2} \quad (5.5)$$

Se elimina  $Z_1$  ya que no hay altura en la bomba y  $P_1$  porque no hay presión ni velocidad que es  $V_1$ .

Se elimina  $P_1$  porque no hay presión en esa sección.

Entonces la ecuación quedará de la siguiente manera:

$$H_B = Z_2 + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + hf_{1-2} \quad (5.6)$$

Donde:

$H_B$  = Carga de la bomba en el punto inicial del sistema.

$V_2$  = Es la velocidad conocida

$hf_{1-2}$  = Perdidas longitudinales y puntuales.

$Z_2$  = Es la altura total de la sección = 2.7 m

### **Fórmula de Parcy Weisboch**

Esta fórmula es muy conocida para calcular las perdidas de tuberías.

- Perdidas longitudinales

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (5.7)$$

- Perdidas puntuales

$$h_p = k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (5.8)$$

Todo el sistema de tubería del sistema de enfriamiento está compuesto de tres materiales: Acero Galvanizado, tubo PVC y acero galvanizado.

### **Acero galvanizado**

El acero galvanizado va a ser el material que iniciará para calcular las perdidas. Como primer punto se debe considerar la rugosidad del material, siendo  $\varepsilon_{gal} = 0.1510^{-3}m$ , conociendo esto, se procederá al cálculo del valor de fricción teórico para flujo turbulento:

$$f_{gal} := \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3.7 \cdot \frac{D_i}{\varepsilon_{gal}}} + \frac{5.74}{NRe^{0.9}} \right) \right]^2} = [0.028] \quad (5.9)$$

### **Perdidas longitudinales**

Conociendo que el diámetro es de 0.04748 m y la longitud de 9.9 m, se obtiene lo siguiente:

$$h_{fgal} = f_{gal} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 1.656m \quad (5.10)$$

### **Perdidas puntuales**

Donde:

$k$  = Coeficiente de rugosidad de Scobey (adimensional) Esta sección de la tubería

tiene codos, por lo tanto, debemos de conocer el coeficiente de un codo:  $k_{codo} = 1.07$  Y con este resultado obtenemos:

$$h_{codo} = k_{codo} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0.302m \quad (5.11)$$

Este valor se lo multiplica por 4 codos, obteniendo un valor de 1.209 m. Para el valor k de la T que tenemos en la sección de la tubería es:  $K_T = 1.80$  Y con este resultado obtenemos:

$$h_T = k_T \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0.508m \quad (5.12)$$

Con estos resultados, se hará una sumatoria de perdidas para el acero galvanizado:

$$\sum h_{acero\ gal} = 3.372m \quad (5.13)$$

## Tubo PVC

Para el segundo tramo se va a calcular la tubería PVC que se tiene en el sistema de enfriamiento, para esto se debe considerar la rugosidad del tubo PVC, este es  $\varepsilon_{PVC} = 0.0015mm$ .

Se hará al cálculo del valor de fricción teórico para flujo turbulento:

$$f_{PVC} := \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3.7 \cdot \frac{\varepsilon_{PVC}}{D_i}} + \frac{5.74}{NRe^{0.9}} \right) \right]^2} = [0.014] \quad (5.14)$$

## Perdidas longitudinales

La longitud que tiene este material es de 4.15 m, entonces:

$$h_{PVC} = f_{PVC} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0.45m \quad (5.15)$$

## Perdidas puntuales

El coeficiente de rugosidad de una llave es:  $K_{llave} = 0.2$

$$h_{llave} = k_{llave} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0.506m \quad (5.16)$$

A continuación se obtendrá la sumatoria de perdidas de la sección del tubo PVC:

$$\sum h_{PVC} = 0.956m \quad (5.17)$$

## Tubería de acero inoxidable

Se debe considerar la rugosidad del tubo del acero inoxidable, este es de  $\varepsilon_{PVC} = 0.002mm$ .

Se volverá a realizar el cálculo del valor de fricción teórico para flujo turbulento del acero inoxidable:

$$f_{inox} := \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3.7 \cdot \frac{D_i}{\varepsilon_{inox}}} + \frac{5.74}{NRe^{0.9}} \right) \right]^2} = [0.014] \quad (5.18)$$

## Perdidas longitudinales

Para esta sección de material, se hará en dos secciones.

La primera sección se hará fuera de las duchas, esta sección está compuesta desde la tubería que inicia desde un codo que une la tubería de PVC a la tubería de galvanizado, hasta antes de los ramales: La longitud de este material es de 7.8 m en total en toda esta sección, siendo así:

$$h_{inox} = f_{inox} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0.803m \quad (5.19)$$

La segunda sección se hará dentro de los ramales, pero solamente de una. Cada ramal tiene una longitud de 8.1 m, entonces:

$$h_{inox} = f_{inox} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0.834m \quad (5.20)$$

Este valor se multiplicará por las 14 duchas que hay, obteniendo un valor de 11.671 m.

La sumatoria de perdidas longitudinales en la tubería inoxidable es de:

$$\sum L_{inox} = 12.479m \quad (5.21)$$

## Perdidas puntuales

De igual manera se hará en dos partes esta sección, una fuera de los ramales y otra dentro de los ramales.

Fuera de los ramales

En esta sección se tiene codos, y en la ecuación 5.11, se tiene el valor de cuanto es la pérdida por cada codo, este dato se lo multiplica por 5, obteniendo 1.511 m.

También es esta sección, se tiene 2 Tes, el valor de cada una de las Tes está en la ecuación 5.12, por lo tanto, el valor sería de 1.016 m.

De igual manera se tiene el valor en la ecuación 5.16 de cuanto es la pérdida en una llave, este dato se lo multiplica por 2 llaves que hay en esta sección, teniendo el valor de 0.113 m.

Dentro de los ramales

Esta sección tiene 56 codos, esto se multiplicará por el dato obtenido en la ecuación 5.11, obteniendo 16.919 m.

También hay 28 Tes y con la ecuación 5.12 se multiplicará este valor y se tiene como resultado 14.231 m.

Se tiene aspersores en esta sección, entonces el coeficiente de rugosidad es de  $k_{asp} = 2.75$

Se obtiene:

$$h_{asp} = k_{asp} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0.776m \quad (5.22)$$

Como en el circuito tiene 98 aspersores, se multiplicará el resultado de la ecuación anterior, obteniendo 76.096 m.

La sumatoria de todas las pérdidas en la tubería de acero inoxidable es de:

$$\sum h_{inox} = 123.789m \quad (5.23)$$

Una vez obtenidos todas las pérdidas de cada tramo por materiales se debe de hacer una sumatoria total de todas las pérdidas del sistema de refrigeración, siendo:

$$hf_{1-2} = 127.531m \quad (5.24)$$

Una vez obtenido todas las pérdidas existentes en el circuito en el sistema de duchado, se procederá a calcular la carga de la bomba:

$$H_B = Z_2 + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + hf_{1-2} = 135.561m \quad (5.25)$$

Conociendo estos valores se procederá a calcular la potencia que deberá tener el motor, conociendo el peso específico del agua a 14°C de  $\gamma = 9805.96 \frac{N}{m^3}$ , con la siguiente ecuación:

$$\text{Potencia} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_B}{\eta_H} = 6.49 \cdot 10^3 W = 8.738hp \quad (5.26)$$

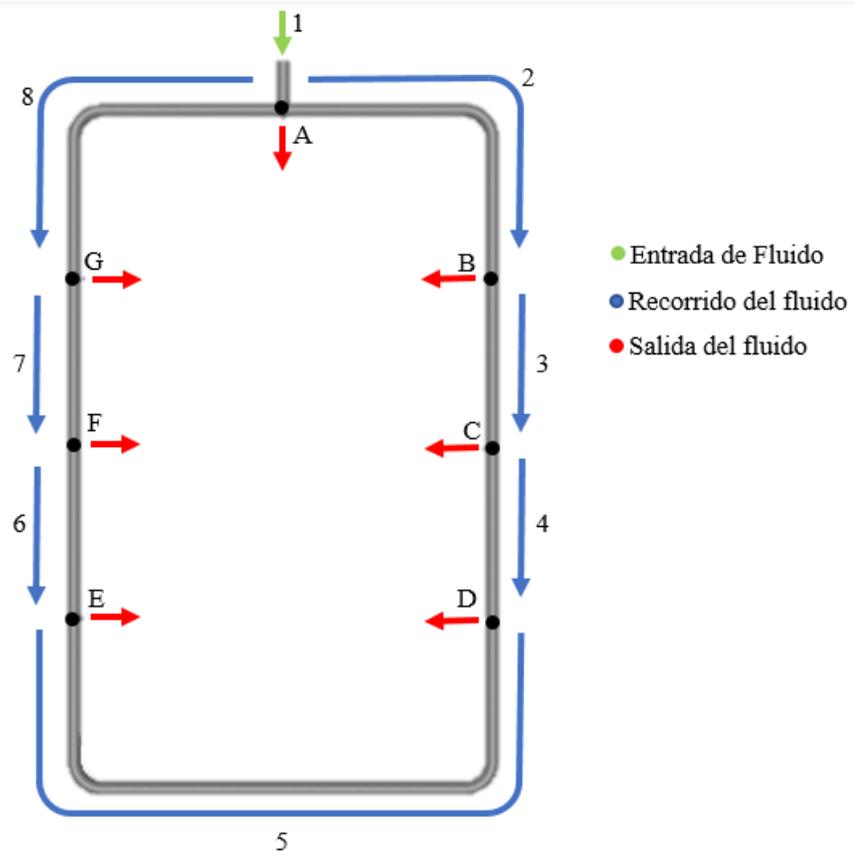
Para realizar los cálculos de los ramales se utilizó el método de Hardy Cross, este método muy antiguo desde 1935, que se utilizara el cálculo de caudales es

un sistema de tuberías cerrado. Para iniciar con este método se debe tener los diámetros de la red de la tubería y por un método iterativo se va conociendo los caudales correctivos que se debe colocar en las tuberías correspondientes.

