



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR**

TESIS

**DISEÑO DE UN PASTEURIZADOR DE LECHE
UTILIZANDO CORRIENTES DE FOUCAULT PARA LA
EMPRESA DERIVADOS LÁCTEOS BARRETO S.R.L.**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL Y
COMERCIO EXTERIOR**

Autores:

**Bach. Huamán Martínez Randall Juan
Bach. Monja Jimenez Maria Karina**

Asesor:

Dr. Jorge Olórtegui Yume, Ph.D

Línea de investigación:

Diseño y Desarrollo de Nuevos Productos

Pimentel - Perú

2019

DISEÑO DE UN PASTEURIZADOR DE LECHE UTILIZANDO CORRIENTES DE FOUCAULT PARA REDUCIR LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN Y MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL DE LA EMPRESA DERIVADOS LÁCTEOS BARRETO S.R.L.

Huamán Martínez Randall Juan¹

Monja Jimenez Maria Karina²

Resumen

En este trabajo se diseñó un pasteurizador de leche utilizando corrientes de Foucault para la empresa DERIVADOS LACTEOS BARRETO S.R.L. en la ciudad de Chota con la intención de reducir costos de producción en forma no contaminante. En este trabajo primeramente se determinó las necesidades de la empresa mediante la aplicación de una entrevista con la división a cargo. Tomando como base estas necesidades se generaron 6 conceptos de diseño para el pasteurizador los cuales se filtraron mediante una matriz de selección. El concepto óptimo se definió teniendo en cuenta la norma (CODEX STAN 193-1995) y la (Reglamento de leche y productos lácteos) y mediante la matriz de selección se obtuvo que el sistema de calentamiento por inducción es el concepto más apropiado.

Con el sistema de calentamiento por inducción se logró reducir el tiempo de 55min a 23 min para el proceso de pasteurización queso, mientras que para la crema de leche el tiempo se redujo de 100 min a 35 min y además resulto proveer al igual que el sistema actual de la empresa un grado de letalidad capaz de alcanzar un nivel inferior al estipulado por norma (1 UFC/ml). Con esta información se procedió seleccionar los dispositivos estándar necesarios para la fabricación del equipo. A continuación, se realizaron los planos de detalle y finalmente se hizo un análisis económico de donde se obtuvo un periodo de retorno de la inversión (PRI) de 2 años y una ganancia anual de S/.16200.00 lo que demuestra el beneficio de emplear este sistema. Además, haciendo referencia al tema ecológico este equipo muestra una ventaja considerable debido a como se indicó la tecnología de calentamiento por inducción no hace uso de combustibles fósiles.

Palabras claves: Inducción de campo magnético, calentamiento por inducción, pasterización, letalidad.

**DESIGN OF A MILK PASTEURIZER USING FOUCAULT CURRENTS TO REDUCE
PRODUCTION COSTS AND MINIMIZE THE ENVIRONMENTAL IMPACT THE
COMPANY DERIVADOS LÁCTEOS BARRETO S.R.L.**

Abstract

In this work a milk pasteurizer was designed using eddy currents for the company DERIVADOS LACTEOS BARRETO S.R.L. in the city of Chota with the intention of reducing production costs in a non-polluting way. In this work, the needs of the company are first determined by applying an interview with the cargo division. Based on these needs, 6 design concepts were generated for the pasteurizer which are filtered through a selection matrix. The optimal concept was defined taking into account the standard (CODEX STAN 193-1995) and the (Regulation of milk and milk products) and through the selection matrix the induction heating system was obtained is the most appropriate concept.

With the induction heating system, the time from 55 min to 23 min for the cheese pasteurization process is reduced, while for the cream of milk the time is reduced from 100 min to 35 min and it was also found to provide the same as the The company's current system a degree of lethality capable of reaching a level lower than that stipulated by standard (1 CFU / ml). With this information you must select the standard devices necessary for the manufacture of the equipment. Next, the detailed plans are obtained and finally an economic analysis was made of where a 2-year return on investment period (PRI) and an annual gain of S/.16200.00 was obtained, which demonstrates the employment benefit this system. In addition, referring to the ecological issue, this equipment shows a considerable advantage because, as specified, induction heating technology does not use fossil fuels.

Key Words: Induction, magnetic field, induction heating, pasteurizing, lethality.

¹Adscrito a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: hmartinezrand@crece.uss.edu.pe y registro ORCID.

²Adscrito a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: mjimenezmaria@crece.uss.edu.pe y registro ORCID.

Índice

CAPITULO I INTRODUCCIÓN	1
I. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	4
1.5. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.6. MARCO TEÓRICO.....	12
1.6.1 Estado del arte.....	12
1.6.2 Bases teórico científicas	16
1.6.3 Definición de términos básicos.....	44
CAPITULO II MATERIALES Y METODO	47
2.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	48
2.1.1 Tipo de investigación:	48
2.1.2 Diseño de la investigación:	48
2.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	48
2.2.1 Metodología de Diseño.....	48
2.2.2 Abordaje del metodológico, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	52
2.3. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN	52
2.3.1 Variables.....	52
2.3.2 Operacionalización de las variables.....	53
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	53
2.4.1 Instrumentos de recolección de datos.....	53
2.4.2 Procedimiento para la recolección de datos.....	54
2.5. VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS	54
2.5.1 Análisis estadístico de datos.....	54
2.5.2 Principios éticos.....	54
2.5.3 Principios de rigor científico:	55
CAPITULO III RESULTADOS	56
3.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DE LA EMPRESA CONTRATANTE	57
3.2. NORMAS Y/CÓDIGOS PARA PROCESAMIENTO DE LECHE	57
3.2.1 Reglamento de Leche y Productos Lácteos	57
3.2.2 Código de Práctica de Higiene para la Leche y Productos Lácteos CAC/RCP 57-2004	57
3.3. CÓDIGOS DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PASTEURIZADORES DE LECHE	58
3.3.1 Código de Práctica NZFSA 2009 (Heat Treatment – Code of Practice NZFSA 2009).....	58
3.3.2 Prácticas en la Industria de la Leche Pasteurizada – Norma Colombiana NTC 5255-2004	58
3.4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA EN TÉRMINOS INGENIERILES	59
3.5. GENERACIÓN DE CONCEPTOS ALTERNATIVOS.....	61
3.5.1 Pasteurización con vapor.....	61
3.5.2 Pasteurización por Inducción.....	62
3.5.3 Pasteurización por Microondas.....	62
3.5.4 Pasteurización por Resistencias.....	63
3.5.5 Pasteurización por Resistencias Internas	64
3.5.6 Pasteurización por fuego directo.	65
3.5.7 Filtrado de concepto mediante matriz de selección.	66
3.6. DISEÑO DE CONFIGURACIÓN.....	68
3.6.1 Boceto N°01.	68
3.6.2 Boceto N°02.	69
3.6.3 Boceto N°03.	69

3.6.4	Selección de alternativa óptima mediante una matriz ponderada	70
3.7.	MATERIALES PARA EL EQUIPO DE PASTEURIZACION POR INDUCCION	74
3.8.	ESQUEMAS DE OPERACION PARA LOS PROCESOS DE PASTEURIZACION.....	75
3.8.1	Esquema General de Pasteurización	75
3.8.2	Esquema de pasteurización para producción de queso en sistema actual (Marmita).....	76
3.8.3	Esquema de pasteurización para producción de crema de leche en sistema actual (Marmita) ..	81
3.8.4	Protocolo para análisis comparativo de diseño actual (marmita) con diseño nuevo (inducción)	84
3.9.	DIMENSIONAMIENTO GENERAL.....	86
3.10.	DIMENSIONAMIENTO ESPECIFICO	88
3.10.1	Nomenclatura general	88
3.10.2	Diseño del sistema de calentamiento por inducción.....	107
3.10.3	Sistema de Sensado y Control.....	113
3.10.4	Diseño de detalle	117
3.11.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	118
3.11.1	Presupuesto	118
3.11.2	Tanque contenedor de leche y accesorios	118
3.11.3	Sistema de agitación con impulsor tipo turbina.....	119
3.11.4	Sistema de enfriamiento por serpentín	120
3.11.5	Sistema de Inducción electromagnética	121
3.11.6	Sistema de enfriamiento por chaqueta.....	122
3.11.7	Sistema de aislamiento térmico	123
3.11.8	Sistema de llenado y descarga.....	124
3.11.9	Sistema de censado y control	125
3.11.10	Costos totales	126
3.11.11	Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)	127
3.12.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	131
CAPITULO IV CONCLUSIONES.....		134
4.1.	CONCLUSIONES	135
4.2.	RECOMENDACIONES	136
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		137
ANEXOS.....		144

Tabla de Figura

Figura 1. Curva de supervivencia bacteriana	21
Figura 2. Relación entre el tiempo y el log de ufc	22
Figura 3. Relación entre tiempo, ufc, reducciones y valor esterilizante	23
Figura 4. Relación entre número de reducciones y tiempo de reducción	25
Figura 5. Relación entre valor esterilizante y temperatura.....	25
Figura 6. Resistencia térmica aproximada (Valores D) de algunos microorganismos.....	26
Figura 7. Curva de tiempo de muerte térmica mostrando la definición del valor z	27
Figura 8. Escala lineal de la Figura 1.7	27
Figura 9. Curva de calentamiento y enfriamiento	28
Figura 10. Letalidad a temperatura no constantes	29
Figura 11. Teoría de inducción de Faraday	31
Figura 12. Corrientes de Foucault. Teoría de inducción de Faraday	31
Figura 13. Principio del calentamiento por inducción.	34
Figura 14. Modelo equivalente del funcionamiento de un sistema CPI	36
Figura 15. Distribución de la corriente en función de la profundidad	38
Figura 16. Curva de la profundidad de penetración en función de la frecuencia.....	39
Figura 17. Circuito esquemático de una cocina por inducción	40
Figura 18. Metodología de diseño.	51
Figura 19. Diagrama de caja negra.....	52
Figura 20. Pasteurización con vapor.....	61
Figura 21. Pasteurización por Inducción	62
Figura 22. Pasteurización por microondas.....	63
Figura 23. Pasteurización por resistencias	64
Figura 24. Pasteurización por resistencias internas	64
Figura 25. Pasteurización por fuego directo.	65
Figura 26. Boceto N°01	69
Figura 27. Boceto N°02.....	69
Figura 28. Boceto N°03.....	70
Figura 29. Esquema general de la geometría del pasteurizador	74
Figura 30. Esquema general de pasteurización indicando las etapas del proceso	76
Figura 31. Curva de pasteurización del equipo actual (Marmita)	77
Figura 32. Grafico auxiliar mostrando las zonas de letalidad para el sistema actual	78
Figura 33. Grafico auxiliar de letalidad para 66 °C para el sistema actual	79
Figura 34. Curva de pasteurización del equipo actual en el proceso de crema de leche	81
Figura 35. Grafico auxiliar de letalidad para 85 °C para el sistema actual	82
Figura 36. Letalidad del proceso de pasteurización Diseñada	83
Figura 37. Dimensiones Generales del Equipo.....	87
Figura 38. Nomenclatura a usar para la geometría del pasteurizador	88
Figura 39. Geometría de tapa inferior plana (Fondeyur, 2003)	91
Figura 40. Geometría de tapa superior curva (Fondeyur, 2003).....	92
Figura 41. Geometría recomendada de serpentines de enfriamiento.	94
Figura 42. Graficas paramétricas Flujo Másico vs Tiempo de enfriamiento ($T_0=66\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	98
Figura 43. Graficas paramétricas Flujo Másico vs Tiempo de enfriamiento ($T_0=85\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	99
Figura 44. Geometría recomendada de serpentines de enfriamiento.	100
Figura 45. Geometría del serpentín de enfriamiento.	102
Figura 46. Circuitos de potencia y de control para el pasteurizador	114
Figura 47. Sistema de sensado y control para Sistema de pasteurización por inducción.	115
Figura 48. Plano General	117

Figura 49. Retorno de la inversión (PRI).....	129
Figura 50. Flujo de caja en años	130
Figura 51. Tiempo de recuperación de la inversión.....	130

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Situación problemática

La inocuidad sanitaria es de importancia capital en la industria alimentaria debido a ello la Organización Mundial de la Salud (OMS) reglamenta detalladamente los diferentes niveles aceptables de presencia bacteriana que su vez dependen de los parámetros de procesamiento de alimentos. En el caso de la leche la pasteurización es un proceso clave para asegurar la salubridad del producto pues evita enfermedades transmitidas a través de los alimentos por bacterias y otros microorganismos. Entre las bacterias comunes que causan infección tenemos la *Listeria*, *Salmonella*, *Campylobacter* y *Escherichia coli enterohemorrágica*. Además de ello pueden estar presentes otros microorganismos menos nocivos pero que provocan al igual que las bacterias mencionadas, enfermedades diarreicas que afectan cada año a unos 220 millones de niños, de los que 96 000 acaban muriendo (Organización Mundial de la Salud, 2015).

En el Perú el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), controla los parámetros utilizados en la pasteurización para evitar las enfermedades transmitidas por los alimentos, esto también aplica para productos lácteos con fines de exportación o importación. Se define que el límite máximo tolerable de Coliformes es 1 UFC/ml (Ministerio de Agricultura y Riego, 2012), lo cual garantiza la salubridad del producto. Lamentablemente muchas de los establos proveedores de este insumo no cumple con las normas de salubridad, aumentando así el riesgo de contaminación cruzada y parte de esta leche es empleadas en MYPES o empresas informales que hierven para reducir la carga microbiana, pero a su vez desnaturalizan las proteínas en el proceso.

El proceso de pasteurización usado en esta industria consiste en calentar lentamente la leche a temperaturas entre 60 a 70 °C para luego bajar drásticamente y rápidamente la temperatura a valores inferiores a 10 °C. Este shock térmico reduce carga microbiana alterando mínimamente las características organolépticas y químicas del producto. El calor necesario para este calentamiento proviene normalmente de la combustión de un combustible fósil cuya flama calienta directamente el contenedor o genera vapor

caliente que se hace circular mediante una marmita alrededor de la leche. De una o de otra forma el uso de hidrocarburos presenta un problema para el medio ambiente más aun en producciones masivas de leche.

La empresa Derivados Lácteos Barreto S.R.L es una empresa nacional dedicada a la elaboración y comercialización de productos lácteos. En ella elaboran aproximadamente 10 operarios distribuidos en las áreas de recepción, control de calidad, producción y envasado. Posee una producción 13000 litros diarios abasteciendo el mercado local mediante pasteurización por marmita consumiendo 65 galones de GLP/día con un costo de S/. 166,075 anuales.

En el afán de reducir costos de producción la empresa Derivados Lácteos Barreto S.R.L ha especulado un cambio en su tecnología de pasteurización hacia un método simplificado, moderno y menos contaminante. En ese sentido, la pasteurización mediante calentamiento por inducción electromagnética surge como una opción viable para esta mejora tecnológica. Esta tecnología aprovecha en casi su totalidad la energía térmica generada pues solo calienta la superficie de contacto con el producto, disminuyendo así las pérdidas de calor en el medio ambiente además emplea energía eléctrica que, a comparación con los combustibles fósiles, esta es más barata y menos contaminantes.

En este trabajo se diseñará un equipo de pasteurización por inducción magnética (Corrientes de Foucault) con capacidad de 1000 litros/lote para reducir los costos de producción y minimizar el impacto ambiental de este proceso de calentamiento.

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles serán las especificaciones técnicas y configuración geométrica de un pasteurizador de leche con capacidad de 1000 litros/lote de leche por corrientes de Foucault para reducir los costos de producción, empleando una inversión menor de \$ 1500 y una tasa de retorno de 6 meses para la empresa Derivados Lácteos Barreto S.R.L.?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo General.

Diseñar un pasteurizador de leche utilizando corrientes de Foucault para reducir los costos de producción y minimizar el impacto ambiental en la empresa Derivados Lácteos Barreto S.R.L.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar las necesidades de la empresa y definir el problema en términos ingenieriles tomando como base las normas y códigos pertinentes para el diseño del pasteurizador y procesamiento de la leche.
- Generar 6 conceptos alternativos capaces de solucionar el problema planteado, filtrándolos mediante una matriz de selección y realizar el diseño de configuración al concepto seleccionado.
- Ejecutar el dimensionamiento previo general del equipo y diseñar paramétricamente partes y/o sistemas críticos del equipo de inducción.
- Seleccionar los componentes estándar para el pasteurizado y ejecutar el diseño de detalle elaborando planos del equipo de inducción.
- Elaborar el análisis económico.

1.4. Justificación e importancia

En el mundo se está produciendo un gran cambio a través del empleo de nuevas fuentes de energías, más limpias con el objetivo de producir un impacto medioambiental nulo o mínimos. Cabe recalcar que estas energías son económicas a comparación de sus antecesoras. Muchas de estas energías limpias se manifiestan de forma eléctrica como la energía eólica, hidráulicas, mareomotriz, solar, etc. Muchas industrias ya empezaron el cambio como es el caso de la industrias automotriz que al ver el panorama de una creciente demanda por productos “cero emisiones” y una fecha límite para la extracción del petróleo y sus derivados optan por innovar en modelos eléctricos más funcionales, económicos y potentes; la industrias de telefonía para

ampliar su cobertura implementa paneles solares para satisfacer la demanda eléctrica de sus estaciones en sitios remotos donde les es escaso el petróleo para los generadores eléctricos, ya que incluso la energía eléctrica les es indiferente.

Las potencias mundiales también fomentan estos logros, un ejemplo son los bonos de carbono que multa a las empresas que superan el límite de contaminación permitido y recompensa la reducción de contaminación, siendo un gran apoyo a las empresas que ya están en el mercado y les es imposible solventar un cambio tan radical en sus sistemas o desean ingresar a mercados donde la competencia es fuerte y los clientes son ECO-AMIGABLES.

A partir del 2015 Ecuador fomento entre su población el empleo de cocinas de inducción eléctrica (corrientes de Foucault) con su programa Ecuador Cambia (2015) debido a los beneficios que tiene las cocinas de inducción eléctrica como preparar los alimentos en un menor tiempo, más seguridad contra accidentes debido a que solo la base metálica de la olla se calienta siendo así menos probable la quemaduras, además el costo eléctrico es mucho menor al gas doméstico, el cual Ecuador gasta mucho en el subsidio del Gas Licuado de Petróleo (GLP) gracias a ello en Diciembre del 2015 cayó a \$ 37,2 millones, Mientras solo en febrero representó \$ 61,6 millones. Así lo reporta el Banco Central del Ecuador en su boletín estadístico gracias a la campaña del Gobierno por reemplazar cocinas de gas por las de inducción, para así cambiar la matriz productiva y poder desmontar el subsidio al gas. El ministro de Industrias, Ramiro González, dijo que el uso de un millón de cocinas de inducción podría bajar el subsidio al gas en más de \$ 230 millones.

En la actualidad en nuestro medio se emplean dos métodos tradicionales para el calentamiento para pasteurización: mediante flama o vapor (Battro, 2010) El uso del calentamiento por inducción electromagnética representa una tecnología relativamente novedosa como múltiples ventajas. El mismo hecho de introducir al país la inducción magnética para pasteurización reduce la brecha tecnología respecto del primer mundo. El empleo de electricidad en reemplazo de los combustibles fósiles, reduce la contaminación por los gases de combustión, la extracción del crudo y el daño que ocasiona en los ecosistemas y comunidades (Reyes, Lopez, & Sosa, 2010).). Los

calentadores electromagnéticos son mucho más económicos que los métodos tradicionales arriba mencionados. El empleo de las corrientes de Foucault, evita el riesgo de almacenar tanques de Petróleo o sus derivados, el peligro de quemaduras por vapor o manipulación de las válvulas (FAO, 2014)

1.5. Antecedentes de la investigación

En la Universidad de Tabriz, se desarrolló el trabajo de investigación titulado: Pasteurizador de leche calentando por inducción y su efecto sobre la calidad microbiológica de leche; por los autores Hagh, Azimi, & Dargahi (2015) quienes en el resume refieren que el uso de un calentador de inducción de leche para su pasteurización mediante 243 condiciones diferentes y se selecciona el método optimizado para un proceso adecuado a través de un diseño de experimento factorial. En este experimento, los efectos de los cuatro factores diferentes, incluyendo:

1) 3 intensidades de transmitancia de electricidad (350, 1000 y 1600 vatios), 3 niveles de depósitos de prueba de superficie (12, 17 y 23 cm), 3 temperaturas (72, 75 y 84 °C) y 3 tiempo de pasteurización (15, 20 y 30 segundos) se utilizaron en tres repeticiones. El método optimizado fue seleccionado en tres pasos basados en 1) el porcentaje mínimo de la carga microbiana, 2) un mínimo de duración de la pasteurización de la leche y 3) el consumo de energía más bajo para el procesamiento, respectivamente. En consecuencia, los resultados mostraron que la destrucción de la carga bacteriana total fue de 99,5% en el método de calentamiento inducido seleccionado en comparación con el método clásico (98,23%). Por otra parte, coliformes y Escherichia cuenta en el método de calentamiento inducida han sido una décima hasta el método clásico. En el método de calentamiento inducido, perdidas en la leche no se produce debido a la transferencia de calentamiento rápido.

En la universidad Autónoma de Barcelona, se desarrolló la tesis doctoral: “Utilización de la ultra alta presión por homogenización como alternativa al tratamiento de pasteurización para la obtención de leche en consumo”, por la autora J. Pereda (2009) quien es su resumen indica los cambios producidos en la leche y en licuados vegetales al usar homogenización de ultra-alta- presión (UHPH) y su potencial uso en la sintetización de productos derivados como alternativa al tratamiento térmico

convencional. Se realizaron estudios microbiológicos para producir una reducción microbiana inicial según norma. Se determinó que las condiciones más propicias a ser utilizadas eran las de 200 y 300 MPa con $T_i = 30$ y 40°C y como muestra control una leche de alta pasteurización (PA; 90°C , 15s). Se llevaron a cabo tres repeticiones en las que la leche se trató en las condiciones previamente seleccionadas y luego fue almacenada a 4°C durante 21 días. Sobre estas muestras se estudiaron los cambios microbiológicos, físico-químicos, enzimáticos y sus efectos en la proteólisis, lipólisis, oxidación, formación de compuestos volátiles y características sensoriales de las leches. En este trabajo se ha podido constatar que los tratamientos UHPH a presiones de 200-300 MPa fueron tan eficaces como el tratamiento PA en reducir la población microbiana, pero a diferencia del tratamiento térmico esta tecnología evita el sobrecalentamiento del producto tal como han mostrado los indicadores térmicos estudiados. La reducción microbiológica permitió obtener un producto con una vida útil de unos 18 días en refrigeración. Por otra parte, la UHPH produjo la reducción del tamaño de las partículas de la leche por efecto de la homogenización. En cuanto a las enzimas la fosfatasa alcalina fue completamente inactivada por todos los tratamientos. Sin embargo, la lactoperoxidasa y la plasmina no fueron inactivadas totalmente por algunos tratamientos. La actividad residual de plasmina junto con la reducción del tamaño de las partículas en las leches tratadas por UHPH llevó a que estas muestras presenten una mayor hidrólisis de caseínas en comparación a la leche PA. Las leches tratadas a 200 MPa se caracterizaron por sufrir un proceso lipolítico que se evidenció por el incremento de ácidos grasos libres durante el almacenamiento y que luego se comprobó mediante el análisis sensorial. Mientras que la lipólisis se dio en las muestras tratadas a 200 MPa, la oxidación mostró un fenómeno más intenso en las leches de 300 MPa. Sin embargo, este defecto no fue percibido por la mayoría de los consumidores que la describieron como una leche sin defectos, siendo la más apreciada en su valoración global. El tratamiento UHPH de 300 MPa con $T_i = 30^\circ\text{C}$ podría utilizarse como alternativa al tratamiento de pasteurización para la obtención de leche de consumo ya que permite alcanzar niveles microbiológicos, características físico-químicas y organolépticas comparables a una leche PA pero evitando el sabor a cocido característico de ésta última y la tendencia al desnatado durante su almacenamiento.

En el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables, se desarrolló el trabajo de investigación titulado: Estudio de ensayos de eficiencia energética, concavidad, convexidad y rugosidad en menaje para cocinas de inducción; por los autores Riofrío A., Carrión D., Orozco M., Vaca D., Martínez J. & Villacis S. (2014) quienes en el resume refieren la búsqueda para encontrar ollas de material adecuado que puedan utilizarse en cocinas de inducción, mediante el análisis de resultados encontrados a partir de ensayos de eficiencia energética, concavidad, convexidad y rugosidad a distinto tipo de menaje. Se realizaron ensayos a tres tipos de menaje, como son ollas de acero inoxidable, fundición de hierro y aluminio con fondo de disco de acero inoxidable, donde se determinaron los factores que resultan determinantes en la eficiencia energética en la cocción. Con los resultados se ha obtenido que el menaje compuesto por ollas de hierro fundido llega a una eficiencia de un $91,4 \pm 2,1$ %, mientras que, en las ollas de acero inoxidable, la eficiencia se encuentra entre el 80,7 y 94,2 % y las ollas con cuerpo de aluminio con fondo de disco de acero inoxidable entorno al $85,2 \pm 2,1$ %. El artículo también muestra un análisis del consumo energético y tiempos en procesos de cocción residencial, en los cuales se analizan dos fuentes de energía primaria GLP y la electricidad, mediante el uso de una cocina alimentada con GLP y una cocina de inducción, en diferentes condiciones de potencia. Obteniendo como resultado que la tecnología de las cocinas de inducción con una potencia nominal de 4 kW alcanza menores consumos energéticos y menores tiempos de cocción para el análisis efectuado.

En la Escuela Politécnica Nacional, se desarrolló el trabajo de investigación titulado: Diseño e implementación de un sistema automático para el proceso de pasteurización de leche; por los autores Gonzales V. & Armas L. (2015) quienes en el resume refieren diseño e implementó un sistema automático para la pasteurización de base para la elaboración del helado. Teniendo en cuenta la inoperatividad de la máquina. Después del análisis de las funciones que el equipo requería se optó por el reemplazo de la tarjeta de control dañada por un Controlador Lógico Programable (PLC). En la programación se siguió la lógica original de la máquina, en particular en lo que se refiere a los tiempos de cada una de las fases y para cada tipo de pasteurización. Para la fase de calentamiento que sube hasta los 85°C tiene una duración de 1 hora, en donde su punto máximo tiene una variación de $\pm 2^{\circ}\text{C}$. En la fase de enfriamiento está dividida en tres partes una que

es enfriamiento con agua que tiene una duración aproximada de 20 minutos hasta los 45 °C, la segunda con agua y el compresor con una duración aproximada de 40 minutos hasta los 25°C, y la última fase que va hasta los 5°C en la que opera solamente el compresor con una duración de 1 hora, esta fase de enfriamiento se controlaba con un error de $\pm 2^\circ\text{C}$. Estos valores están dentro de los parámetros de funcionamiento de la máquina y los solicitados por la empresa. Para la comunicación hombre-máquina se incorporó un panel táctil, donde se programaron todas las opciones que la máquina requería, dándole una presentación similar al panel dañado de la máquina, incorporando gráficos en donde se representan cada una de las fases de funcionamiento.

En la Universidad Nacional de Trujillo, se desarrolló el trabajo de investigación titulado: Diseño y montaje de un pasteurizador solar y evaluación en el tratamiento de leche de cabra; Saldaña A., Sánchez D., Vásquez V., Lescano L. & Linares G. (2015) quienes en el resume refieren sobre la evaluación del efecto tiempo-temperatura en la pasteurización de leche y se realizó una comparación económica frente al uso alternativo de gas propano y energía eléctrica como fuente de calor. El pasteurizador contó con colector solar (CS) de 2 m² con inclinación N-S de 13,89°, un tanque acumulador-intercambiador de calor (TAIC) provisto de serpentín de acero inoxidable (SAI) de 9,71 m, por donde circularon 3 batch de 10 L de leche a 2,15 L/s. El control de temperatura se realizó con tres sensores LM35 acoplados a una tarjeta Arduino Uno y a un ordenador en la cual se instalaron drivers de la tarjeta, el software LaVIEW y una interfaz de LabVIEW para Arduino, en donde se realizó la programación gráfica. El pasteurizador solar funcionó 6 horas y debido a las condiciones climáticas (04.03.2015) se utilizó un sistema auxiliar de gas propano por 20 minutos, cumpliéndose el tratamiento térmico temperatura-tiempo de 73 °C por 15 segundos, lo que permitió alcanzar un valor $F = 6,6$, asegurando la destrucción térmica del microorganismo de referencia *Coxiella burnetti*. La inversión para el montaje del pasteurizador solar para un procesamiento de 30 L/d de leche fue de US\$ 555,56, el que a un precio de venta de 1,22 US\$/L de leche, se recuperaría en 60 días. El sistema de pasteurización solar permite una ganancia de 34,1%, ligeramente menor a un sistema de pasteurización eléctrico con el que se obtiene una ganancia de 35,6%, operando en similares condiciones.

En la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló el trabajo de investigación titulado: Sistema de calefacción de agua por inducción electromagnética para el uso doméstico; Guamán J. (2015) quien en el resume describen los sistemas de inducción magnética a lo largo de la historia, se han aplicado en sistemas industriales tales como la industria de fundición, fusión, metalurgia y construcción de piezas mecánicas. El calentamiento de fluidos es una de las aplicaciones de la tecnología de inducción que más acogida tienen en la industria. En los últimos años, la industria de inducción ha propuesto una innovadora línea de investigación dedicada a la línea blanca o electrodomésticos. La presente investigación tiene como propósito el desarrollo de un prototipo de sistema de calefacción de agua por inducción magnética para el uso doméstico, los prototipos desarrollados utilizan los fenómenos de inducción magnética. Basado en los principios del efecto Joule y las leyes de Maxwell se produce el calentamiento de un material metálico bajo la acción de un campo magnético variable, generando corrientes parásitas en el material. Estas corrientes se disipan en forma de calor permitiendo el calentamiento de los fluidos que contenga el mencionado material. Actualmente, el gobierno del Ecuador apuesta decididamente por la transformación del modelo energético. En este sentido, la sustitución de sistemas de calentamiento de agua sanitaria, que consumen importantes cantidades de recursos fósiles, por innovadores dispositivos de inducción magnética es una de las propuestas más importantes dentro de la estrategia de transformación de la matriz energética y coincide con los lineamientos generales del plan del buen vivir. El prototipo diseñado tiene un gran aporte tecnológico, económico y medio ambiental. Para la implementación del prototipo se ha realizado una ardua investigación de los diferentes circuitos de inducción que se utilizan en la actualidad para la fabricación de sistemas de inducción, entre estos sistemas destacan las cocinas de inducción. El estudio realizado permite la selección del circuito más adecuado para la implementación del dispositivo y mejor el aprovechamiento de energía. A futuro se espera que el uso de nuevos e innovadores dispositivos reduzca el consumo de recursos fósiles e impulse el uso de recursos renovables. El uso de recursos renovables para la generación de la electricidad y las energías limpias permitirán contar con un elevado ahorro económico al país como se puede concluir del análisis del costo económico realizado en el presente trabajo. El aporte económico que genera este ahorro permitirá que el país disponga de altos ingresos económicos los cuales pueden ser redirigidos a los sectores más vulnerables del país.

En la Universidad Politécnica Salesiana, se realizó el trabajo de investigación titulado: Modelización de una micro red fotovoltaica aplicada a equipos de cocción por inducción para el reemplazo de GLP; Riofrio J. (2015) quien en el resume refieren sobre el creciente uso de la electricidad, la cocción de alimentos ha sufrido grandes transformaciones, principalmente con respecto al combustible empleado, pasando de utilizar leña, carbón o derivados de combustibles fósiles hasta llegar al uso de la electricidad. En el caso de Ecuador, se ha decido realizar una migración masiva de cocinas de GLP a cocinas eléctricas de inducción en los próximos tres años, gracias a las políticas de cambio de la Matriz Productiva y de diversificación de la Matriz Energética. El presente trabajo presenta una alternativa para alimentar a estos equipos con electricidad generada a partir de una micro red fotovoltaica, la misma que posee la capacidad de almacenar energía y recurrir a la red para cubrir picos de demanda en horarios específicos, siguiendo las condiciones contempladas en un modelo de operación propuesto para este tipo de sistemas. Previo al diseño y dimensionamiento de la micro red fotovoltaica, se caracterizó la cocina eléctrica de inducción a través de un circuito equivalente y con ello se obtuvo una función de transferencia que permitió calcular el consumo de potencia activa de este equipo. El modelamiento del sistema se lo hizo empleando la herramienta Simulink de Matlab, para un día tipo de los meses con mayor y menor recurso solar, considerando dos estados extremos del banco de baterías en el inicio del día. Los resultados muestran que el uso de generación distribuida aplicada a la alimentación de este equipo significaría para el usuario dejar de consumir entre un 57% y un 65% de la energía obtenida de la red de distribución, incluso para las peores condiciones climatológicas consideradas. Sin embargo, el análisis económico muestra que, con los niveles de costos actuales, la inversión en este tipo de instalaciones no es rentable en el corto plazo.

En el Instituto para el desarrollo de la industria de alimentos y de investigación, se realizó el trabajo de investigación titulado: Los avances recientes en la industria alimentaria con alta tecnología presión hidrostática; Wang CY , Huang HW , Hsu CP & Yang BB (2016) quienes en el resume refieren la Alta presión hidrostática que es una tecnología emergente no térmica que puede alcanzar los mismos niveles de seguridad alimentaria como los de la pasteurización por calor y cumplir con las exigencias del consumidor para la degustación de más fresca, alimentos mínimamente

procesados. La aplicación de procesamiento de alta presión puede inactivar microorganismos y enzimas patógenas y de descomposición, así como modificar las estructuras con poco o ningún efecto sobre la calidad nutricional y sensorial de los alimentos. La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) y el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) han aprobado el uso de procesamiento de alta presión (HPP), que es una alternativa tecnológica fiable que la pasteurización por calor convencional en los procedimientos de elaboración de alimentos. Este artículo presenta las aplicaciones actuales de la HPP en el procesamiento de frutas, verduras, carnes, pescados y mariscos, productos lácteos y productos derivados del huevo; tales aplicaciones incluyen la combinación de presión y biopreservación para generar características específicas en ciertos productos. Además, este documento describe los hallazgos recientes sobre los microbiológicos, químicos y aspectos moleculares de la HPP tecnologías utilizadas en aplicaciones comerciales y de investigación.

1.6. Marco teórico.

1.6.1 Estado del arte

1.6.1.1. Últimos desarrollos de la esterilización de lácteos

1.6.1.1.1. Ozonización:

(VARGA & SZIGETI, 2016) En el Instituto de Ciencia de los Alimentos y la Universidad de Hungría Occidental, Facultad de Ciencias Agrícolas y Alimentos, desarrollaron el trabajo de investigación titulado: “Uso de ozono en la industria láctea: Una revisión” (Use of ozone in the dairy industry: A review), para eliminar residuos de leche y bacterias formadoras de biopelículas de acero inoxidable superficie caras y en el procesamiento de la leche, incluyendo la leche líquida, productos de leche en polvo y queso.

Donde se demuestra que en el tratamiento con ozono es un método prometedor para la reducción de las concentraciones de contaminantes en las aguas residuales lácteos. Además, que el tratamiento es una tecnología de procesamiento de alimentos rentable y respetuoso del medio ambiente.

1.6.1.1.2. *Pasteurización con probióticos agregados*

Silva et. al. (2016) En el Instituto de Tecnología de Alimentos y la Universidad Estatal de Campinas, realizaron el trabajo de investigación titulado: “Pasteurizada, microfiltrada y la lactosa hidrolizada, Leche desnatada con probióticos añadidos: Desarrollo y estabilidad de almacenamiento” (Pasteurized, microfiltered and lactose-hydrolyzed, skimmed milk with added probiotics: Development and storage stability), En la industria alimentaria ha estado tratando de innovar sus productos a las demandas de los compradores para beneficios de salud de su comida. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue estudiar la combinación de tecnologías para obtener una leche desnatada pasteurizada, microfiltrado, y lactosa hidrolizada con una vida útil más larga y con probióticos añadidos (PMLHSP). Este PMLHSP se sometió a físico- químicas, microbiológicas y evaluaciones sensoriales, además de su vida útil se estima en 5 ° C. la viabilidad de los probióticos en este sistema también se evaluó durante el almacenamiento a 5 ° C y se indica una la vida útil de unos 28 días. El cultivo probiótico añadido a la leche desnatada microfiltrada presentado buena viabilidad en el producto durante el almacenamiento refrigerado, con recuentos superiores a 8 log UFC / ml.