Para iniciar con los cálculos se realiza una esquematización de la red de tuberías a estudiar, como se puede observar en la Figura 5.7

**Figura 5.7**

*Red de tubería*



**Nota:** Se observa en la figura la esquematización de la red de tubería.

A continuación en la Tabla 5.2 se da a conocer los datos iniciales como son longitudes y diámetros de cada tubería

**Tabla 5.2***Datos iniciales de red de tubería.*

Tramo	Longitud (m)	Diámetro (m)
1	0,18	0,04748
2	1,3625	0,04748
3	0,6125	0,04748
4	0,6125	0,04748
5	2,725	0,04748
6	0,6125	0,04748
7	0,6125	0,04748
8	1,3625	0,04748

**Nota:** En la tabla se presenta los datos iniciales de la red de tuberías.

Se coloca los caudales necesarios para cada nodo según sea nuestro criterio y los caudales necesarios para cada aspersor se activen que sería los 0.56 lt/s, como se puede observar en la Tabla 5.3

**Tabla 5.3***Caudales para cada nodo.*

Nodo	qn(lt/s)
A	0,676075949
B	0,49
C	0,303924051
D	0,828037975
E	0,828037975
F	0,303924051
G	0,49

**Nota:** En la tabla se presenta los caudales necesarios para cada nodo y para los aspersores.

Teniendo los datos iniciales aplicamos los cálculos para la pérdida de carga con la ecuación de DARCY - WESIBACH ya que es una tubería menor a 100 mm.

Con esta ecuación lo primero que debemos de calcular es la velocidad en cada tramo de la red, con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad (5.27)$$

Los resultados obtenidos de la velocidad son:

**Tabla 5.4**

*Velocidad en cada nodo.*

Nodo	Velocidad (m/s)
A	0,381842
B	0,276748
C	0,171654
D	0,467668
E	0,467668
F	0,171654
G	0,276748

**Nota:** La tabla presenta los número de Reynols en cada nodo.

Se debe de conocer la viscosidad cinemática del agua, que estará a 14 °C, en este caso sería un valor de  $0,000001176m^2/s$ .

El número de Reynolds para este caso de diseño se considerará la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad (5.28)$$

En la tabla 5.5 se presentará los cálculos obtenidos de la velocidad y el número de Reynolds de cada nodo.

**Tabla 5.5**

*Número de Reynolds.*

Nodo	NRe
A	15416,527
B	11173,446
C	6930,366
D	18881,710
E	18881,710
F	6930,366
G	11173,446

**Nota:** La tabla presenta los número de Reynols en cada nodo.

Como se puede observar en la Tabla 5.5 todos los datos del número de Reynolds es mayor a 4000, esto quiere decir que el flujo es turbulento, por lo tanto, se utilizara la siguiente ecuación:

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 * \frac{\theta}{\epsilon}} \right) + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right]^2} \quad (5.29)$$

Con la ecuación aplicada a cada nodo se obtiene los resultados que se presenta en la Tabla 5.6, teniendo presente que estamos utilizando acero inoxidable, el cual tiene una rugosidad de 0.00002.

**Tabla 5.6***Flujo turbulento de cada nodo.*

Nodo	f
A	0,02759
B	0,03005
C	0,03435
D	0,02619
E	0,02619
F	0,03435
G	0,03005

**Nota:** En la tabla se presenta los datos de flujo obtenidos para cada nodo.

Una vez obtenido el flujo de fluidez de cada nodo se procede a calcular el coeficiente de resistencia a la fricción del agua en cada tramo, con la ecuación que se presenta a continuación:

$$K = \frac{0,08263 \cdot f \cdot L}{D^5} \quad (5.30)$$

Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 5.7***Coefficiente K.*

Nodo	Coefficiente K
A	12873,0342
B	6302,7191
C	7205,0790
D	24442,4990
E	5493,9562
F	7205,0790
G	14020,334

**Nota:** En la tabla se presenta los coeficientes K de cada tramo.

Una vez obtenido todos estos datos se procede a realizar una tabla, para realizar

la primera iteración y corregir los caudales impuestos al tanteo, estos valores de Caudal “Q” lt/s son valores que se van dando en la suma de caudales como se muestra en la Figura 5.7, con los caudales  $q_n$  (lt/s) que se muestra en la Tabla 5.3.

**Tabla 5.8**

*Tabla de iteraciones para el calculo mediante el metodo de Handry Croos.*

Tramo	Longitud (m)	Diámetro (m)	Caudal "Q" lt/s	Coficiente K	Perdida de carga hf (m)	hf/Q	q (lt/s)	Caudal Corregido "Q"lt/s
2	1,3625	0,04748	1,622	12873,034	33867,460	20880,062	0,02161	1,6436
3	0,6125	0,04748	1,132	6302,719	8076,456	7134,678	0,02161	1,1536
4	0,6125	0,04748	0,8281	7205,079	4940,880	5966,526	0,02161	0,8497
5	2,725	0,04748	0,0007	24442,499	0,012	17,110	0,02161	0,0223
6	0,6125	0,04748	-0,8281	5493,956	-3767,478	4549,545	0,02161	-0,8065
7	0,6125	0,04748	-1,132	7205,079	-9232,761	8156,149	0,02161	-1,1104
8	1,3625	0,04748	-1,622	14020,334	-36885,873	22740,982	0,02161	-1,6004

**Nota:** La tabla presenta la primera iteracion que se realizo con caudales escogidos al tanteo para partir con las demas iteraciones.

Para obtener el caudal corregido se hace una sumatoria de la perdida de carga y sumatoria de la de hf/Q, como podemos observar en la Tabla 5.9

**Tabla 5.9**

*Sumatorias de la perdida de carga y sumatoria de la de hf/Q.*

$\sum hf$	-3001,305416	m
$\sum hf/Q$	69445,05219	m/lt/s

**Nota:** La tabla presenta la primera iteracion que se realizo con caudales escogidos al tanteo para partir con las demas iteraciones.

Para obtener la corrección del caudal que se le debe de hacer a cada caudal colocado al tanteo se lo realiza con la ecuación:

$$q = -\frac{\sum Hf}{n^* \sum (H//Q)} \quad (5.31)$$

Obteniendo el siguiente resultado:

**Tabla 5.10***Dato q de corrección.*

$\sum hf$	-3001,305	m
$\sum hf/Q$	69445,052	m/lit/s
q	0,02160921	lit/s

**Nota:** La tabla presenta los datos q que es el caudal a corregir el los caudales iniciales colocados.

Así podemos llegar a que la primera iteración va a dar datos de caudales diferentes a lo inicial, para realizar la segunda iteración, como se puede observar en la Tabla 5.11,

**Tabla 5.11***Datos de caudales corregidos.*

Tramo	Longitud (m)	Diametro (m)	Caudal "Q" lit/s	Coficiente K	Perdida de carga hf (m)	hf/Q	q (lit/s)	Caudal Corregido "Q" lit/s
2	1,3625	0,04748	1,6436	12873,034	34775,874	21158,238	-0,00008	1,6435
3	0,6125	0,04748	1,1536	6302,719	8387,748	7270,875	-0,00008	1,1535
4	0,6125	0,04748	0,8497	7205,079	5202,108	6122,222	-0,00008	0,8496
5	2,725	0,04748	0,0223	24442,499	12,165	545,293	-0,00008	0,0222
6	0,6125	0,04748	-0,8065	5493,956	-3573,420	4430,825	-0,00008	-0,8066
7	0,6125	0,04748	-1,1104	7205,079	-8883,630	8000,453	-0,00008	-1,1105
8	1,3625	0,04748	-1,6004	14020,334	-35909,591	22438,014	-0,00008	-1,6005

**Nota:** La tabla presenta los datos con los caudales corregidos para realizar una nueva iteración.

Para realizar la corrección del caudal en la segunda iteración se coloca la corrección del caudal:

**Tabla 5.13***Dato q de corrección.*

$\sum hf$	11,256	m
$\sum hf/Q$	69965,920	m/lt/s
q	-8,04359E-05	lt/s

**Nota:** La tabla presenta los datos q que es el caudal a corregir el los caudales iniciales colocados.

De esta manera se va haciendo dos iteraciones más, se llega a un valor de la sumatoria de  $hf < 0.1$  como se puede observar en la Tabla 5.14, ya que se llegará a una conclusión de que este valor inferior será insignificante en las pérdidas de cargas en toda la red.

**Tabla 5.14***Dato q de corrección de la tercera iteración.*

$\sum hf$	0,00016	m
$\sum hf/Q$	69963,981	m/lt/s
q	-1,11451E-09	lt/s

**Nota:** La tabla presenta los datos q de corrección de la tercera iteración.

Entonces los resultados de los caudales corregidos de la tercera iteración estaría reflejada en la Tabla 5.15

**Tabla 5.15***Datos de caudales corregidos.*

Tramo	Longitud (m)	Diámetro (m)	Caudal "Q" lt/s	Coefficiente K	Perdida de carga hf (m)	hf/Q	q (lt/s)	Caudal Corregido "Q"lt/s
2	1,3625	0,04748	1,6435	12873,034	34772,471	21157,202	-0,000000001	1,6435
3	0,6125	0,04748	1,1535	6302,719	8386,579	7270,368	-0,000000001	1,1535
4	0,6125	0,04748	0,8496	7205,079	5201,124	6121,642	-0,000000001	0,8496
5	2,725	0,04748	0,0222	24442,499	12,077	543,327	-0,000000001	0,0222
6	0,6125	0,04748	-0,8066	5493,956	-3574,132	4431,267	-0,000000001	-0,8066
7	0,6125	0,04748	-1,1105	7205,079	-8884,917	8001,033	-0,000000001	-1,1105
8	1,3625	0,04748	-1,6005	14020,334	-35913,201	22439,142	-0,000000001	-1,6005

**Nota:** La tabla presenta los datos con los caudales corregidos que se utiliza en el sistema ya hecho en la empresa.

Esto quiere decir que los caudales corregidos presentados son los que deben de estar en cada uno de la sección de los ramales, estos ramales están en serie, por lo tanto, se necesitara el mismo caudal para todos, pero también hay dos secciones que están en paralelo, entonces estos caudales aquí se deben de sumar resultando un caudal de 7,48 lt/s.

Con este cálculo, se da por entendido que para el sistema actual, con la tubería que está diseñada, con la bomba actual de 5 HP no abastecerá a las dos secciones conjuntamente, esto sería uno de los problemas en el cual no se puede accionar los dos circuitos de manera no se puede abrir las dos secciones.

#### **5.2.1.6. Esquematización de sistema de nebulización de duchas de embutidos**

Esta parte está en el *Anexo C* dónde se encuentra los planos generales del sistema de enfriamiento de duchado.

#### **5.2.2. Propuesta del rediseño de sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos para la empresa Italimentos CIA. LDTA., por medio de simulación en software de ingeniería para garantizar su viabilidad.**

- Como primera propuesta se deberá cambiar la bomba que tiene actualmente, para cumplir con el caudal calculado.
- La segunda propuesta sería hacer una reducción de diámetros en todo el sistema de duchado.
- Y como tercera propuesta es cambiar bomba centrífuga y tubería para así asegurar la efectividad de funcionamiento de todo el sistema.

Se obtiene 5 distintos tipos de alternativas, como es el material, diámetro de cada sección de tubería, las pérdidas y las caídas de presión. Esto son las características que se debe de tener en cuenta al momento de escoger alguna de estas alternativas. Para escoger una de las alternativas mencionadas se realiza una tabla de ponderación como se muestra en la Tabla 5.16.

**Tabla 5.16**

*Tabla de ponderación.*

#	Alternativas	Material	Material	Perdida Hf	Caida de Presión	Total
1	Actual	Acero Galvanizado PVC Acero Inoxidable	1	2	3	6
2	Reduccion de diametro	Acero Galvanizado PVC Acero Inoxidable	1	1	2	4
3	Reduccion de diametro	Acero Inoxidable	3	1	3	7
4	Reduccion de diametro	Acero Inoxidable	3	2	1	6
<b>5</b>	<b>Reduccion de diametro</b>	<b>Acero Inoxidable</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>8</b>

**Nota:** La tabla representa la valoracion que se coloca segun lo propuesto.

En esta tabla de ponderación se muestra los valores a considerar para la selección de una de las propuestas, siendo el material con cuan se va a construir, las pérdidas y la caída de presión, cada uno tiene la valoración del 1 al 3, siendo 1 no conveniente, 2 poco conveniente y 3 muy conveniente, teniendo como mayor resultado la alternativa 5 que es la reducción de diámetro de 1"1/2 desde la salida de la bomba hasta antes de las dichas y de 1" siendo la tubería de todas las duchas.

### **5.3. Determinación del costo de implementación del rediseño propuesto del sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos a través de la metodología de costos unitarios.**

Para determinar los costos de toda la implementación del rediseño planteado, se tomará en cuenta los equipos y herramientas, lo cual constará de herramientas menores, estos son brocas, taladros, etc., esto se calcula un 3% del precio total, también se tomará en cuenta la soldadora, amoladora, dobladora de tubos para realizar los codos.

Se tomará en cuenta los materiales que se requieran para la construcción del rediseño, como puede ser la tubería de hacer inoxidable, alambre para MIC, discos de corte, etc. El transporte y mano de obra que se cobrará por cada empresario.

## 6. Resultados

### 6.1. Resultados de la alternativa 5 con tubería de acero inoxidable y disminución del diámetro del circuito.

Para realizar la verificación de los cálculos anteriores, ahora se escogerá un caudal de de  $36 \text{ m}^3/\text{s}$ , lo que es equivalente a  $10 \text{ L/s}$ . Se calcula la velocidad de fluido por la cual pasa en la tubería. Para esto se conoce el radio interno de la tubería de pulgada y media que es de  $17.55 \text{ mm}$  y con este valor se da a conocer el área de la tubería, lo cual es un valor de  $0.0009676 \text{ m}^2$ . La velocidad se conocerá con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{36 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.0009676 \text{m}^2} = 10.335 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (6.1)$$

#### Número de Reynolds

Se calculará con la siguiente ecuación:

$$\text{NRe} = \frac{D_i \cdot V \cdot \rho}{\mu} \quad (6.2)$$

Donde:

$D_i$  = Diámetro interior

$\rho$  = Densidad de agua a  $14 \text{ }^\circ\text{C}$

$\mu$  = Viscosidad del agua a  $14 \text{ }^\circ\text{C}$

$V$  = Velocidad que ya calculamos en la ecuación 5.2.

Obteniendo:

$$\text{NRe} = \frac{0.0351 \text{m} \cdot 10.335 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 998.91 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1.1709 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m}\cdot\text{s}}} = 3.095 \cdot 10^5 \quad (6.3)$$

Este resultado es mayor a 4000, esto quiere decir que el flujo es turbulento.

#### Ecuación de Bernoulli

La ecuación de Bernoulli es una relación aproximada entre la presión, la velocidad y la elevación, y es válida en regiones de flujo estacionario e incompresible en

donde las fuerzas netas de fricción son despreciables. La cual es de uso común en mecánica de fluidos para el flujo estacionario e incompresible, a lo largo de una línea de corriente, en las regiones no viscosas del flujo. El valor de la constante puede evaluarse en cualquier punto de la línea de corriente en donde se conozcan la presión, densidad, velocidad y elevación.

La ecuación de Bernoulli también puede escribirse entre dos puntos cualesquiera sobre la misma línea de corriente como:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + H_B = Z_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + hf_{1-2} \quad (6.4)$$

Se elimina  $Z_1$  ya que no hay altura en la bomba y  $P_1$  porque no hay presión ni velocidad que es  $V_1$ .

Se elimina  $P_1$  porque no hay presión en esa sección.

Entonces la ecuación quedará de la siguiente manera:

$$H_B = Z_2 + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + hf_{1-2} \quad (6.5)$$

Donde:

$H_B$  = Carga de la bomba en el punto inicial del sistema.

$V_2$  = Es la velocidad conocida

$hf_{1-2}$  = Es la altura total de la sección = 2.7 m

$Z_2$  = Carga de posición.

## Fórmula de Parcy Weisboch

Esta fórmula es muy conocida para calcular las pérdidas de tuberías.

- Pérdidas longitudinales

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (6.6)$$

- Pérdidas puntuales

$$h_p = k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (6.7)$$

Todo el sistema de tubería del sistema de enfriamiento está compuesto de tres materiales: Acero Galvanizado, tubo PVC y acero galvanizado.

## Acero Inoxidable

Ahora se calculará las pérdidas en las tuberías de la salida de la bomba hasta antes de las dos secciones de las duchas. Como primer punto se debe considerar la rugosidad del material, siendo  $\varepsilon_{\text{inox}} = 0.0210^{-3}m$ , conociendo esto, se procederá al cálculo del valor de fricción teórico para flujo turbulento:

$$f_{\text{inox}} := \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3.7 \cdot \frac{D_i}{\varepsilon_{\text{gal}}}} + \frac{5.74}{NRe^{0.9}} \right) \right]^2} = [0.019] \quad (6.8)$$

### Perdidas longitudinales

Conociendo que el diámetro interno es de 0.0351 m y la longitud de 14.05 m, se obtiene lo siguiente:

$$h_{\text{finox}} = f_{\text{inox}} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 40.72\text{m} \quad (6.9)$$

### Perdidas Puntuales

Donde:

$k$  = Coeficiente de rugosidad de Scobey (adimensional) Esta sección de la tubería tiene codos, por lo tanto, debemos de conocer el coeficiente de un codo:  $k_{\text{codo}} = 1.07$  Y con este resultado obtenemos:

$$h_{\text{codo}} = k_{\text{codo}} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 5.827\text{m} \quad (6.10)$$

Este valor se lo multiplica por 4 codos, obteniendo un valor de 23.307 m. Para el valor  $k$  de la T que tenemos en la sección de la tubería es:  $K_T = 1.80$  Y con este resultado obtenemos:

$$h_T = k_T \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 9.802\text{m} \quad (6.11)$$

El coeficiente de rugosidad de una llave es:  $K_{\text{llave}} = 0.2$

$$h_{\text{llave}} = k_{\text{llave}} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 1.089\text{m} \quad (6.12)$$

Con estos resultados, se hará una sumatoria de perdidas para el acero inoxidable:

$$\sum h_{\text{aceroinox}} = 74.918\text{m} \quad (6.13)$$

## Tubería de acero inoxidable en las duchas

### Perdidas longitudinales

Para esta sección de material, se hará en dos secciones.

La primera sección se hará fuera de las duchas, esta sección está compuesta desde la entrada de la tubería de los ramales: La longitud de este material es de 7.8 m en

total en toda esta sección, siendo así:

$$h_{inox} = f_{inox} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 22.606m \quad (6.14)$$

La segunda sección se hará dentro de los ramales, pero solamente de una. Cada ramal tiene una longitud de 8.1 m, entonces:

$$h_{inox} = f_{inox} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 23.476m \quad (6.15)$$

Este valor se multiplicará por las 14 duchas que hay, obteniendo un valor de 328.659 m.

La sumatoria de perdidas longitudinales en la tubería inoxidable es de:

$$\sum L_{inox} = 352.134m \quad (6.16)$$

### **Perdidas puntuales**

De igual manera se hará en dos partes esta sección, una fuera de los ramales y otra dentro de los ramales.

Fuera de los ramales

En esta sección se tiene codos, y en la ecuación 6.10, se tiene el valor de cuanto es la perdida por cada codo, este dato se lo multiplica por 5, obteniendo 29.134 m.

También es esta sección, se tiene 2 Tes, el valor de cada una de las Tes está en la ecuación 6.11, por lo tanto, el valor sería de 19.64 m.

De igual manera se tiene el valor en la ecuación 6.12 de cuanto es la perdida en una llave, este dato se lo multiplica por 2 llaves que hay en esta sección, teniendo el valor de 2.178 m.

Dentro de los ramales

Esta sección tiene 56 codos, esto se multiplicará por el dato obtenido en la ecuación 6.10, obteniendo 326.297 m.

También hay 28 Tes y con la ecuación 6.11 se multiplicará este valor y se tiene como resultado 274.455 m.