1.6.1.1.3. *Calentamiento dieléctrico de radiofrecuencia*

Michael et. al. (2014) la Universidad Estatal de Kansas, el Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de Nebraska, el Departamento de Ingeniería de Sistemas Biológicos de la Universidad de Nebraska, desarrollaron el trabajo de investigación titulado: “Validación del sistema de calentamiento dieléctrico de radiofrecuencia para la destrucción de *Cronobacter sakazakii* y especies de *Salmonella* en la leche en polvo sin grasa” (Validation of radio-frequency dielectric heating system for destruction of *Cronobacter sakazakii* and *Salmonella* species in nonfat dry milk.), el consumo de leche descremada en polvo contaminada (NDM), especies de *Cronobacter sakazakii* y *Salmonella* se han asociado con este producto y con enfermedades humanas, un ingrediente clave en la fórmula en polvo para lactantes. *Cronobacter sakazakii* y *Salmonella* spp. puede sobrevivir al proceso de secado por pulverización si la leche se contamina después de la pasteurización, y el producto

seco puede estar contaminado de fuentes ambientales. En comparación con los convencionales de calefacción, radio-frecuencia de calentamiento dieléctrico (RFDH) es un proceso más rápido y más uniforme para el calentamiento de alimentos bajo contenido de humedad. El objetivo de este estudio fue diseñar un proceso RFDH para lograr la destrucción de destino (reducciones log) de *C. Sakazakii* y *Salmonella* spp. La destrucción térmica (tiempo de reducción decimal; D-valor) de *C. Sakazakii* y *Salmonella* spp. en leche en polvo descremada (de alta temperatura, HH, y baja temperatura, LH) se determinó a los 75, 80, 85, o 90 ° C por medio de una muerte en tiempo térmica (TDT) método de disco, y los valores z (la temperatura aumento necesario para obtener una reducción decimal de la D-valor) se calcularon. Los requisitos de tiempo y temperatura para conseguir la destrucción de estos agentes se calcularon a partir de los parámetros de destrucción térmica, y la eficacia del proceso de RFDH se validó mediante el calentamiento de leche en polvo descremada usando RFDH para lograr las temperaturas objetivo y mantener el producto en un horno de convección durante el tiempo necesario. Se utilizó la regresión lineal para determinar los valores D y los valores z. Los valores D de *C. Sakazakii* en HH- y LH-NDM fueron 24,86 y 23,0 min a 75 ° C, 13,75 y 7,52 min a 80 ° C, 8,0 y 6,03 min a 85 ° C, y de 5.57 y 5.37 minutos a 90 ° C, respectivamente. Los valores D de *Salmonella* spp. en HH- y LH-NDM fueron 23,02 y 24,94 min a 75 ° C, 10,45 y 12,54 min a 80 ° C, 8,63 y 8,68 min a 85 ° C, y 5,82 y 4,55 min a 90 ° C, respectivamente. La destrucción predicho y observado de *C. Sakazakii* y *Salmonella* spp. estaban de acuerdo, lo que indica que el comportamiento de los organismos fue similar independientemente del sistema de calefacción (RFDH vs. convencional). Radio-frecuencia calentamiento dieléctrico puede ser utilizado como un método de calentamiento más rápido y más uniforme para NDM para lograr temperaturas objetivo para un tratamiento postproceso letalidad de NDM antes de su envasado.

1.6.1.1.4. Calefacción óhmica

Sun et. al. (2008). En la facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Hokkaido y el departamento de Alimentos Distribución de la Universidad Rakuno Gakuen, desarrollaron el trabajo de investigación titulado: “Efectos de la calefacción óhmica en los recuentos microbianos y desnaturalización de las proteínas en la leche” (Effects of Ohmic Heating on Microbial Counts and Denaturation of Proteins in Milk.), El objetivo de este estudio fue comparar los efectos de inactivación de calentamiento óhmico (calentamiento interno por la corriente eléctrica) y el calentamiento convencional (calentamiento externo por el agua caliente) en los aerobios viables y *Streptococcus thermophilus* 2646 en la leche en condiciones idénticas historia de la temperatura. Los efectos de los dos tratamientos sobre la calidad de la leche también se compararon mediante la evaluación de grados de desnaturalización de la proteína en bruto y leche esterilizada (leche cruda ser esterilizados por calentamiento óhmico o calentamiento convencional). Se encontró que el recuento microbiano y la reducción de tiempo calculado decimal (valor D) resultante de calentamiento óhmico fueron significativamente más baja que las que resultan de calefacción convencional. No hubo diferencias en los grados de proteína desnaturalización durante los dos tratamientos. Los resultados sugieren que en el calentamiento óhmico no sólo había un efecto térmico, sino también un efecto no térmico letal sobre los microorganismos, debido a la corriente eléctrica. Basándose en los resultados, se propone que el calentamiento óhmico se puede utilizar eficazmente para pasteurizar la leche sin deterioro adicional de la proteína.

a. Efectos de la calefacción óhmica

(Deeth & Datta, 2011). La Universidad de Queensland y la Universidad de Victoria, desarrollaron el trabajo de investigación titulado: “El tratamiento térmico de la leche | Ultra Alta Temperatura Tratamiento (UHT): Sistemas de Calefacción” (Heat Treatment of Milk | Ultra-High Temperature Treatment (UHT): Heating Systems), El procesamiento de temperatura ultra alta (UHT) de leche en ~140 ° C durante unos segundos produce un producto que es estable en almacenamiento durante varios meses. Tal tratamiento térmico tiene el mismo efecto bactericida como esterilización en el recipiente a una temperatura inferior

durante un tiempo más largo, pero causa mucho menos cambio químico y por lo tanto produce un producto de mejor calidad. Los métodos más comunes de UHT vapor uso de calefacción o agua sobrecalentada como medio de calentamiento, aunque se pueden usar otros métodos menos comunes de calefacción electro. Los métodos basados en vapor, ya sea directa o indirectamente, para calentar la leche. Los métodos directos, en el que el vapor se mezcla directamente con la leche, calentar la leche rápidamente y alcanzar las altas temperaturas requeridas con cambio químico mínimo a la leche. En contraste, los métodos indirectos, que implican intercambiadores de calor tubulares o de placas, calentar la leche más lentamente y por lo tanto causan un cambio más químico para el mismo efecto bactericida como los métodos directos. Las combinaciones de ambos pueden ser utilizadas para optimizar la eficiencia de procesamiento y calidad del producto.

1.6.2 Bases teórico científicas

1.6.2.1. *La leche*

1.6.2.1.1. *Definición:*

Es el primer alimento de los mamíferos provenientes de las glándulas mamarias de las hembras, para nutrir a las crías. Este líquido blanquecino de los mamíferos domesticados forma parte de la alimentación de los seres humanos, que se consume en diferentes productos.

1.6.2.1.2. *Propiedades*

a. **Físicas**

Tabla 1

Principales propiedades físicas de la leche (Celis & Juárez, 2009)

Propiedades	Valor
Densidad	1028-1034 kg/m ³
Ph	6.5-6.65
Viscosidad	0.0017 – 0.0022 kg/(m*s)
Punto de congelación	-0.513 y 0.565 °C
Punto de ebullición	101.17 °C
Capacidad Calorífica	3930 j/(kg*°C)
Conductividad térmica	0.53 W/(m*°C)

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2

Calores específicos de alimentaciones (Heldman & Singh, 1981)

Leche	Agua	Proteína	Carbohidratos	Grasa	Cenizas	Cp
Entera pasteurizada	87	3.5	4.9	3.9	0.7	3.831
En polvo, no grasa	3.5	35.6	52.0	1.0	7.9	1.520

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3

Conductividad térmica de algunos productos alimenticios (Heldman & Sing, 1981)

Producto	Humedad	T(°C)	Conductividad
Leche	-	37.0	0.530
	90	24.0	0.571
Leche condensada	-	78.0	0.641
	50	26.0	0.329
	-	78.0	0.364
Leche desnatada	-	1.5	0.538
	-	80.0	0.419

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4

Viscosidad de alimentos líquidos

Producto	T (°C)	Viscosidad (Pas)
Leche Homogeneizada	20	0.002000
	40	0.001500
	60	0.000775
	80	0.000600
Leche pura	0	0.003440
	10	0.002640
	20	0.001990
	30	0.001490
	40	0.001230

Nota. Fuente: Adaptado de Heldman y Singh (1981)

b. Químicas

Tabla 5

Valor nutricional de la leche.

	100 ml
Energía (kcal)	59
Proteínas (g)	3,15
Grasa Total (g)	3,1
Grasa saturada (g)	1,98
Grasa monoinsat. (g)	0,90
Grasa poliinsat. (g)	0,08
Grasa trans (g)	0,13
Colesterol (mg)	10
Hidratos de Carbono Disponibles (g)	4,6
Azúcares Totales (g)	4,6
Lactosa (g)	4,6
Sodio (mg)	32
Calcio (mg)	118
Fósforo (mg)	85

Nota. Fuente: Elaboración Propia

1.6.2.1.3. Contaminación

En el Codex Alimentarius (1995) (CODEX STAN 193-1995) un contaminante se define como sigue: "Cualquier sustancia no añadida intencionalmente al alimento, que está presente en dicho alimento como resultado de la producción (incluidas las operaciones realizadas en agricultura, zootecnia y medicina veterinaria), fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento de dicho alimento o como resultado de contaminación ambiental. Este término no abarca fragmentos de insectos, pelo de roedores y otras materias extrañas".

1.6.2.2. Procesamiento de productos lácteos

1.6.2.2.1. Definición

Por el afán de conservar el valor nutricional de la leche por más tiempo han generado, diferentes derivados.

1.6.2.2.2. Tipos

a. La evaporación

Al superar el punto de ebullición de la leche, se elimina agua aumentando así las concentraciones de azúcares propio de la leche y al ser un tratamiento térmico severo se desnaturalizan parte de las proteínas.

b. La fermentación

El proceso para la elaboración de Yogurt consiste en aumentar porcentaje de ácido láctico.

c. Pasteurización

El objetivo de la pasteurización es reducir la carga microbiana e inactivar enzimas que degraden la leche sin destruir las proteínas.

Según Vacas (2013) es un método de conservación suave, donde el líquido que calienta al producto no supera los 100 °C

d. Coagulación

Para la producción de queso, se coagula las proteínas de la leche (caseína), debido al aumento del pH al añadir el cuajo y eliminado así el suero de la leche.

1.6.2.3. *Pasteurización*

1.6.2.3.1. *Generalidades*

La pasteurización es por tratamiento térmico leve, cuyas variables son el tiempo y la temperatura además para garantizar que la leche este inocua se aplica un shock térmico que consiste en disminuir drásticamente la temperatura.

1.6.2.3.2. *Cinética de la muerte térmica de microorganismos.*

En el 2007, Vázquez A. cita a Rees J. & Bettison (1991) que explica que la muerte de microorganismos a una temperatura elevada es generalmente aceptada por la cinética de primer orden, la cual se basa en que a una temperatura constante el rango de muerte de los microorganismos es directamente proporcional con la concentración presente en un tiempo en particular (Figura 1). El resultado de la cinética de primer orden es definido por el tiempo durante el cual el número de microorganismos muere de uno a diez del número inicial en un intervalo de tiempo, independientemente del número actual. (2007).

$$-\frac{dN}{dt} = kN \quad \text{Ec. 01}$$

Dónde:

- N : Es el número de microorganismos vivos en cada momento en cualquiera de sus formas, en células o células/mL).
- k : Es la constante cinética de muerte térmica a temperatura T.
- $\frac{dN}{dt}$: Es la velocidad instantánea de inactivación de microorganismos. (ufc/min)

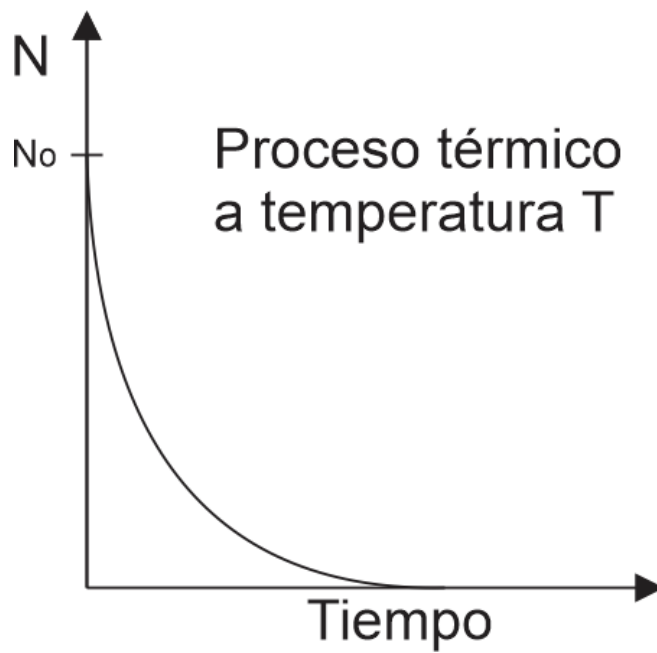


Figura 1. Curva de supervivencia bacteriana
 Fuente: Adaptado de (Rees J. & Bettison, 1991)

Integrando la ecuación 01 para un proceso térmico que se realiza a temperatura constante (k_d constante) se obtiene.

$$-\frac{dN}{N} = -k_d dt \quad \text{Ec. 02}$$

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = \int_0^t -k_d dt \quad \text{Ec. 03}$$

$$N = N_0 e^{-k_d t} \quad \text{Ec. 04}$$

Para determinar la velocidad de inactivación de microorganismos, despejamos la variable “t”.

$$t = \frac{1}{k_d} \ln\left(\frac{N_0}{N}\right) \quad \text{Ec. 05}$$

$$t = \frac{\ln(10)}{k_d} \log\left(\frac{N_0}{N}\right) \quad \text{Ec. 06}$$

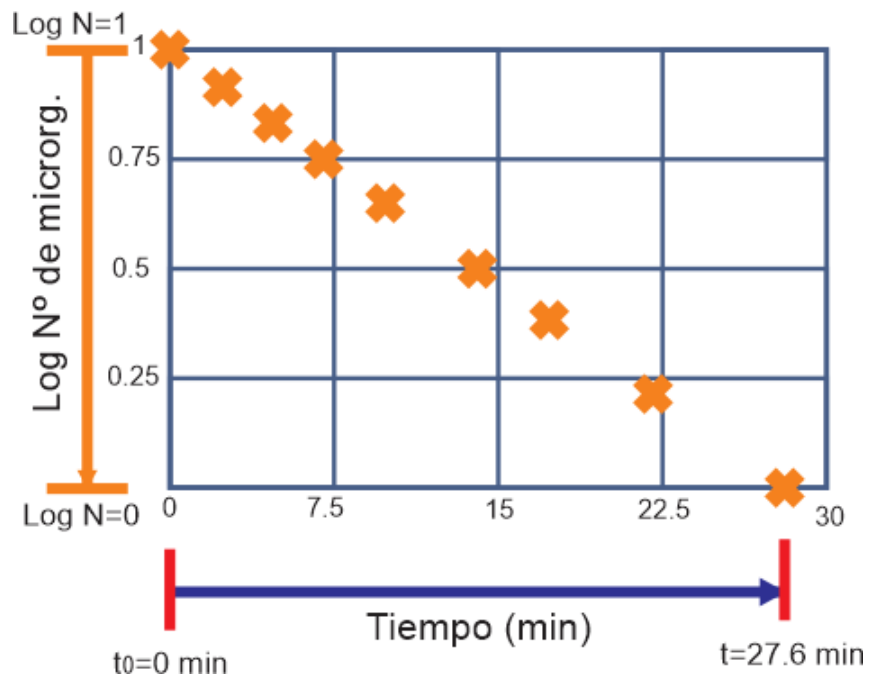


Figura 2. Relación entre el tiempo y el log de ufc.

Fuente: Adaptado de (Castillo M., 2015)

Dónde:

$$\square = \frac{\square_0}{10}$$

Ec. 07

Reemplazando la ecuación 07 en la ecuación 06.

$$\square = \frac{\ln(10) \log(\frac{\square_0}{\square})}{\square}$$

Ec. 08

$$\square = \frac{\ln(10)}{\square}$$

Ec. 09

Tiempo de reducción decimal:

$$\square_{\square} = \frac{\ln(10)}{\square}$$

Ec. 10

Reemplazando la ecuación 10 en la ecuación 06.

$$\square = \square_{\square} \log(\frac{\square_0}{\square})$$

Ec. 11

Donde el número de reducciones decimales es

$$n \equiv \log\left(\frac{N_0}{N}\right) \quad \text{Ec. 12}$$

Entonces reemplazamos la ecuación 12 en la ecuación 11 para obtener el valor esterilizante.

$$F_T = 2.303 \cdot D \cdot n \quad \text{Ec. 13}$$

t	N	n	F _T
t ₀	N ₀	0	0
t ₁	N ₁	n ₁	F _{T1}
t ₂	N ₂	n ₂	F _{T2}
t ₃	N ₃	n ₃	F _{T3}
...

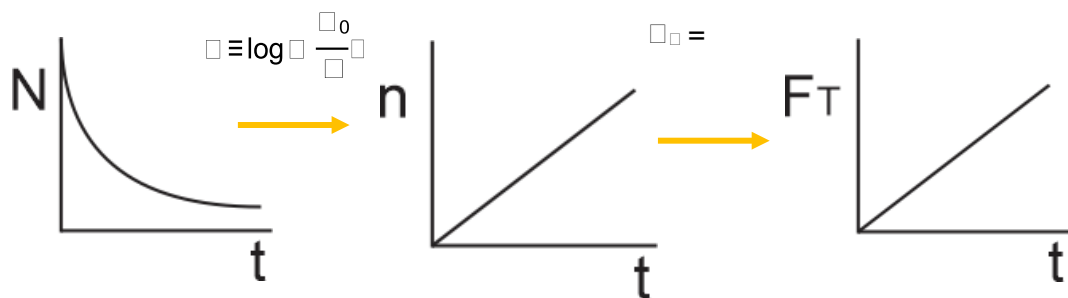


Figura 3. Relación entre tiempo, ufc, reducciones y valor esterilizante

Fuente: Adaptado de (Castillo M., 2015)

Tabla 6

Resistencia térmica aproximada (Valores D) de algunas esporas bacteria

Tipo de alimento microorganismo(s) y tipo(s)	Valor D(min) a:		Valor z (°C)
Alimento poco ácidos (pH>4.6)	121 °C	100 °C	
Aerobio termófilo			
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	4.0-4.5	3000	7
<i>Bacillus coagulans</i>	0.1		
Anaerobios termófilo			
<i>Cl. Thermosaccharolyticum</i>	3.0-4.0		120-180
<i>Desulfotomaculum nigrificans</i>	2.0-3.0		
Aerobio mesófilos			
<i>C. sporogenes</i>	0.1-1.5		9.0-13.0
<i>C. botulinum</i> Tipos A y B	0.1-0.2	50	10
<i>C. perfringens</i>		0.3-20	10.0-30.0
<i>C. caloritolerans</i>		3	
<i>C. butyricum</i>		0.1-0.5	
Acrobio mesófilos			
<i>B. licheniformis</i>		13	6
<i>B. linheniformis</i>		13	6
<i>B. macerans</i>		0.1-0.5	
<i>B. subtilis</i>		11	7
<i>B. cereus</i>		5	10
<i>B. megaterum</i>		1	9
Alimento poco ácidos (pH<=4.6)			
Aerobio termófilo			
<i>B. coagulans</i>	0.01-0.1		
Aerobio mesófilos			
<i>B. polymyxa</i>		0.1-0.5	
<i>B. macerus</i>		0.1-0.5	
<i>C. butyricum</i> o <i>C. Pasteurianum</i>		0.1-0.5	

Nota. Fuente: Adoptado de (Doyle, Beuchat, & Montville, 2001)

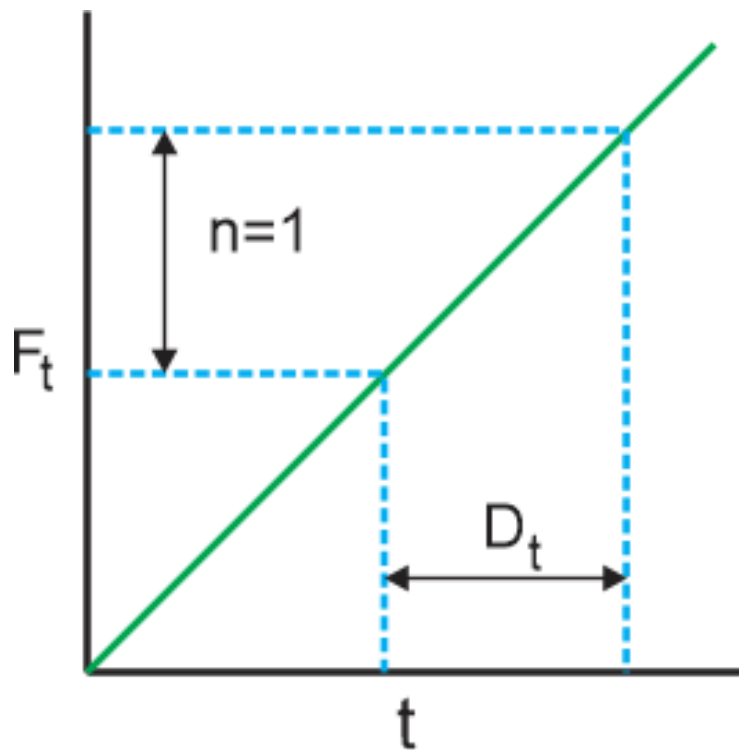


Figura 4. Relación entre número de reducciones y tiempo de reducción
 Fuente: Adaptado de (Castillo M., 2015)

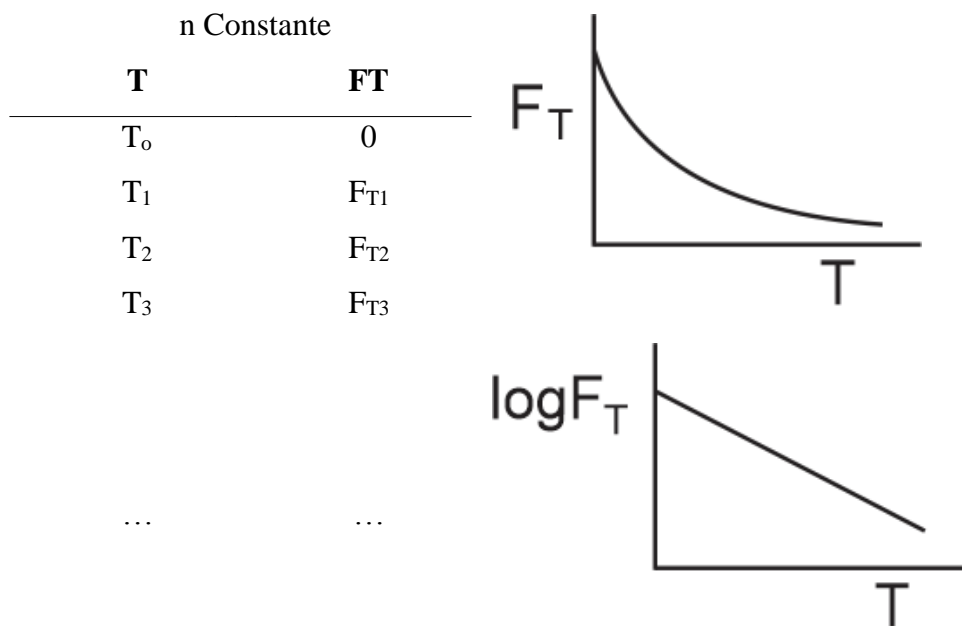


Figura 5. Relación entre valor esterilizante y temperatura.
 Fuente: Adaptado de (Castillo M., 2015)

Tabla 7

Constante de tiempo de muerte térmica o valor z

Microorganismo	D121(min)	Z(°C)
Termófilo (33-55°C)		
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	4.0	10
<i>Clostridium thermosaccharoliticum</i>	3.0-4.0	7.2-10
Mesófilos (10-40°C)		
<i>Clostridium sporogenes</i>	0.8-1.5	8.8-11.1
<i>Bacillus subtilis</i>	0.5-0.76	4.1-7.2
<i>C. botulinum</i> Toxinas A y B	0.1-1.3	55
Psicrófilos (-5 – 1.5°C)		
<i>C. botulinum</i> Toxinas A y B	3.0 (60°C)	10

Nota. Fuente: Adoptado de (P. Fellows, 1994).

Constante de tiempo de muerte térmica o valor z

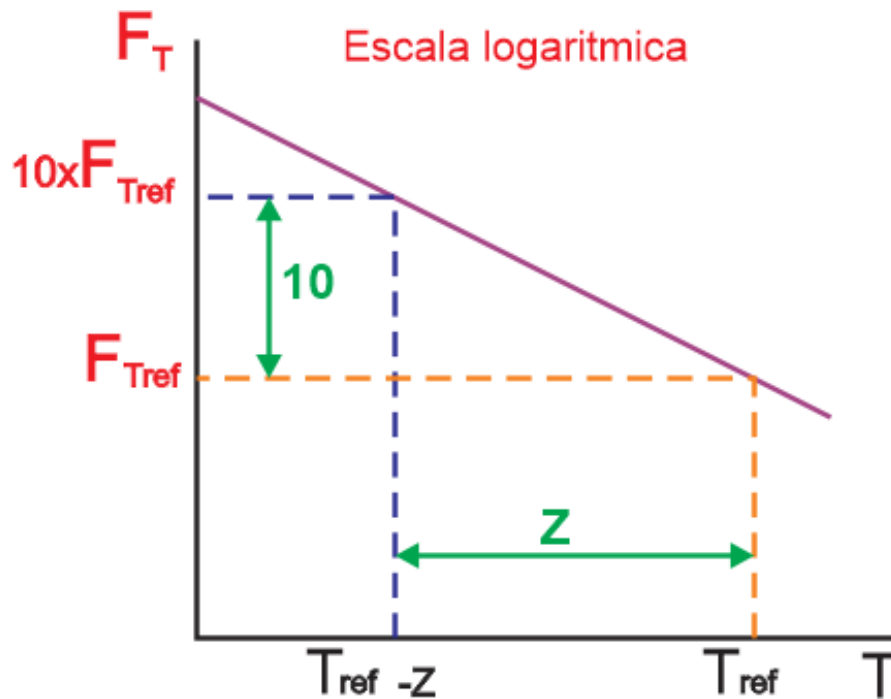


Figura 6. Resistencia térmica aproximada (Valores D) de algunos microorganismos

Fuente: Adaptado de (Castillo M., 2015)

El valor de z puede ser definido como el número de grados que hay que aumentar para que la curva de muerte térmica disminuya un ciclo logarítmico al tiempo D (Rees J. & Bettison, 1991).

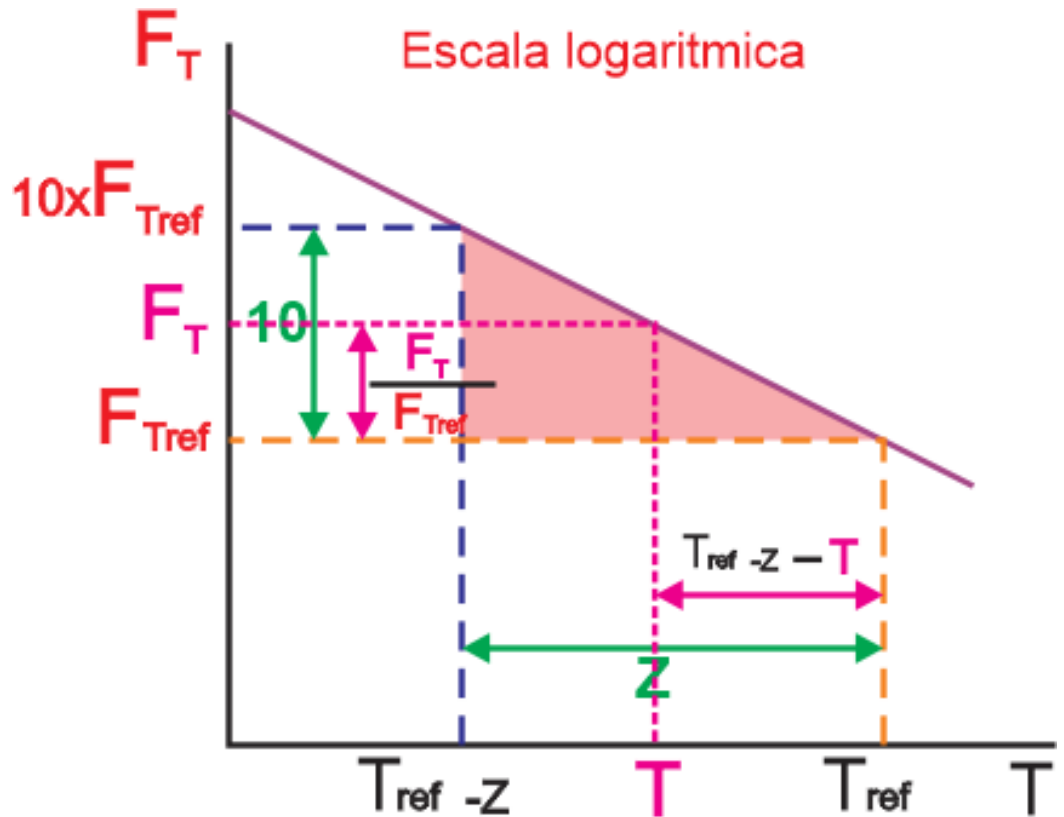


Figura 7. Curva de tiempo de muerte térmica mostrando la definición del valor z

Fuente: Adaptado de (Castillo M., 2015)



Figura 8. Escala lineal de la Figura 1.7

Fuente: Adaptado de (Castillo M., 2015)

$$D = D_{ref} 10^{\frac{T - T_{ref}}{z}}$$

Ec. 14

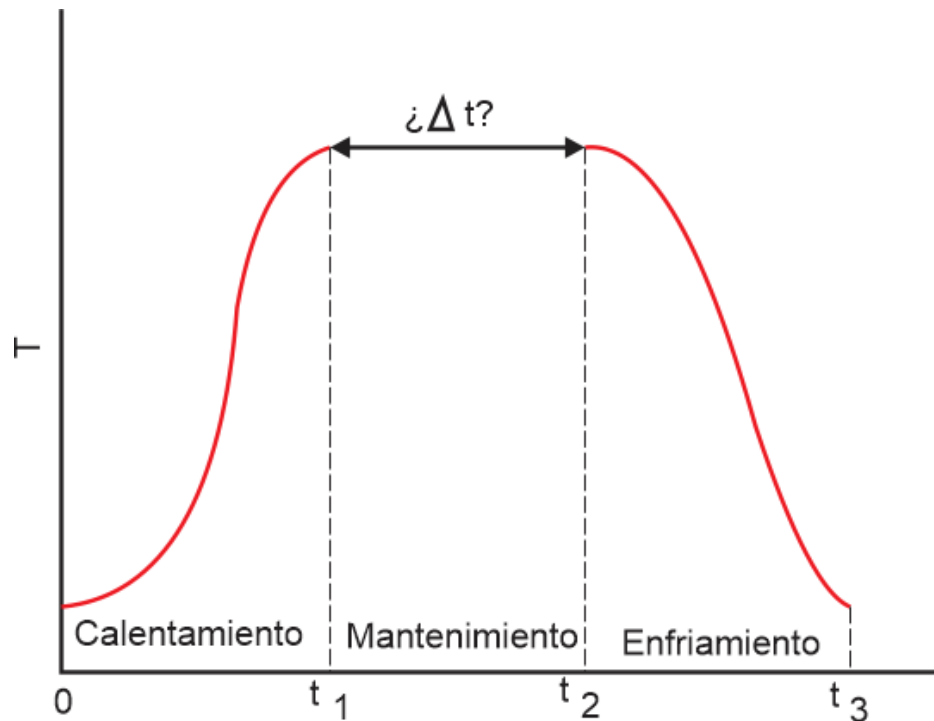


Figura 9. Curva de calentamiento y enfriamiento

Autor: Adaptado de (Castillo M., 2015)

a. Letalidad

La variación de la temperatura con el tiempo en un proceso de pasteurización térmica rara vez es constante.

En el caso de que la temperatura no sea constante no somos capaces de calcular el valor pasteurizante ya que la temperatura no es constante.

Pero si podemos encontrar un tiempo equivalente a temperatura constante (tref) que proporcionara la misma destrucción que el proceso a temperatura no constante.

A este tiempo equivalente se le denomina letalidad (l). Podemos calcular el efecto sobre el valor pasteurizante de un diferencial de tiempo dt ya que si la variación de tiempo es suficientemente pequeña a la variación de la temperatura se puede considerar despreciable, o lo que es lo mismo, constante.

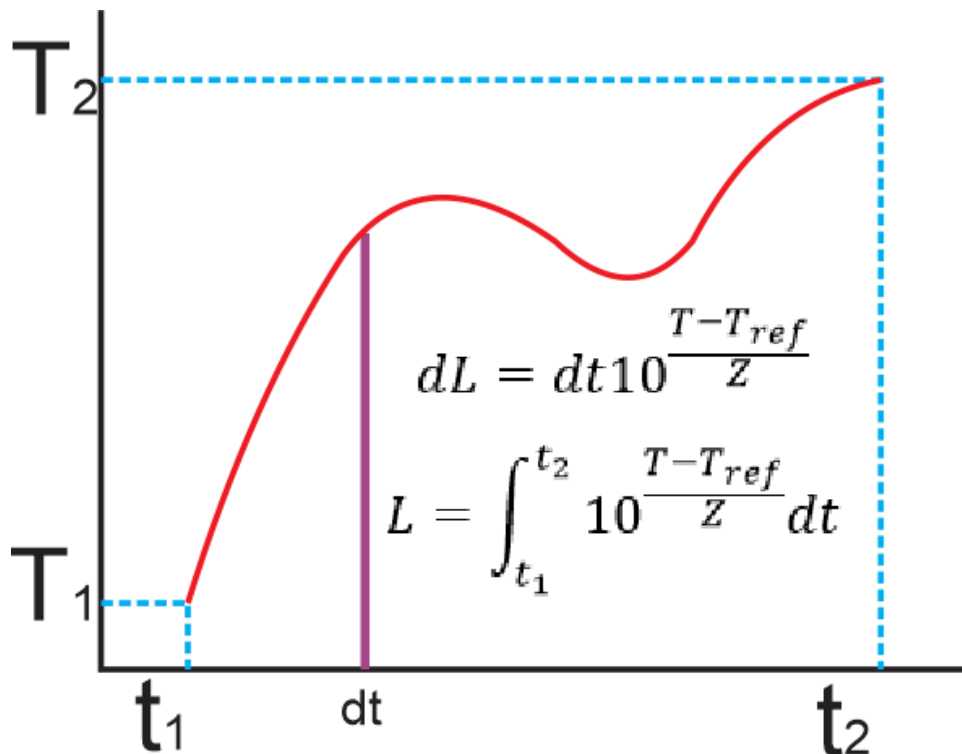


Figura 10. Letalidad a temperatura no constantes

Fuente: Adaptado de (Castillo M., 2015)

La letalidad no es más que el tiempo equivalente de procesado a una temperatura constante T_{ref} que proporciona el mismo número de reducciones decimales que el tratamiento a temperatura variable.

Ambos tratamientos resultan equivalentes ya que el número de reducciones decimales alcanzados es el mismo.

A continuación, se muestra el cálculo de la letalidad para dos casos típicos:

T es constante:

$$L = t \cdot 10^{\frac{T - T_{ref}}{Z}} \quad \text{Ec. 15}$$

T variable

$$L_0 = t \cdot 10^{\left(\frac{T - T_{ref}}{Z}\right)} \quad \text{Ec. 16}$$

$$L = 10^{\frac{T - T_{ref}}{Z}} \quad \text{Ec. 16}$$

b. Métodos de Pasteurización.

Las tres grandes modalidades de pasteurización son:

LTLT: (low temperature-long time) Baja temperatura durante un tiempo largo. Las condiciones dependen del tipo de envase que se vaya a pasteurizar: agua (vidrio) y mezcla de vapor y agua (plástico o metal).

HTST: (high temperature-short time) Alta temperatura durante poco tiempo. Esta se usa para alimentos líquidos a granel (Vacas,2013).

UHT (ultra high temperatura): Las temperaturas son superior al punto de ebullición, pero el tiempo de tratamiento dura pocos segundos.

Métodos de calefacción para pasteurizadores.