Se tiene aspersores en esta sección, entonces el coeficiente de rugosidad es de  $k_{asp} = 2.75$

Se obtiene:

$$h_{asp} = k_{asp} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 14.975m \quad (6.17)$$

Como en el circuito tiene 98 aspersores, se multiplicará el resultado de la ecuación anterior, obteniendo 1468 m.

La sumatoria de todas las perdidas en la tubería de acero inoxidable es de:

$$\sum h_{\text{inox}} = 2146\text{m} \quad (6.18)$$

Una vez obtenidos todas las perdidas de cada tramo por materiales se debe de hacer una sumatoria total de todas las perdidas del sistema de refrigeración, siendo:

$$hf_{1-2} = 2573\text{m} \quad (6.19)$$

Una vez obtenido todas las perdidas existentes en el circuito en el sistema de duchado, se procederá a calcular la carga de la bomba:

$$H_B = Z_2 + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + hf_{1-2} = 2586\text{m} \quad (6.20)$$

Se puede verificar que la pérdida total de todo el sistema de tuberías no es tan excesiva, a comparación a la actual, pero esta propuesta de rediseño es la mejor por las exigencias de la empresa, ya que es alimenticia.

Se escogerá una bomba centrífuga adecuada para el funcionamiento correcto del sistema. Por lo cual, viendo en varios proveedores de Ecuador, se encontró la siguiente bomba centrífuga:

### Figura 6.1

*Bomba centrífuga escogida para la mejore.*



**Nota:** Como se puede observar en la figura es la bomba escogida.

Esta bomba se escogió por el caudal que entrega en la salida del rodete, esta bomba

es de marca WDM, en el país lo distribuye al por mayor y menor en Pumps Top Online, es una tienda online que ofrece sus productos en un tiempo de entrega de 48 horas a todo el país. Los datos dados por la empresa se encuentran en la Tabla 6.1.

**Tabla 6.1**

*Datos técnicos de la bomba.*

Modelo	Ref.	Potencia (HP)	Voltaje	H max. (mca) *	Q max. (GPM) **	Succión	Descarga	Peso (Kg)
<b>QE 1.5 60</b>	1E0554	6.0	220/440	50	160	2"	1-1/2"	56.0
QE 1.5 75	1E0536	7.5	220/440	60	175	2"	1-1/2"	56.0
QE 1.5 100	1E0537	10.0	220/440	73	192	2"	1-1/2"	83.0
QE 1.5 150	1E0538	15.0	220/440	88	200	2"	1-1/2"	93.0

**Nota:** La tabla representa los datos técnicos más generales de la bomba propuesta para la mejora y la ficha técnica de esta bomba se puede encontrar en el Anexo C.

En los parámetros de la bomba da a conocer que entrega un caudal máximo de 160 GPM, esto quiere decir que entrega un valor de 10 lt/s, que es ligeramente superior al caudal que se requiere en el sistema de lo que se necesita, pero esto se lo podría tomar como un factor de seguridad.

Una vez escogida la bomba se procederá a optar los distintos cambios que se puede realizar en el sistema de tubería, que consta desde la salida de la bomba hasta las duchas. Se planteó 5 distintas propuestas, como se puede observar en la Tabla 6.2, según la tabla de ponderación.

**Tabla 6.2***Propuestas de mejora.*

#	Alternativas	Material	Diámetro de tubería	Perdidas Hf (m)	Velocidad (m/s)	Caida de presión (bar)
1	Actual	Acero Galvanizado	2"	735,859	5,648	0,345125
		PVC				0,144674
		Acero Inoxidable				0,271917
2	Reduccion de diametro	Acero Galvanizado	1 "1/2	76,092	10.335	1,155440
		PVC	1"1/4	41,299	15.404	1,038050
3	Reduccion de diametro	Acero Inoxidable	1"	23060	31.081	7,80526
		Acero Galvanizado	1 "1/2	2657	10.335	2,55015
4	Reduccion de diametro	Acero Inoxidable	1"	809.787	31.081	21,8647
5	Reduccion de diametro	Acero Inoxidable	1 "1/2	74.657	10.335	1,6398
			1"	432.253	31.081	7,80526

**Nota:** La tabla representa las difentes propuestas que se puede implementar en la sistema de tuberias, cada una con diferntes caracteristicas que poseen.

Según los parámetros ya calculados en el anterior capítulo, ya se tiene el caudal, del cual debe de funcionar adecuadamente el sistema de tuberías.

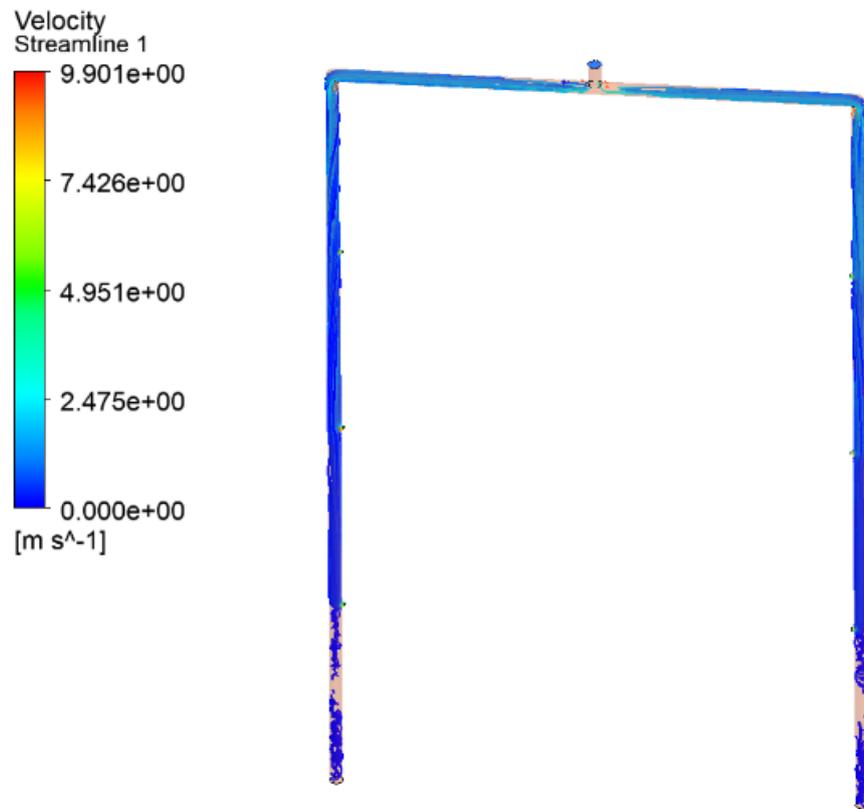
Ya con este caudal, se buscó una bomba y con esta bomba se adecuó todo el sistema con acero inoxidable, pon una medida menor de diámetro que la actual para ganar presión en todo el sistema.

### **Simulación del sistema de nebulización de embutidos**

Se realiza la simulación en el programa Ansys, en la Figura 6.2 y se puede analizar que en todas los aspersores se encuentra uniforme la presión y el caudal, por lo cual da a conocer que los cálculos y la simulación están correctamente realizados. Como se observa en la Figura 6.2 sé la validación de los elementos escogidos anteriormente, como es la tubería de pulgada y media que se escogió para todo el sistema y el cambio de bomba, a una bomba de 6 HP, se nota como es la iteración del fluido dentro de estas tuberías en todo un ramal,

## Figura 6.2

*Simulación de un ramal.*

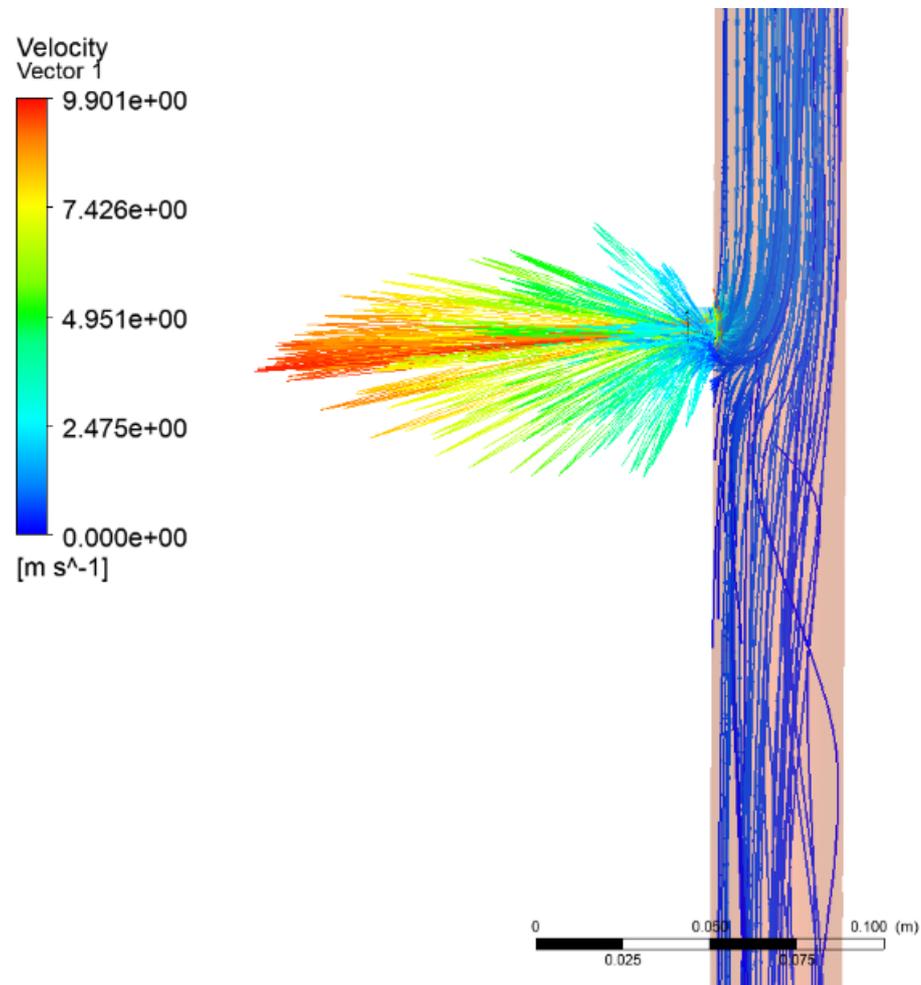


**Nota:** Como se puede observar en la Figura el comportamiento del fluido dentro de la tubería.

En las paredes de las tuberías la velocidad se mantendrá en 0 m/s, por lo que el fluido se mantiene siempre constante y no hay ninguna alteración en la superficie, pero en la mitad se puede examinar que la velocidad es de 2.475 m/s, esto quiere decir que la velocidad aumenta, ya que el fluido debe de recorrer esa parte del área para alimentar a los aspersores, pero en los aspersores aumenta la velocidad, ya que al tener menor área la velocidad aumenta y, por lo tanto, la presión también lo hace como se observa en la Figura 6.3.