Conducción: Mecanismo de transferencia de energía en el interior de un sistema o entre dos sistemas, que tiene lugar por el intercambio de energía cinética entre las partículas que lo(s) constituyen.

Convección: Mecanismo de transferencia calorífica que tiene lugar en el seno de un fluido, debido fundamentalmente a los movimientos de masa del mismo. (Montes P., 2015). (2015)

Radiación: Proceso de emisión de la energía in terna de un sistema por medio de ondas electromagnéticas (o fotones). (Montes P., 2015).

Calentamiento por inducción electromagnética.

c. Teoría de inducción de Faraday

Toda corriente que circula dentro de una bobina hace que esta se convierta en un electro-imán con su polo norte y su polo sur como una brújula orientada hacia el norte, produciendo dentro de la bobina un campo magnético el cual es mayor en el centro de la bobina, mientras mayor sea el flujo de corriente en la bobina el campo magnético generado será mayor, para nuestro caso usáramos corriente alterna (Figura 11).

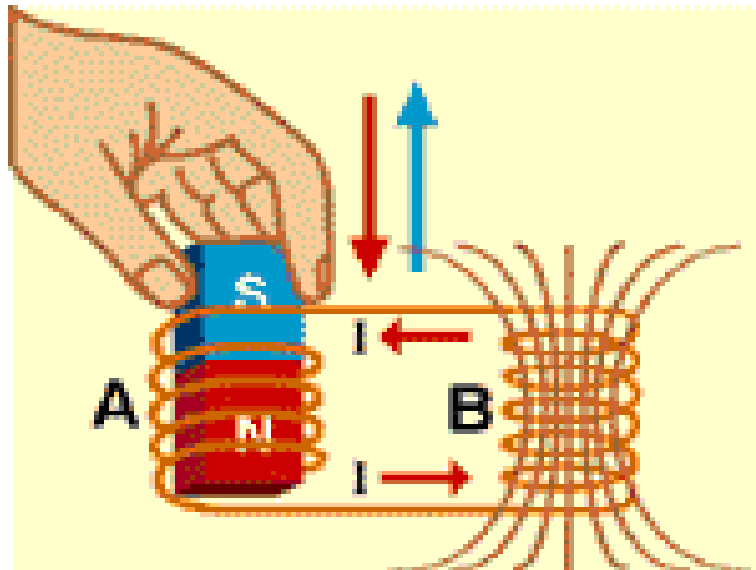
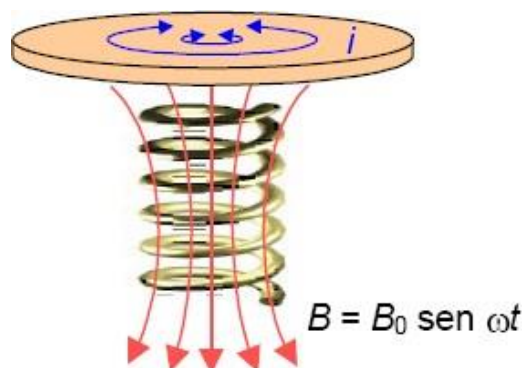


Figura 11. Teoría de inducción de Faraday

Fuente: (Kalpakjian & Schmid, 2008)

d. Corrientes de Foucault

Son corrientes que se generan cuando un material conductor atraviesa un campo magnético variable el cual produce una corriente inducida dentro del conductor, estas corrientes producen campos magnéticos que se oponen al campo magnético aplicado. Mientras más fuerte sea el campo magnético aplicado o mayor la conductividad del conductor mayores serán las corrientes de Foucault y los campos opuestos este fenómeno produce calor en el conductor haciendo una circulación alta de los electrones dentro del conductor.



Corrientes de Foucault en hornos y cocinas de inducción

Figura 12. Corrientes de Foucault. Teoría de inducción de Faraday

Fuente: (Kalpakjian & Schmid, 2008)

Las corrientes inducidas son directamente proporcionales a la rapidez de variación de flujo, y por tanto a la frecuencia de variación del campo magnético. Se utilizan en la fundición de metales y encocinas de inducción.

e. Bobinas:

Las bobinas están presentes en todos aquellos receptores en los que sea necesaria la producción de un campo magnético. Nos referimos a los electroimanes, contactores, motores, reactancias de arranque de lámparas de descarga (Fluorescentes, vapor de mercurio, vapor de sodio, etc.), transformadores, etc.

Para el estudio del comportamiento de la bobina vamos a partir del hecho de que su resistencia es cero. Hecho, que como se podrá entender, es en la mayoría de las aplicaciones falso, ya que los conductores con los que se construyen actualmente las bobinas son de cobre, por lo que siempre tienen una determinada resistencia (Alcalde S., 2003)

f. Campo Magnético formado por una bobina:

En una bobina, el campo magnético de cada espira suma al de la siguiente, concentrándose este en el centro de la misma. El campo resultante es uniforme en el centro de la espira y mucho más intenso que en el exterior. En los extremos de la bobina se forman polos magnéticos.

Para determinar el sentido de las líneas de fuerza se aplica la regla del sacacorchos, en el mismo sentido de giro que la corriente eléctrica por las espiras. El sentido de avance del sacacorchos nos indica el sentido de las líneas de fuerza. Una vez determinado este sentido, bien fácil es determinar los polos de la bobina (el polo norte estará situado en el extremo por donde salen las líneas de fuerza, y el sur por donde entran) (Alcalde S., 2003)

g. Propiedades eléctricas, magnéticas

Según (Kalpakjian & Schmid, 2008) La conductividad eléctrica y las propiedades dieléctricas de los materiales son importantes no solo en el equipo y la maquinaria eléctrica, sino también en procesos de manufactura como el formado de láminas metálicas por pulso magnético, el maquinado por descarga

eléctrica y la rectificación electroquímica de materiales duros y frágiles. Las unidades de conductividad eléctrica son mho/m o siemens, donde mho es el inverso de ohm, la unidad de resistencia eléctrica. La influencia del tipo de unión atómica en la conductividad eléctrica de los materiales es la misma que para la conductividad térmica. Los elementos de aleación tienen un efecto importante en la conductividad eléctrica de los materiales. Cuanto mayor sea la conductividad del elemento de aleación, mayor será la conductividad eléctrica de la aleación.

Resistencia dieléctica: La resistencia dieléctrica de un material es su resistencia a la corriente eléctrica directa. Esta propiedad se define como el voltaje requerido por unidad de distancia para que ocurra una descarga eléctrica, y tiene las unidades V/m o V/ft.

Conductores: Los materiales con alta conductividad eléctrica, como los metales, generalmente se conocen como conductores. La resistencia eléctrica es el inverso de la conductividad eléctrica. A los materiales con alta resistividad eléctrica se les conoce como dieléctricos o aislantes.

Semiconductores, las propiedades eléctricas de los semiconductores (como el silicio monocristalino, germanio y arseniuro de galio) son muy sensibles a la temperatura y a la presencia y el tipo de impurezas. Por lo tanto, si se controlan las concentraciones y el tipo de impurezas (dopantes), como el fósforo y el boro en el silicio, se puede controlar la conductividad eléctrica. Esta propiedad se emplea en los dispositivos semiconductores (de estado sólido) utilizando ampliamente en los circuitos electrónicos miniaturizados. Son muy compactos, muy eficientes y relativamente económicos; además, consumen poca potencia y no requieren tiempo de calentamiento para funcionar.

Ferromagnetismo y ferrimagnetismo. El ferromagnetismo es un fenómeno caracterizado por la alta permeabilidad y magnetización permanente debidas a la alineación de los átomos de hierro, níquel y cobalto en dominios. Es importante en aplicaciones como motores, generadores y transformadores eléctricos y en dispositivos de microondas. El ferrimagnetismo es una gran magnetización permanente que exhiben algunos materiales cerámicos, como las ferritas cúbicas.

h. Teoría del calentamiento por inducción

El fenómeno de calentamiento por inducción magnética consiste en la generación de un campo magnético, que al entrar en contacto con un material metálico provoca la aparición de corrientes parásitas, llamadas también corrientes de Eddy (corrientes de Foucault), causando el calentamiento del material. Para el estudio del calentamiento por inducción magnética es necesario tener en cuenta el principio teórico de este fenómeno, el que se basa en la aplicación de las ecuaciones de Maxwell, las leyes de Amper y Faraday y el efecto Joule. El efecto Joule cumple un papel fundamental, permitiendo aprovechar las corrientes parásitas para generar calor. (Gusmán M & Ríos V., 2015)

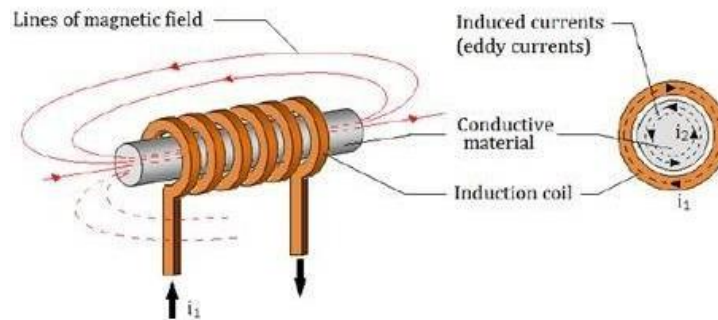


Figura 13. Principio del calentamiento por inducción.

Fuente: M. M. H. Shhan. (2012)

La corriente que circula por un material conductor genera un campo magnético cuya amplitud y distribución se representa matemáticamente con la ayuda de la ley de Amper.

$$\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = \int \mathbf{j} \cdot d\mathbf{S} \quad \text{Ec. 17}$$

Donde i es la corriente que circula por el conductor, N es el número de espiras; l es la longitud del circuito y H es el Campo magnético.

Además (Gusmán M & Ríos V., 2015) nos dice que si se aplica una corriente variable en el tiempo, el campo magnético también será variable. La ley de Faraday aplicada a un conductor, sometido a un flujo magnético variable, dará

como resultado una fuerza electromotriz variable representada por la siguiente expresión matemática.

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt} \quad \text{Ec. 18.}$$

Donde ε es la fuerza magneto-motriz inducida; N es el número de espiras y ϕ es el flujo del campo magnético. El signo negativo de la formula anterior indica que la fuerza magneto- motriz inducida genera una corriente cuya dirección se opone al cambio del flujo magnético asociado.

La corriente inducida en el material metálico genera la denominada corriente de Foucault, responsable del calentamiento por el efecto Joule, disipando la potencia en forma de calor, expresada con ayuda de la siguiente formula.

$$P = I_{\text{ind}}^2 \cdot R_{\text{eq}} \quad \text{Ec. 19.}$$

Donde P es la potencia disipada; Req es la resistencia equivalente de la pieza a calentar, por donde circula la corriente inducida, debido al campo magnético variable y I_{ind}^2 es la corriente inducida a alta frecuencia. La resistencia equivalente suele presentar un valor pequeño, el nivel y rapidez del calentamiento depende de la frecuencia de la corriente inducida y de la permeabilidad magnética del material inducido.

Para generar pérdidas apreciables por el efecto Joule ($I_{\text{ind}}^2 \cdot R$) son necesarias grandes corrientes inducidas, debido a que la resistencia del material es muy pequeña. La potencia entregada por el campo magnético al material inducido es proporcional al cuadrado de la corriente, que al disiparse en el material genera calor.

El calentamiento por inducción es un método de calentamiento en el que se transfiere calor desde una fuente interna sin pérdidas de energía térmica. Es decir, desde el inductor se transfiere energía” electromagnética” creada por un campo variable que, al inducir una intensidad, en el material conductor, ésta se convierte

en energía “calorífica” de forma directa.

El calentamiento por inducción se realiza sin contacto físico del generador del campo eléctrico y el material, proporcionando una conversión de energía limpia, al transformar energía eléctrica en energía térmica. (Gusmán M & Ríos V., 2015)

i. Modelo simplificado de inducción magnética

El proceso de transferencia de energía entre el inductor y el material a calentar es similar al principio de un transformador, donde el devanado primario es representado por el inductor y la superficie de la pieza representa el devanado secundario de una sola espira. La carga en el devanado secundario se representa por una sola espira, que simula el comportamiento un transformador en corto circuito.

El funcionamiento de un sistema de inducción magnética consiste en someter una pieza de material conductor a la acción de un campo magnético creado por una bobina, en la que circula una corriente alterna, i . Este efecto es similar al fenómeno que sucede en un transformador, como se visualiza en la Figura 14. La corriente I_p que circula en el primario del transformador induce un flujo magnético en el material magnético $\phi = BI$. El campo magnético generado, a su vez, induce una corriente en el secundario, I_s . El secundario se modela como un inductor de una espira y una resistencia de carga, R_c , de valor menor a 1 ohm, que corresponde a la pieza a calentar. En el interior de la pieza se generan unas intensidades parasitas, también conocidas como corrientes “Eddy” o de Foucault, asociadas con la resistencia del material, responsable del calentamiento del material por el efecto joule. (Gusmán M & Ríos V., 2015)

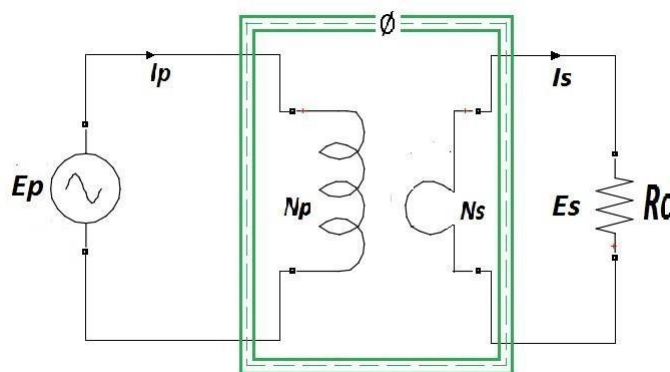


Figura 14. Modelo equivalente del funcionamiento de un sistema CPI

Fuente: (M. Sweeney, 2014)

La relación de transformación del transformador, r_t , presentado en la Figura 14, es la relación entre la fuerza magneto-motriz inductora y la inducida, y a su vez, directamente proporcional al número de espiras del primario N_p y secundario N_s , respectivamente, e inversamente proporcional a las intensidades del primario I_p y del secundario I_s :

$$r_t = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad \text{Ec. 20}$$

Por otro lado, la carga efectiva vista desde la fuente que alimenta el devanado primario será.

$$Z_{1e} = \frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2} = \frac{V_2}{I_2} \cdot \frac{I_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2} \cdot \left(\frac{N_p}{N_s}\right)^2 = \frac{Z_{2e}}{r_t^2} \quad \text{Ec. 21}$$

1.6.2.3.3. Descripción del efecto pelicular

El fenómeno de calentamiento por inducción magnética tiene una característica principal que consiste en la distribución no uniforme de las corrientes inducidas en el material. La disminución de la densidad de la corriente desde la periferia hacia el centro del material se conoce como efecto Skin o efecto pelicular. Cuando la frecuencia del campo magnético es elevada, se presenta el efecto pelicular, que consiste en una disminución de las corrientes inducidas conforme se penetra en el material. Las corrientes de altas frecuencias tienden a concentrarse en la superficie del material conductor, siendo esta concentración más intensa conforme aumenta la frecuencia del campo. El aumento de la frecuencia de la corriente inducida en el conductor permite una concentración más compacta en su superficie. El efecto piel depende en gran medida de la frecuencia de funcionamiento y de las propiedades de la pieza a calentar como la permeabilidad magnética y la resistividad magnética. La medida del efecto piel es la profundidad de penetración δ . El efecto de difusión del campo magnético es

la condición que rige al calentamiento por inducción. En una primera aproximación para un cilindro se puede asumir que la distribución de campo magnético se puede representar por:

$$\bar{H}(x) = H_0 + \frac{(1+\mu)\sigma}{\delta} x^2 \quad \text{Ec.23}$$

Donde x representa la coordenada radial del cilindro; H_0 es la intensidad del campo magnético y δ es la densidad de penetración. δ tiene su origen en un cambio de variable y que permite determinar la potencia del conductor cilíndrico, definida con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\sigma \mu f}} \quad \text{Ec. 24}$$

Donde f es la frecuencia de conmutación en Hz; σ es la conductividad eléctrica en Ω ho-m y μ es la permeabilidad magnética relativa del material. Sin embargo, el nivel de temperatura depende de la naturaleza, resistividad y de las propiedades magnéticas del material. La profundidad de penetración se define como la profundidad donde el campo magnético se atenúa $1/e$ y es la zona en la que se concentra el 63 % de la corriente y el 87 % de la potencia que se disipa. En la Figura 15, se representa la distribución de la densidad de corriente y la densidad de potencia desde la superficie hasta el interior del material.

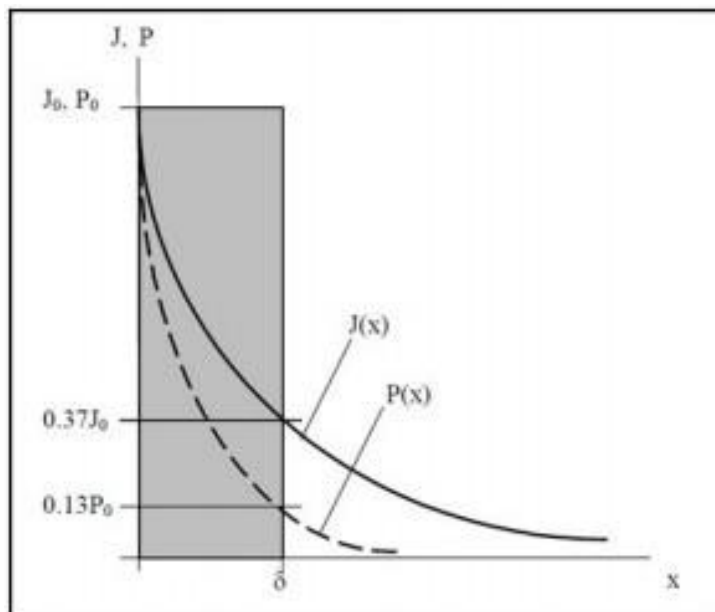


Figura 15. Distribución de la corriente en función de la profundidad.

Fuente: (Gusmán M & Ríos V., 2015)

La profundidad de penetración disminuye cuando la frecuencia aumenta o cuando la permeabilidad magnética del material es mayor. Cuando la resistividad del cuerpo conductor a calentar aumenta, la profundidad de penetración también se incrementa. En la Figura 16 se muestra la curva de las profundidades de penetración de algunos elementos (Gusmán M & Ríos V., 2015)

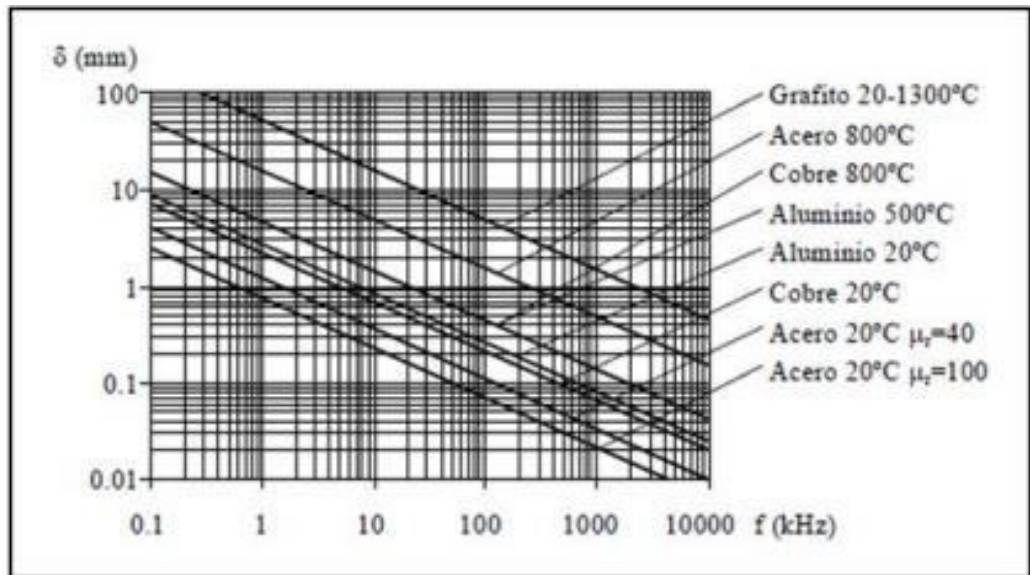


Figura 16. Curva de la profundidad de penetración en función de la frecuencia.
Fuente: (Gusmán M & Ríos V., 2015)

Por lo tanto, se puede concluir que la elección de la frecuencia de resonancia está directamente relacionada con las propiedades del material a utilizar.

1.6.2.3.4. *Elementos un sistema CPI*

Un sistema de calentamiento por inducción magnética está constituido básicamente por las siguientes partes: una fuente de alimentación, un convertidor, un inversor, la carga y un circuito de control. Un ejemplo práctico de sistema inducción es la cocina de inducción, que se detalla a continuación, como se observa en la Figura 17.

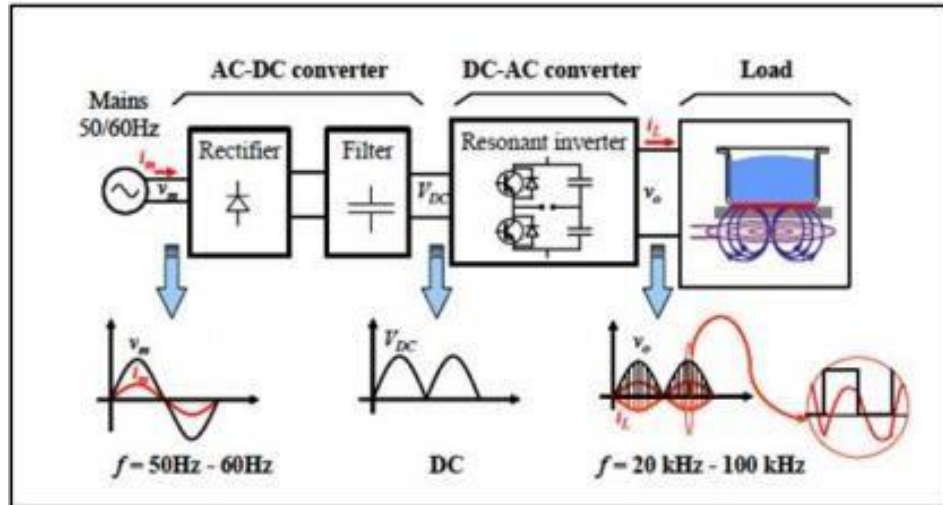


Figura 17. Circuito esquemático de una cocina por inducción

Fuente: (Gusmán M & Ríos V., 2015)

En la Figura 17, se observa un esquema estándar, configurado por una fuente de corriente alterna de baja frecuencia de 50 Hz - 60 Hz común en las redes domésticas. Un convertidor ac/dc, instalado en su interior, consta de un rectificador y un filtro. El convertidor de dc/ac, permite tener a su salida una fuente de corriente alterna de alta frecuencia en el rango de kHz. Los convertidores transfieren la energía desde la fuente al material a través de un acople magnético. En la Figura 17 la carga es representada por una olla metálica. Por último, el sistema de control digital permite realizar disparos controlados de corriente para así tener un mejor manejo de la potencia. (Gusmán M & Ríos V., 2015).

1.6.2.3.5. Fuente de alimentación

La fuente de alimentación es el encargado de suministrar la energía necesaria a todo el sistema. La fuente puede ser de corriente alterna con diferentes niveles de tensión, monofásico o trifásico dependiendo de la potencia, del tipo de convertidor y la aplicación propuesta. La frecuencia puede ser 50 o 60 Hz, en función del lugar geográfico en la red de distribución doméstica, Europa y América, respectivamente. (Gusmán M & Ríos V., 2015)

Existen varios sistemas de alimentación usados para el calentamiento por inducción entre los que destacan:

- Fuente conectada directamente a la red
- Fuente de media frecuencia
- Fuente de radio frecuencia

a. Fuente de alimentación de la carga

Para aumentar la temperatura del material que se encuentra en la carga es necesario generar corrientes de magnitud apreciable a alta frecuencia, 20 kHz-100 kHz.

Las Corrientes que circulan por la bobina generan campos magnéticos alternos que inducen en corrientes parasitas en material ferromagnético, responsables del calentamiento por pérdidas por histéresis. La frecuencia de operación de las corrientes tiene una estrecha relación con la profundidad de penetración del material. Las corrientes inducidas que se generan en el material son de mayor intensidad en la superficie y decrecen en el interior del material, por lo que cuando mayor es la frecuencia de operación menor es la profundidad de penetración. (Gusmán M & Ríos V., 2015)

La manera más eficiente de conseguir este tipo de corrientes parasitas es construir una carga resonante RLC serie o paralelo. Este circuito será excitado por medio de una fuente de corriente o tensión. Al utilizar carga resonante tipo serie es necesario utilizar una fuente de tensión para excitar el circuito, mientras que al utilizar un circuito paralelo se debe utilizar una fuente de corriente. Debido a que la representación de la impedancia de un circuito serie y paralelo fuera de resonancia, es un circuito abierto y corto circuito respectivamente. (Gusmán M & Ríos V., 2015)

1.6.2.3.6. Ecuación general de transferencia de calor por convección.

Según (Castro G., 2004), mencionó que (Singh & Helman, 1993) decía que cuando el fluido, gas o líquido que rodea la superficie del sólido tiene movimiento convectivo, natural o forzado, la velocidad de transferencia de calor del sólido al

fluido (o viceversa), se expresa mediante la ley de enfriamiento de Newton

$$Q = h * A * (\theta_{\text{fl}} - \theta_{\text{al}}) \quad \text{Ec. 23}$$

Se ha establecido que el coeficiente convectivo de transferencia de calor (h) es una función de la geometría del alimento, de las propiedades del fluido, de la velocidad del flujo y de la diferencia de temperatura.

1.6.2.3.7. *Coefficiente convectivo de transferencia de calor.*

(Castro G., 2004), menciona que (Ordoñez, 1996) dice que el factor proporcional que representa la resistencia a la transferencia de calor, entre el fluido de calentamiento o enfriamiento y la superficie de un producto inmerso en él. En los tratamientos térmicos como el escaldado o el hidrogenado, este coeficiente h es uno de los parámetros más importantes a conocer para el cálculo de la cinética de calentamiento o enfriamiento de alimentos, ya que controla la razón de intercambio de calor entre el medio y el producto. En consecuencia, es necesario determinarlo y conocerlo para satisfacer la ecuación que rige el proceso de convección.

1.6.2.3.8. *Evaluación de la velocidad de transferencia de calor*

Es la energía en tránsito debido a una diferencia de temperaturas entre distintas partes de un sistema, entre dos sistemas o entre un sistema y su entorno. La notación empleada para designar el calor es: Q, las unidades empleadas para el calor son unidades de energía/tiempo: vatios (W = J/s) en el SI; kcal/h en el ST. (Montes P., 2015)

a. *Diseño de la Bobina*

Según (AMBRELL, 2014) El diseño de la bobina es esencial para la eficacia y la eficiencia de cualquier proceso de calentamiento por inducción.

Se diseña la bobina analizando en primer lugar dónde es necesario generar el calor en la pieza para poder realizar el proceso; a continuación, diseña la bobina para conseguir el efecto de calentamiento.

Las bobinas de inducción son conductores de cobre enfriados por agua. Se realizan con tubo de cobre, un material que puede conformarse fácilmente a la forma de la bobina para el proceso de calentamiento por inducción. Las bobinas de calentamiento por inducción están frías y no se calientan mientras fluya agua por ellas.

La correlación entre la bobina y el suministro eléctrico de inducción también es esencial para la eficiencia del proceso. Los sistemas de inducción de frecuencia ágil se correlacionan fácilmente con una amplia variedad de bobinas, simplemente usando el transformador de salida multitas de la fuente de alimentación. A continuación, se describen los diferentes tipos de bobinas:

1.6.2.3.9. *Bobinas encapsuladas*

Una vez diseñada la bobina y probado el patrón de calentamiento, es habitual encapsular la bobina para proporcionarle aislamiento térmico respecto del proceso y para que el conjunto de la bobina sea más robusto en los entornos agresivos. Los materiales de encapsulamiento típicos son el hormigón, los materiales cerámicos y resina epoxi o termoplásticos

a. *MATLAB ®*

Está optimizado para la solución de problemas de ingeniería y científicas y se utiliza para el aprendizaje automático, procesamiento de señales, procesamiento de imágenes, visión por ordenador, las comunicaciones, las finanzas computacionales, diseño de control, robótica, y mucho más. (MATLAB, 2016).

1.6.2.3.10. *Características principales*

- Lenguaje de alto nivel para la computación científica y de ingeniería
- entorno de escritorio sintonizado para la exploración iterativa, el diseño y la resolución de problemas
- Los gráficos para la visualización de datos y herramientas para la creación de parcelas personalizados
- Aplicaciones para el ajuste de la curva, la clasificación de datos, análisis de señales, y muchas otras tareas específicas de dominio
- Complemento de cajas de herramientas para una amplia gama de aplicaciones

de ingeniería y científicas

- Herramientas para la creación de aplicaciones con interfaces de usuario personalizadas
- Interfaces para C / C ++, Java ®, .NET, Python ®, SQL, Hadoop ® y Microsoft ® Excel ®
- Opciones de implementación libres de regalías para el intercambio de programas de MATLAB con los usuarios finales.

1.6.2.3.11. *Simulink* ®

Es un entorno de diagrama de bloques para la simulación multidominio y diseño basado en modelos. Es compatible con la simulación, generación automática de código, y la prueba continua y verificación de sistemas embebidos. (MATLAB, 2016)

1.6.3 Definición de términos básicos

La pasteurización: La pasteurización es una técnica de conservación de alimentos que busca reducir las poblaciones de microorganismos presentes en estos, para así prolongar su vida útil. (Vacas Navarro, 2013)

Inducción: La inducción electromagnética es un fenómeno físico que consiste en la generación de corrientes eléctricas en cuerpos ferrosos, debido a la acción de campos magnéticos de frecuencia variable. Es un fenómeno que tiene muchas aplicaciones industriales y domésticas en todo el mundo. (Ecuador Cambia, 2015)

Cocina de Inducción: Es una cocina vitrocerámica que funciona con electricidad y que es altamente eficiente porque aprovecha la energía mucho más que cualquier otro tipo de cocina, ya que calienta directamente los recipientes por inducción en vez de calentar la propia cocina. (Ecuador Cambia, 2015)

El voltaje: La tensión o diferencia de potencial es la presión que ejerce una fuente de suministro de energía eléctrica o fuerza electromotriz (**FEM**) sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado, para que se establezca el flujo de una corriente eléctrica. (Así funciona, 2015)

UHT PARA LA LECHE: Utilizado para la esterilización de alimentos con bajo nivel de acidez, el tratamiento a temperaturas ultra-altas (UHT) consiste en calentar el producto a más de 135 °C (275 °F). Destruye todos los microorganismos, lo que hace que el producto final sea apto para la distribución a temperatura ambiente. (Tetrapak, 2015)

La Temperatura: Es una propiedad de la materia que está relacionada con la sensación de calor o frío que se siente en contacto con ella. Cuando tocamos un cuerpo que está a menos temperatura que el nuestro sentimos sensación de frío, y al revés de calor. Sin embargo, aunque tenga una estrecha relación, no debemos confundir la temperatura con calor. (CNICE, 2005)

Intensidad de corriente eléctrica: Es la rapidez con la que la carga fluye a través de un conductor (Fiscalab, 2014)

Tipos de pasteurización: Existen tres tipos de procesos bien diferenciados: pasterización VAT o lenta, pasterización a altas temperaturas durante un breve periodo (HSTST – High Temperature / Short Time) y el proceso a ultra-altas temperaturas (UHT – Ultra – High Temperature). (INTI, 2014)

Proceso VAT: consiste en calentar grandes volúmenes de leche en un recipiente estanco a 63° C durante 30 minutos, para luego dejar enfriar lentamente. (INTI, 2014)

MATLAB ®: está optimizado para la solución de problemas de ingeniería y científicas y Se utiliza para el aprendizaje automático, procesamiento de señales, procesamiento de imágenes, visión por ordenador, las comunicaciones, las finanzas computacionales, diseño de control, robótica, y mucho más. (MATLAB, 2016)

La leche: es el fluido biológico que segregan las hembras de los mamíferos y para aportar los nutrientes y la energía necesarios para el crecimiento y el desarrollo de las crías durante los primeros meses de vida.

Corriente de Foucault. Son las corrientes inducidas en el cuerpo conductor por la variación en el flujo magnético. El resultado es la aparición de una f.e.m. Que hace circular una corriente en el material conductor. (Ecured, 2016)

Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto. (Economipedia, 2016)

Valor Actual Neto (VAN) consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión y calcular su diferencia. Para ello trae todos los flujos de caja al momento presente descontándolos a un tipo de interés determinado. El VAN va a expresar una medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos, es decir, en nº de unidades monetarias. (Economipedia, 2015)

Inocuidad Todas las medidas encaminadas a garantizar que los alimentos no causarán daño al consumidor si se preparan y/o ingieren según el uso al que estén destinados. (Oliva, 2014)

Unidades Formadoras de Colonias (abreviadamente, UFC) es un valor que advierte el grado de contaminación microbiológica de un ambiente. Manifiesta el número relativo de microorganismos de un taxón determinado en un volumen de un metro cúbico de agua. (Enciclopedia, 2016)

Ley de Faraday es una relación fundamental basada en las ecuaciones de Maxwell. Sirve como un sumario abreviado de las formas en que se puede generar un voltaje (o fem), por medio del cambio del entorno magnético. (Hyperphysics, 2011)

CAPITULO II

MATERIALES Y METODO

2.1. Tipo y diseño de la investigación

2.1.1 Tipo de investigación:

El tipo de investigación es tecnológica, porque se está innovando, modificando un pasteurizador utilizando las corrientes de Foucault, dando inicio a un nuevo equipo.

Según el punto de vista de los objetivos propuestos y profundidad de la investigación es exploratoria, debido a que existen pocas investigaciones previas sobre un pasteurizador de leche utilizando corrientes de Foucault lo que nos impide sacar las más provisorias conclusiones sobre qué aspectos son relevantes y cuáles no, es por eso que se va a tener que crear un modelo matemático.

Según del punto de vista de la fuente de datos es una investigación con datos primarios, porque los datos obtendremos de manera directa a través de la simulación del diseño del pasteurizador de leche, además de crear el modelo matemático.

Según el carácter de la investigación es con técnica cuantitativa, de orientación por comprobación, visto que no sabemos si funcionara.

2.1.2 Diseño de la investigación:

El diseño que permitirá la evaluación de las variables es un Diseño Pre Experimental con un estudio de caso con una sola medición donde tendremos como resultado el diseño del pasteurizador de leche utilizando corrientes de Foucault.

2.2. Métodos de Investigación.

2.2.1 Metodología de Diseño

La metodología de diseño a seguir consta de los siguientes pasos:

- i) **Determinación de necesidades de la empresa.** Esta se realizará en base a una visita a las instalaciones de la empresa y una entrevista al Gerente General de la entidad
- ii) **Revisión de normativa.** Se completará mediante una búsqueda literaria en la biblioteca de la Universidad Señor de Sipán y la web poniendo énfasis en la relevancia de la información para el diseño del equipo de inducción.
- iii) **Definición del problema en términos ingenieriles.** Se definirá las variables importantes para el diseño del equipo de pasteurización por inducción convolucionadas con la optimización del proceso y el ahorro de tiempo y energía.

iv) **Generación de conceptos y selección a través de matriz de la mejor opción para el diseño.** Se usarán diseños disponibles en la literatura y el internet los cuales se modificarán de acuerdo a la necesidad específica de la empresa de ser necesario. Asimismo, se utilizará una matriz de selección por pesos ponderados basada en los trabajos de Eggert (Eggert, 2005) y Dieter y Schmidt (Dieter & Schmidt, 2012) para determinar el concepto más adecuado a desarrollar (concepto ganador). Un ejemplo de protocolo inicial para el llenado de esta matriz se muestra en la Tabla 8. Los criterios para este protocolo, así como los conceptos serán trabajados en el desarrollo de este trabajo.

Tabla 8

Matriz de Selección por Pesos Ponderados

Criterio	Peso de importancia (%)	Alternativa de concepto					
		Engranajes		Cinturones en V		Cadena	
		C	C.P.	C	C.P.	C	C.P.
Alta eficiencia	30	4	1.2	2	0.6	3	0.9
Alta fiabilidad	25	4	1	3	0.75	3	0.75
Bajo Mantenimiento	20	4	0.8	3	0.6	2	0.4
Bajo costo	15	2	0.3	4	0.6	3	0.45
Peso ligero	10	2	0.2	4	0.4	3	0.3
	100	NA	3.5	NA	2.95	NA	2.8
Clasificación		Valor					
Insatisfactorio		0					
Tolerable		1					
Adecuado		2					
Bueno		3					
Muy bien		4					

Nota. Fuente: (Eggert, 2005)

Donde:

C: Calificación

C.P: Calificación ponderada

- i) **Diseño de Configuración.** Tomando como base el concepto ganador del paso anterior se procederá elaborar 3 configuraciones de diseño del pasteurizador por inducción según necesidad de la empresa. Esta etapa considerara detalles técnicos y/o de distribución finales que no se consideraron en el diseño conceptual
- ii) **Dimensionamiento General del equipo.** Se realizará en base a los requerimientos del cliente, normativa usada y/o recomendaciones de diseño, criterio ingenieril y/o sentido común. Determinación de parámetros geométricos. En este estadio del trabajo se brindarán dimensiones principales a la máquina y se agregaran accesorio que tienen impacto nulo o mínimo en el cálculo de diseño (diseño paramétrico).
- iii) **Cálculo de cargas de Diseño.** Este paso involucrara determinar las cargas térmicas necesarias para los calentamientos y enfriamientos según el volumen de producción. No se considerarán cargas mecánicas debido a que esto no forma parte del alcance de este proyecto.
- iv) **Diseño Paramétrico de Componentes Críticos.** Se realizará mediante la aplicación de software, específicamente se elaborará una Interface Gráfica de Usuario (GUI) en MATLAB.
- v) **Diseño de Selección.** Obtenidas las características más importantes de los elementos/sistemas críticos del equipo de inducción se procederá a seleccionar los componentes estándar necesarios para definir un diseño completo.
- vi) **Diseño de Detalle.** Esta etapa se completa al elaborar los planos más importantes para un proyecto de ingeniería, esto es, Plano General, Plano de vista Explotada (para Montaje) y Planos de Despiece (para Fabricación).
- vii) **Ejecución del Análisis Económico.** El análisis económico inicia con la elaboración de la lista detallada de sistemas y partes, elaboración de presupuesto y análisis PRI (Periodo de Retorno de Inversión)

La forma de implementación de esta metodología de diseño se muestra en el diagrama de flujo en la Figura 18.

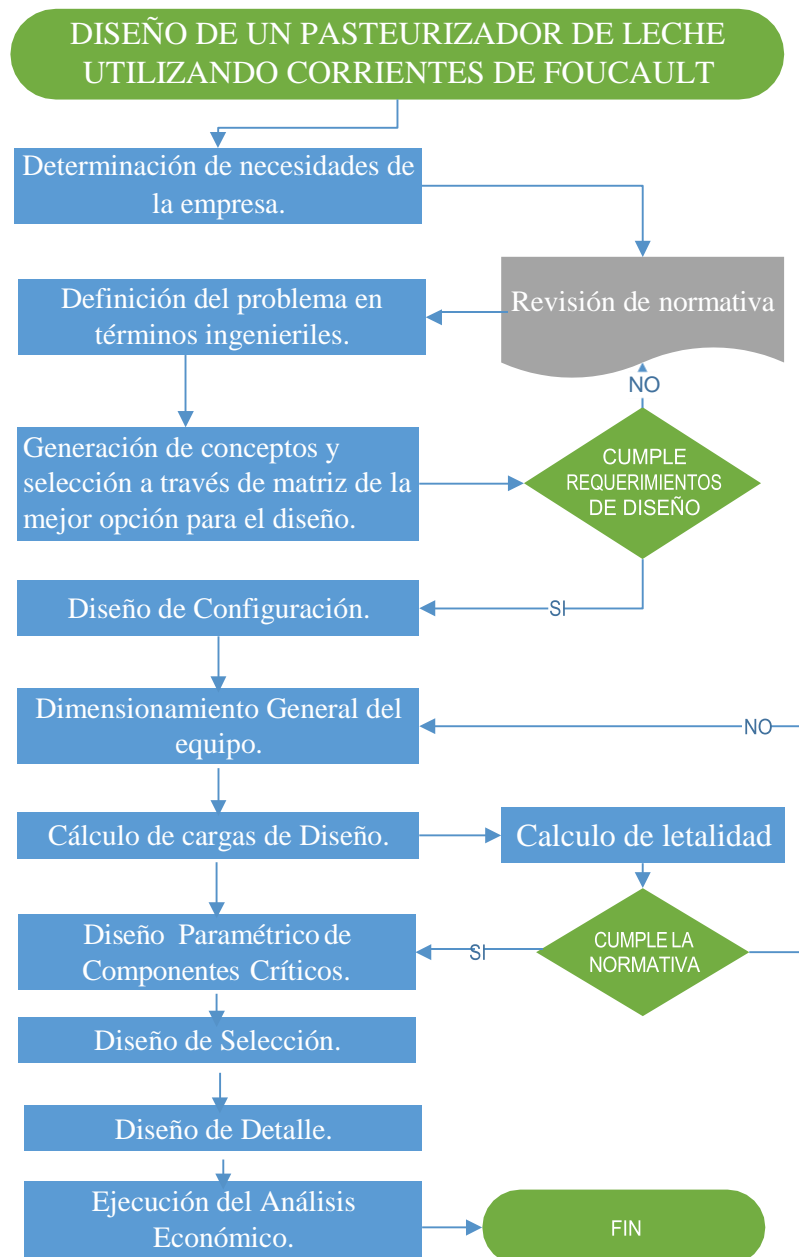


Figura 18. Metodología de diseño.

Fuente: Elaboración Propia

2.2.2 Abordaje del metodológico, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Analítico

Se analizaron el sistema de calefacción y la cinética de muerte térmica de microorganismos.

Sistemático

Se escogieron solo los aspectos más importantes del elemento/sistema a diseñar.

Deductivo

Se extrajeron casos especiales de la teoría del diseño que se puedan aplicar.

2.3. Variables y operacionalización

2.3.1 Variables.

2.3.1.1. *Independiente:*

- Intensidad (corrientes parasitas)
- Voltaje
- Bobina

2.3.1.2. *Dependiente:*

- Temperatura del tratamiento
- Tiempo de calentamiento
- Especificaciones técnicas

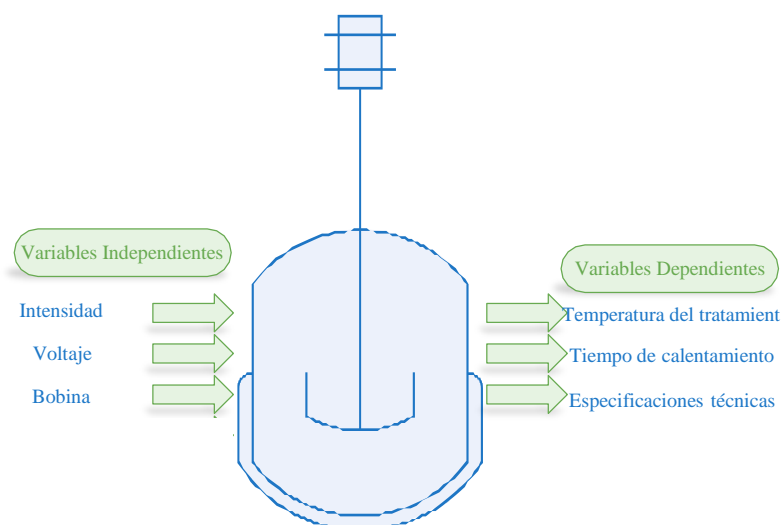


Figura 19. Diagrama de caja negra.

Fuente: Elaboración Propia.

2.3.2 Operacionalización de las variables:

Tabla 9

Operacionalización de las variables

	Variable	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento
Independiente	Intensidad (corrientes parasitas)	Amperios	0-10	Medición Observación	MatLab 2015
	Voltaje	Voltios	220-800	Medición Observación	MatLab 2015
	Bobinas	Numero de espiras	0-100	Medición Observación	MatLab 2015
	Temperatura 74	°C	63	Medición Observación	MatLab 2015
Dependiente	Tiempo 30	min	28	Medición Observación	MatLab 2015

Nota. Fuente: Elaboración propia

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de información

Para recaudar los datos e información se desarrollará y obtendrá de manera directa utilizando fuentes primarias y por medio de experimentación atreves de los programas y cálculos a utilizar en el diseño del pasteurizador de leche, se observará el comportamiento en el simulador y así poder determinar el diseño adecuado.

Además, está simulación permite predecir la cantidad de energía gastada en el sistema diseñado que se compara con los gastos de combustión, reales de la empresa

Derivados Lácteos Barreto S.A.C.

2.4.1 Instrumentos de recolección de datos.

- Entrevista a la empresa Derivados Lácteos Barreto E.R.L.
- Revisión de recursos bibliográficos

- Simulación usando software CAD/CAE
- **Laptop:** Lenovo
Procesador: Intel® Core™ i5 CPU @ 2.60Ghz
Memoria RAM: 8 GB
Tipo de sistema: Sistema operativo de 64bits
Edición de Windows: Windows 10 Home Single Language ©2015

2.4.1.1. *Programas:*

- MatLab R2016b
- Simulink R2016b
- CorelDRAW Graphics Suite X7 (64-bit)

2.4.2 **Procedimiento para la recolección de datos.**

- Se realizó una entrevista al gerente general de la empresa Derivados Lácteos Barreto E.R.L. (Anexo N°01)
- Se recolecto material bibliográfico para:
 - Cálculos ingenieriles:** Paper y Journales
 - Diseño:** Códigos de practica y manuales de diseño para pasteurizadores
 - Calidad:** Reglamentos y Códigos
 - Seguridad alimenticia:** Análisis de letalidad

2.5. **Validación y confiabilidad de instrumentos**

2.5.1 **Análisis estadístico de datos.**

El análisis estadístico se utilizará los elementos básicos de la estadística descriptiva, que incluyen tablas de distribución de frecuencias, promedios aritméticos simples y otras estadísticas generales.

2.5.2 **Principios éticos.**

Durante la investigación se recolectó información muy importante de diferentes fuentes: libros, revistas, páginas web, trabajos virtuales (tesis), entre otros; respetando los Derechos de Autor. Así como se demuestra en las citas bibliográficas de varios párrafos de la investigación.

2.5.3 Principios de rigor científico:

Para la metodología (métodos y técnicas) del proyecto de investigación se tomó en cuenta ciertos parámetros establecidos según investigaciones anteriores, respetando a cabalidad la información científica que nos muestran los diferentes autores; tomando valores fijos y valores mediante un rango establecido por nosotros (variables dependientes), estos han sido seleccionados según estudios relacionados con nuestro tema de investigación.

- Teniendo en cuenta las normas FIL IDF 100B:1991 Milk and Milk Products. Enumeration of Microorganisms.
- Principios para el Establecimiento y la Aplicación de Criterios Microbiológicos a los Alimentos (CAC/GL 21-1997).

CAPITULO III

RESULTADOS

3.1. Identificación de las necesidades de la empresa contratante

Se realizó una visita a la empresa y una entrevista personal con el gerente general de la empresa Derivados Lácteos Barreto S.R.L., Ing. Omar Barreto Alama. En esta entrevista se indaga sobre las necesidades de la empresa en pasteurización y el interés en el nuevo equipo planteado en este trabajo. En el Anexo No. 1 puede apreciarse el formato vacío usado y el resultado de esta entrevista. Del mismo modo en el Anexo No. 2 tenemos el formato de entrevista lleno después de haber sido ejecutado.

De esta entrevista se desprendió que las características deseadas por la empresa para un nuevo posible pasteurizador se resumen como sigue:

- Reducción de costos respecto del pasteurizador por vapor generado mediante GLP.
- Capacidad de 1 000 litros por lote.
- El espacio destinado al equipo es de 4 m x 4 m x 5 m
- Que el equipo asegure la inocuidad según normativa vigente

3.2. Normas y/códigos para procesamiento de leche

Luego de realizar una intensa búsqueda bibliográfica se encontró el siguiente marco normativo relevante a la aplicación de pasteurización y fabricación de equipos de pasteurización.

3.2.1 Reglamento de Leche y Productos Lácteos

Este documento emitido por el Ministerio de Agricultura y Riego (Ministerio de Agricultura y Riego, 2012) para establecer los requisitos que deben cumplir la leche y otros productos lácteos en el Perú (Ver Anexo N° 3). Este reglamento, por ejemplo, establece que el límite máximo de unidades formadoras de colonias es de 1 ufc/ml para el aseguramiento de la inocuidad en el consumo humano.

3.2.2 Código de Práctica de Higiene para la Leche y Productos Lácteos CAC/RCP 57-2004

Este documento emitido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2011) establece un compendio de normas alimentarias, directrices y códigos de prácticas con el objetivo de proteger la salud de los consumidores y asegurar prácticas equitativas en el comercio de leche y productos

lácteos (Ver Anexo No. 4). Estas normas, por ejemplo, establecen criterios de rendimientos, criterios el proceso, verificación del proceso y la aplicación de la pasteurización de leche para el aseguramiento de la inocuidad en el consumo humano.

3.3. Códigos del diseño y construcción de pasteurizadores de leche.

3.3.1 Código de Práctica NZFSA 2009 (Heat Treatment – Code of Practice NZFSA 2009)

Este código de práctica se utiliza en Nueva Zelanda como referente para el diseño de pasteurizadores de leche y está avalado por la Comisión de Seguridad Alimentaria de Nueva Zelandia NZFSA (Food Safety Commission of New Zealand). En este documento se indican lineamientos para el diseño, construcción y operación de equipos que incluyen instrumentos de control e instrumentación de grabación todos ellos utilizados en el tratamiento térmico de leche y otros líquidos. Se establecen los criterios generales para:

- Capacidad del tanque
- Materiales de fabricación
- Aislamiento térmico
- Fabricación de tapa
- Tipo de filtrado

En el Anexo No. 5 puede verse un extracto de dicho código.

3.3.2 Prácticas en la Industria de la Leche Pasteurizada – Norma Colombiana NTC 5255-2004

En Colombia se usa como referente para el diseño y funcionamiento de pasteurizadores de leche el Reglamento Nacional en prácticas en la industria de la leche pasteurizada - NTC 5255 (Colombian technical standard - NTC), en esta norma establecen los requisitos básicos respecto a los principios de los procesos, características del diseño y funcionamiento de los equipos utilizados por los productores de leche pasteurizada. En esta normativa también se establecen los criterios generales para el diseño de pasteurizadores. Un extracto de esta norma se incluye en el Anexo No 6.

3.4. Definición del problema en términos ingenieriles

Habiéndose evaluado los requerimientos de la empresa Derivados Lácteos Barreto S.R.L. según entrevista, la normativa encontrada y descrita se delimitaron los requerimientos de Ingeniería de Diseño para el pasteurizador de inducción fueron plasmados en las especificaciones técnicas mostradas desde la Tabla 10 hasta la Tabla 13.

Tabla 10

Requerimientos de Ingeniería de Diseño

Aspecto requerido	Cantidad física/química	Unidad	Rango	Norma
Capacidad de procesamiento	Volumen	Litros	1000	-----
Inocuidad	Unidades formadoras de colonias	UFC/ml	1	Reglamento de leche y productos lácteos
Calidad del producto	Temperatura	°C	64-72	Código de Practica de Higiene para la Leche y Productos Lácteos
	Tiempo	Min	28-30	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 11

Requerimientos Generales de Ingeniería de diseño según normativa Code of Practice NZFSA 2009

Normativa y Reglamentos	
Diseño y funcionamiento	Reglamento Nacional en prácticas en la industria de la leche pasteurizada - NTC 5255
Código para diseño	Este Código de Práctica, según la Comisión de Seguridad Alimentaria de Nueva Zelanda

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 12

Requerimientos de Ingeniería de Diseño estructural según Normativa Code of Practice NZFSA 2009

Estructura y características del tanque	
Material	Plancha inoxidable AISI 304 acabado 2B. Espesor según calculo y código de diseño empleado
Proceso de fabricación	Mediante proceso de rolado en frio y unión por soldadura GTAW sanitaria
Fabricación de tapas	Fabricación desde plancha de acero inoxidable AISI 304, de forma abovedada y pestañeada por conformación en frio. Espesor de acuerdo a cálculo y código de diseño empleado.
Tipo de acabado	Pulido sanitario

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 13

Requerimientos de Ingeniería de Diseño para el aislante y cubierta

Estructura de la chaqueta y características aislante exterior	
Material de cobertura exterior	Acero Inoxidable AISI 304 con acabado N4 (acabado satinado).
Proceso de fabricación de cobertura exterior.	Rolado en frio y unión por soldadura GTAW
Forma de sujeción	Por flejes de material acero inoxidable y ajustables mediante pernos reguladores
Material de las tapas externas	PRFV (fibra de vidrio reforzada). Espesor mínimo de 4 mm
Proceso de fabricación de tapas	Por moldeo y con acabado final mediante aplicación de pintura de color blanco brillante
Material aislante	Poliuretano de alta densidad de 40 Kg/m ³ . Insumos tipo BAYTHERM y DESMODUR 44V20L productos BAYER

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.5. Generación de conceptos alternativos

Una vez conocidos el problema de diseño y sus requerimientos implicados se procedió a generar 6 conceptos alternativos de pasteurizador capaces de resolver el problema. Esto se realizó mediante una búsqueda a nivel mundial de los mismos teniendo en cuenta los criterios de seguridad, ahorro de energía, contaminación e inversión inicial. A continuación, se describe cada concepto haciendo énfasis en sus ventajas y desventajas.

3.5.1 Pasteurización con vapor

Las grandes empresas utilizan vapor para alimentar las turbinas que brindan electricidad a toda la fábrica, este vapor es dirigido a todos sus equipos, como es en el caso de las marmitas que es una olla de metal cubierta con una tapa que queda totalmente ajustada, su uso generalmente es a nivel industrial para procesar alimentos y para los que involucren transferencias de calor de forma indirecta, como en el proceso de pasteurización lenta. (FAO, 2014)

Las marmitas de vapor necesitan de una caldera como fuente de vapor. El producto a calentar o mezclarse debe remover en forma manual o con un agitador incorporado para que el producto no se pegue. Se debe chequear constantemente la válvula de seguridad para cerciorarse que funcione bien, de lo contrario un aumento de la presión puede hacer estallar la marmita.

Las calderas utilizan para generar este vapor los hidrocarburos, los cuales son muy contaminantes para el medio ambiente. (FAO, 2014)

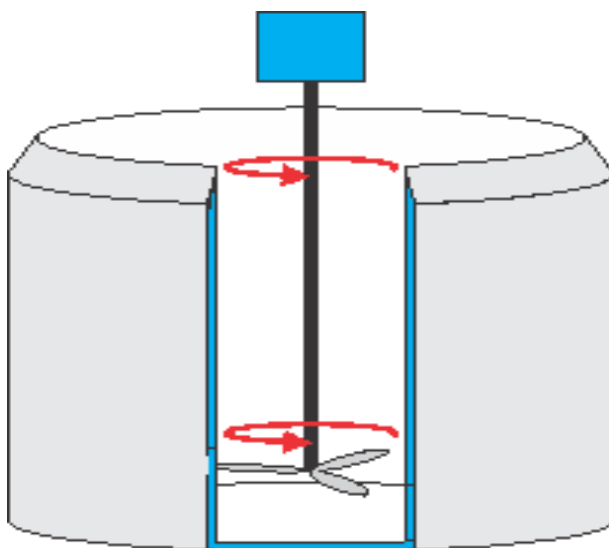


Figura 20. Pasteurización con vapor

Fuente: Elaboración propia

3.5.2 Pasteurización por Inducción

Los principios básicos de la inducción electromagnética se basan en una corriente eléctrica que circula por un conductor en forma de bobina (inductor) que genera un campo magnético en sus alrededores. La mayor intensidad se da en el núcleo de la bobina y depende de la fuerza de la corriente de excitación y del número de espiras de la bobina. (Gonzales, 2005)

El uso de un calentador de inducción en leche para su pasteurización logra la destrucción de la carga bacteriana en mayor porcentaje en comparación con el método tradicional (HAGH, AZIMI, & DARGAHI, 2015).

En el método de calentamiento inducido, no ocasiona pérdidas en la leche debido a que se suministra calor de forma rápida, consistente, limpia, controlable y eficiente. Otras de sus ventajas principales tenemos la usencia de contacto físico, generación del calentamiento en el lugar requerido, ausencia de pérdidas en transferencia calóricas, fácil automatización y control de trabajo y cero emisiones. (Gonzales, 2005)

Aunque su costo inicial es algo elevado, brinda seguridad, no contamina y es altamente eficiente porque su energía es aprovechada por el producto.

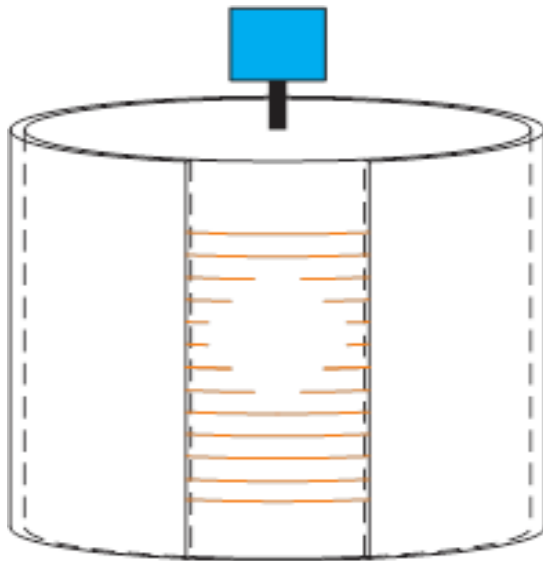


Figura 21. Pasteurización por Inducción

Fuente: Elaboración propia

3.5.3 Pasteurización por Microondas

El calentamiento con microondas se refiere al uso de ondas electromagnéticas de ciertas frecuencias para generar calor en un material. El calentamiento de los alimentos

por microondas resulta de la conversión de la energía de microondas en calor por fricción de las moléculas (principalmente polares, como las del agua) debido a la rápida fluctuación en el campo electromagnético

La principal ventaja del uso de microondas son la penetración de calor inmediata y el ahorro de energía, además se considera una tecnología “Verde”

Las limitaciones o desventajas que tienen los tratamientos con microondas son: costo de inversión y un calentamiento no uniforme, aunque se puede mejorar dicha uniformidad. (Reyes, Lopez, & Sosa, 2010)

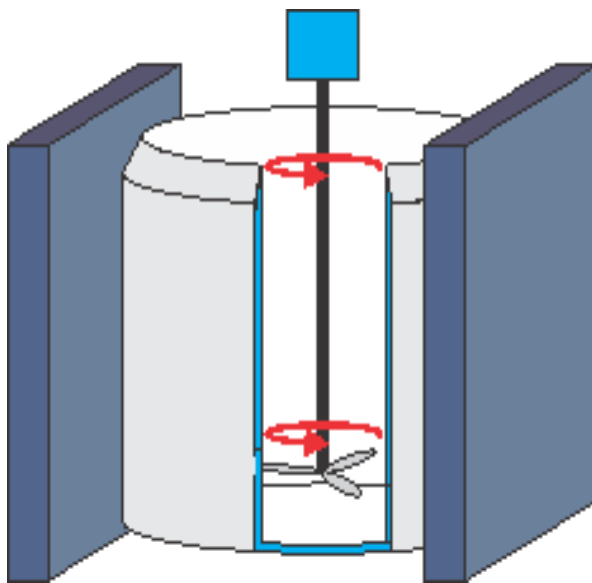


Figura 22. Pasteurización por microondas

Fuente: Elaboración propia

3.5.4 Pasteurización por Resistencias

En este pasteurizador en la parte externa posee resistencias las que utilizamos empleando corriente eléctrica. La máquina está completamente gestionada por una tarjeta electrónica digital que con refinatísimas ondas controla tanto el calentamiento y la cocción. Se obtiene así delicadeza en refrigeración de la pasteurización y se mantienen las mismas altas cualidades también cuando la cantidad en el recipiente es menor., aunque su conductividad dependerá de los materiales que se empleen para el circuito y la cantidad de corriente que circule dependerá de la resistencia que presente el circuito; además son un poco inseguras por los accidentes eléctricos que se pueden generar. (BRAVO, 2016)

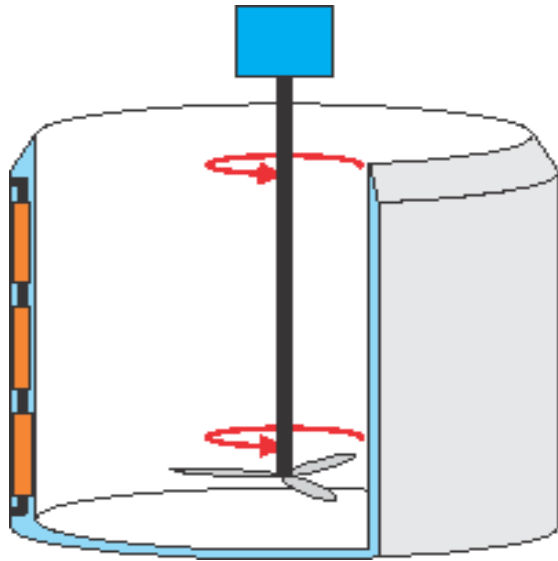


Figura 23. Pasteurización por resistencias
Fuente: Elaboración propia

3.5.5 Pasteurización por Resistencias Internas

Es un equipo donde las resistencias están en contacto con el fluido, utilizando corriente eléctrica, colocando estas resistencias internamente se podría aprovechar al máximo su calor ayudando al ahorro de energía.

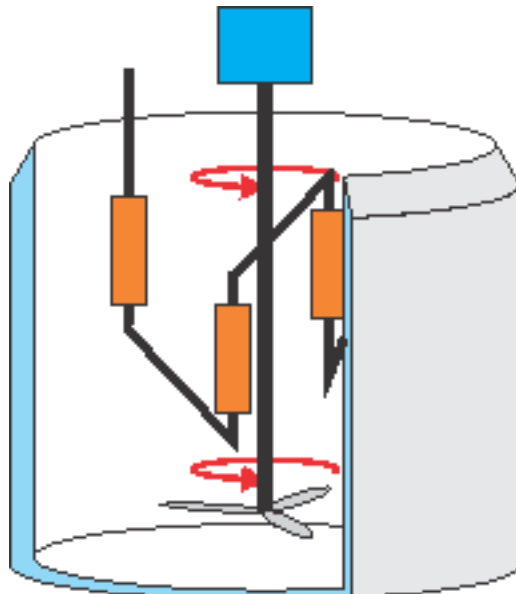


Figura 24. Pasteurización por resistencias internas
Fuente: Elaboración propia

3.5.6 Pasteurización por fuego directo.

Su tecnología es muy simple la cual permite una fácil implementación ya que el calentamiento directo se realiza con un mechero, sin camisa ni baño maría, es muy precario, aunque su costo de inversión es muy bajo, no es recomendable a escalas mayores. Su problema es que es muy contaminante para el medio ambiente, además de inseguro, peligroso y muchas veces se quema la leche en el fondo de la tina. (Battro, 2010)

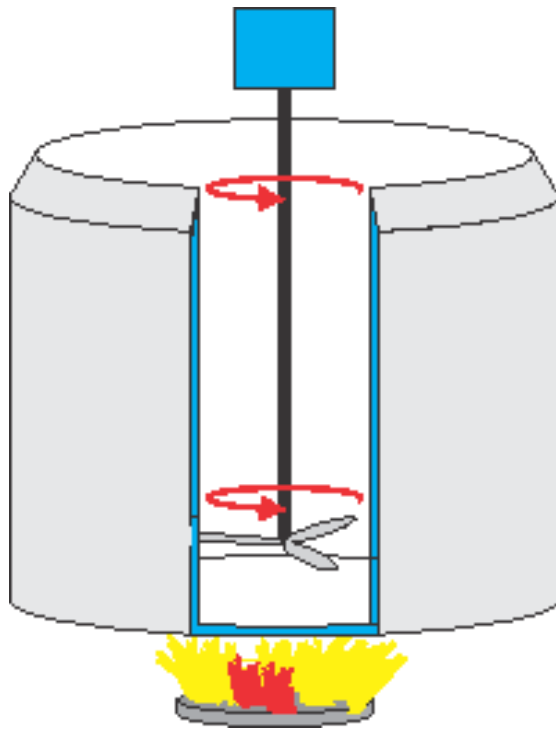


Figura 25. Pasteurización por fuego directo.

Fuente: Elaboración propia

3.5.7 Filtrado de concepto mediante matriz de selección.

Tabla 14

Filtrado de concepto mediante matriz de selección por criterio ponderado.

Criterios	Criterios	TIPO DE CALENTAMIENTO											
		Inducción		Microondas		Vapor		Resistencia		Resistencia Interna		Fuego Directo	
		P.	P. P.	P.	P. P.	P.	P. P.	P.	P. P.	P.	P. P.	P.	P. P.
Seguridad	10%	5	0.5	4	0.4	2	0.2	2	0.2	3	0.3	1	0.1
Inversión inicial	10%	1	0.1	3	0.3	4	0.4	5	0.5	5	0.5	6	0.6
Ahorro de energía	20%	6	1.2	3	0.6	2	0.4	4	0.8	5	1	1	0.2
Contaminación	30%	6	1.8	3	0.9	2	0.6	5	1.5	4	1.2	1	0.3
Letalidad	30%	6	1.8	6	1.8	6	1.8	5	1.5	6	1.8	4	1.2
Total	100%		5.4		4		3.4		4.5		4.8		2.4

Nota. Fuente: Elaboración propia

Leyenda:

P.: Puntuación

P. P.: Puntuación ponderada

Para elaboración de la matriz de selección para determinar el tipo de pasteurizador recomendable se consideraron cuatro criterios según las consideraciones del medio local, los cuales fueron: seguridad, ahorro de energía, contaminación e inversión inicial. Se asignaron los pesos a cada criterio como sigue: Contaminación (30%) teniendo en cuenta que el Perú es uno de los 10 países más contaminados a nivel mundial y que las empresas extranjeras valoran mucho la conciencia ambiental. La empresa Derivados Lácteos Barreto S.R.L. busca contrarrestar esta realidad reduciendo la contaminación emitida por su planta de procesamiento, ya que tiene la visión de expandirse a otros países como muchas empresas peruanas. Así mismo, la empresa siempre está a la búsqueda de reducir sus costos ahorrando energía (20%), pero teniendo en cuenta la inversión inicial (10%) y cumpliendo las normativas de Seguridad (10%) debido a que el estado les exige a las empresas brindar seguridad de sus trabajadores, de no exponerlos contando con equipos inestable en planta y poder tener un accidente en ella.

En las puntuaciones se consideraron seis niveles (1-6) como se indica a continuación:

a. Nivel Seguridad

1= muy inseguro

6= muy seguro

b. Ahorro de energía

1= bajo ahorro de energía

6= alto ahorro de energía

c. Contaminación

1= alta contaminación

6= baja contaminación

d. Inversión inicial

1= elevado inversión inicial

6= bajo inversión inicial

De acuerdo al ponderado y puntuación establecida se realizó el análisis y evaluación de las 6 opciones de equipos de pasteurizadores utilizando diferentes fuentes de energías, en el primer criterio (seguida) calificamos al pasteurizador por inducción como el más seguro, porque es un equipo donde la energía utilizada no

sobrecalienta alrededores de y producir accidentes, además no tiene válvulas de pase como las del pasteurizador a vapor, ya que si estas falla ocasionaría accidente a operarios, en el segundo criterio (ahorro de energía) también obtuvimos que en los pasteurizadores por inducción se ahorra mucho más la energía en comparación a las otras opciones porque solo calentamos el área deseada y no se genera pérdidas de energía, en el tercer criterio (contaminación) obtuvimos que el pasteurizador por inducción es el menor contaminante para el ambiente por la fuente de energía que emplea y además es cero emisiones, en el cuarto y último criterio (inversión inicial) tenemos que el más barato es el pasteurizador por fuego directo ya que su tecnología es más simple en comparación a otros. Como resultado final obtuvimos los siguientes puestos:

1. Pasteurización por inducción
2. Pasteurización por resistencia
3. Pasteurización por resistencia internas
4. Pasteurización por microondas
5. Pasteurización por vapor
6. Pasteurización por fuego directo.

El mejor equipo es el pasteurizador por inducción y el peor es el pasteurizador a fuego directo de acuerdo a los criterios tomados.

3.6. Diseño de configuración

Se detallan los siguientes bocetos para la selección mediante matriz ponderada para la mejor alternativa en cuanto a ubicación de la máquina para un correcto desempeño.

3.6.1 Boceto N°01.

En la Figura 26 se muestra la representación de una alternativa de modelo para el pasteurizador de inducción electromagnética empleando enfriamiento externo (chaqueta).

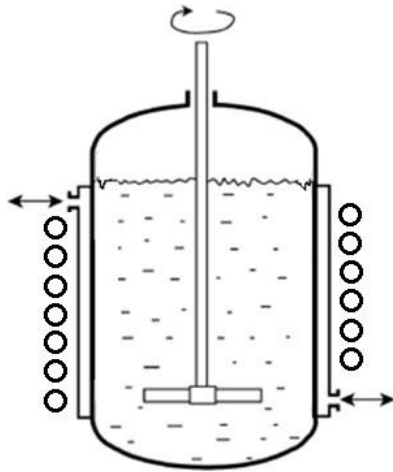


Figura 26. Boceto N°01

Fuente: Adaptado de (Robin Smith, 2016)

3.6.2 Boceto N°02.

En el siguiente Figura 27 muestra la representación de una alternativa de modelo para el pasteurizador de inducción electromagnética empleando enfriamiento interno (serpentín).

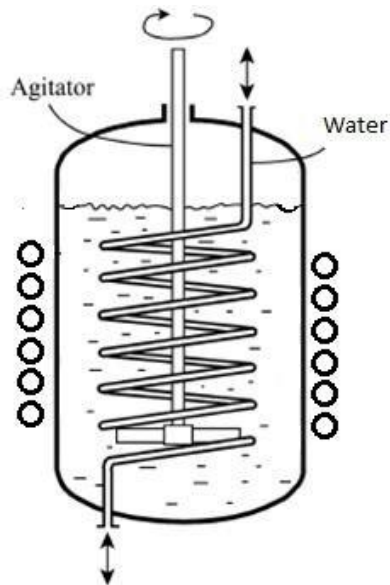


Figura 27. Boceto N°02

Fuente: Adaptado de (Robin Smith, 2016)

3.6.3 Boceto N°03.

En el siguiente Figura 28 muestra la representación de una alternativa de modelo para el pasteurizador de inducción electromagnética empleando baffle.

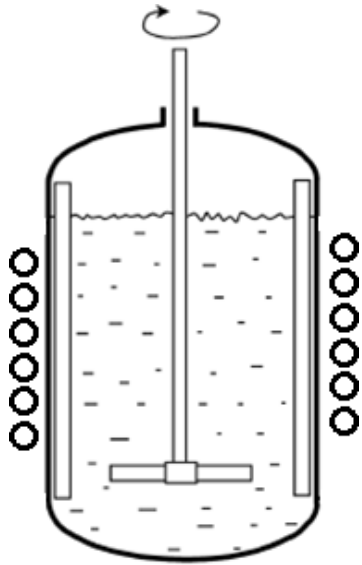


Figura 28. Boceto N°03

Fuente: Adaptado de (Robin Smith, 2016)

3.6.4 Selección de alternativa óptima mediante una matriz ponderada

Tabla 15

Clasificación de criterios de bocetos

CLASIFICACIÓN	VALOR
Insatisfactorio	0
Tolerable	1
Adecuado	2
Bueno	3
Muy bien	4

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

Ponderado de criterios de bocetos

INDICADORES	
CRITERIO	PONDERADO
Mantenimiento	35
Seguridad	35
Eficiencia	10
Bajo costo	20
TOTAL	100

Nota. Fuente: Elaboración propia

a. Criterios

Se tomaron en cuenta los criterios (Tabla 15) para la evaluación del diseño de un pasteurizador de leche utilizando corrientes de Foucault obteniendo como criterios estratégicos a evaluar los que se muestra a continuación:

- **Mantenimiento:** Se consideró este criterio debido a la necesidad de poder realizar un correcto mantenimiento a la maquina cuando sea necesario.
- **Seguridad:** Este criterio nos permite evaluar la seguridad con la que se diseñaría dicha máquina.
- **Eficiencia:** Este criterio permite evaluar la reducción de pérdidas de calor por convección y conducción
- **Bajo costo:** Este criterio permite evaluar el costo que se generaría para poder fabricar este pasteurizador de leche.