**Figura 6.3**

*Velocidad del fluido en el aspersor.*

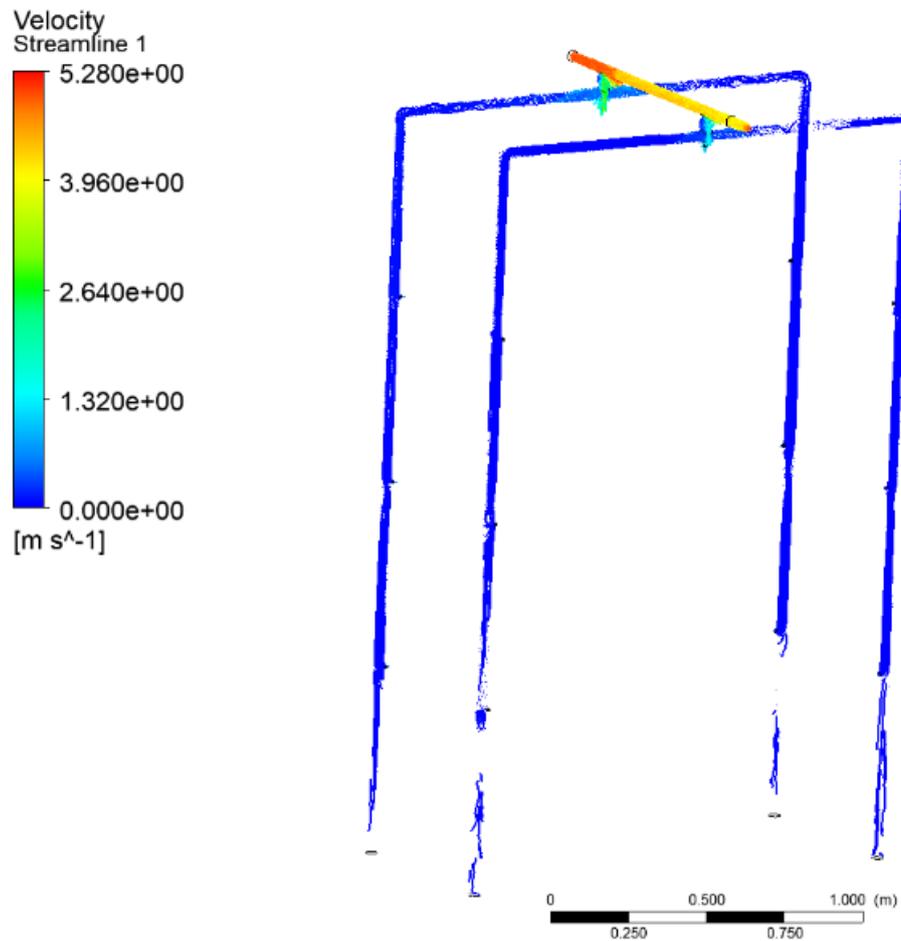


**Nota:** Como se puede observar en la Figura la velocidad del fluido en el aspersor.

La velocidad aumenta a unos 9.901 m/s, y la aspersión se será uniforme en todos los aspersores, para validar esto se realiza una simulación en un par de ramales como se observa en la Figura 6.4.

**Figura 6.4**

*Velocidad del fluido en el aspersor.*

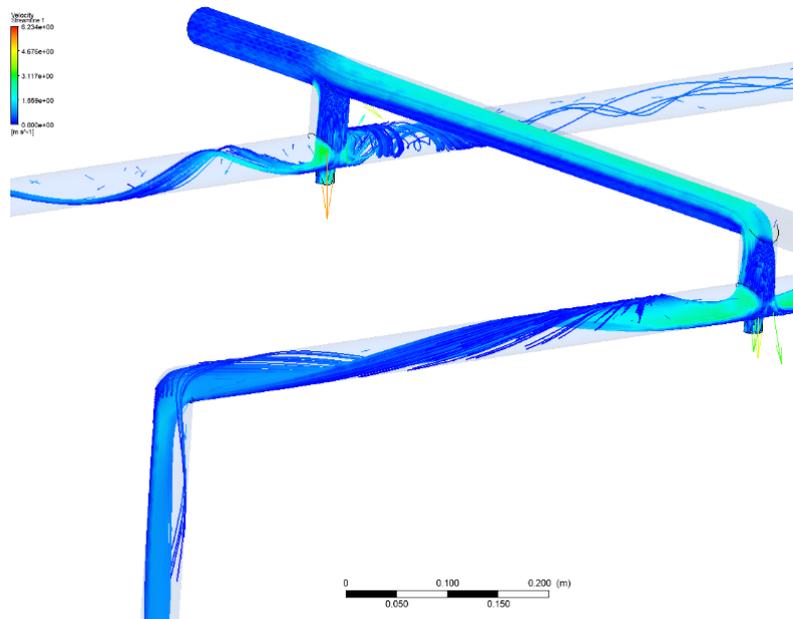


**Nota:** Como se puede observar en la Figura la velocidad del fluido en ambos ramales.

Se puede evidenciar que en la zona de alimentación que es en el tubo horizontal se tiene una velocidad mayor porque todo el caudal de la bomba entra principalmente ahí, y luego ya se distribuye a cada uno de los ramales. Se puede tener una mejor visualización en la Figura 6.5

**Figura 6.5**

*Velocidad del fluido en el aspersor.*



**Nota:** Como se puede observar en la Figura la velocidad del fluido en ambos ramales.

## **6.2. Cotización de costo del rediseño propuesto del sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos a través de la metodología de costos unitarios.**

Para obtener los costos se realiza una tabla por cada ítem como es: el equipo y herramienta, materiales, mano de obra, transporte, y de todos estos costos se sumaran con una utilidad de un 20%.

### **6.2.1. Equipo y herramienta**

En esta sección se dará a detalle los costos de herramientas menores y equipos a utilizar que se encuentra en la Tabla 6.3

**Tabla 6.3***Costos de equipos y herramientas.*

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA HORA B	RENDIMIENTO HORAS/U C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Herramienta menor (Taladro, brocas, dados,etc)	3%MO			14
Soldadora	1	15,00	10	150,00
Amoladora	1	15,00	5	75,00
Dobladora	1	25,00	2	50,00
			<b>PARCIAL M</b>	<b>288,74</b>

**Nota:** La tabla representa los costos unitarios y totales de los equipos y herramientas.

### 6.2.2. Materiales

Se detallará los materiales implementados en la construcción del diseño que se encuentra en la Tabla 6.4

**Tabla 6.4***Costo de materiales.*

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO/U	CANTIDAD	COSTO TOTAL
			A	C=A*B
Tubería de Acero Inoxidable de 1 1/2"	m	44,88	30	1346,4
Alambre para MIC 4043 de 6 kg	u	75,00	1	75,00
Discos de corte	u	3,00	10	30,00
Disco de desbaste	u	3,50	5	17,50
Tornillos con taco fisher	paquete	7,50	1	7,50
Bomba centrífuga de 6hp	u	1300,0	1	1300,0
			<b>PARCIAL N</b>	<b>2776,40</b>

**Nota:** En esta tabla se representa los costos por materiales en el diseño propuesto.

### 6.2.3. Transporte

Se tomará en cuenta el costo de transporte desde la bodega hasta la empresa Italimentos en la Tabla 6.5

**Tabla 6.5***Costo de transporte.*

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA/U	DISTANCIA	COSTO TOTAL
		A	B	C	D=A*B*C
Transporte de tubería (Interno )	u	1	30,00	1	30,00
				<b>PARCIAL O</b>	<b>30,00</b>

**Nota:** La tabla representa los costos de transporte de los materiales.

#### 6.2.4. Mano de obra

Se tomará en cuenta el costo de mano de obra tanto del ingeniero como un ayudante mecánico que se necesitara para la fabricación del diseño propuesto según la Tabla 6.6.

**Tabla 6.6**

*Costo de mano de obra.*

DESCRIPCION	CANTIDAD	S.R.H.	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
	A	B	HORAS/U	D=A*B*C
Ayudante mecanico	1	3,22	56	180.32
Ingeniero Mecanico	1	3,58	80	286.40
			<b>PARCIAL P</b>	<b>466.72</b>

**Nota:** La tabla representa los costos de mano de obra.

#### 6.2.5. Costo total

A continuación se presentará el costo global de todo el diseño propuesto en esta investigación, se sumará todos los costos antes colocados y se colocará la utilidad a recibir al Ingeniero, como se muestra en la Tabla 6.7.

**Tabla 6.7**

*Costo total.*

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)</b>		<b>3562,12</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDAD</b>	20,00%	712,42
<b>VALOR PROPUESTO</b>		<b>4274.55</b>

**Nota:** La tabla representa los costos de mano de obra.

## 7. Conclusiones

- Al realizar el diagnóstico de la situación actual del sistema de enfriamiento de embutidos de la empresa Italimentos CIA. LDTA., se identifica las variables que intervienen en el proceso, lo cual se puede evidenciar la carencia de material adecuada para una empresa alimentaria, ya que se implementa PVC y acero galvanizado lo cual no es recomendable, por las distintas desventajas que estos materiales presentan y pueden ser un peligro para el ser humano. También se pudo evidenciar que la bomba centrífuga colocada no abastece para que en la hora de la nebulización no sea uniforme y no tener una homogeneidad en el enfriamiento del producto, perdiendo eficiencia al no tener la capacidad de abastecer las dos secciones de las duchas.
- En el rediseño del sistema de enfriamiento de embutidos para la empresa Italimentos CIA. LDTA. se analizan varias alternativas debido a la limitación del espacio físico existentes en esta red de tuberías, analizando una tabla de ponderación se llegó a escoger el sistema más óptimo, que todo el sistema de tuberías se hará con acero inoxidable, ya que es el mejor material para la industria, tiene poca pérdida de caudal, la velocidad del fluido es la adecuada para todo el sistema, y en el software de ingeniería se validó que en los aspersores el caudal sea óptimo y la caída de presión sea la mínima, para permitir el funcionamiento de las dos secciones.
- Se establece el costo de implementación del rediseño propuesto del sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos a través de la metodología de costos unitarios, lo cuales descomponen en materiales, equipos y herramientas, mano de obra y transporte, lo cual se va colocando cada una la descripción en lo que se va a gastar, dando como resultado un valor de \$ 2742.87, lo cual para la empresa tiene un costo adecuado, ya que entienden que el material que es el acero inoxidable es muy caro y por eso se dispara el precio.

## **8. Recomendaciones**

Como recomendaciones en una investigación futura se podría dar a conocer como no perder temperatura en todo el sistema de nebulización, este constaría desde de la bomba centrífuga a la todos los aspersores, para que no afecte a la temperatura y no afecte a la vida microbiana que se puede producir si se pone cualquier elemento térmico, ya que este también es un tema muy importante a la hora de enfriar el embutido.

## Referencias Bibliográficas

- Aguilera, B., Flores, J., y Quijada, M. (2016). *Bombas centrífugas*. Disponible en: <https://www.academia.edu/42608758/BOMBAS-CENTRIFUGAS>; Accedido el: 22 de abril del 2023.
- Asociación mexicana de la Industria Salinera A.C. (2017). *Historia de la sal*. Disponible en: <https://salroche.com/blogs/todo-sobre-la-sal/la-historia-de-la-sal-origen-e-importancia>: :text=Los%20primeros%20registros%20del%20uso,los%20peque%C3%B1os%20cristales%20de%20sal.; Accedido el: 18 de abril del 2023.
- Autodesk. (2023). *Software de análisis de elementos finitos*. Autor.
- Bestu. (2021). *Ventajas y desventajas de las bombas centrífugas de una sola etapa*. Disponible en: <https://es.sdbestu.com/news/advantages-disadvantages-of-single-stage-pumps-54033051.html>; Accedido el: 20 de abril del 2023.
- Bordonaba, J. (2006). *Procedimiento de elaboración y conservación mediante frío de productos alimenticios*. Disponible en: Organización mundial de la propiedad intelectual ; Accedido el: 28 de abril del 2023.
- Budynas, R., y Nisbett, K. (2011). *Diseño en ingeniería mecánica de shigley*. Mc Graw Hill Pp. 4; Accedido el: 8 de marzo del 2023.
- Cengel, Y., y Cimbala, J. (2012). *Mecánica de fluidos fundamentos y aplicaciones*. Editorial Mc Graw Hill; Accedido el: 26 de abril del 2023.
- Coluccio, E. (2021). *Longitud*. Concepto; Accedido el: 9 de marzo del 2023.
- Corzan. (2022). *Factores que influyen en la pérdida de presión de las tuberías industriales*. Disponible en: <https://www.corzan.com/blog-sp/factores-perdida-de-presion-tuberias-industriales>: :text=La%20p%C3%A9rdida%20de%20presi%C3%B3n%20es,a%20mayores%20costos%20de%20operaci%C3%B3n.; Accedido el: 2 de mayo del 2023.
- Directo al paladar. (2011). *Historia del fuego en la cocina*. Disponible en: <https://www.directoalpaladar.com/cultura-gastronomica/historia-del-fuego-en-la-cocina>: :text=Se%20estima%20que%20fue%20en,por%20Vincent%20van%20der%20Pas.; Accedido el: 18 de abril del 2023.
- Enertic. (2019). *La importancia de la refrigeración en la industria alimentaria*. Disponible en: <https://enertic.org/la-importancia-de-la-refrigeracion-en-la-industria-alimentaria/>: :text=La%20exposici%C3%B3n%20de%20carne%20al,un%20peligro%20para%20la%20salud. text=La%20carne%20en%20estado%20crudo,18%20%C2%BAC%20hasta%2015%20meses.; Accedido el: 21 de abril del 2023.

- Feng, C.-H., Drummond, L., Zhang, Z.-H., y SunDa-Wen. (2014). *Evaluation of innovative immersion vacuum cooling with different pressure reduction rates and agitation for cooked sausages stuffed in natural or artificial casing*. Science Direct; Accedido el: 7 de marzo del 2023.
- Ferrari, V. (2008). *Diseño de una línea de enfriamiento para el mejoramiento del proceso de producción de jamones de pierna de la empresa subcerca c.a.* [Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Escuela de ingeniería Química; Accedido el: 2 de marzo del 2023.
- García, G. (1984). *Un proceso general de diseño en ingeniería mecánica*. Instituto Tecnológico de Illnols.; Accedido el: 8 de marzo del 2023.
- Google Maps. (2023). *Ubicación de google maps*. [Disponible en: <https://www.google.com/maps>; Accedido el: 3 de marzo del 2023].
- Grozdanova, V., y Garo, S. (1998). *Experimental study of hidro-aerosol cooling of sausages effect of the process facors on the cooling intensy*. Elsevier Science; Accedido el: 7 de marzo del 2023.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2012). *Nte inen 1338:2012: Carne y productos cárnicos. productos cárnicos crudos, productos cárnicos curados - madurados y productos cárnicos precocidos - cocidos. requisitos*. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte-inen-1338-3.pdf/>; Accedido el: 21 de abril del 2023.
- INTAGRI, S. (2018). *Selección de boquillas en la aplicación de agroquímicos*. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/seleccion-de-boquillas-en-la-aplicacion-de-agroquimicos>; Accedido el: 23 de abril del 2023.
- Intersam. (2023). *La importancia de la cadena de frío en productos cárnicos*. Disponible en: <https://intersam.es/importancia-cadena-frio-productos-carnicos/>; Accedido el: 21 de abril del 2023.
- Josebernad. (2019). *Historia de la refrigeración: de la prehistoria a la actualidad*. Disponible en: <https://www.josebernad.com/historia-de-la-refrigeracion-de-la-prehistoria-a-la-actualidad/>; Accedido el: 18 de abril del 2023.
- López, R. (2007). *Sistema de hieleras con enfriamiento por convección forzada de un líquido*. Disponible en: Organización mundial de la propiedad intelectual ; Accedido el: 27 de abril del 2023.
- Ramírez, J. (2023). *Caudal (fluido)*. Disponible en: <https://como-funciona.co/caudal-fluidos/>; Accedido el: 2 de mayo del 2023.
- Vélez, J., Pardo, D., y Vázquez, O. (2015). *Sistema de refrigeración tipo mini-split que incorpora un dispositivo generador de ozono para la desinfección del aire*. Disponible en: Organización mundial de la propiedad intelectual ; Accedido el: 28 de abril del 2023.
- Yuste, J., y Mor-Mur, M. (2021). *Importancia de la refrigeración en la conservación de la carne*. Disponible en: <https://www.3tres3.com/latam/articulos/importancia-de-la>

refrigeracion-en-la-conservacion-de-la-carne-9299/; Accedido el: 21 de abril del 2023.

# **ANEXOS**

## Anexo A: Matriz de Consistencia Lógica

Tabla 8.1

*Matriz de consistencia.*

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	MARCO TEÓRICO
¿Es posible rediseñar el sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos en la empresa Italimentos CIA. LDTA.?	Rediseño de sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos en la empresa Italimentos CIA. LDTA.	Se rediseñará de sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos en la empresa Italimentos CIA. LDTA.	- <b>VD</b> : Diseño.	Sistema de enfriamiento
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES	MARCO TEÓRICO
¿Es posible diagnosticar la situación actual del sistema de enfriamiento de embutidos de la empresa Italimentos CIA. LDTA., a través de visitas de campo a las instalaciones, y identificar las variables que intervienen en el proceso?	Diagnosticar la situación actual del sistema de enfriamiento de embutidos de la empresa Italimentos CIA. LDTA., a través de visitas de campo a las instalaciones, y identificar las variables que intervienen en el proceso.	Se diagnosticará la situación actual del sistema de enfriamiento de embutidos de la empresa Italimentos CIA. LDTA., a través de visitas de campo a las instalaciones, y identificar las variables que intervienen en el proceso.	- <b>VI</b> : Variables que intervienen: Temperatura y Presión de agua - <b>VD</b> : Diseño.	Linea de embutidos
¿Será factible proponer el rediseño de sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos para la empresa Italimentos CIA. LDTA., por medio de simulación en software de ingeniería para garantizar su viabilidad.?	Proponer el rediseño de sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos para la empresa Italimentos CIA. LDTA., por medio de simulación en software de ingeniería para garantizar su viabilidad.	Se propondrá rediseño de sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos para la empresa Italimentos CIA. LDTA., por medio de simulación en software de ingeniería para garantizar su viabilidad..	- <b>VD</b> : Diseño.	Diseño mecanico Simulacion en Ansys
¿Es posible establecer el costo de implementación del rediseño propuesto del sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos a través de la metodología de costos unitarios?	Establecer el costo de implementación del rediseño propuesto del sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos a través de la metodología de costos unitarios.	Se establecerá el costo de implementación del rediseño propuesto del sistema de tuberías de enfriamiento de embutidos a través de la metodología de costos unitarios.	- <b>VD</b> : Diseño.	Costo de implementación de sistema de enfriamiento de embutidos

**Nota:** La matriz de consistencia presentada facilita identificar la relación que existe entre las variables y los objetivos además de como se relaciona con el marco teórico referencial.

## Anexo B: Operacionalización de Variables

La tabla 8.2 presenta la operacionalización de la variable dependiente: tiempo de operación.