Mediante los indicadores a través de la selección de la alternativa óptima de la matriz ponderada fueron elegidos de acuerdo a los criterios más sobresalientes requerido por la empresa.

La puntuación obtenida de la matriz de selección ponderada indica que el concepto de Boceto N°2 es el más adecuado ya que presenta una simplicidad en cuanto a la ubicación de los distintos elementos que conforman la maquina final y también ya que reduce el costo en gran parte disminuyendo el uso excesivo de algunos materiales tales como: acero inox de grado alimenticio. Por lo tanto, esa será la base de solución conceptual para la ubicación de los componentes.

b. Valoración:

La matriz de selección ponderada en la recta vertical izquierda cuenta con los criterios de selección obtenidos a través de la visita y entrevistas realizada, los cuales evaluarán a las alternativas de diseño que se encuentran ubicadas en la recta horizontal superior. A los criterios se le fue asignando una ponderación según la importancia de cada uno, la puntuación que se asignó a cada alternativa de diseño fue dada de la siguiente manera: insatisfactorio (0);

TOLERABLE (1); Adecuado (2) bueno (3) y Muy bien (4), y la puntuación pondera se obtuvo multiplicando el porcentaje (%) por la puntuación dividido entre el total del porcentaje final de criterios.

Tabla 17

Selección de alternativa óptima mediante una matriz ponderada

DISEÑO DE PASTEURIZADOR DE LECHE		BOCETO N°1 (chaqueta)		BOCETO N°2 (Serpentin)		BOCETO N°3 (baffle)	
CRITERIO	Ponderado (%)	P	P.P	P	P.P	P	P.P
Mantenimiento	35	2	0.7	4	1.4	4	1.4
Seguridad	35	2	0.7	4	1.4	2	0.7
Eficiencia	10	2	0.2	4	0.4	2	0.2
Bajo costo	20	2	0.4	3	0.6	1	0.2
TOTAL	100	8	2	15	3.8	9	2.5

Nota. Fuente: Elaboración propia

Leyenda:

P.: Puntuación

P. P.: Puntuación ponderada

Una vez que la configuración descrita por el Boceto No. 2 resulto ser la óptima se procedió a definir detalladamente las partes y sistemas de la configuración en cuestión. El esquema general de la geometría del pasteurizador a usar se muestra en la Figura 29. Por cuestiones de cálculo de ingeniería este modelo es una adaptación de un sistema de calentamiento/enfriamiento de líquidos mencionado por Davies y Zinn & Semiatin (Davies, 2007-p.297); Zinn & Semiatin, 1983, p. 308) que usa inducción electromagnética. En esta geometría se considera:

1. **El tanque contenedor de leche:** El cuál será el deposito del lote (batch) de 1000 litros donde se llevará a cabo la pasteurización.

Posee adicionalmente accesorios tales como: bridas, electroválvulas y tuberías.

2. **Sistema de agitación de leche:** Tiene como componente principal el agitador de fluido con impulsor tipo turbina de flujo axial, mismo que estará en funcionamiento durante todo el procesamiento del lote (batch) siendo accionado por un motor vertical
3. **Sistema de enfriamiento de leche:** En este caso el serpentín de enfriamiento por agua es la parte principal. Este será activado simultáneamente con el apagado de las bobinas para realizar en el enfriamiento drástico final. El flujo de agua en el serpentín es controlado por una bomba eléctrica siendo este recirculado a través de un intercambiador de calor (“chiller”) de enfriamiento. Este sistema es comandado por la caja de mando.
4. **Sistema de enfriamiento de bobinas:** Sus partes principales son La chaqueta de enfriamiento de aire y el sistema de aire comprimido. La chaqueta cumple la función de proteger a las bobinas y servir de receptáculo para el paso de aire de enfriamiento durante el enfriamiento drástico final. Este sistema también está conectado a la caja de mandos.
5. **Sistema de calentamiento de leche:** Cuya parte principal son las bobinas de inducción electromagnética, dispuestas alrededor del tanque para el calentamiento, las cuales estarán en funcionamiento durante el calentamiento y mientras dure la parte isotérmica del proceso. El funcionamiento de estas bobinas estará controlado por la caja de mando.
6. **Sistema de aislamiento térmico:** Cuyo único componente es el aislante térmico de poliuretano rodeando por fuera al tanque de leche
7. **Sistema de llenado y descarga:** Constituido por 2 electroválvulas (1 de carga y la otra de descarga) y controladas desde la caja de mandos
8. **Sistema de censado y control:** Este sistema tiene su principal componente la caja de mandos que contendrá

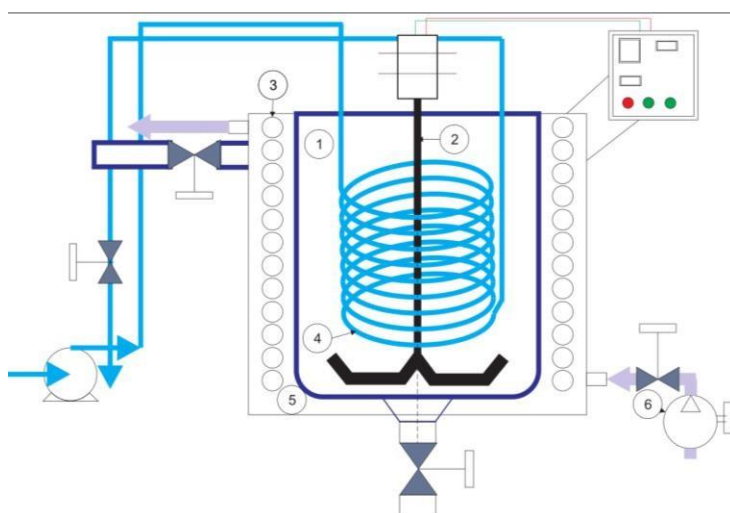


Figura 29. Esquema general de la geometría del pasteurizador

Fuente: Adaptada de Davies, 2007-p.297 y Zinn & Semiatin, 1983, p. 308

3.7. Materiales para el equipo de pasteurización por inducción

En esta parte del trabajo se resumieron los materiales asumidos para las diferentes partes del equipo los cuales se condensan en una tabla (ver Tabla 18). No se ha realizado ningún intento de selección de material debido a que la normativa es bastante clara respecto a los materiales a usar por ser un equipo de tratamiento de productos para el consumo humano.

Tabla 18

Materiales seleccionados para diferentes partes del equipo

PARTE O SISTEMA	MATERIAL SELECCIONADO	NORMATIVA O RECOMENDACION
Tanque contenedor de leche y accesorios	Acero inoxidable AISI 304	HEAT TREATMENT – CODE OF PRACTICE NZFSA 2009
Sistema de agitación con impulsor tipo turbina y sistema de bombeo	Acero inoxidable AISI 304	HEAT TREATMENT – CODE OF PRACTICE NZFSA 2009
Sistema de Inducción electromagnética	Bobinado de cobre	
Sistema de enfriamiento por serpentín	Acero inoxidable AISI 304	HEAT TREATMENT – CODE OF PRACTICE NZFSA 2009
Sistema de aislamiento térmico	Poliuretano de alta densidad	Catalago Desmodur® y Baytherm®

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.8. Esquemas de operacion para los procesos de pasteurizacion

Con la intención de tener una línea base para el diseño posterior del nuevo sistema de pasteurización por inducción electromagnética definiremos en el orden que se indica los esquemas de pasteurización:

- El esquema general de pasteurización
- El esquema de pasteurización para producción de queso en el sistema actual (Marmita) y el cálculo de letalidad correspondiente.
- El esquema de pasteurización para producción de crema de leche en el sistema actual (Marmita) y el cálculo de letalidad correspondiente.
- El esquema de pasteurización para producción de queso en el nuevo sistema (Inducción)
- El esquema de pasteurización para producción de crema de leche en el nuevo sistema (Inducción)

Esto debido los dos procesos de pasteurización más comunes usados por la empresa son la producción de queso y la producción de crema de leche.

3.8.1 Esquema General de Pasteurización

El esquema general de pasteurización posee tres partes: Calentamiento, Sostenimiento y Enfriamiento. El primero es necesario por dos razones su velocidad y temperatura final aseguran en buena parte la muerte de microorganismos nocivos. El segundo, sostenimiento de temperatura, asegura aún más la muerte los microorganismos mencionados. Finalmente, el enfriamiento, cuya drasticidad completa la letalidad del proceso y al mismo tiempo prepara al equipo para el siguiente lote (“batch”).

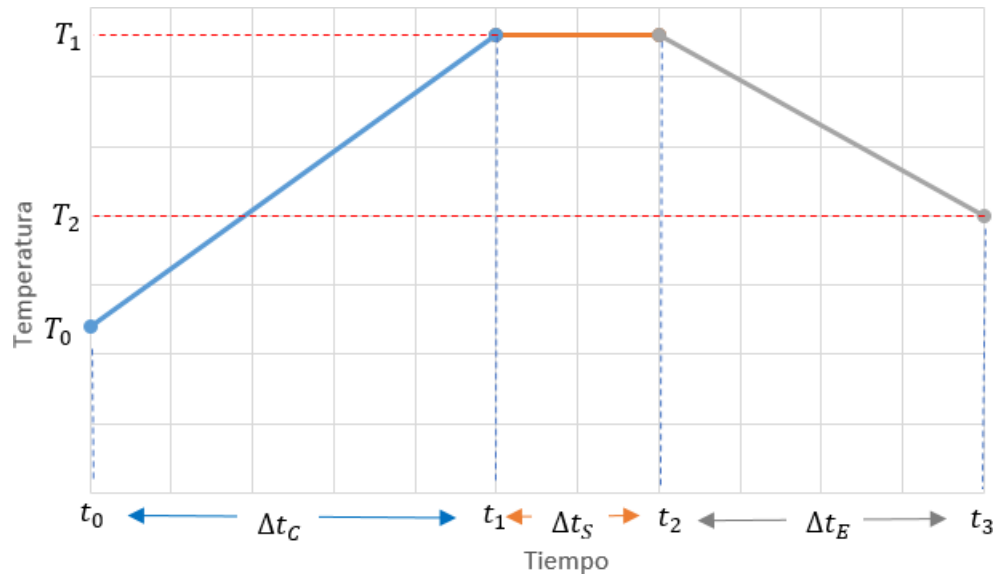


Figura 30. Esquema general de pasteurización indicando las etapas del proceso.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 30 la nomenclatura es como sigue:

- T_0 : Temperatura inicial ($^{\circ}\text{C}$)
- T_1 : Temperatura pasteurización ($^{\circ}\text{C}$)
- T_2 : Temperatura final ($^{\circ}\text{C}$)
- Δt_C : Tiempo de calentamiento (min)
- Δt_S : Tiempo de sostenimiento (min)
- Δt_E : Tiempo de enfriamiento (min)
- $t_3 - t_0$: Tiempo total ($^{\circ}\text{C}$)

3.8.2 Esquema de pasteurización para producción de queso en sistema actual (Marmita)

El esquema tradicional usado por la empresa en la producción de queso que utiliza una marmita se resume en tres etapas (ver Figura 31)

- Calentamiento desde 24°C hasta 66°C en aproximadamente 25 min.
- Sostenimiento a 66°C durante 10 min.
- Enfriamiento desde 66°C hasta 40°C en aproximadamente 20 min.

3.8.2.1. Letalidad para producción de queso en sistema actual (Marmita)

Los parámetros usados por la empresa Derivados Lácteos Barreto S.R.L para el proceso de queso son expresados en la Tabla 19 y la Figura 31.

Tabla 19

Los parámetros usados por la empresa Derivados Lácteos Barreto S.R.L para el proceso de queso.

Proceso de queso	Temperatura		Tiempo	
	Abrev.	(°C)	Abrev.	(min)
Calentamiento	T ₀	24	Δt _c	25
Sostenimiento	T ₁	66	Δt _s	10
Enfriamiento	T ₂	40	Δt _e	20

Fuente: Elaboración propia

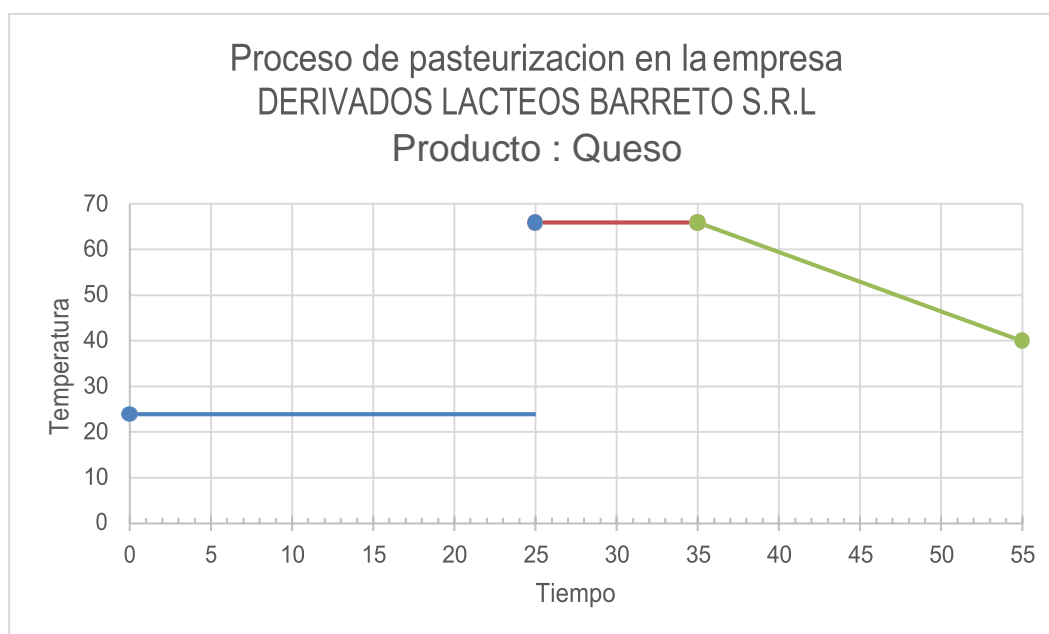


Figura 31. Curva de pasteurización del equipo actual (Marmita).

Fuente: Adaptado de (Robin Smith, 2016)

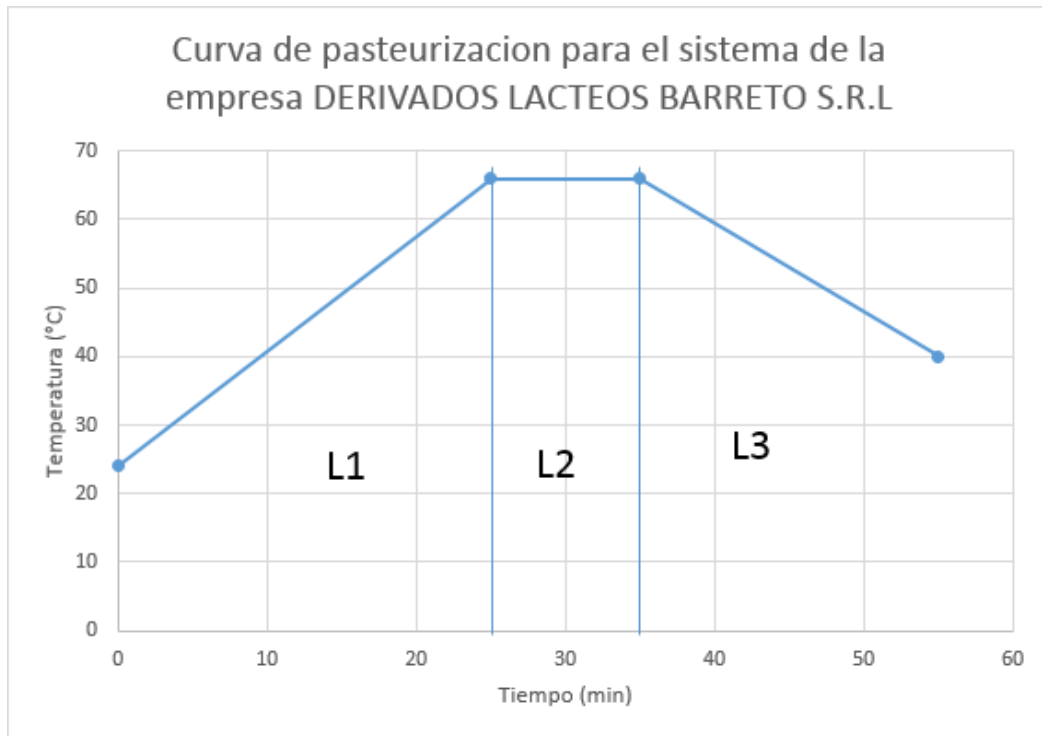


Figura 32. Grafico auxiliar mostrando las zonas de letalidad para el sistema actual.

Fuente: Elaboración Propia

La letalidad queda definida como:

$$L_q = L_1 + L_2 + L_3 \quad \text{Ec. 148}$$

Donde:

L1: letalidad en el calentamiento

L2: Letalidad en la pasteurización

L3: Letalidad en el enfriamiento

La letalidad es el tiempo de tratamiento a una temperatura contante, en el caso de L1 y L3, que son graficas lineales, se debe emplear la ecuación 16 que esta depende de la pendiente, de no ser una gráfica lineal se debe aplicar el método de Simpson.

$$L_1 = \frac{1}{k} \left[\frac{10^{\frac{66-24}{10}} - 10^{\frac{66-66}{10}}}{\frac{66-24}{10}} - 10^{\frac{66-66}{10}} \right] \quad \text{Ec. 149}$$

$$L_3 = \frac{1}{k} \left[\frac{10^{\frac{66-40}{10}} - 10^{\frac{66-66}{10}}}{\frac{66-40}{10}} - 10^{\frac{66-66}{10}} \right]$$

$$\square 3 = \frac{\square \square \square}{\square \square \ln 10} [10 \square -10 \square]$$

Ec. 150

Donde:

Z: Constante de tiempo de muerte del microorganismo. (°C)

α : Pendiente

T : Es la temperatura a la que se quiere hallar la letalidad. (°C)

T_p : Temperatura de pasteurización. (°C)

T_i : Temperatura inicial. (°C)

T_f : Temperatura final(°C)

Entonces L1.

$$\alpha_1 = \frac{3.6}{1.68 * \alpha} \left[10^{\frac{66-66}{3.6} - 10^{\frac{24-66}{3.6}}} \right] \quad \text{Ec. 151}$$

$$\alpha_1 = 0.93 \alpha \quad \text{Ec. 152}$$

Entonces L2.

$$\alpha_2 = 10 \alpha \quad \text{Ec. 153}$$

Entonces L3.

$$\alpha_3 = \frac{3.6}{-1.3 * \alpha} \left[10^{\frac{55-66}{3.6} - 10^{\frac{66-66}{3.6}}} \right] \quad \text{Ec. 154}$$

$$\alpha_3 = 1.20 \alpha \quad \text{Ec. 155}$$

Entonces Lq

$$\alpha = 12.13 \alpha$$

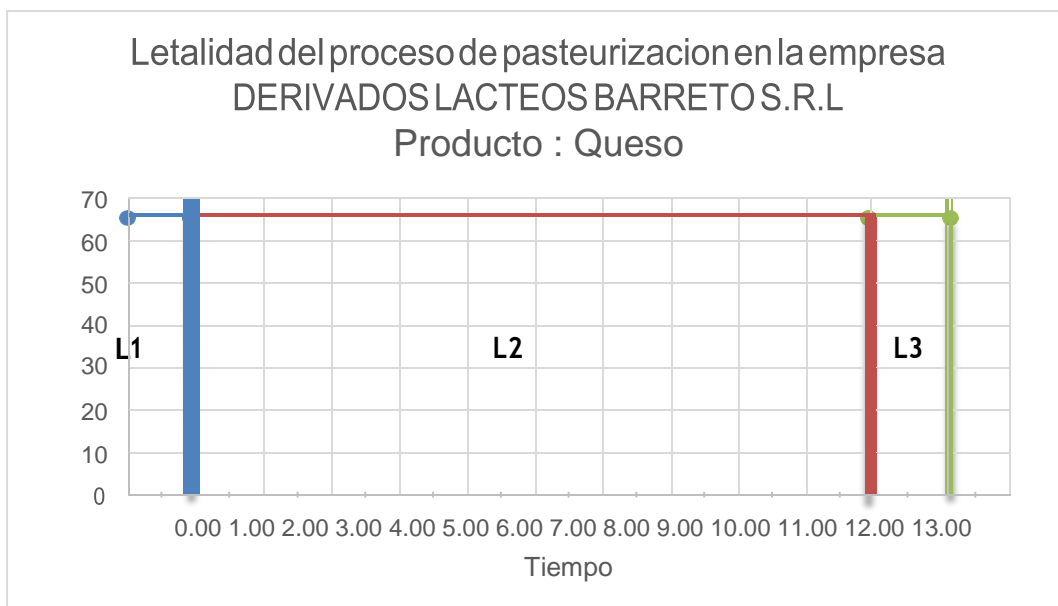


Figura 33. Grafico auxiliar de letalidad para 66 °C para el sistema actual

Fuente: Propia

Debido a que las normas técnicas estipulan la temperatura a 63 por 30 min.
Se empleará la ecuación 15.

$$F_63 = F_60 \cdot 10^{\frac{66-63}{3.6}}$$
Ec. 156

Donde

$$F(66) = L(66)$$
Ec. 157

Entonces:

$$F_{63} = 12.13 * 10^{\frac{66-63}{3.6}}$$
Ec. 158

$$F_{63} = 82.66 \text{ min}$$
Ec. 159

El tiempo que emplea la empresa si cumple con la normativa
Para predecir el número ucf/ml se comparó con el tratamiento de
pasteurización a 55°C.

$$D(55) = 6.7 \text{ min}$$
Ec. 160

Entonces se empleó la ecuación 15 para transformarlo de 63 a 55°C

$$F_{55} = 13789.05 \text{ min}$$
Ec. 161

Entonces, reemplazando en la ecuación 13

$$F_63 = F_55 \cdot 10^{\frac{66-55}{3.6}}$$
Ec. 13

Donde:

Dt: Es el tiempo de reducción decimal

n: es el número de reducciones

$$13789.05 = F_63 \cdot 10^{\frac{66-55}{3.6}}$$
Ec. 162

$$F_63 = 2058$$
Ec. 163

3.8.3 Esquema de pasteurización para producción de crema de leche en sistema actual (Marmita)

El esquema tradicional usado por la empresa en la producción de queso que utiliza una marmita se resume en tres etapas (ver Tabla 20 y Figura 34):

- Calentamiento desde 24°C hasta 85 °C en aproximadamente 50 min.
- Sostenimiento a 85°C durante 10 min.
- Enfriamiento desde 85°C hasta 35°C en aproximadamente 40 min.

Mediante este procedimiento se asegura la inocuidad de la leche la cual se respalda mediante los siguientes cálculos asociados a la Figura 36.

Tabla 20

Tiempos y Temperaturas para Pasteurización en fabricación de crema de leche

Proceso de crema de leche	Temperatura		Tiempo	
	Abrev.	(°C)	Abrev.	(min)
Calentamiento	T ₀	24	Δtc	50
Sostenimiento	T ₁	85	Δts	10
Enfriamiento	T ₂	35	Δte	40

Fuente: Elaboración Propia

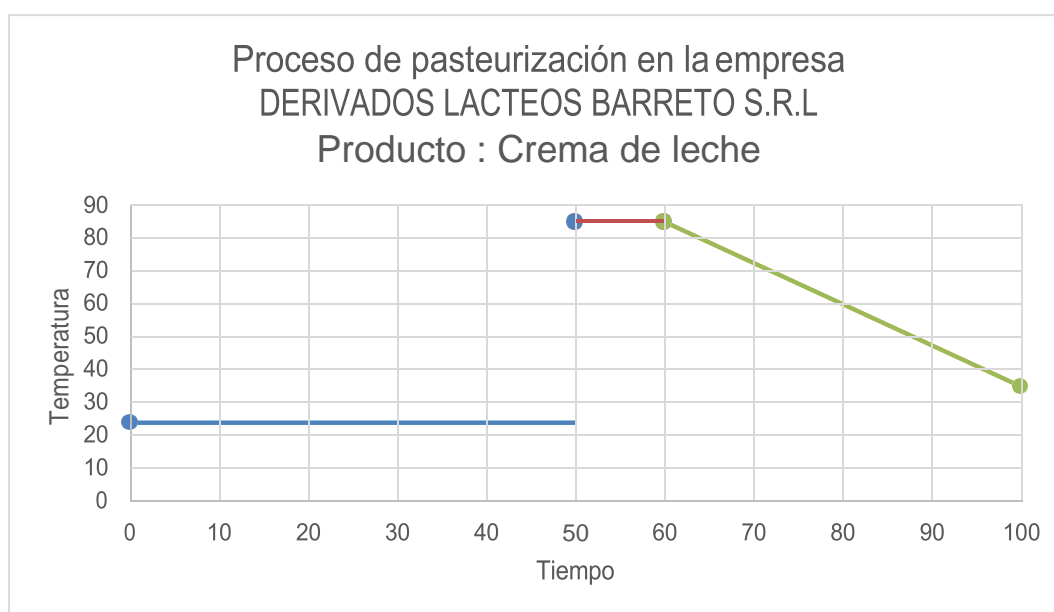


Figura 34. Curva de pasteurización del equipo actual en el proceso de crema de leche.

Fuente: Elaboración Propia

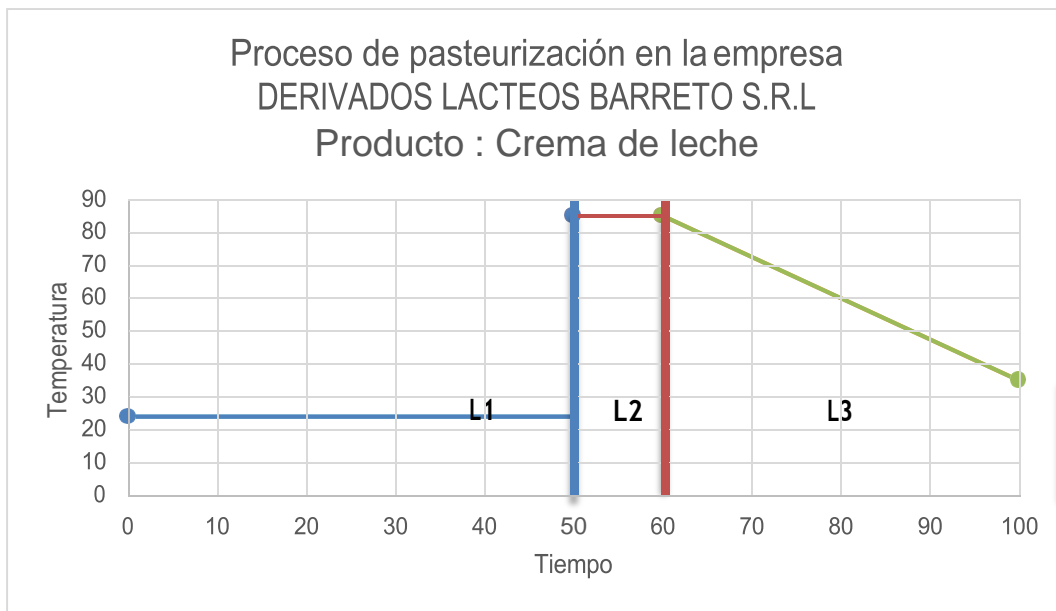


Figura 35. Grafico auxiliar de letalidad para 85 °C para el sistema actual.

Fuente: Elaboración Propia

3.8.3.1. *Letalidad del proceso de crema de leche en el equipo actual de la empresa*

Entonces L1.

$$L_1 = \frac{3.6}{1.22 \cdot 10} \left[10^{\frac{85-85}{3.6}} - 10^{\frac{24-85}{3.6}} \right] \quad \text{Ec. 165}$$

$$L_1 = 1.28 \quad \text{Ec. 166}$$

Entonces L2.

$$L_2 = 10 \quad \text{Ec. 167}$$

Entonces L3.

$$L_3 = \frac{3.6}{-1.25 \cdot 10} \left[10^{\frac{35-85}{3.6}} - 10^{\frac{85-85}{3.6}} \right] \quad \text{Ec. 168}$$

$$L_3 = 1.25 \quad \text{Ec. 169}$$

Entonces Lcr

$$L_{cr} = 12.53 \text{ min}$$

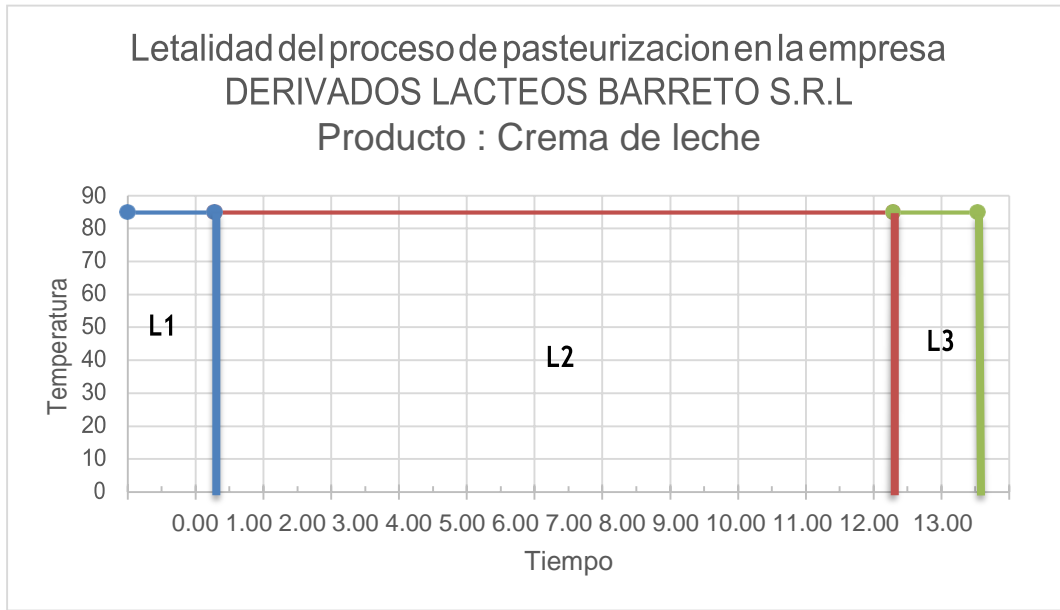


Figura 36. Letalidad del proceso de pasteurización Diseñada.

Fuente: Elaboración Propia

Entonces la letalidad a 85°C es

$$L_{(85)} = 12.53 \text{ min} \quad \text{Ec. 170}$$

Debido a que las normas técnicas estipulan la temperatura a 63 por 30 min. Se empleará la ecuación 15.

$$F_{63} = F_{85} 10^{\frac{85-63}{3.6}}$$

Ec. 15

Donde

$$F_{(85)} = L_{(85)} \quad \text{Ec. 171}$$

Entonces:

$$F_{63} = 12.53 * 10^{\frac{85-63}{3.6}} \quad \text{Ec. 172}$$

$$F_{63} = 16186078.58 \quad \text{Ec. 173}$$

Para predecir el número ucf/ml se comparó con el tratamiento de pasteurización a 55°C

$$F_{55} = 2700000637.24 \text{ min} \quad \text{Ec. 174}$$

Entonces, reemplazando en la ecuación 13

$$N_n = N_0 \cdot 10^{-n \cdot Dt} \quad \text{Ec. 13}$$

Donde:

- Dt es el tiempo de reducción decimal
- n es el número de reducciones

$$2700000637.24 = N_0 (6.7)^{(402985169)} \quad \text{Ec. 175}$$

$$N_0 = 402985169 \quad \text{Ec. 176}$$

Reemplazando en la ecuación 12

$$N \equiv N_0 \cdot 10^{-\left(\frac{N_0}{N}\right)} \quad \text{Ec. 12}$$

Donde

- No es el número de microorganismo iniciales (ufc/ml)
- N es el número de microorganismo final (ufc/ml)

Entonces:

$$N = N_0 \times 10^{-402985169} \quad \text{Ec. 177}$$

Con esto se logra una reducción de la población microbacteriana en un factor de $10^{-402985169}$.

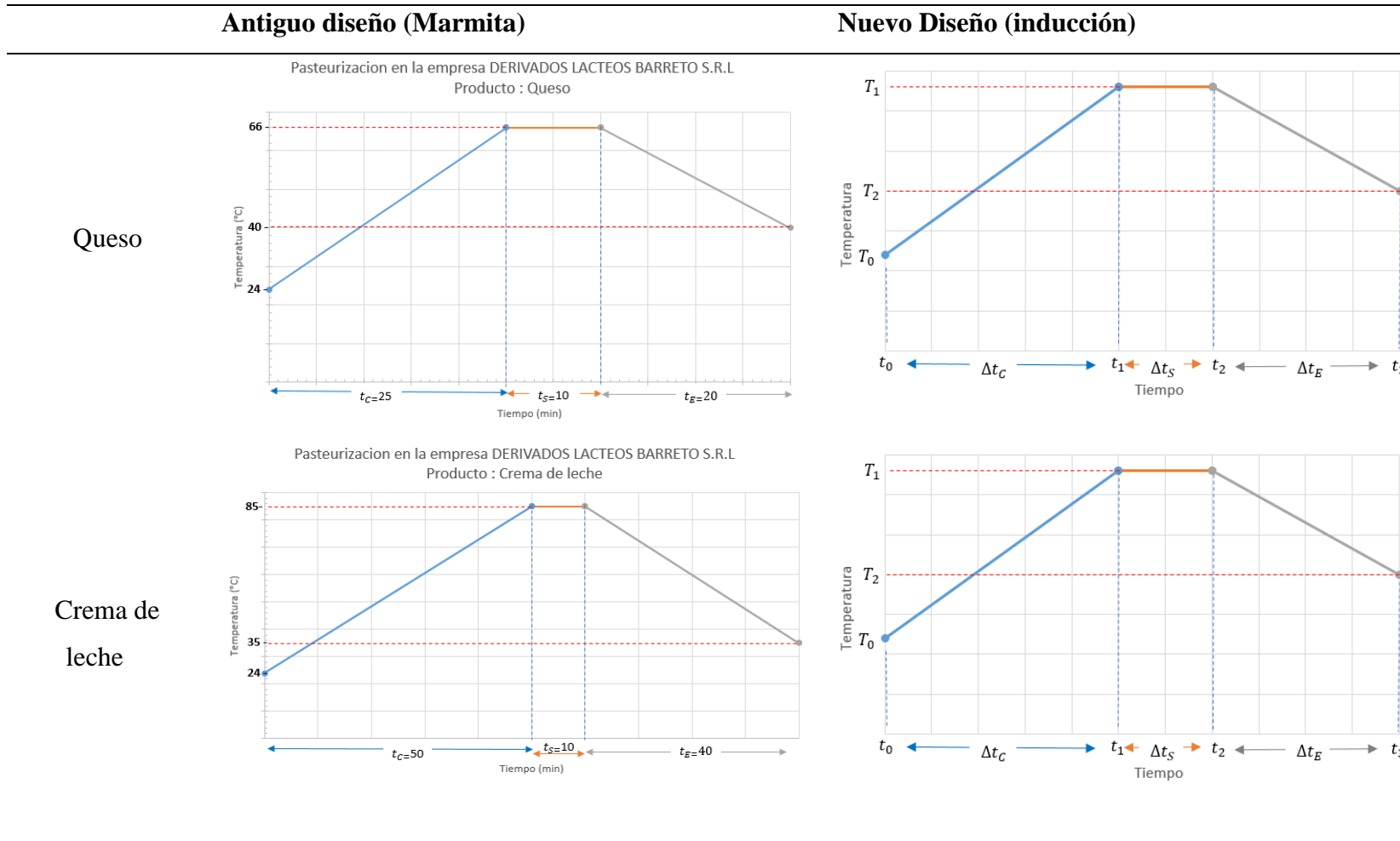
3.8.4 Protocolo para análisis comparativo de diseño actual (marmita) con diseño nuevo (inducción)

En las siguientes etapas de diseño se estará dimensionando el nuevo sistema de pasteurización por inducción, ya sea por cálculo directo y/o parametrización. Sin embargo, dado que la intención es obtener un sistema que mejore la productividad y mejore o mantenga la letalidad, previo al diseño del pasteurizador por inducción se plantea el protocolo de análisis comparativo mostrado en la Tabla 21. Se puede apreciar que se pretende comparar el equipo de pasteurización por marmita versus el equipo nuevo por inducción usando los dos procesos más comunes de procesamiento de la leche: producción de queso y producción de crema de leche. La

comparación se hará en términos de letalidad, tiempos y gastode energía.