**Tabla 8.2**

*Variable dependiente.*

VARIABLE DEPENDIENTE: TIEMPO DE OPERACIÓN				
Dimensiones	Definiciones	Indicador	Magnitud	Instrumento de medición o Fuente
	<b>Longitud:</b> Dimensión lineal de una superficie plana (Coluccio, 2021).			
<b>Longitud y diámetro de la tubería</b>	<b>Diámetro:</b> Es la línea recta que pasa por el centro y une dos puntos opuestos de una circunferencia (Coluccio, 2021).	Longitud	Metros	Flexometro Calibrador

**Nota:** La tabla presenta las definiciones de la variable dependiente utilizada en la investigación, aplicadas al rediseño de sistema de tuberías de enfriamiento.

## Anexo C: Ficha técnica de la bomba centrífuga.

Se muestra las especificaciones de la bomba centrífuga que se ha escogido.



Modelo	Ref.	Potencia (HP)	Voltaje	H max. (mca) *	Q max. (GPM) **	Succión	Descarga	Peso (Kg)
QE 1.5 60	1E0554	6.0	220/440	50	160	2"	1-1/2"	56.0
QE 1.5 75	1E0536	7.5	220/440	60	175	2"	1-1/2"	56.0
QE 1.5 100	1E0537	10.0	220/440	73	192	2"	1-1/2"	83.0
QE 1.5 150	1E0538	15.0	220/440	88	200	2"	1-1/2"	93.0

\* La altura (H) máxima se logra con la válvula totalmente cerrada. (mca= metros columna de agua).

\*\* El caudal (Q) máximo se logra con la válvula totalmente abierta. (gpm= galones por minuto).

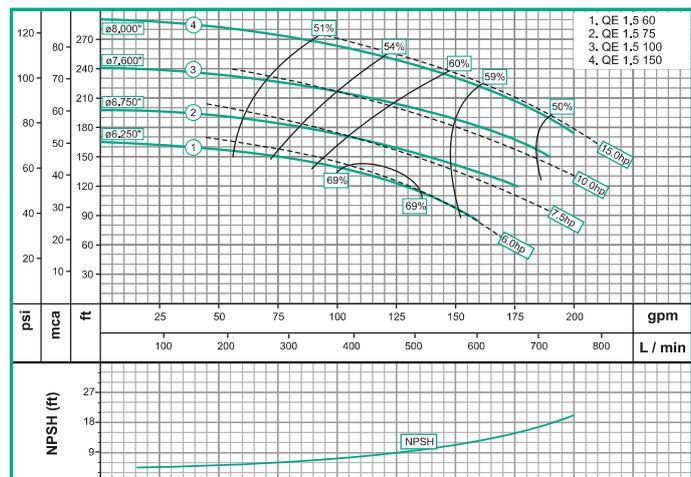


Materiales	
Cuerpo	Hierro fundido ASTM A-48, Clase 30
Impulsor	Hierro fundido ASTM A-48, Clase 30
Sello mecánico	Carbón/Cerámica/Buna-N
Acople intermedio	Hierro fundido ASTM A-48, Clase 30
Empaques	Buna Nitrilo

Características de la bomba	
Tipo de bomba	Centrífuga
Tipo de acoplamiento	Monobloque
Succión	2" NPT
Descarga	1-1/2" NPT
Tipo de impulsor	Cerrado Balanceado dinámicamente según ISO G6.3
Cantidad de impulsores	1
Tipo de sello	Sello mecánico 1-1/4" TIPO 21
Temperatura Max. Líquido	158° F (70 ° C) Continua

Características del Motor	
Tipo	Eléctrico
Potencia	6.6/7.5/10/15Hp(Segun modelo)
Diseño	NEMA JM
Velocidad	3.600 RPM (nominal)
Aislamiento	Clase F
Voltaje	220/440
Factor de servicio	1,15
Frecuencia	60Hz
Fases	3

Aplicaciones	
•	Aprovisionamiento de aguas limpias
•	Recirculación de agua en torres de enfriamiento
•	Refrigeración de maquinaria/Circuitos de recirculación
•	Sistemas de Presión
•	Equipos contra incendio
•	Plantas de tratamiento
•	Riego por goteo
•	Llenado de tanque bajo y tanque alto



# Anexo D: Ficha técnica de los aspersores conectados en la red de tubería actual.

Se muestra las especificaciones aspersores colocados en la red de tubería.



# NCS

## Stubbies/Minimize Head Space

### DESIGN FEATURES

- Takes no more room than pipe plug, yet performs like full-size nozzle
- Small projection
- Can be used with standard pipe couplings to form female nozzle, with elbows to form right angle nozzle, or with tees or crosses for multiple installations
- Male connection
- Metal and plastic materials

### SPRAY CHARACTERISTICS

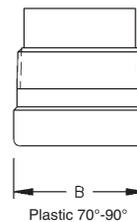
- Spray pattern:** Full Cone  
**Spray angles:** 70°, 90°, and 110° standard  
**Flow rates:** 2.0 to 419 gpm (Special flow rates available)



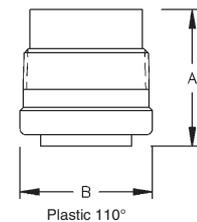
Full Cone 90° (M)



Full Cone 110° (W)



Plastic 70°-90°



Plastic 110°

Dimensions are approximate. Check with BETE for critical dimension applications.

### NCS Flow Rates and Dimensions

Full Cone, Narrow 70° (N), Medium 90° (M) and Wide 110° (W) Spray Angles, 1" to 4" Pipe Sizes

Male Pipe Size	Nozzle Number	K Factor	GALLONS PER MINUTE @ PSI								Approx. Free Pass. Dia. (in.)		Dim. (in.)		Wt. (oz.) PVC	
			3 PSI	5 PSI	7 PSI	10 PSI	20 PSI	40 PSI	60 PSI	80 PSI	100 PSI	Approx. Orifice Dia. (in.)	Approx. Free Pass. Dia. (in.)	A		B
1	NCS1003	1.20	2.01	2.56	3.00	3.55	4.91	6.81	8.23	9.43	10.5	0.22	0.15	1.88	1.38	1.50
	NCS1005	2.00	3.36	4.27	5.00	5.91	8.19	11.3	13.7	15.7	17.4	0.28	0.22			
	NCS1007	2.81	4.70	5.98	7.00	8.28	11.5	15.9	19.2	22.0	24.4	0.33	0.21			
1 1/2	NCS1510	4.01	6.72	8.54	10.0	11.8	16.4	22.7	27.4	31.4	34.9	0.41	0.28	2.38	2.00	3.00
	NCS1513	5.21	8.73	11.1	13.0	15.4	21.3	29.5	35.7	40.9	45.4	0.45	0.38			
	NCS1516	6.41	10.7	13.7	16.0	18.9	26.2	36.3	43.9	50.3	55.8	0.50	0.36			
2	NCS2020	8.01	13.4	17.1	20.0	23.7	32.8	45.4	54.9	62.8	69.8	0.56	0.41	2.63	2.50	6.00
	NCS2025	10.0	16.8	21.3	25.0	29.6	40.9	56.7	68.6	78.6	87.2	0.64	0.45			
	NCS2030	12.0	20.1	25.6	30.0	35.5	49.1	68.1	82.3	94.3	105	0.69	0.52			
	NCS2035	14.0	23.5	29.9	35.0	41.4	57.3	79.4	96.1	110	122	0.75	0.55			
2 1/2	NCS2540	16.0	26.9	34.1	40.0	47.3	65.5	90.7	110	126	140	0.8	0.63	3.00	3.00	9.00
	NCS2545	18.0	30.2	38.4	45.0	53.2	73.7	102	124	141	157	0.84	0.63			
	NCS2550	20.0	33.6	42.7	50.0	59.1	81.9	113	137	157	174	0.89	0.63			
3	NCS3060	24.0	40.3	51.2	60.0	71.0	98.3	136	165	189	209	0.94	0.63	3.31	3.50	14.0
	NCS3070	28.0	47.0	59.8	70.0	82.8	115	159	192	220	244	1.05	0.58			
	NCS3085	34.0	57.1	72.6	85.0	101	139	193	233	267	297	1.16	0.66			
4	NCS40100	40.1	67.2	85.4	100	118	164	227	274	314	349	1.25	0.95	4.00	4.50	20.0
	NCS40120	48.1	80.6	102	120	142	197	272	329	377	419	1.38	1.00			

TO ORDER: specify pipe size, connection type, nozzle number, spray angle, and material.

$$\text{Flow Rate (GPM)} = K (\text{PSI})^{0.47}$$

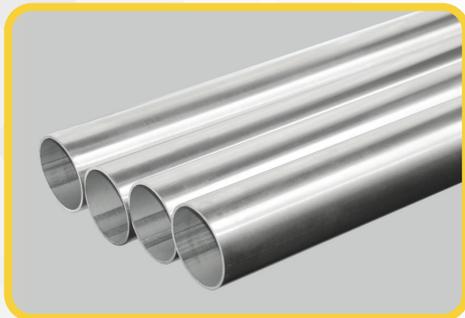
**Standard Materials:** Brass, 316 Stainless Steel, Polypropylene, PVC and PTFE.

Spray angle performance varies with pressure. Contact BETE for specific data on critical applications.

## Anexo E: Ficha técnica de los diferentes tubos de acero inoxidable.

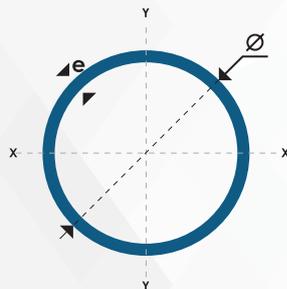
Se muestra las especificaciones de los diferentes tubos de acero inoxidable que ofrece DIPAC.