Tabla 21

Protocolo de Análisis Comparativo a realizarse luego de tener el diseño del equipo de inducción completa.



Nota. Fuente: Elaboración propia

3.9. Dimensionamiento general

Antes de iniciar el análisis paramétrico se procedió a definir las dimensiones generales del equipo, según el área disponible en la empresa, las recomendaciones de diseño que se muestran en la sección 3.1.y las especificaciones de ingeniería que se muestran en la Tabla 10 (Especificaciones de ingeniería). En la Figura 37 se muestra el boceto ganador del diseño de configuración con las dimensiones conferidas ya ubicadas.

Para el dimensionamiento del tanque se consideró las especificaciones del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología de los EEUU (National Institute of Standards and Technology – NIST) en su Manual de Especificaciones, Tolerancias y otros Requerimientos Técnicos para dispositivos de Peso y Medidas (Specifications, Tolerances, and Other Technical Requirements for Weighing and Measuring Devices – NIST HANDBOOK 44-2017) consignado en el Anexo No 15.

Asimismo, se consideró el espacio disponible (4 m x 4 m x 5 m); el requerimiento de equipo adicional: bombas, motores, compresores, intercambiador de calor panel de mando y estructura de soporte; espacio para circulación diaria de operarios y espacio para labores de mantenimiento. Finalmente, teniendo en cuenta que el volumen del lote de leche a pasteurizar es un dato fijo de diseño (1000 lt = 1m³) y que se debe dejar espacio suficiente para el serpentín y el agitador, se definió el diámetro interno del tanque (Dic) como 1000 mm y la altura ocupada por el líquido de 1273 mm. El cálculo de la altura se muestra en la ecuación 178.

$$H = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 1 \text{ m}^3}{\pi \cdot 1 \text{ m}^2} = 1.273 \text{ m} = 1273 \text{ mm} \quad \text{Ec. 178}$$

Siendo las dimensiones generales que abarcara el equipo como sigue:

$$D_{\text{ext}} = D_{\text{int}} + 2 \cdot t$$

$$H_{\text{ext}} = H_{\text{int}} + 2 \cdot t$$

$$V_{\text{ext}} = V_{\text{int}} + 2 \cdot t \cdot A$$

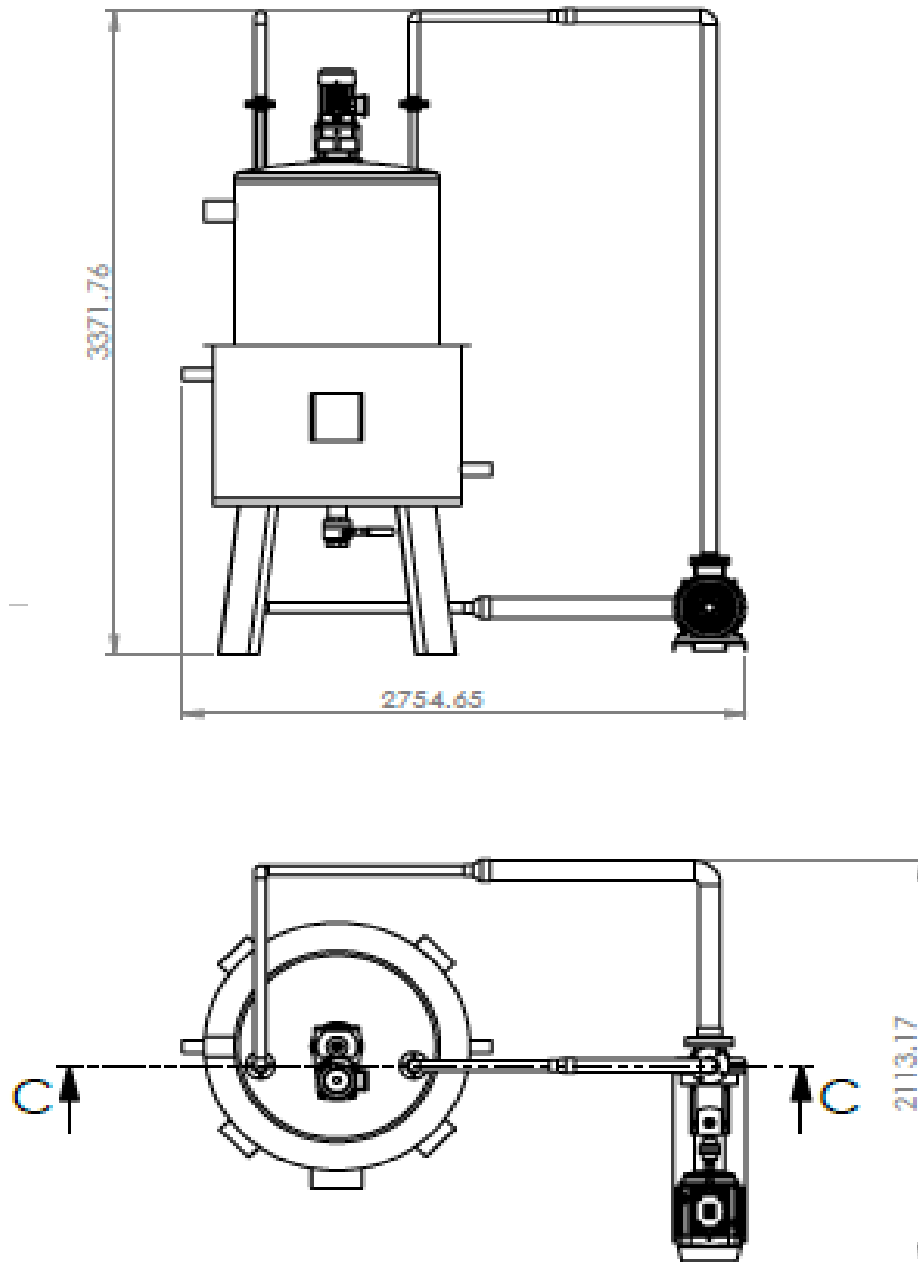


Figura 37. Dimensiones Generales del Equipo
Fuente: Elaboración Propia.

3.10. Dimensionamiento específico

3.10.1 Nomenclatura general

Debido a que el diseño geométrico y térmico de sistemas por lote (batch) en donde existe agitación y enfriamiento por serpentín muestra bastante acoplamiento entre variables, se realizan con relaciones empíricas. Debido a ello es necesario definir desde el comienzo una nomenclatura unificada para el inicio de la primera iteración de diseño. En la Figura 38 se puede apreciar las partes mencionadas y su simbología.

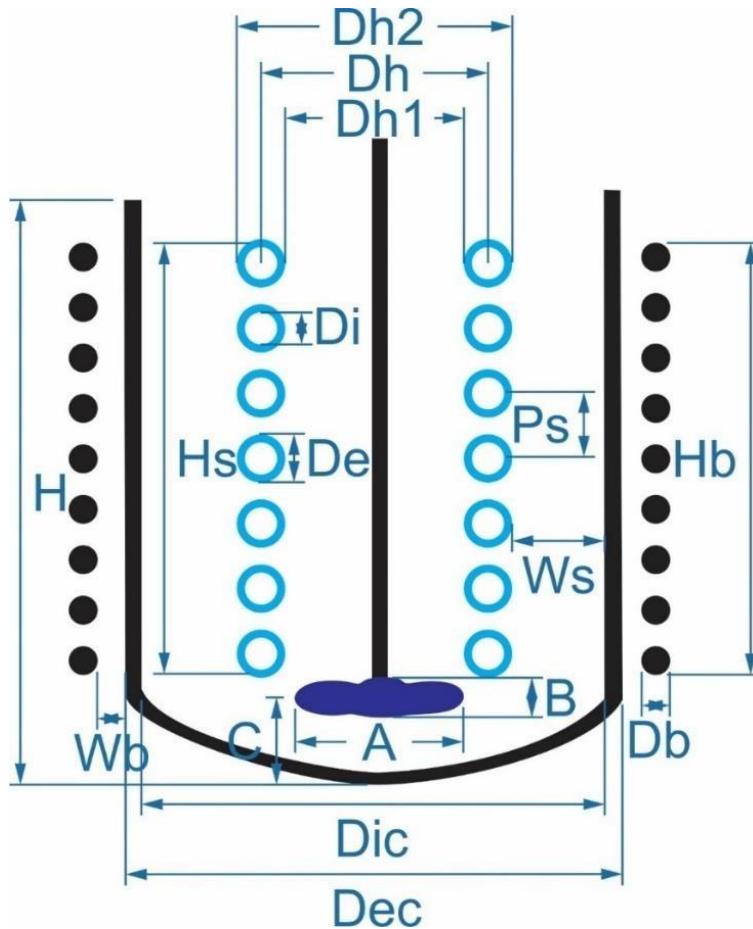


Figura 38. Nomenclatura a usar para la geometría del pasteurizador

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- $\square\square$: Diámetro externo del serpentín (m)
- \square : Diámetro equivalente del serpentín (m)
- $\square\square$: Diámetro interno del serpentín (m)

- ϕ_{i1} : Diámetro interior del tanque (m)
- ϕ_{e1} : Diámetro exterior del tanque (m)
- ϕ_{a1} : Diámetro del alambre de la bobina (m)
- ϕ_{i2} : Diámetro interno de la tubería del serpentín (m)
- ϕ_{e2} : Diámetro externo de la tubería del serpentín (m)
- h_1 : Altura de la leche en el tanque (m)
- h_{b1} : Altura de bobina de inducción (m)
- h_{s1} : Altura de serpentín (m)
- ϕ_{p1} : Paso del serpentín
- ϕ_{e3} : Espacio entre el serpentín y el tanque (m)
- ϕ_{e4} : Espacio entre el inductor y el tanque (m)
- ϕ_{i3} : Diámetro del impulsor (m)
- ϕ_{a3} : Ancho del impulsor (m)
- h_3 : Altura del piso al centro del impulsor (m)

a. Dimensiones de tapas del tanque contenedor

Para el dimensionamiento de las tapas se recurrió al diseño según Megyesy (Anexo No.8.). Así, asumiendo como datos iniciales $D_{ic} = 1\text{m}$, $V = 1\text{ m}^3$ y $H = 1.28\text{ m}$ calculamos

a.1. Presión hidrostática (Ph), debido al peso de la leche

$$\phi_h = \phi \phi \phi \quad \text{Ec. 179}$$

Donde:

- ϕ : Densidad de la leche (kg/m^3)
- ϕ : Gravedad (m/s^2)
- ϕ : Altura (m)

$$\phi_h = 1025.3 \times 9.81 \times 1.28 = 12870.72 \text{ } \phi \phi = 1.87 \text{ } \phi \phi \phi \quad \text{Ec. 180}$$

a.2. Presión de diseño (P), Para calcular esta presión considera (Leon Estrada,

2001):

$$\text{Si } P_h > 300 \text{ psi} \quad t = 1.1 * t_h \quad \text{Ec. 181}$$

$$\text{Si } P_h \leq 300 \text{ psi} \quad t = t_h + 30 \text{ mm} \quad \text{Ec. 182}$$

Entonces

$$t = 1.87 + 30 = 31.87 \text{ mm} \quad \text{Ec. 183}$$

a.3. Espesor de pared cilindro (t) Según Megyesy (Megysy 1992 – Anexo No 8)

$$t = \frac{P * R}{S * E - 0.6 * P} \quad \text{Ec. 184}$$

Donde:

R: radio interno del cilindro (pulg)

S: limite elástico (psi)

E: eficiencia de soldadura (adim.)

Usando el radio del cilindro igual a 500 mm o 19.685 pulg., el límite elástico del acero inoxidable 304 igual a 206.807 MPa o 29994.82 psi (Solidworks, 2016) y la eficiencia de la soldadura (Anexo No 10) con valor 0.7

$$t = \frac{31.87 * 19.685}{29994.82 * 0.7 - 0.6 * 31.87} = 0.03 \text{ pulg} = 0.762 \text{ mm} \quad \text{Ec. 185}$$

a.4. Sobreepesor de corrosión mínimo (ec) este se calcula mediante los valores recomendados en el Anexo No. 11. El valor de este espesor es:

$$t_c = 1.5 \text{ mm} \quad \text{Ec. 186}$$

a.5. Espesor final de pared de cilindro (t_f) Este resulta de:

$$t_f = t + t_c = 0.762 + 1.5 = 2.262 \text{ mm} \quad \text{Ec. 187}$$

b. Geometría de tapa inferior plana

Esta geometría (ver Figura 39) se dimensionó ajustándose al manual de fondos conformados en frío (Fondeyur, 2003) En la figura:

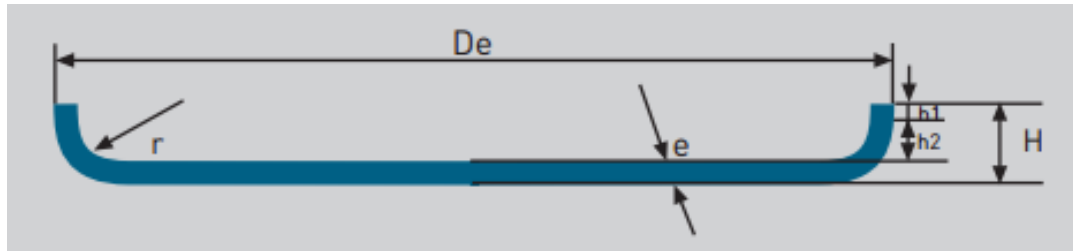


Figura 39. Geometría de tapa inferior plana (Fondeyur, 2003)

Fuente: Elaboración propia

Donde:

e: Espesor (mm)

r: radio de la esquina (mm)

h1: dimensión de traslape (mm)

Asumiendo, espesor: 4 mm, r = 25 mm, h1 = 25 mm, se pueden calcular las dimensiones restantes

$$h_2 = \square \quad \text{Ec. 188}$$

$$h_2 = 25 \square \square \quad \text{Ec. 189}$$

$$\square = \square + h_1 + \square \quad \text{Ec. 190}$$

$$\square = 25 + 25 + 4 = 54 \square \square \quad \text{Ec. 191}$$

$$\square(h_2) = 0.75 * \square^2 * h_2 \quad \text{Ec. 192}$$

$$\square(h_2) = 0.75 * 1^2 * 0.025 = 0.01875 \square^3 \quad \text{Ec. 193}$$

c. Geometría de tapa superior curva (baja presión)

Para esta geometría (Figura 40) se usó nuevamente las recomendaciones de Fondeyur (Fondeyur, 2003). En la figura:

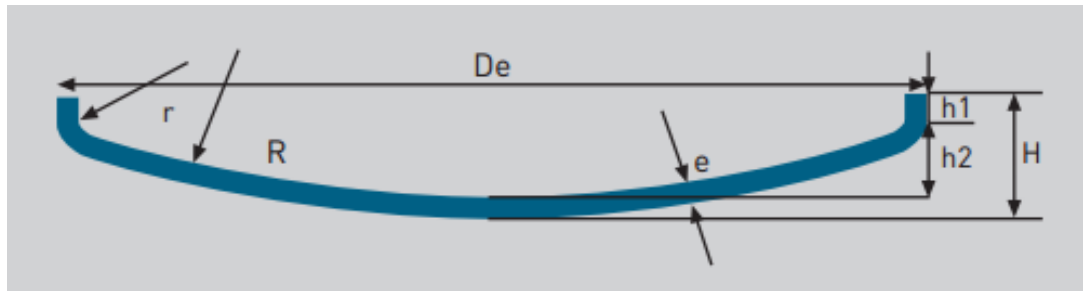


Figura 40. Geometría de tapa superior curva (Fondeyur, 2003)

Fuente: Elaboración propia

Donde

R: radio de curvatura de la tapa (mm)

$$\square = 2 * \square \square \quad \text{Ec. 194}$$

$$\square = 2 * 1008 = 2016 \square \square \quad \text{Ec. 195}$$

$$h_2 = \square - \sqrt{(\square - \square)^2 - \left(\frac{\square}{2} - \square\right)^2} \quad \text{Ec. 196}$$

$$h_2 = 2016 - \sqrt{(2016 - 25)^2 - \left(\frac{1000}{2} - 25\right)^2} = 82.5 \square \square \quad \text{Ec. 197}$$

$$\square = h_1 + h_2 + \square \quad \text{Ec. 198}$$

$$\square = 25 + 82.5 + 4 = 111.5 \square \square \quad \text{Ec. 199}$$

$$\square(h_2) = (\square \square + \square)^2 * 0.42 * h_2 \quad \text{Ec. 200}$$

$$\square(h_2) = (1.008 + 0.025)^2 * 0.42 * 0.0825 = 0.037 \square^3 \quad \text{Ec. 201}$$

d. Dimensionamiento del agitador

Para el dimensionamiento del agitador se tomara en consideración la Figura 29 y las recomendaciones de McCabe (McCabe et. al., 2007, p.262) consignadas en la Tabla 10. Entonces las dimensiones del agitador quedan calculadas como

$$\square = \left(\frac{1}{3}\right)^3 * \square = \left(\frac{1}{3}\right)^3 * 1000 = 333.333 \square \square \quad \text{Ec. 202} \quad \Rightarrow 335 \text{ mm}$$

$$\square = \left(\frac{1}{5}\right)^3 * \square = \left(\frac{1}{5}\right)^3 * 333.333 = 66.6666 \square \square \quad \text{Ec. 203} \quad \Rightarrow 67 \text{ mm}$$

Tabla 22

Relaciones geométricas para tanque y agitador.

Relaciones geométricas	Proporción típica
$\frac{D}{d} = \frac{H}{h}$	1/3
$\frac{D}{d} = \frac{H}{h}$	1/3
$\frac{D}{d} = \frac{H}{h}$	1/5

Nota. Fuente: Elaboración propia

e. Dimensionamiento del serpentín y agitador de enfriamiento

Como una primera aproximación se brindarán se tomarán medidas considerando recomendaciones y las dimensiones ya establecidas del tanque del Manual del Ingeniero Químico (Perry, 2007, pp.11-21, 11-22) y del Manual de Mezclado Industrial (Paul et. al., 2007, p.353, p925). Perry menciona los siguientes lineamientos:

- Los serpentines de enfriamiento estarán ubicados en la parte baja del tanque o distribuidas uniformemente a lo largo de la altura del serpentín.
- Máximo espaciamiento entre de 0.6 m entre espiras para tuberías de 50.8 mm de diámetro o mas
- Los serpentines deben sujetarse directamente sobre el fondo o estar elevadas no más de 152 mmm
- Los serpentines más económicos son los de diámetro 50.8 a 63.4 mm para fabricación en planta y 38.1 a 50.8 para fabricación en campo.
- Cuando se usa acero inoxidable u otras aleaciones se recomienda cedulas entre 5 a 10 para mantener un mínimo costo.

Mientras que Paul (Paul et. al., 2007, p.353, p925) usa las siguientes la recomendaciones mostradas en la Figura 41; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** En nuestro diseño no usaremos deflectores (“baffles”) para evitar generación de calor por inducción concentrada en lo mismo debido a las bobinas. Esto para evitar desnaturalización de la leche en esas zonas.

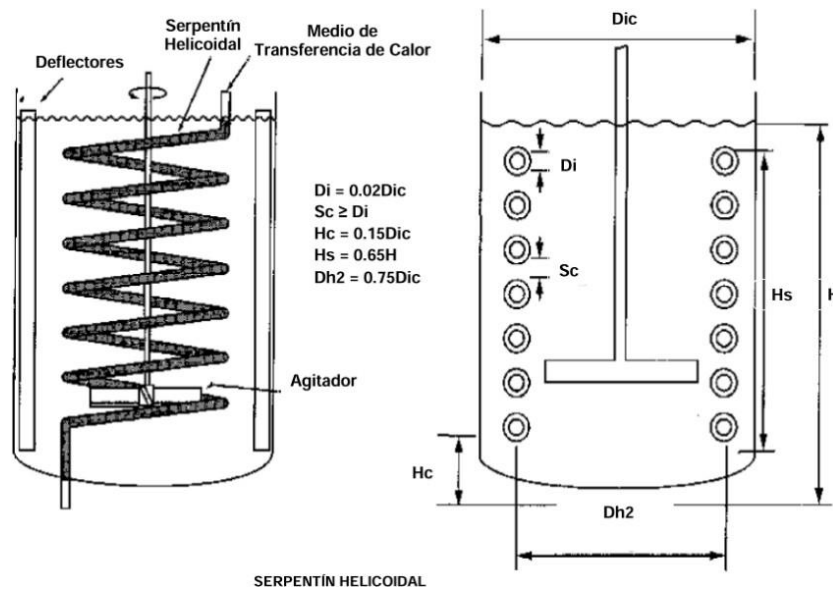


Figura 41. Geometría recomendada de serpentines de enfriamiento.

Fuente: Paul et. al., 2007, p.353

e.1 Diseño paramétrico para determinar el caudal óptimo y el diámetro del serpentín

Se necesita enfriar 1000L de leche en el menor tiempo posible desde una temperatura de pasteurización de 66, 75 u 85°C hasta una temperatura final de 40 o 35°C, según sea el caso de producir Queso o Crema de leche. Para realizar esta operación se empleará un serpentín a través del cual fluye agua fría a 10°C. Las propiedades de la leche y del agua que se utilizarán para el análisis se muestran a continuación.

Tabla 23

Propiedades de la Leche a pasteurizar

PROPIEDADES DE LA LECHE	
Densidad	1018.966 kg/m ³
Calor específico	3893.08 J/Kg.K
Conductividad térmica	0.585227 W/m.K
Número de Prandtl	9.125573
Viscosidad dinámica	1.371801 x10 ⁻³ Pa.s
Viscosidad dinámica a la temperatura de la pared del tanque (65°C)	7.601345 x10 ⁻⁴ Pa.s

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 24

Propiedades del Agua de enfriamiento

PROPIEDADES DEL AGUA	
Temperatura de entrada	10°C
Densidad (promedio)	997 kg/m ³
Calor específico (promedio)	4180 J/Kg.K
Viscosidad dinámica (promedio)	0.891 x10 ⁻³ Pa.s
Número de Prandtl	7.01
Conductividad térmica	0.607 W/m.K

Nota. Fuente: Elaboración propia

Según, Smith, R. (2016), el cálculo del tiempo de enfriamiento de un recipiente enfriado por un serpentín interior, se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$t = \frac{m \cdot c_p}{\dot{m} \cdot c_{p2}} \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{0.5} \quad \text{Ec. 203}$$

y

$$T_2 = T_1 \left(\frac{m \cdot c_p}{\dot{m} \cdot c_{p2} \cdot t} \right)^2 \quad \text{Ec. 204}$$

Donde:

- m : Masa de leche a enfriar [kg]
- c_p : Calor específico de la leche [J/kg°C]
- \dot{m} : Flujo másico de agua de enfriamiento [kg/s]
- c_{p2} : calor específico del agua de enfriamiento [J/kg°C]
- U : Coeficiente global de transferencia de calor
- A : Área de transferencia de calor [m²]
- T_1 : Temperatura inicial de la leche en el recipiente [°C]

- ₂: Temperatura final de la leche en el recipiente [°C]
- ₁: Temperatura inicial del agua de enfriamiento [°C]

Se cuentan con todos los datos necesarios para realizar el análisis, y las variables a solucionar son el flujo másico de agua que pasará a través del serpentín de enfriamiento junto al tiempo total de enfriamiento. Debido a esto, utilizamos la ecuación anterior para obtener curvas paramétricas.

Con el propósito de ratificar los resultados arrojados por la GUI se realizó un cálculo manual detallado para el tiempo de enfriamiento. Se emplearon los valores que se muestran en la Tabla 25, Tabla 26 y los diferentes procesos de producción.

Tabla 25

Valores considerados para el cálculo en la Producción de Queso (Antiguo)

PRODUCCIÓN DE QUESO (ANTIGUO)			
	NOMBRE (SÍMBOLO)	VALOR	UNIDAD
VARIABLES DE DISEÑO	Masa de la Leche (\square)	1018.966	$\square\square$
	Calor Específico de la Leche ($\square\square$)	3893.08	$\square/\square\square.$
	Flujo másico del Agua de Enfriamiento ($\square\square$)	Seleccionar	$\square\square/\square$
	Temperatura del Agua de Enfriamiento ($\square\square_1$)	10	$^\circ\square$
	Calor Específico del Agua de Enfriamiento ($\square\square\square$)	4180	$\square/\square\square.\square$
	Temperatura Inicial de la Leche (\square_1)	66	$^\circ\square$
PARÁMETROS DE DEFINICIÓN DE PROBLEMA	Diámetro Nominal de Tubería (\square)	3/4, 1, 2 y 3	Pulgadas
	Temperatura Final de la Leche (\square_2)	20, 25, 30, 35 y 40	$^\circ\square$

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para los otros dos casos de pasteurización, únicamente se variará la temperatura Inicial de la Leche, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y

Tabla 26

Valores considerados para el cálculo en la Producción de Queso

PRODUCCIÓN DE QUESO (PROPUESTO)			
	NOMBRE (SÍMBOLO)	VALOR	UNIDAD
VARIABLES DE DISEÑO	Temperatura Inicial de la Leche (\square_1)	75	$^{\circ}\square$

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 27

Valores considerados para el cálculo en la Producción de Crema de Leche

PRODUCCIÓN DE CREMA DE LECHE			
	NOMBRE (SÍMBOLO)	VALOR	UNIDAD
VARIABLES DE DISEÑO	Temperatura Inicial de la Leche (\square_1)	85	$^{\circ}\square$

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 28

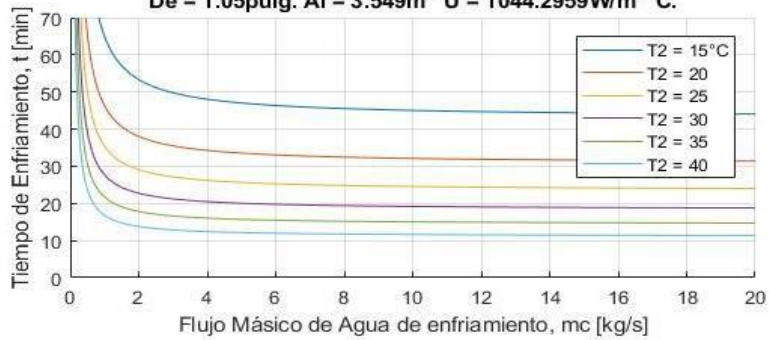
Dimensiones de Tuberías de Acero Inoxidable

TUBERÍAS DE ACERO INOXIDABLE (CÉDULA 40)			
TAMAÑO (pulg)	OD (pulg)	ID (pulg)	ESPESOR (pulg)
3/4	1.05	0.824	0.113
1	1.315	1.049	0.133
2	2.375	2.067	0.154
3	3.5	3.068	0.308

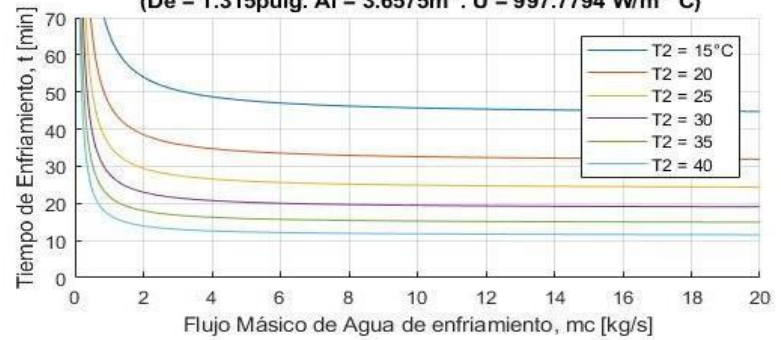
Nota. Fuente: Catálogo “Todo de Inoxidable” (Revisado en diciembre, 2018)

Con estos datos, se desarrollaron las gráficas paramétricas que se muestran en la Figura 42 y la Figura 43, en base a las cuales se realizará la selección del caudal de agua de enfriamiento. Como se observa en las curvas paramétricas, solamente es necesario emplear un caudal másico de 6 kg/s de agua de enfriamiento para obtener el óptimo tiempo de enfriamiento. Por tanto, basado en esto, se presenta la Tabla 28 con los resultados obtenidos para cada proceso de enfriamiento.

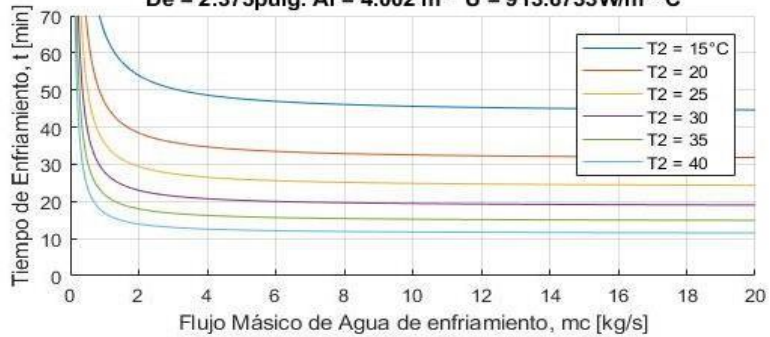
Grafica parametrica Flujo Masico vs Tiempo de Enfriamiento - T1 = 66 °C
Parametros "T2", "mc", "De"
De = 1.05pulg. Al = 3.549m² U = 1044.2959W/m²°C.



Grafica parametrica Flujo Masico vs Tiempo de Enfriamiento - T1 = 66 °C
Parametros "T2", "mc", "De"
(De = 1.315pulg. Al = 3.6575m². U = 997.7794 W/m²°C)



Grafica parametrica Flujo Masico vs Tiempo de Enfriamiento - T1 = 66 °C
Parametros "T2", "mc", "De"
De = 2.375pulg. Al = 4.002 m² U = 913.6733W/m²°C



Grafica parametrica Flujo Masico vs Tiempo de Enfriamiento - T1 = 66 °C
Parametros "T2", "mc", "De"
De= 3.5pulg. Al= 3.7736m². U= 770.1413W/m²°C.

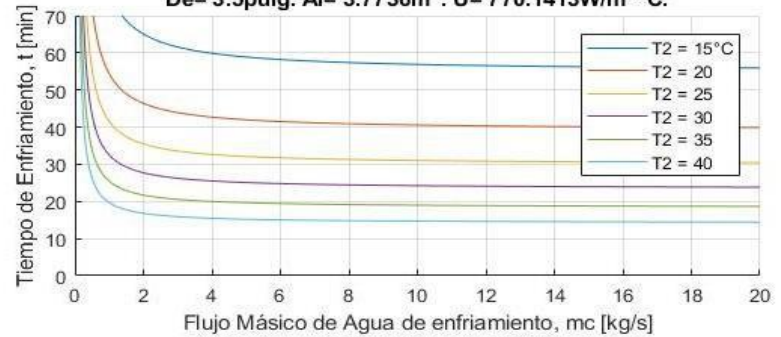


Figura 42. Graficas paramétricas Flujo Másico vs Tiempo de enfriamiento (T₀= 66 °C)
 Fuente: Elaboración Propia.

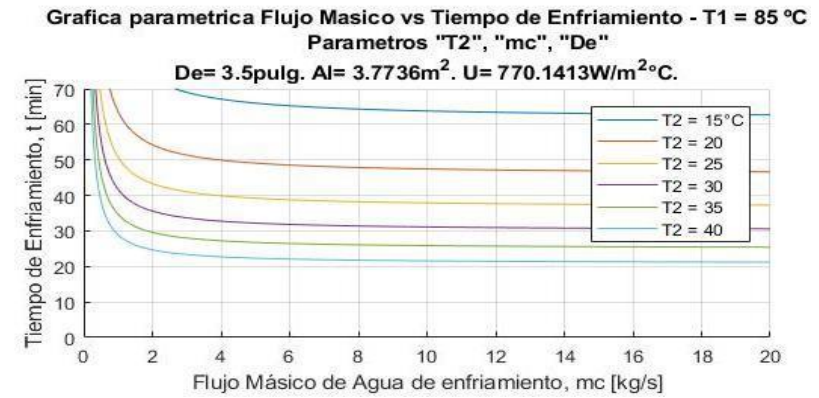
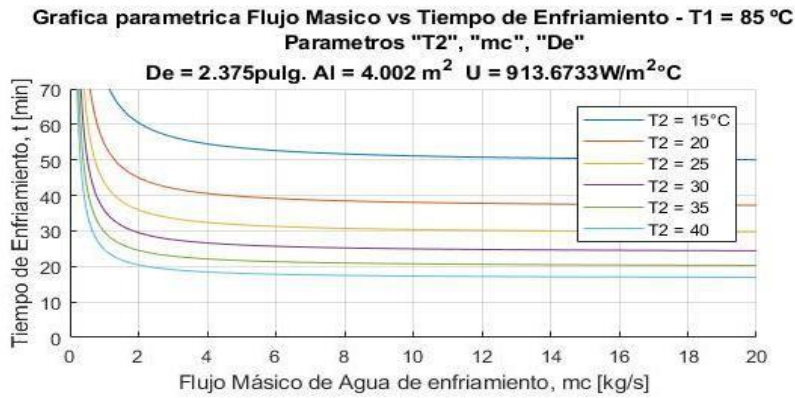
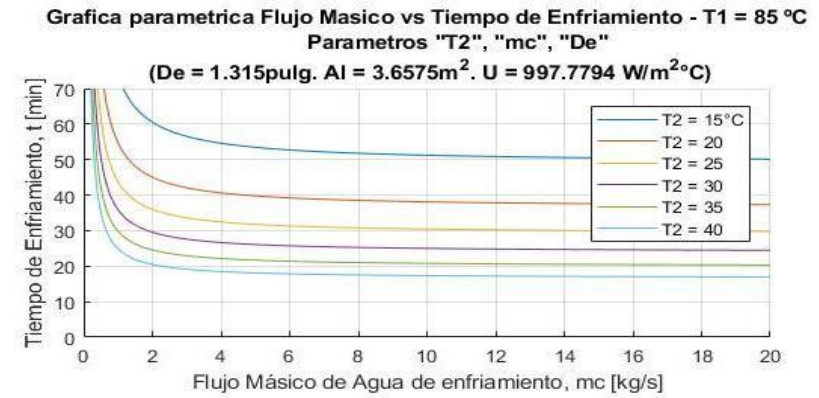
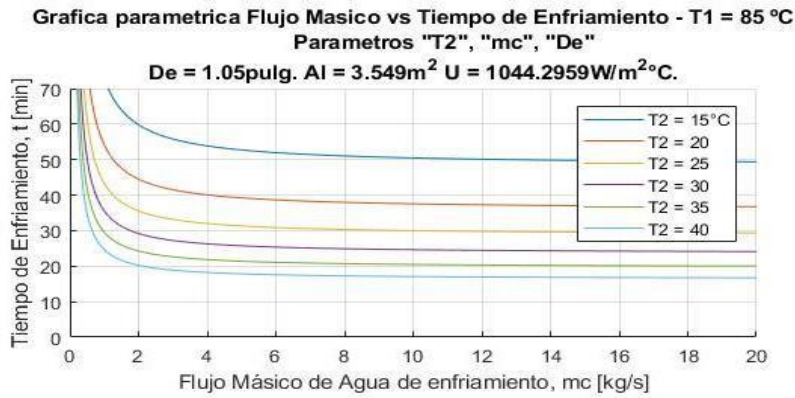


Figura 43. Graficas paramétricas Flujo Másico vs Tiempo de enfriamiento (T₀= 85 °C)

Fuente: Elaboración Propia.

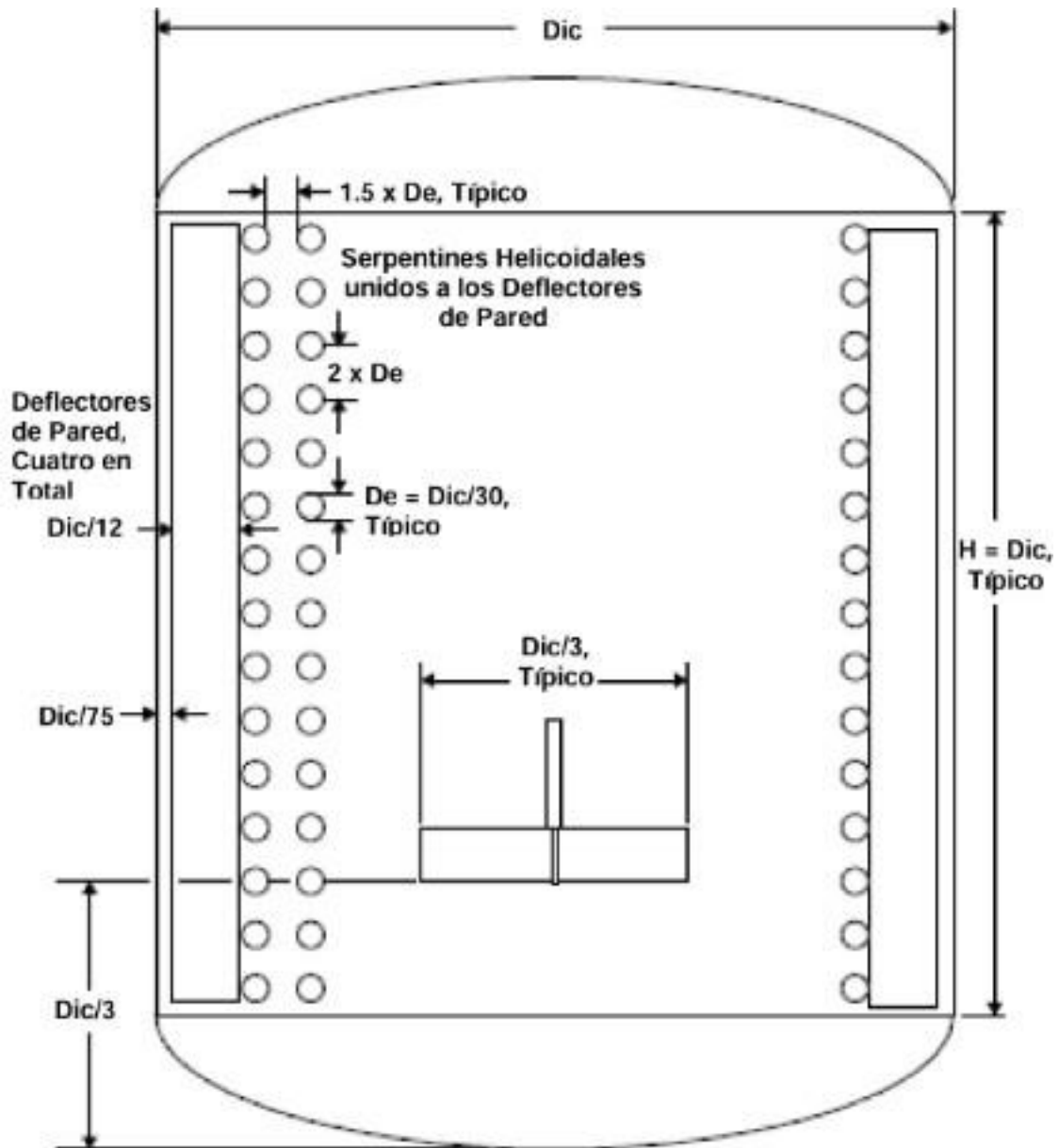


Figura 44. Geometría recomendada de serpentines de enfriamiento.

Fuente: Paul et. al., 2007, p.925

Siguiendo las recomendaciones de las figuras en mención estimamos:

$$\square_{\square} = 0.02 \square_{\square} = 0.02 * 1000 = 20 \square \square \quad \text{Ec. 73}$$

$$\square_{\square} = 0.15 \square_{\square} = 0.15 * 1000 = 150 \square \square \quad \text{Ec. 74}$$

$$\square_{\square} = 0.65 \square_{\square} = 0.65 * 1000 = 650 \square \square \quad \text{Ec. 75}$$

$$\square_{\square} = 0.75 \square_{\square} = 0.75 * 1000 = 750 \square \square \quad \text{Ec. 76}$$

$$\square_{\square} \geq \square_{\square} \rightarrow \square_{\square} = 1.5 * \square_{\square} = 1.5 * 20 = 30 \square \square \quad \text{Ec. 77}$$

Escogemos como primera aproximación:

$$\square_0 = 0.02 \square_{00} = 0.02 * 1000 = 20 \square \square \rightarrow 25 \square \square \quad \text{Ec. 78}$$

$$\square_0 = 1.2 * \square_0 = 1.2 * 25 = 30 \square \square \quad \text{Ec. 79}$$

Calculamos el número de espiras del serpentín \square_0 mediante la relación geométrica aproximada que considera que el número de espiras siempre es un mayor por uno al número de espacios entre espiras formula:

$$\square_0 \approx (\square_0 + \square_0) \left(\square_0 + \frac{1}{2} \right) \quad \text{Ec. 80}$$

$$\square \approx \frac{\square_0}{\square_0 + \square_0} \frac{1}{2} = \frac{650}{25+30} \frac{1}{2}$$

$$\square = \frac{650}{25+30} \frac{1}{2} = 11.318 \text{ espiras} \quad \text{Ec. 81}$$

Con la intención de incrementar la transferencia de calor asumiremos 13 espiras y tubo de acero inoxidable 304 Cedula 10 ($\square_0 = \square \square . \square \square \square \square$, $\square_0 = \square \square . \square \square \square \square$). Con esto recalculamos \square_0 con la formula exacta:

$$\square_0 = (\square_0 + \square_0) \left(\square_0 + \frac{1}{2} \right) \quad \text{Ec. 82}$$

Asumiendo ahora

$$\square_0 = 1.2 * \square_0 = 1.2 * 27.86 = 33.432 \square \square \quad \text{Ec. 83}$$

$$\square_0 = (33.401+33.432) \left(13 + \frac{1}{2} \right) = 902.2455 \square \square \quad \text{Ec. 84}$$

a. Área de transferencia de calor del serpentín

Se usaron las formulas geométricas para un tubo helicoidal. Desarrollamos la helicoide de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, en donde:

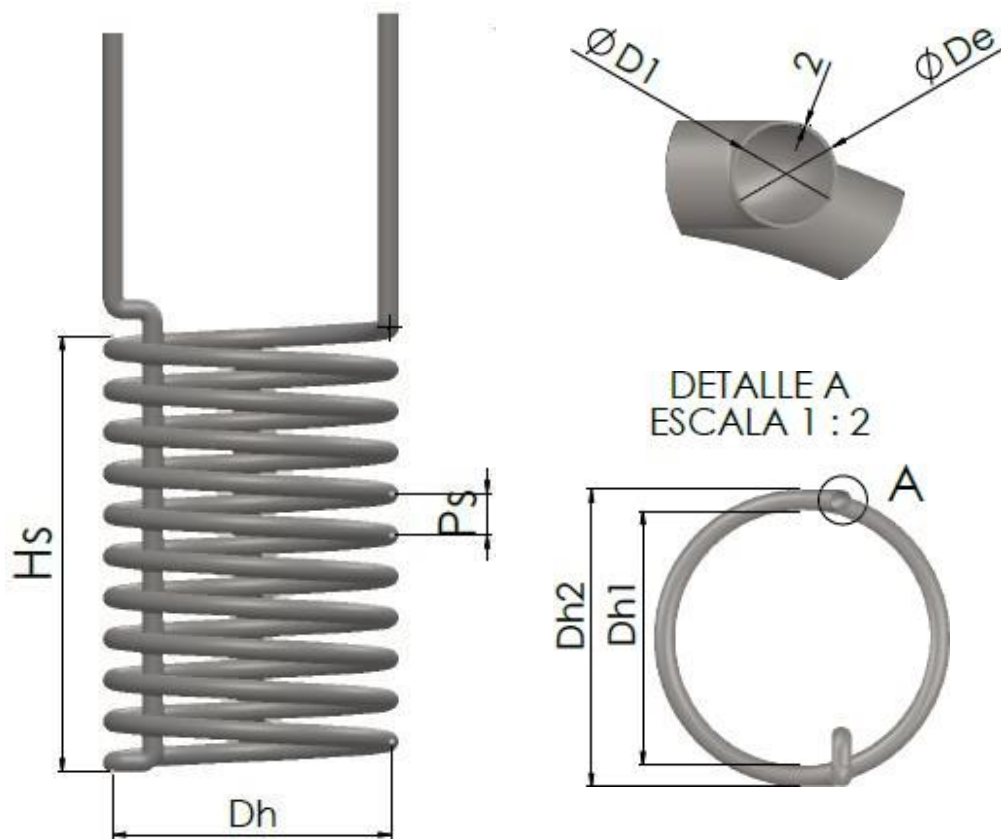


Figura 45. Geometría del serpentín de enfriamiento.

Fuente: Elaboración Propia

El diámetro medio es:

$$\varnothing_{\square} = 750 \square \square \quad \text{Ec. 85}$$

g.1. Calculo de diámetro interno del serpentín

$$\varnothing_{\square 1} = \varnothing_{\square} - \square \square \quad \text{Ec. 86}$$

$$\varnothing_{\square 1} = 750 - 33.401 = 716.599 \square \square \quad \text{Ec. 87}$$

g.2. Calculo de diámetro externo del serpentín

$$\varnothing_{\square 2} = \varnothing_{\square} + \square \square \quad \text{Ec. 88}$$

$$\varnothing_{\square 2} = 750 + 33.401 = 783.401 \square \square \quad \text{Ec. 89}$$

El paso del serpentín es

$$\varnothing_{\square} = \varnothing_{\square} + \varnothing_{\square} \quad \text{Ec. 90}$$

$$\varnothing_{\square} = 33.401 + 33.432 = 66.833 \square \square \quad \text{Ec. 91}$$

g.3. Calculo de altura de serpentín

$$h_s = (h_c * \rho_c) + h_w \quad \text{Ec. 92}$$

$$h_s = (13 * 66.833) + 33.401 = 902.23 \text{ mm} \quad \text{Ec. 93}$$

g.4. Calculo de longitud del serpentín

$$L_s = h_s \sqrt{h_c^2 + (h_w * \rho_c)^2} \quad \text{Ec. 94}$$

$$L_s = 13 \sqrt{66.833^2 + (13 * 750)^2} = 30642.84798 \text{ mm} \quad \text{Ec. 95}$$

g.5. Calculo de área de transferencia de calor del serpentín

$$A_s = L_s * h_s * \rho_c \quad \text{Ec.96}$$

$$A_s = 13 * 30642.84798 * 33.401 = 3.2154 \text{ m}^2 \quad \text{Ec. 97}$$

g.6. Calculo de volumen del serpentín

$$V_s = \frac{\pi}{4} * h_s^2 * L_s \quad \text{Ec. 98}$$

$$V_s = \frac{\pi}{4} * 33.401^2 * 30642.84798 = 0.0268496 \text{ m}^3 \quad \text{Ec. 99}$$

b. Diseño del sistema de enfriamiento por serpentín

Se necesita enfriar 1000L de leche en un tiempo de 3min desde una temperatura de pasteurización de 63°C hasta una temperatura de 15°C. Para ello se utilizará un serpentín a través del cual fluye agua fría a 10°C. Se procederá a calcular la carga de enfriamiento que se debe enfriar. Las propiedades de la leche que se utilizarán son:

Tabla 29

Propiedades de la leche obtenidas a través de relaciones basadas en tablas (Anexo 12)

PROPIEDADES DE LA LECHE	
Densidad	1.018966x10 ³ kg/m ³
Calor específico	3.89308 KJ/Kg. K
Conductividad térmica	0.585227 W/m. K
Número de Prandtl	9.125573

Nota. Fuente: Elaboración propia

$$Q_c = \rho_c * V_c * \Delta T_c = 1000 * 10^{-3} (1.018966 * 10^3) (3.89308) (63 -$$

15)

$$\square = 1.90412 * 10^5 \square \square$$

Ec. 100

Ec. 101

Entonces, la carga térmica es:

$$Q = \frac{1.90412 \cdot 10^5}{180} = 1.057844 \cdot 10^3 \quad \text{Ec. 102}$$

Hacemos un balance por calorimetría del calor perdido por la leche y el calor absorbido por el agua de enfriamiento. Las propiedades del agua a utilizar son:

Tabla 30

Propiedades del agua en estado saturado dependiendo de la Temperatura (Anexo 13)

PROPIEDADES DEL AGUA	
Temperatura de entrada	10°C
Temperatura de salida (aproximado)	40°C
Densidad (promedio)	997 kg/m ³
Calor específico (promedio)	4.180 KJ/Kg. K
Viscosidad dinámica (promedio)	0.891x10 ⁻³ Pa.s
Número de Prandtl	6.14
Conductividad térmica	0.607

Nota. Fuente: Elaboración propia

Así tenemos:

$$Q = (Q \cdot \Delta T) \quad \text{Ec. 103}$$

$$Q = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{1.057844 \cdot 10^3}{4.180(40-10)} \quad \text{Ec. 104}$$

$$Q = 8.43576 \quad \text{Ec. 105}$$

El caudal de agua que se necesitará es:

$$Q_w = \frac{Q}{997} = \frac{8.43576}{997} = 0.0084611 \text{ m}^3/\text{s} = 134.12576 \text{ l/s}$$

Ec. 106

A continuación, calcularemos la altura útil que debe ser suministrada al sistema, para ello hacemos un balance energético (en altura) del sistema de suministro de agua.

$$z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \dots + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \dots \quad \text{Ec. 107}$$

□ 2□ 1 □ 2□ 2
□

En nuestro caso, la variación de presión en el fluido no es un factor importante, por ello despreciaremos sus valores, así como la velocidad de entrada en la bomba. Asimismo, la altura inicial respecto del punto de referencia es igual a 0. Haciendo el balance tenemos:

$$P_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g h + P_2 \quad \text{Ec. 108}$$

Donde:

v_2 : velocidad a la salida de tubería del serpentín

h : altura máxima de bombeo

P_2 : pérdida por fricción en las tuberías y los accesorios

Procederemos a calcular la pérdida por fricción en el sistema hidráulico. El sistema cuenta con dos tuberías acopladas de distintos diámetros, la primera de 2.5 pulgadas de diámetro y la segunda (que incluye el serpentín) de 2 pulgadas.

Longitud de tubería de 2.5 pulgadas

$$L_1 = 2.85 + 0.7 = 3.55 \text{ m} = 11.6468 \text{ ft} \quad \text{Ec. 109}$$

Longitud de tubería de 2 pulgadas

$$L_2 = 0.7 + 0.8 + 23.34 + 1.15 + 0.1 + 0.7 = 26.79 \text{ m} = 87.8926 \text{ ft} \quad \text{Ec. 110}$$

Las dimensiones del diámetro de las dos tuberías (cédula 10) son:

Tabla 31

Dimensiones de tubería de acero inoxidable del fabricante "Todo de Inoxidable" (Anexo 14)

CÉDULA 10	Tubería 2.5"	Tubería 2"
Diámetro nominal	2.5"	2"
Diámetro interior	2.635" (0.066929m)	2.157" (0.054788m)
Diámetro exterior	2.875" (0.073025m)	2.375" (0.060325m)

Nota. Fuente: Elaboración propia

Las velocidades respectivas en las tuberías son:

$$v_1 = \frac{Q}{A} = \frac{0.0084611}{\frac{\pi(0.066929)^2}{4}} = 2.404962 \text{ m/s} \quad \text{Ec. 111}$$

$$v_2 = \frac{Q}{A} = \frac{0.0084611}{\frac{\pi(0.054788)^2}{4}} = 3.588939 \text{ m/s} \quad \text{Ec. 112}$$

Las pérdidas por fricción en las tuberías las hallaremos de manera aproximada mediante una tabla de pérdidas por fricción para acero de Spirax Sarco (Ver anexo 15). Así tenemos:

Para la Tubería de 2.5 pulgadas, Teniendo un caudal de 134.12576 m³/h, la caída por cada 100 pies de tubería es 15.5pies, así la pérdida por tubería es:

$$h_{f1} = \frac{11.6468}{100}(15.5) = 1.805 \text{ m} = 0.55025 \text{ ft} \quad \text{Ec. 113}$$

Para la Tubería de 2 pulgadas, Teniendo un caudal de 134.12576 m³/h, la caída por cada 100 pies de tubería es 38.2pies, así la pérdida por tubería es:

$$h_{f2} = \frac{87.8926}{100}(38.2) = 33.574973 \text{ m} = 10.234 \text{ ft} \quad \text{Ec. 114}$$

Asimismo, las pérdidas por fricción en los accesorios las hallaremos de manera aproximada mediante una tabla de pérdidas por fricción para acero de Spirax Sarco. Los accesorios son:

- 1 codo 90° de 2.5"
- 5 codos 90° de 2"
- 1 reducción de 2.5"

Para codo 90° de 2.5", La longitud equivalente del codo en pies de tubería de agua de 2.5" es 9.3pies. Teniendo un caudal de 134.12576 m³/h, la caída por cada 100 pies de tubería es 15.5pies, así la pérdida por tubería es:

$$h_{\square 3} = \frac{9.3}{100}(15.5) = 1.4415\square\square\square\square = 0.4394\square$$

Ec. 115

Para codos 90° de 2", La longitud equivalente del codo en pies de tubería de agua de 2" es 8.5pies. Teniendo un caudal de 134.12576 gpm, la caída por cada 100 pies de tubería es 38.2pies, así la pérdida por tubería es:

$$h_{f4} = 5 * \frac{8.5}{100}(38.2) = 16.235 \text{ pies} = 4.9485 \text{ m} \quad \text{Ec. 116}$$

Para reducción de 2" a 2.5"

$$h_{f5} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} = \frac{(2.404962 - 3.588939)^2}{2(9.81)} = 0.0714476 \text{ m} \quad \text{Ec. 117}$$

Pérdida por rozamiento total

$$h_{ft} = h_{f1} + h_{f2} + h_{f3} + h_{f4} + h_{f5} \quad \text{Ec. 118}$$

$$h_{ft} = 0.55025 + 10.234 + 0.4394 + 4.9485 + 0.0714476 \quad \text{Ec. 119}$$

$$h_{ft} = 16.243598 \text{ m} \quad \text{Ec. 120}$$

A continuación, se calcula la altura del sistema (altura útil) se obtiene de la siguiente manera:

$$H_u = \frac{3.588939^2}{2(9.81)} + 2.85 + 16.243598 \quad \text{Ec. 121}$$

$$H_u = 19.75 \text{ m} \quad \text{Ec. 122}$$

Los datos necesarios para poder seleccionar la bomba y el motor eléctrico de accionamiento son:

$$Q = 0.0084611 \text{ m}^3/\text{s} = 134.12576 \text{ gpm} \quad \text{Ec. 123}$$

La potencia requerida por el motor eléctrico, asumiendo un rendimiento total de 0.74 es:

$$P = \frac{Q H_u}{\eta} = \frac{997(9.81)(19.75)(0.0084611)}{0.74} = 2208.6473 \text{ W} \quad \text{Ec. 124}$$

$$P = 2.96 \text{ HP} \quad \text{Ec. 125}$$

Se debe seleccionar un motor de 2.96HP, con un diámetro de entrada de 2" y un diámetro de salida de 2.5".

3.10.2 Diseño del sistema de calentamiento por inducción

Para incrementar la temperatura del tanque, es necesario determinar la energía

necesaria que debe ser transferida al tanque, en forma de calor (Q), que se debe transferir durante la pasteurización de la leche, esto que da expresado como:

$$Q = V_{acero} + V_{leche} \quad \text{Ec. 126}$$

$$Q_{acero} = \rho_{acero} * V_{acero} * (T_{leche} - T_{acero}) \quad \text{Ec. 127}$$

$$Q_{leche} = \rho_{leche} * V_{leche} * (T_{leche} - T_{acero}) \quad \text{Ec. 128}$$

Donde:

- V_{acero} : volumen de acero (m³)
- V_{leche} : volumen de leche (m³)
- ρ_{acero} : densidad del acero (kg/ m³)
- ρ_{leche} : densidad de la leche (kg/ m³)
- Q_{acero} : poder calorífico del macero
- Q_{leche} : poder calorífico de la leche
- t : tiempo de calentamiento

Tabla 32

Propiedades físicas de la leche y el acero.

Temperatura Media de la leche	44.5 °C
Densidad de la leche (kg/m ³)	1017.5
Calor específico de la leche (kJ/kg °C)	3895.2
Volumen de leche (m ³)	1
Temperatura Media del acero	44.5 °C
Densidad del acero (kg/m ³)	7800
Calor específico del acero (kJ/kg °C)	483.65
Volumen de acero (m ³)	0.02
Tiempo de calentamiento (t)	65 s

Nota. Fuente: Elaboración propia

$$R_{\text{eq}} = \frac{0.02 \cdot 7800 \cdot 483.65 \cdot (65-24)}{65} = 47.6 \Omega \quad \text{Ec. 129}$$

$$R_{\text{eq}} = \frac{1 \cdot 1017.5 \cdot 3895.2 \cdot (63-24)}{65} = 237.8 \Omega \quad \text{Ec. 130}$$

$$R_{\text{eq}} = 47.6 + 237.8 = 285.4 \Omega \quad \text{Ec. 131}$$

3.10.2.1. Diseño de inductor de calentamiento

La cantidad de calor puede ser expresada según la ley de Joule, como la tasa de potencia eléctrica entregada a la pieza. Como se muestra a continuación:

$$P = I^2 R_{\text{eq}} = I_{\text{eq}}^2 R_{\text{eq}} \quad \text{Ec. 132}$$

Donde:

P : Potencia

R_{eq} : Resistencia equivalente (Ω)

I : Corriente (A)

V : Voltaje trifásico (380 v)

$$I_{\text{eq}} = \frac{P}{R_{\text{eq}}} \quad \text{Ec. 133}$$

Entonces:

$$P = I_{\text{eq}}^2 R_{\text{eq}} \quad \text{Ec. 134}$$

$$I_{\text{eq}} = \frac{P}{R_{\text{eq}}} = \frac{380^2}{285.4} = 0.51 \text{ A} \quad \text{Ec. 135}$$

$$P = \frac{380^2}{0.51} = 745 \text{ W} \quad \text{Ec. 136}$$

La resistencia equivalente es el valor que presentara el tanque situado en el interior del inductor. Esto se calcula por:

$$R_{\text{eq}} = R_{\text{eq}} \frac{\rho^*}{l} \quad \text{Ec. 137}$$

Donde:

□: numero de espiras de la bobina de calentamiento

□: Resistividad eléctrica del acero inoxidable AISI 304 (Ωm) ver Anexo No. 15 □:

radio externo del tanque (m)

δ : Profundidad de penetración (m)

L : Longitud de la superficie calentada (m)

La resistividad eléctrica varía según la temperatura del acero a 20 °C es de 0.72 $\mu\Omega\text{m}$ según Anexo No 15 a $T=65$ °C, se utiliza el ajuste lineal empírico siguiente conociendo el coeficiente térmico (α) según Anexo No 15 a temperatura de 20 °C.

$$\rho = \rho_{20}(1 + \alpha(T - 20)) \quad \text{Ec. 138}$$

$$\rho = 0.72(1 + 17.6 \cdot 10^{-6}(65 - 20)) = 0.7205 \mu\Omega\text{m} \quad \text{Ec. 139}$$

La profundidad de penetración (δ) es la distancia medida desde la superficie al interior del tanque a la cual se calcula la densidad de corriente. Y se expresa con la siguiente ecuación:

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi f \mu_r \mu_0}} \quad \text{Ec. 140}$$

Donde:

f : Frecuencia de la corriente en la bobina en Perú (60 Hz)

μ_0 : Permeabilidad magnética del vacío ($4\pi \cdot 10^{-7}$)

μ_r : Permeabilidad magnética relativa al material (2000)

$$\delta = \sqrt{\frac{0.7205 \cdot 10^{-6}}{\pi \cdot 60 \cdot 4 \cdot 10^{-7} \cdot 2000}} = 2.47 \cdot 10^{-3} \text{m} \quad \text{Ec. 141}$$

El factor de corrección de la resistencia equivalente se determina por:

$$K_r = 1 - \frac{\delta^2}{L^2} \quad \text{Ec. 142}$$

$$K_r = 1 - \frac{2 \cdot 0.504}{2.47 \cdot 10^{-3}} = 1 \quad \text{Ec. 143}$$

Entonces:

$$\square_{\square\square} = \square_{\square} \square_{\square}^2 \frac{\rho_{\square\square}^*}{\square_{\square}}$$

Ec. 144

$$\square_{\square\square} = 1 * \square^2 * 0.7205 * 10^{-6} * \frac{2\square * 0.504}{2.47 * 10^{-3} * 0.5} \quad \text{Ec. 145}$$

$$\square_{\square\square} = 1.85 * 10^{-3} * \square^2 \quad \text{Ec. 146}$$

$$\square = \sqrt{\frac{0.51}{1.85 * 10^{-3}}} = 11.7 \approx 12 \quad \text{Ec. 147}$$

3.10.2.2. ANALISIS DE TIEMPOS DE PROCESAMIENTO Y LETALIDAD PARA EQUIPO DE INDUCCION

Tabla 33

Tiempos de procesamiento y letalidad para equipo de inducción

Queso	Temperatura		Tiempo	
	Abrev.	(°C)	Abrev.	(min)
Calentamiento	T ₀	24	Δtc	10
Sostenimiento	T ₁	66	Δts	10
Enfriamiento	T ₂	40	Δte	3

Crema de leche	Temperatura		Tiempo	
	Abrev.	(°C)	Abrev.	(min)
Calentamiento	T ₀	24	Δtc	15
Sostenimiento	T ₁	85	Δts	10
Enfriamiento	T ₂	35	Δte	10

E. Coli				
"Z" : Constante tiempo de muerte tiempo				3.6 °C
D(55): Tiempo de reducción decimal				6.7 min

Abrev.	Letalidad Queso	Pendiente	Letalidad			n
			(66°C)	(63°C)	(55°C)	
L1	Calentamiento	4.2	0.37	2.54	423.05	63
L2	Sostenimiento	0	10.00	68.13	11364.64	1696
L3	Enfriamiento	-8.67	0.18	1.23	205.02	30
Total (min)			10.55	71.89	11992.71	1789

Abrev.	Letalidad Crema de leche	Pendiente	Letalidad			n
			(85°C)	(63°C)	(55°C)	
L1	Calentamiento	4.0666667	0.38	496545.84	82828838.14	12362513
L2	Sostenimiento	0	10.00	12915496.65	2154434690.03	321557416
L3	Enfriamiento	-5	0.31	403857.28	67367455.02	10054844
Total (min)			10.70	13815899.77	2304630983.19	343974773

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.10.3 Sistema de Sensado y Control

El Sistema de sensado y control fue diseñado teniendo en consideración la naturaleza electromagnética de generación de calor. Las bobinas inductoras generaran calor en base a una corriente alternante generada por un inversor resonante. El inversor resonante es la forma más común de generación de calor por inducción, este controla la fluctuación de las Corrientes de Foucault que inducirán el calor en el espesor lateral del cilindro contenedor de acero inoxidable. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede apreciar el diseño del circuito de potencia y de control. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Se puede apreciar el sistema de sensado y control en su totalidad. En la Figura 46 se puede ver la descripción de los componentes de este sistema.

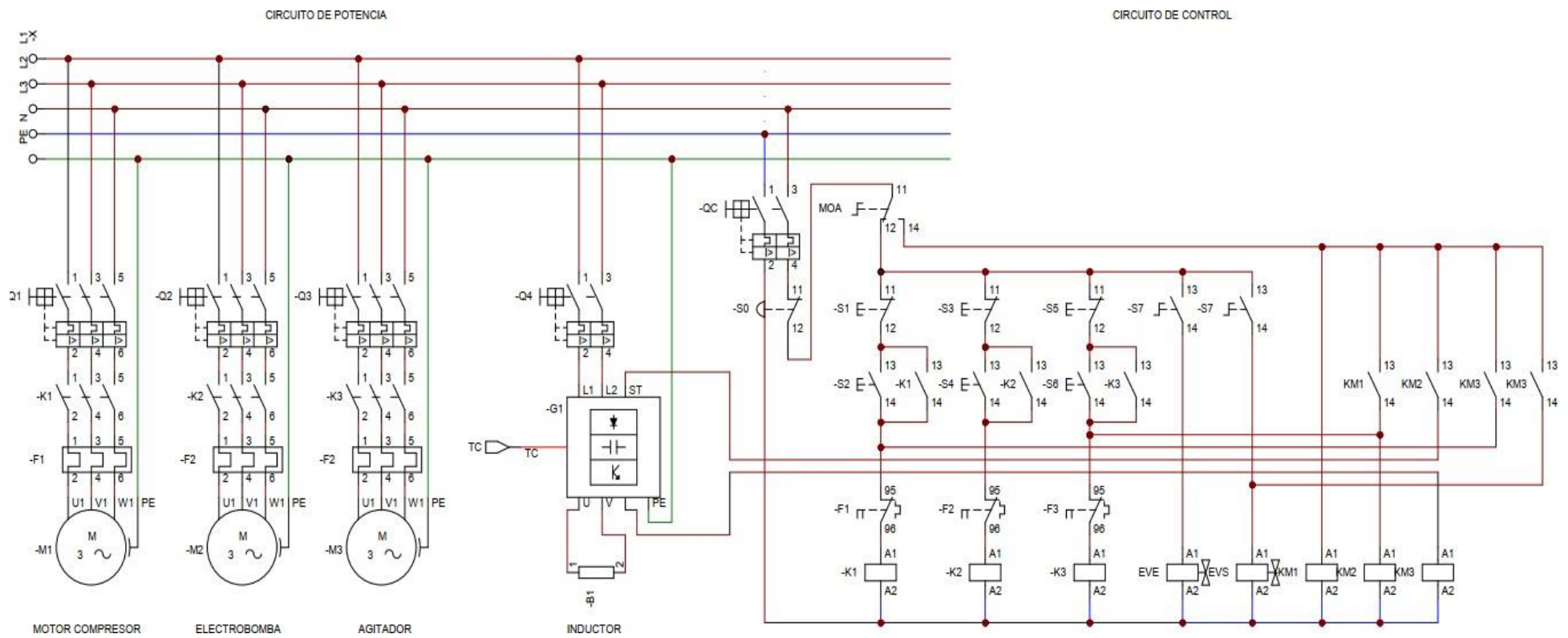


Figura 46. Circuitos de potencia y de control para el pasteurizador

Fuente: Elaboración Propia

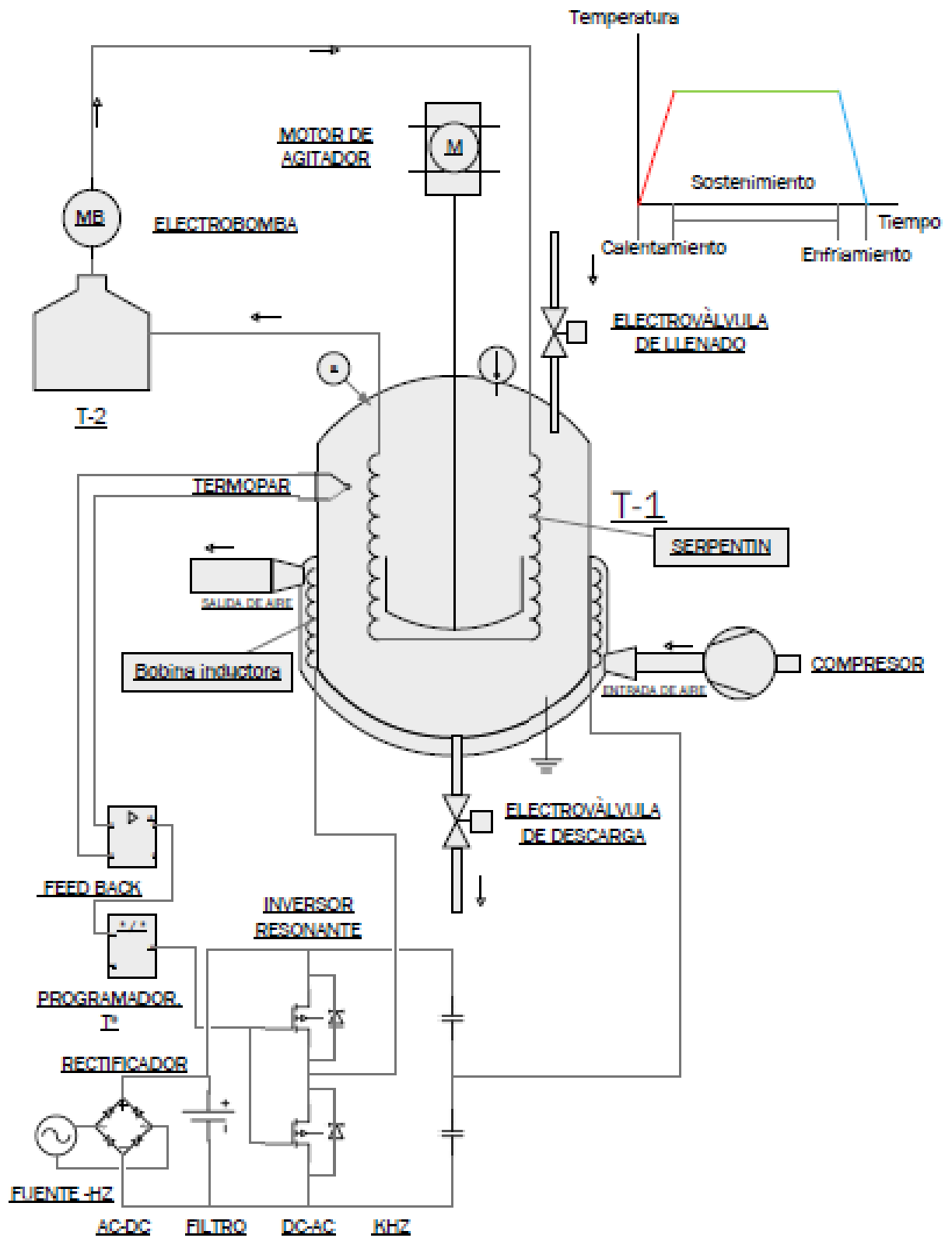


Figura 47. Sistema de sensado y control para Sistema de pasteurización por inducción.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34

Descripción de los componentes del sistema de sensado y control

DESCRIPCIÓN	FUNCION
Tanque pasteurizador (t-1)	Contenedor de fluido a pasteurizar
Bobina inductora	Inductor que calentará las paredes del contenedor
Serpentín	Espiral que transportará fluido refrigerante
Electrobomba	Elemento motriz que impulsará el fluido refrigerante
Motor de agitador	Motor eléctrico que brindará movimiento al agitador que se encuentra dentro del tanque pasteurizador
Electroválvula de llenado	Compuerta controlada eléctricamente para el llenado del fluido a pasteurizar.
Electroválvula de descarga	Compuerta controlada eléctricamente para la descarga del fluido a pasteurizar
Compresor de tornillo	Fuente de aire comprimido para refrigerar las bobinas inductoras
Inversor resonante	Fuente de corriente alterna a alta frecuencia
Termopar tipo J	Sensor de temperatura del fluido
Feed-back	Tarjeta de retroalimentación de la temperatura del fluido obtenida en el tanque
Programador electrónico	Controlador lógico programable (PLC) de las temperaturas y los tiempos de pasteurización

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.10.4 Diseño de detalle

Luego de finalizado el diseño conceptual, de configuración y paramétrico del equipo se procedió a realizar el diseño de detalle. Este involucro la realización de los planos General, de Explotado y de Despiece. Como muestra, en la Figura 48 se presenta el Plano General que consta de la perspectiva isométrica y las vistas principales del equipo ensamblado. El juego de Planos completo se presenta en el Anexo 17.