### TUBO REDONDO ACERO INOXIDABLE



#### Especificaciones Generales:

Calidad:	AISI 304
Largo normal:	6,00 m
Dimensiones:	Desde 1 a 2"
Espesor:	1,2mm, 1,5mm y 2mm



#### Nomenclatura

A= Área de selección transversal del tubo, (Plg<sup>2</sup>).  
e= Espesor (mm)



DIMENSIONES		PROPIEDADES		
DIÁMETRO Ø		ESPESOR (e)	PESO	ÁREA SECCIÓN
Plg.	mm	mm	Kg/mts	Plg <sup>2</sup>
1"	25.4	1.2	0.7235	0.1414
1"	25.4	1.5	0.8391	0.1745
1"	24.4	2	1.1659	0.2278
1 1/4"	31.75	1.2	0.9148	0.1785
1 1/4"	31.75	1.5	1.1323	0.2209
1 1/2"	38.1	1.5	1.3677	0.2673
1 1/2"	38.1	1.2	1.1031	0.2156
2"	50.8	1.2	1.4828	0.2898
2"	50.8	1.5	1.8423	0.3600
2"	50.8	2	2.4315	0.4752

\*Otros largos previa consulta

ACERO INOXIDABLE

## Anexo F: Coeficiente de fricción de accesorios implementados en la red de tubería de enfriamiento de embutidos.

La tabla 8.3 presenta la operacionalización de la variable dependiente: tiempo de operación.

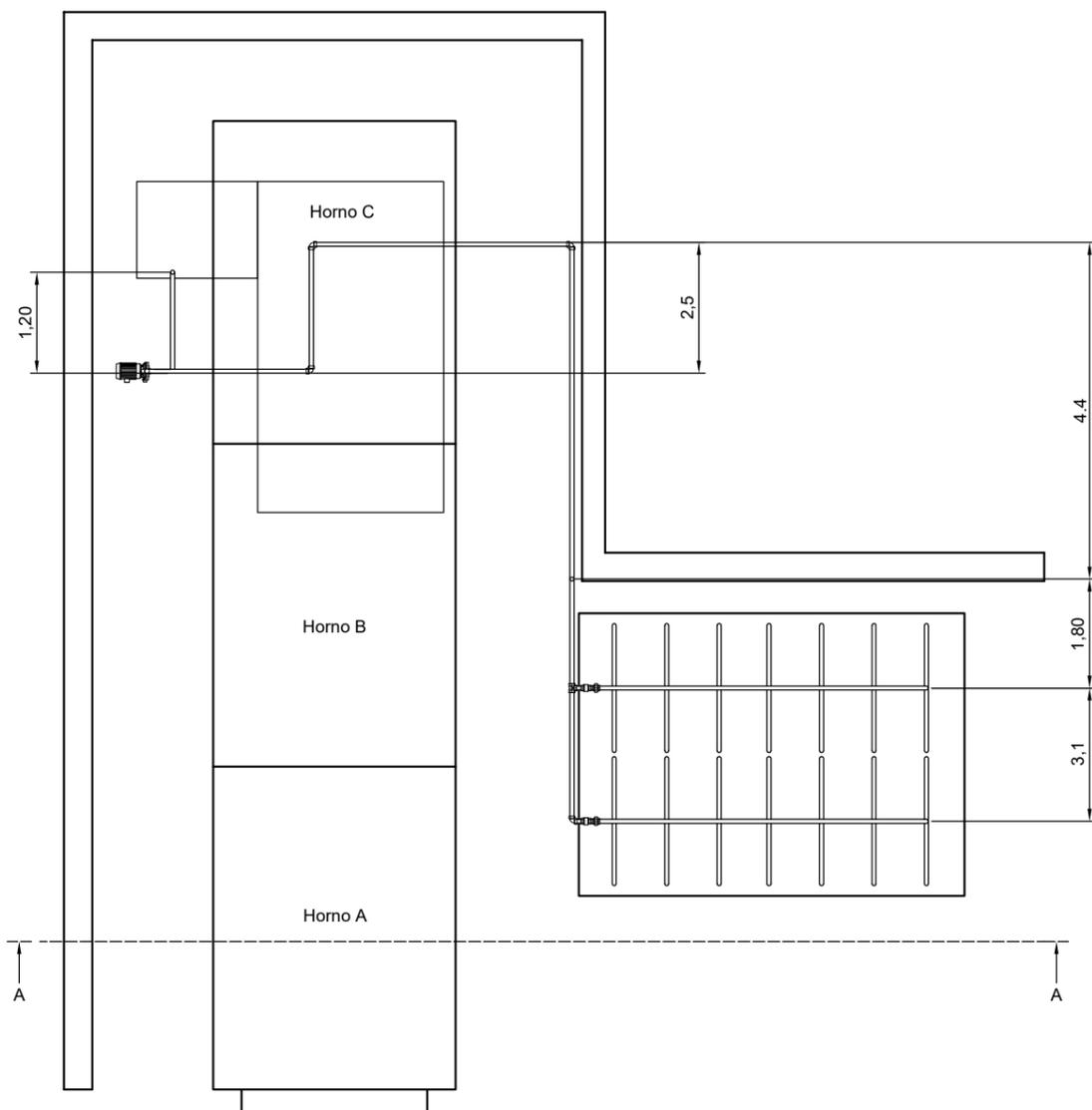
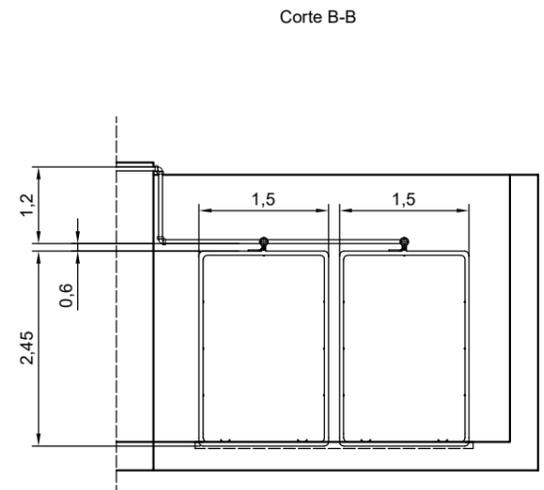
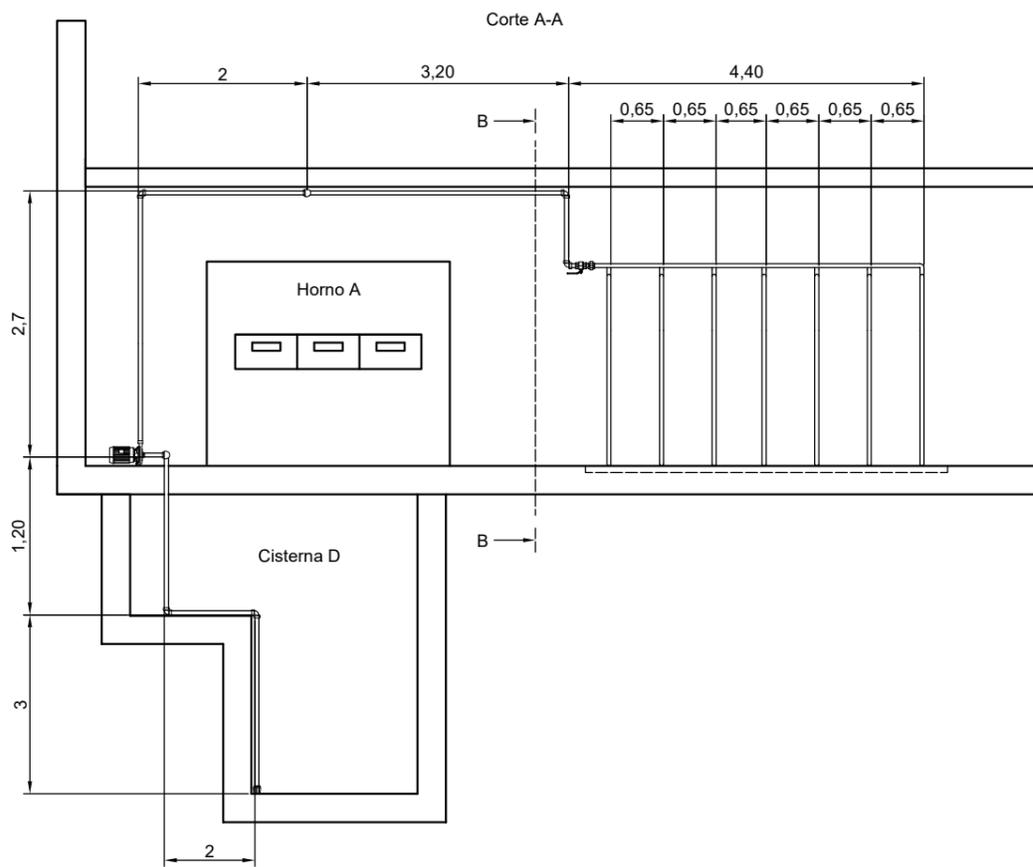
**Tabla 8.3**

*Coeficiente de fricción de accesorios.*

Pieza, conexión o dispositivo	$K_f$
Rejilla de entrada	0.80
Válvula de pie	3.00
Entrada cuadrada	0.50
Entrada abocinada	0.10
Entrada de borda o reentrada	1.00
Ampliación gradual	0.30
Ampliación brusca	0.20
Reducción gradual	0.25
Reducción brusca	0.35
Codo corto de 90°	0.90
Codo corto de 45°	0.40
Codo largo de 90°	0.40
Codo largo de 45°	0.20
Codo largo de 22° 30'	0.10
Tee con flujo en línea recta	0.10
Tee con flujo en ángulo	1.50
Tee con salida bilateral	1.80
Válvula de compuerta abierta	5.00
Válvula de ángulo abierta	5.00
Válvula de globo abierta	10.0
Válvula alfalfera	2.00
Válvula de retención	2.50
Boquillas	2.75
Controlador de gasto	2.50
Medidor Venturi	2.50
Confluencia	0.40
Bifurcación	0.10
Pequeña derivación	0.03
Válvula de mariposa abierta	0.24

**Nota:** La tabla presenta los coeficientes de fricción de los accesorios implementados en el sistema de tuberías.

**Anexo G: Plano del sistema de  
enfriamiento del área de embutidos de la  
empresa Italimentos CÍA. LDTA.**



	Nombre	Fecha	Ingeniería Mecánica	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
Dibujado	Richard Sacta	01/06/2023	SEDE MATRIZ CUENCA	
Comprobado	Ing. Marlon Quinde	20/08/2023		
Proyección	 PLANO DE DUCHAS DE ENFRIAMIENTO			Escala: 1:100
				Lámina N° 1