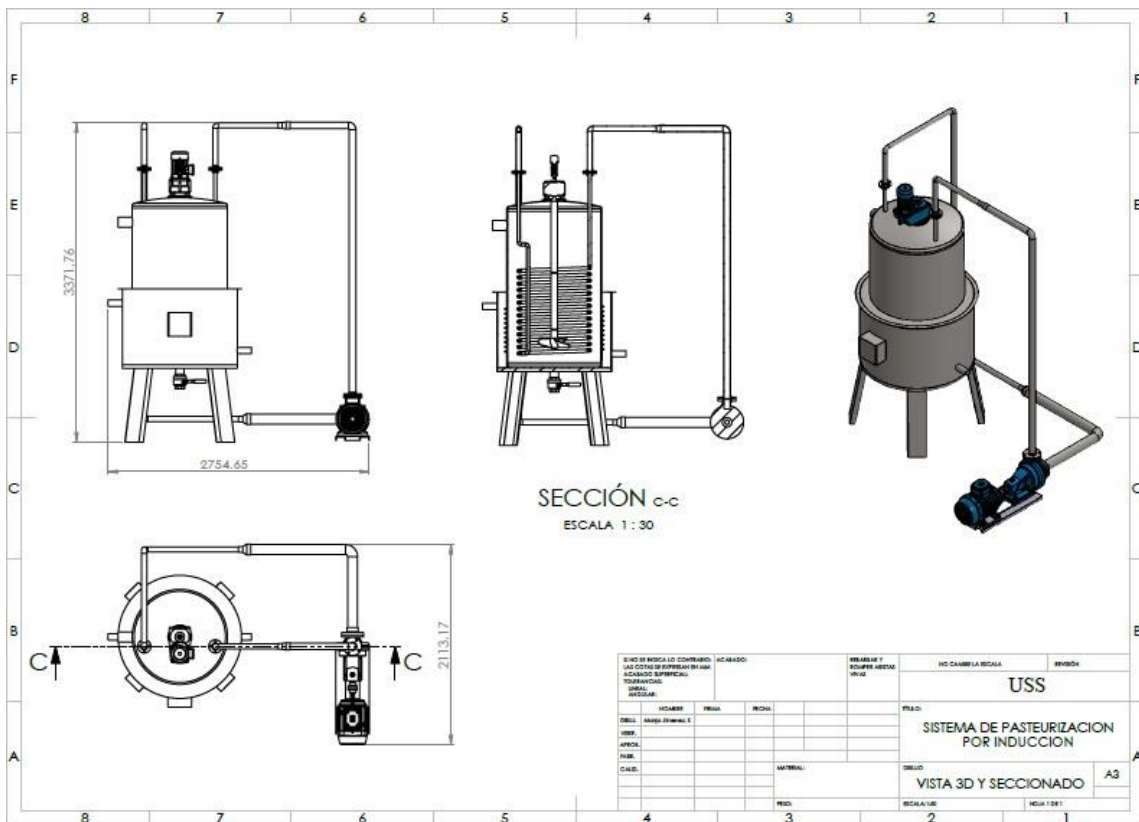


Figura 48. Plano General

Fuente: Elaboración Propia

3.11. Análisis económico

3.11.1 Presupuesto

Luego del análisis de los resultados se elaborará el presupuesto del equipo de pasteurización que consta de 7 sistemas principales con las siguientes características:

Tabla 35

Listado de partes principales del pasteurizador

No.	Descripción	Cant.	Observaciones
1	Tanque contenedor de leche y accesorios	01	
2	Sistema de agitación con impulsor tipo turbina	01	
3	Sistema de Inducción electromagnética	01	
4	Sistema de enfriamiento por serpentín	01	
5	Sistema de enfriamiento por chaqueta	01	
6	Sistema de aislamiento térmico	01	
7	Sistema de llenado y descarga	01	
8	Sistema de censado y control de temperatura	01	

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.11.2 Tanque contenedor de leche y accesorios

Descripción del equipo:

Equipo construido en acero inoxidable AISI 304, tanque horizontal de 1 000 litros.

Tabla 36

Datos Técnicos del tanque

Datos	Característica
Marca	Ficher
Capacidad (Lt)	1000
Vida útil (años)	10
Peso (Kg)	60

Diámetro (m)	1
--------------	---

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 37

Costo de funcionamiento para el tanque

Datos	Característica
Mano de obra	1 personal
Insumo para la maquina	Soda caustica y agua para limpieza

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 38

Donde se puede comprar el tanque

Empresa que comercializa	
Costo aproximado del tanque	\$ 570 sin IGV
Garantía	1 año
Teléfono	
Dirección electrónica	

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.11.3 Sistema de agitación con impulsor tipo turbina

Descripción del equipo:

Agitador mecánico para homogenizar fluidos de acero de grado alimenticio con turbina de 4 palas inclinadas para disoluciones, neutralizaciones, preparación de reactivos, preparación de suspensiones, suspensión de lodos.

Tabla 39

Datos técnicos del Sistema de agitación con impulsor tipo turbina

Datos	Característica
Marca	Novatec Mixers®
Modelo (Lt)	V2 (Velocidad reducida)
Volumen de depósito (m ³)	Hasta 10
Velocidad (RPM)	Hasta 140

Potencia (kW):	Hasta 3
Ø Propela (mm)	Desde 200 hasta 800

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 40

Costo de funcionamiento del sistema de agitación con impulsor tipo turbina

Datos	Característica
Mano de obra	Automática
Insumo para la maquina	Grasa para maquina
Consumo energético	Hasta 3 kW

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 41

Donde se puede comprar del sistema de agitación con impulsor tipo turbina

Empresa que comercializa	Novatec Fluid System S.A.
Costo aproximado de la maquina	\$ 3000 sin IGV
Garantía	1 año
Teléfono	+57 2 4184006
Dirección electrónica	novatec@novatecfs.com

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.11.4 Sistema de enfriamiento por serpentín

Descripción del equipo:

Serpentín de acero que usa agua a presión como medio refrigerante.

Tabla 42

Datos técnicos del sistema de enfriamiento por serpentín

Datos	Característica
Modelo	Serpentín circular simple.
Longitud total	23.34 m.
Tubería	Inoxidable 2" cedula 10 AISI 304.
Nº vueltas	11
Entrada/Salida	Unión doble 2" Superseal x Speedfit
Peso	70 Kg

Dimensiones	1.1 m x 0.7 m
Potencia de motor (HP)	3

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 43

Costo de funcionamiento del sistema de enfriamiento por serpentín

Datos	Característica
Mano de obra	1 personal
Insumo para la maquina	Soda caustica y agua para limpieza

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 44

Donde se puede comprar del sistema de enfriamiento por serpentín

Empresa que comercializa	Reyvarsur Dispensing & Transmisión
Costo aproximado de la maquina	\$ 625 sin IGV
Garantía	1 año
Teléfono	(+34) 954 355 011
Dirección electrónica	info@reyvarsur.com

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.11.5 Sistema de Inducción electromagnética

Descripción del equipo:

Bobinado de cobre para la generación de f.e.m con baja resistencia eléctrica.

Tabla 45

Datos técnicos del sistema de inducción electromagnética

Datos	Característica
Diámetro del bobinado (m)	1.20
Grosor de bobinado (pulg)	1/8
Altura del devanado (m)	0.5

Peso aproximado (kg)	120
----------------------	-----

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 46

Costo de funcionamiento del sistema de inducción electromagnética

Datos	Característica
Mano de obra	0 personal
Fuente de energía (v)	220

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 47

Donde se puede comprar del sistema de inducción electromagnética

Empresa que comercializa	Novatec Fluid System S.A.
Costo aproximado de la maquina	\$ 400 sin IGV
Garantía	1 año
Teléfono	+57 2 4184006
Dirección electrónica	novatec@novatecfs.com

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.11.6 Sistema de enfriamiento por chaqueta

Descripción del equipo:

Equipo construido en acero inoxidable AISI 304, soporta la bobina de inducción y se acopla al tanque para el inicio de la pasteurización.

Tabla 48

Datos Técnicos de la chaqueta del tanque

Datos	Característica
Forma	cilíndrica
Espesor (mm)	2
Altura (mm)	800
Diámetro (mm)	1200
Vida útil (años)	10

Peso (Kg)	77 kg
-----------	-------

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 49

Costo de funcionamiento de la chaqueta del tanque

Datos	Característica
Mano de obra	1 personal
Insumo para la maquina	Soda caustica y agua para limpieza

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 50

Donde se puede comprar la chaqueta

Empresa que comercializa	
Costo aproximado del tanque	\$ 325 sin IGV
Garantía	1 año
Teléfono	
Dirección electrónica	

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.11.7 Sistema de aislamiento térmico

Aislante térmico de poliuretano de alta densidad de tipo Desmodur® y Baytherm®, que cubre al tanque en la sección de la bobina de inducción.

Tabla 51

Datos Técnicos del aislante térmico

Datos	Característica
Densidad (kg/m ³)	35
Conductividad térmica (W/m·K)	0.02

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 52

Donde se puede comprar el aislante térmico

Empresa que comercializa	Aíslla Perú S.A.C
Costo aproximado de la maquina	\$ 230 sin IGV
Garantía	6 meses
Teléfono	511 431 8856
Dirección electrónica	ventas@aislaperu.com

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.11.8 Sistema de llenado y descarga

Descripción del equipo:

Válvulas para descarga de leche al terminar el proceso de pasteurización.

Tabla 53

Datos técnicos del Sistema de llenado y descarga

Datos	Característica
Marca	DARWIN
Válvula de bola 2" AISI 304	1 unidad
Tubería de 2" SCH 10 *6m AISI 304	1 unidad
Codo 90° Butt Weld 2" SCH. 10	4 unidades
Filtro en Y 2" Ac. Carbono ANSI B6.34	1 unidad
Acople 2" AISI 304 ANSI B16.3	4 unidades

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 54

Donde se puede comprar del Sistema de llenado y descarga

Empresa que comercializa	Ako Electromecànica, S.A.L.
Costo aproximado de la maquina	\$ 151 sin IGV
Garantía	6 meses
Teléfono	+57 2 4184006
Dirección electrónica	ako@ako.com

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.11.9 Sistema de censado y control

Descripción del equipo:

Sistema automático de control y registro de temperatura del proceso.

Tabla 55

Datos técnicos del Sistema de censado y control

Datos	Característica
Marca	DARWIN
Modelo	AKO-D14212
Tipo de termocupla	V
Temperatura control	NTC
Relé	2
Alimentación	12 V

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 56

Costo de funcionamiento del Sistema de censado y control

Datos	Característica
Mano de obra	1 personal
Consumo energético	10 W

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 57

Donde se puede comprar del Sistema de censado y control

Empresa que comercializa	Ako Electromecánica, S.A.L.
Costo aproximado de la maquina	\$ 1200 sin IGV
Garantía	6 meses
Teléfono	+57 2 4184006
Dirección electrónica	ako@ako.com

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.11.10 Costos totales

El costo total del proyecto será el resultado de los subtotales de los diferentes sistemas del tanque de pasteurización de los ítems mencionados anteriormente. Los valores estimados se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** para los costos totales del sistema actual.

Tabla 58

Costos totales para pasteurizar por método convencional.

No.	Descripción	Cant.	Precio total
1	Equipo de pasteurización	01	\$ 5000
	Fabricación y montaje	01	\$ 500
2	Ingeniería y diseño	01	\$ 1000
3	SUB-TOTAL		\$ 6500
	IGV (18%)		\$ 1170
	TOTAL		\$ 7670

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 59

Costos totales para pasteurizar por inducción electromagnética

No.	Descripción	Cant.	Precio total
1	Tanque contenedor de leche y accesorios	01	\$ 570
2	Sistema de agitación con impulsor tipo turbina y sistema de bombeo	01	\$ 3000
3	Sistema de Inducción electromagnética	01	\$ 625
4	Sistema de enfriamiento por serpentín	01	\$ 400
5	Sistema de enfriamiento por chaqueta	01	\$ 325
6	Sistema de aislamiento térmico	01	\$ 230
7	Sistema de llenado y descarga	01	\$ 151
8	Sistema de censado y control de temperatura	01	\$ 1200
9	Fabricación y montaje	01	\$ 500
10	Ingeniería y diseño	01	\$ 1000
SUB-TOTAL			\$ 8001
IGV (18%)			\$ 1440.18
TOTAL			\$ 9441.18

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.11.11 Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI).

El periodo de retorno de la inversión “PRI”, determina el tiempo en la cual la inversión inicial es recuperada. Este valor se puede determinar empleando la ecuación:

$$I = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad \text{Ec. 147}$$

Dónde:

I : Valor monetario de la inversión inicial (soles)

C_t : Flujo de caja positivo anual (soles)

r : Tasa de interés anual (adimensional)

□: Periodo de recuperación de la inversión (años)

Para el flujo de caja de se toma como dato la diferencia entre los ingresos y los egresos para el sistema de pasteurización por inducción (Tabla 61).

Tabla 60

Ganancia anual por pasteurización por marmita.

	UNIDAD	CANTIDAD
Volumen de leche pasteurizada	litros	1000
Cantidad de queso preparo por volumen de leche	Kg/litros	0.1
Precio de queso por peso	S/. /Kg	1.2
Precio total en cada pasterización	S /.	120
Tiempo de pasteurización	minutos	75
Tiempo de jornada laboral	horas	14
Cantidad de lotes de pasteurización durante el día	veces	12
Días laborables durante 1 mes	días	20
Ingreso anual	S/. /anual	345 600
Egreso anual	S/. /anual	334 500

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 61

Ganancia anual por pasteurización por inducción

	UNIDAD	CANTIDAD
Volumen de leche pasteurizada	litros	1000
Cantidad de queso preparo por volumen de leche	Kg/litros	0.1
Precio de queso por peso	S/. /Kg	1.2
Precio total en cada pasterización	S/.	120
Tiempo de pasteurización	minutos	35
Tiempo de jornada laboral	horas	14
Cantidad de lotes de pasteurización durante el día	veces	24
Días laborables durante 1 mes	días	20
Ingreso anual	S/. /anual	691 200
Egreso anual	S/. /anual	675 000

Nota. Fuente: Elaboración propia

El flujo de caja por lo tanto es:

$$CF_t = 16200 - 16200 = 0$$

De la Tabla 59, se tiene que el valor de la inversión inicial es \$ 9441.18 que en soles es igual a $CF_0 = -9441.18$. Teniendo los datos de la inversión inicial y el flujo de caja anual se elaboró la tabla que se muestra en la Figura 49, donde se muestra un periodo de 20 años en los cuales la ganancia anual compensa a la inversión inicial. El tiempo en el cual la inversión es recuperada totalmente son 2 años, después de esta fecha la empresa percibirá tan solo ganancias con un valor de S/. 16200 anuales. En la Figura 50 se muestra en una gráfica el flujo de caja en un periodo de 20 años, mientras que en la Figura 51 se puede observar el periodo en el cual la inversión es compensada (cruce por cero en la gráfica).

CÁLCULO DE TIEMPO DE RETORNO DE INVERSIÓN DESCONTADO					2%
Year	Cash Flow (\$)	CFj (\$)	(P/F, 2%, n)	CFj/(P/F,18%,n) (\$)	Sum (\$)
0	-31150.7	-31150.7	1.00000	-31150.7	-31150.7000
1	16200	16200	0.98039	15882.35294	-15268.3471
2	16200	16200	0.96117	15570.93426	302.5872
3	16200	16200	0.94232	15265.62182	15568.2090
4	16200	16200	0.92385	14966.2959	30534.5049
5	16200	16200	0.90573	14672.83912	45207.3440
6	16200	16200	0.88797	14385.13639	59592.4804
7	16200	16200	0.87056	14103.07489	73695.5553
8	16200	16200	0.85349	13826.54401	87522.0993
9	16200	16200	0.83676	13555.43531	101077.5346
10	16200	16200	0.82035	13289.64246	114367.1771
11	16200	16200	0.80426	13029.06123	127396.2383
12	16200	16200	0.78849	12773.58944	140169.8278
13	16200	16200	0.77303	12523.12691	152692.9547
14	16200	16200	0.75788	12277.5754	164970.5301
15	16200	16200	0.74301	12036.83863	177007.3687
16	16200	16200	0.72845	11800.82218	188808.1909
17	16200	16200	0.71416	11569.43351	200377.6244
18	16200	16200	0.70016	11342.58187	211720.2063
19	16200	16200	0.68643	11120.17831	222840.3846
20	16200	16200	0.67297	10902.1356	233742.5202

CAMBIO	
1	-15268.35
2	302.587
Tiempo	1.9806
Años	1
Meses	12

Figura 49. Retorno de la inversión (PRI)

Fuente: Elaboración Propia

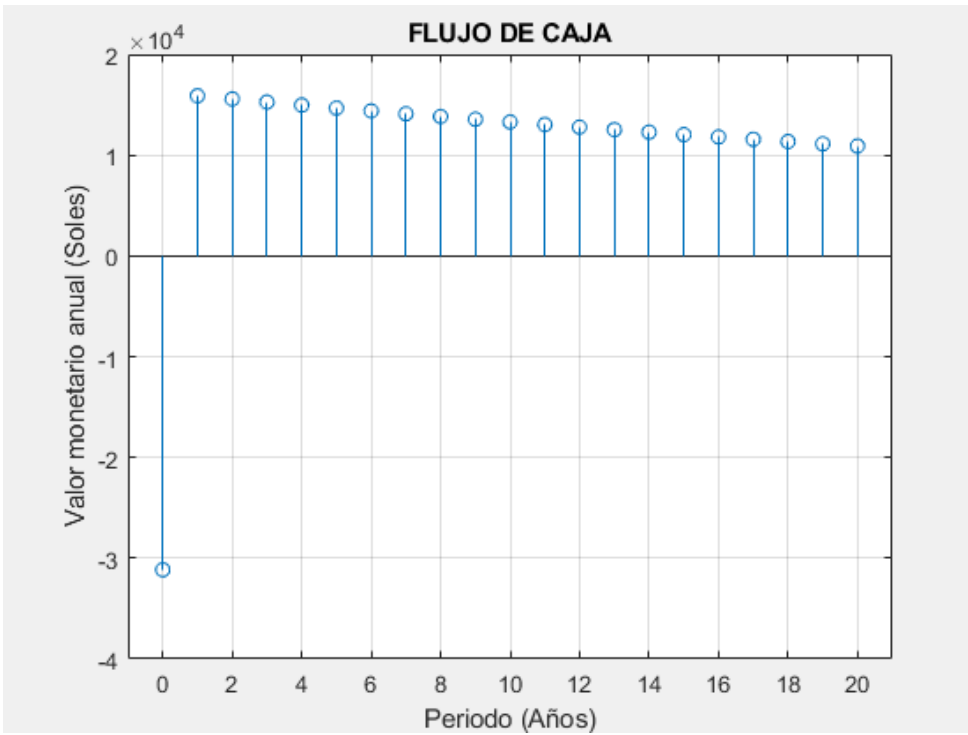


Figura 50. Flujo de caja en años

Fuente: Elaboración Propia



Figura 51. Tiempo de recuperación de la inversión

Fuente: Elaboración Propia

3.12. Discusión de resultados

De las entrevistas hechas en la empresa Derivados Lácteos Barreto S.R.L se obtuvieron las especificaciones de ingeniería necesarias para iniciar con el diseño del equipo, esto permite tener claro cuáles son las necesidades de la empresa y que el diseño propuesto debe satisfacer. Como el equipo está orientado al procesamiento de la leche (pasteurizado) su diseño debe estar acorde a la normativa vigente relacionada con este tipo de equipos. Entre la normativa consultada se encuentra el “Reglamento de Leche y Productos Lácteos” y el “Código de Práctica de Higiene para la Leche y Productos Lácteos CAC/RCP 57-2004” que establece el límite máximo de inocuidad para el consumo humano que deben tener los productos hechos a base de leche, y los criterios para el proceso, verificación del proceso y la aplicación de la pasteurización de leche respectivamente. Por otra parte, el “Código de Práctica NZFSA 2009 (Heat Treatment – Code of Practice NZFSA 2009)” proporciona los lineamientos para el diseño, construcción y operación de equipos pasteurizadores. Esta normativa se toma como base para asegurar que el equipo cuente con un sustento apropiado para su fabricación.

Con el fin de conseguir un equipo eficiente y amigable con el medio ambiente se propuso 6 conceptos para el proceso de pasteurizado, los cuales fueron evaluados mediante una matriz que toma como criterios de selección: la seguridad del equipo, el costo inicial, el ahorro de energía, la contaminación y letalidad. En base a estos criterios se encontró que el sistema de calentamiento por inducción alcanzó un mayor puntaje, indicando que es el concepto más apropiado para cumplir con las necesidades de la empresa.

Siguiendo la misma metodología se elaboraron 3 alternativas de solución para configuración del sistema de enfriamiento, de los cuales el ganador fue la alternativa N° 2 que cuenta con un sistema de enfriamiento por serpentín el cual logra reducir el tiempo de enfriamiento y a su vez ayuda a aumentar la letalidad del proceso.

Para seleccionar los materiales idóneos para la fabricación del equipo se tomó la normativa antes mencionada la cual muestra que el acero inoxidable AISI 304 es ampliamente utilizado en este tipo de equipos por ser un material resistente a la corrosión, higiénico y fácil de conseguir.

Los dos procesos más comunes empleados en la empresa son la producción de queso y la producción de crema de leche, la pasteurización en ambos procesos requiere que la letalidad cumpla con la normativa vigente.

Para la producción de queso por Marmita la curva de pasteurización empleada por la empresa DERIVADOS LACTEOS BARRETO S.R.L. se encuentra en la Figura 31, donde se aprecia que el tiempo total del proceso es $t=55$ min e incluye las etapas de calentamiento ($24\text{ }^{\circ}\text{C}$), sostenimiento ($66\text{ }^{\circ}\text{C}$) y enfriamiento ($40\text{ }^{\circ}\text{C}$). De manera similar en la Figura 34 se muestra la curva de pasteurización para la producción de crema de leche. En este grafico se aprecia un mayor tiempo para el proceso $t=100$ min con una temperatura de sostenimiento mayor ($85\text{ }^{\circ}\text{C}$) y una temperatura de enfriamiento menor (35°C).

Para comparar el efecto de reducción de microorganismo empleando proceso actual de marmita se toma como valor referencial 63°C con un tiempo de 30 min, lo que corresponde a un proceso de pasteurización de baja temperatura – largo tiempo (Orrego, C.,2003). De los cálculos se observa que para ambos procesos el tiempo muerte por temperatura (F_0) es mayor a los 30 min requeridos. Con estos valores se consigue una reducción de $n=2058$ para la producción de queso, mientras que para la producción de leche el valor del número de reducciones es $n=402985169$.

Con el objetivo de mejorar el sistema para el proceso de pasteurización se ha optado por el calentamiento por inducción. Con este proceso se ha logrado disminuir los tiempos en las etapas de calentamiento a 10 min en la pasteurización del queso y 15 min para la crema de leche, de manera similar el tiempo en las etapas de enfriamiento se han reducido a 3 para el queso y 10 para la crema de leche. Con este nuevo sistema se logra alcanzar una reducción de $n=1789$ para la pasteurización de queso y $n=343974773$ para la pasteurización de crema de leche.

En el dimensionamiento del tanque para el pasteurizador se tomó las especificaciones de ingeniería de la Tabla 10, que muestran las necesidades de la empresa. La capacidad del tanque es para 1000 L de leche y las dimensiones del tanque se calcularon por medio de relaciones empíricas que relacionan el largo, el ancho y la altura.

En los cálculos para la geometría del tanque se consideró la presión interna generada por el peso de la leche y se obtuvo un espesor de pared de 0.762 mm y espesor de corrosión mínimo de 1.5 mm, quedando el espesor final como $t = 2.262$ mm. Para el sistema de enfriamiento se determinó mediante cálculos que un flujo másico de 6 kg/s permite tener un óptimo tiempo de enfriamiento para disminuir la temperatura de pasteurización de 66, 75 u 85°C hasta una temperatura final de 40 o 35°C.

Para el análisis económico se consideró todos los subsistemas que componen al equipo de pasteurización por inducción. El costo de los equipos implicados en cada subsistema se condensa en el presupuesto de la Tabla 59, quedando la inversión con un costo de fabricación total de \$ 9441.18 los cuales se pueden recuperar aproximadamente 2 años como puede verse en la Tabla 49. Después del tiempo de recuperación la empresa percibirá un ingreso anual de S/.16200.00.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

4.1. Conclusiones

El aplicar las entrevistas a la empresa Derivados Lácteos Barreto S.R.L. permitió obtener datos de las necesidades de dicha empresa, con esto se establecieron las bases para los objetivos que debe cumplir el diseño propuesto.

Como el equipo está orientado a la pasteurización de un producto para el consumo humano esta debe cumplir normas y regulación de salud apropiada por lo cual se realizó una búsqueda de normativa actualizada para este tipo equipos.

Con el fin de proporcionar un diseño adecuado se propusieron varios conceptos alternativos y configuraciones, los cuales fueron filtrados mediante una matriz de selección siguiendo la metodología de diseño presentada por Eggert (2005). Esto dio como resultado que el método de pasteurización por inducción es el más apropiado para cumplir con las necesidades de la empresa.

El sistema de pasteurización por inducción puede reducir los tiempos de calentamiento a por lo menos la mitad del tiempo conseguido por el método tradicional (marmita). Los tiempos de enfriamiento en el nuevo sistema también se ven reducidos debido a la inclusión del serpentín de enfriamiento.

El sistema de pasteurización por inducción electromagnética resulto proveer al igual que el sistema actual de la empresa presentan un grado de letalidad capaz de alcanzar un nivel inferior al estipulado por norma (1 UFC/ml). Además, el tiempo de pasteurizado se reduce a 14 min en el método de inducción comparado con 55 min del sistema de pasteurización actual (por marmita),

El sistema de pasteurización por inducción mostro un PRI de tan solo dos años y una ganancia anual de S/.16200.00 lo que representa una importante ventaja frente al sistema actual de marmita. Por otra parte, el menor impacto ecológico muestra una ventaja considerable debido a que como se indicó la tecnología de calentamiento por inducción no hace uso de combustibles fósiles.

4.2. Recomendaciones

Para asegurar que el equipo trabaje alcance las temperaturas de enfriamiento deseadas la empresa deberá contar con un suministro de agua apropiado ($T=10\text{ }^{\circ}\text{C}$), para cada proceso de pasteurizado.

Los costos de energía son aparentemente mayores en el caso de la marmita. Sin embargo, hay que tener en cuenta la subida de intensidad de corriente inicial en el equipo de inducción que el presente cálculo no contempla.

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFICAS

Referencias Bibliográficas

Manual de referencia Pic Basic Pro . (2013). Compiler.

Acedo, J. (2013). *Instrumentación y Control Avanzados de procesos. 2da edición*. Madrid: Diaz Santos.

Agroindustrial Science. (03 de Febrero de 2015). *Revista Científica de la Universidad Nacional de Trujillo*. Obtenido de Diseño y montaje de un pasteurizador solar y evaluación en el tratamiento de leche de cabra:
<http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindsience/article/view/1058>

Alcalde S., P. (2003). *Electrotecnia: Electricidad - electronica*. Madrid: Thomsom, Paraninfo.

Almeida, V. A. (2015). *Escuela Politécnica Nacional*. Obtenido de Diseño e Implementación De Un Sistema Automático Para El Proceso De Pasteurización De Leche:
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9110>

Álvarez, M. S. (2009). *“Modelación y control de un sistema piloto de calentamiento de fluidos por inducción magnética*. Santiago de Chile: UNIVERSIDAD DE CHILE.

AMBRELL. (15 de Julio de 2014). *Precision Induction Heating*. Obtenido de Bobinas de trabajo de calentamiento por induccion: <http://pdf.ambrell.com/411-0168-16.pdf>

Asi funciona. (2015). *Electrotecnia*. Obtenido de
http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_voltaje/ke_voltaje_1.htm

Battro, P. (2010). *Quesos Artesanales*. Venezuela: Albatros.

BRAVO. (2016). *BRAVO.it*. Obtenido de <http://www.bravo.it/es/p/pastorizzatore-pastmatic>

Castillo M., W. (2015). *UNSAPLICACIONES DE LA REOLOGIA EN ALIMENTOS LÍQUIDOS Y SÓLIDOS. TRATAMIENTO TÉRMICO EN ALIMENTOS*. Chimbote: Universidad Nacional Del Santa.

Castro G., M. A. (2004). *Validacion experimental de un Software asistido por internet para describir el proceso combinado escaldado - hidrogenofriamiento en floretes de brocoli*. Valdivia - Chile: Universidad Austral de Chile- Facultad de Ciencias Agrerías- Escuela de Ingeniería en Alimentos.

CNICE. (2005). *Concurso CNICE*. Obtenido de
http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/propiedades/temperatura.htm

Creus, A. (2005). *Instrumentación Industrial*. D.F México: Prentice Hall.

Deeth, H., & Datta, N. (7 de Abril de 2011). *Heat Treatment of Milk | Ultra-High Temperature Treatment (UHT): Heating Systems*. Australia.

- Diaz R., J. A. (2012). *Modelo matematico de una partiucla de bimasa para el proceso de pirolisis*. Universidad Autonoma De Nuevo Leon - Facultad de Ciencias Quimicas.
- Dieter, G., & Schmidt, L. (2012). *Engineering Design*. Boston, MA, United States: McGraw-Hill Education - Europe.
- Doyle, M. P., Beuchat, L. R., & Montville, T. (2001). Microbiología de los Alimentos. En M. P. Doyle, L. R. Beuchat, & T. Montville, *Fundamentos y fronteras*. (págs. 527-528). Zaragoza: ACRIBIA.
- Economipedia. (16 de Diciembre de 2015). *Economipedia*. Obtenido de <http://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>
- Economipedia. (10 de Noviembre de 2016). *Economipedia*. Obtenido de <Http://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>
- Ecuador Cambia. (23 de Agosto de 2015). Obtenido de Cocinas de inducción: www.ecuadorcambia.com
- Ecured. (20 de Noviembre de 2016). Obtenido de [Https://www.ecured.cu/Corriente_de_Foucault](https://www.ecured.cu/Corriente_de_Foucault)
- Eggert, R. (2005). *Engineering Design*. Pearson/Prentice Hall.
- EL Comercio Peru. (12 de Enero de 2015). Obtenido de Cae precio de petroleo: <http://elcomercio.pe/visor/1784185/1039111-cae-precio-petroleo-riesgo-bendicion-peru-noticia>
- El Monitor. (5 de Noviembre de 2006). Obtenido de Un invento entrerriano: <http://www.me.gov.ar/monitor/nro9/invento.htm>
- El Universo. (19 de Febrero de 2015). Obtenido de Se reduce el subsidio al gas por baja en precios: <http://www.eluniverso.com/noticias/2015/02/19/nota/4567381/se-reduce-subsidio-gas-baja-precios>
- Enciclopedismo. (15 de Setiembre de 2016). *Enciclopedismo*. Obtenido de <https://enciclopedismo.com/formacion-de-colonias-de-unidad/>
- Energia Nuclear. (5 de Octubre de 2013). Obtenido de Accidente nuclear de Fukushima: www.energia-nuclear.net/accidentes-nucleares/fukushima.htm
- Escobar, D. A. (2013). *Escuela Politecnica Nacional*. Obtenido de Diseño Y Construcción De Un Equipo Para La Pasteurización De Leche.: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6747>
- Escuela Superior Politécnica del Litoral. (2008). Obtenido de Aplicación de modelo matemático predictivo para la determinación de incrustaciones en pasteurizadores a placas en la Industria Láctea: <https://www.dspace.espol.edu.ec/>
- FAO. (2011). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimenta*. Obtenido de Codex Alimentarius (CAC/RCP 57-2004): <http://www.fao.org/3/a-i2085s.pdf>

- FAO. (5 de Setiembre de 2014). *Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y Agricultura*. Obtenido de Fichas Tecnicas de Equipos de Procesamientos de Alimentos.: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/inpho/documents/EQUIPOS.pdf>
- Ferreccio, J. P., & Medrano, J. I. (2011). *Universidad de Buenos Aires*. Obtenido de Pasteurizadora para iicro productores lecheros: http://diana.fadu.uba.ar/89/1/17_TESIS_Ferreccio_Medrano_2011_Galan_D5.pdf
- Fiscalab. (2014). *Intensidad de corriente electronica*. Obtenido de <https://www.fiscalab.com/apartado/intensidad-de-corriente-electrica#contenidos>
- García, A. (2005). *El Control Automático en la Industria. 1ra, edición*. La Mancha: Universidad de Castilla.
- Gonzales, G. (Octubre de 2005). Aplicaciones del calentamiento por induccion electromagnetica en el procesamiento de PRFV.
- Gusmán M, J. I., & Ríos V., A. (12 de Julio de 2015). *Repositorio digital Universidad Técnica de Ambato*. Obtenido de Sistema de calefacción de agua por inducción electromagnética para el uso doméstico: <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/13071>
- HAGH, S., AZIMI, M., & DARGAHI, J. (14 de Abril de 2015). *Scientific Information Database*. Obtenido de SID-Advance Journal: <http://en.journals.sid.ir/ViewPaper.aspx?ID=440538>
- Hyperphysics. (5 de Setiembre de 2011). *Ley de Faraday*. Obtenido de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/electric/farlaw.html>
- ICONTEC Internacional. (2016). Obtenido de Norma Tecncna Colombiana: <https://tienda.icontec.org/producto/impreso-ntc-5255-practicas-en-la-industria-de-la-leche-pasteurizada/?v=3acf83834396>
- INTI. (22 de Junio de 2014). *Ministerio de Industria*. Obtenido de Pasteurizadores de leche: https://www.inti.gob.ar/lacteos/jjat2014/pdf/disertaciones/11_pasteurizadores_leche_pr esentacion_documento_inti_guillermo_rubino.pdf
- Journal of Food Engineering. (2012). La pasteurización de zumo de pomelo usando un irradiador de luz ultravioleta centrífuga. *Science direct*.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.
- M, M., RK, P., H, T., J, S., SL, B., & KA, S. (26 de SETIEMBRE de 2014). *Validation of radio-frequency dielectric heating system for destruction of Cronobacter sakazakii and Salmonella species in nonfat dry milk*. American Dairy Science Association.
- M. Sweeney, J. D. (2014). Induction cooking technology design and assessment. En J. D. M. Sweeney, *Induction cooking technology design and assessment* (págs. 371–372). Electric Power Research Institute (EPRI) ACEEE.

- Magro, P. (23 de Noviembre de 2011). *Conserva Tu Planeta*. Obtenido de Industria lactea : <http://conservatuplaneta.com/2011/11/23/industrialactea/>
- Malavida. (2012). *Software*. Obtenido de Proteus: <http://www.malavida.com/es/soft/proteus/>
- MATLAB. (4 de Marzo de 2016). *MathWorks*. Obtenido de <https://www.mathworks.com/products/matlab/>
- Medina, J. L. (2010). *La Automatización en la Industria Química. 1ra, edición*. España.: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (17 de Diciembre de 2012). *Reglamento de leche y productos lacteos*. Obtenido de Marco legal de Minagri: <http://www.minagri.gob.pe/portal/marco-legal?catid=0&id=8886>
- Ministerio de Industria de Argentina. (22 de Junio de 2014). *Pasteurizadores de leche*. Obtenido de https://www.inti.gob.ar/lacteos/jiat2014/pdf/disertaciones/11_pasteurizadores_leche_presentacion_documento_inti_guillermo_rubino.pdf
- Montes P., M. J. (2015). *Teoría y problemas de transmisión de calor*. Madrid: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- National Instruments. (2012). *Data acquisition*. Obtenido de <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>
- Oliva, R. A. (16 de Octubre de 2014). *Ministerio de Agricultura*. Obtenido de Conceptos basicos de Inocuidad Alimentaria: <http://www.creas.cl/wp-content/uploads/2014/10/1.-Conceptos-basicos-de-inocuidad-alimentaria-SEREMI-Agricultura.pdf>
- Ordoñez. (1996).
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1995). *CODEX STAN 193-1995*. Obtenido de NORMA GENERAL DEL CODEX PARA LOS CONTAMINANTES Y LAS TOXINAS: www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/CXS_193s.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (27 de Diciembre de 2015). *Inocuidad de los alimentos*. Obtenido de Nota descriptiva N°399: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs399/es/>
- Orozco, M. M. (2014). n Memorias del Congreso latinoamericano de ingeniería mecánica. *Estudio de ensayos de eficiencia energética, concavidad, convexidad y rugosidad en menaje para cocinas de inducción*. Colombia. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Javier_Martinez26/publication/276267893_Estudio_de_ensayos_de_eficiencia_energetica_concavidad_convexidad_y_rugosidad_en_menaje_para_cocinas_de_induccion/links/55c0fa6e08aed621de153cce.pdf
- P. Fellows. (1994). *Tecnología de procesado de los alimentos*. Acribia.

- Pereda, J. (2009). *Universitat Autònoma de Barcelona*. Obtenido de Tesis doctoral - Universitat Autònoma de Barcelona. Facultat de Veterinària, Departament de Ciència Animal i dels Aliments, 2008: campus.uss.edu.pe
- Pérez Ferrer, L. (Noviembre de 2008). *Academia*. Obtenido de Metodos de conservación de alimentos:
http://www.academia.edu/8708191/METODOS_DE_CONSERVACION_DE_ALIMENTOS
- Redacción Infoalimentacion.com. (15 de Mayo de 2011). *Infoalimentacion*. Obtenido de VALOR NUTRITIVO DE LA LECHE Y OTROS PRODUCTOS LÁCTEOS :
http://www.infoalimentacion.com/documentos/valor_nutritivo_leche_y_otros_productos_lacteos.asp
- Rees J., A. G., & Bettison, J. (1991). *Processing and Packaging of Heat Preserved Foods*. Glasgow and London.: CMB Packaging Technology, Wantage, Berks.
- Researchgate. (Noviembre de 2014). Obtenido de Estudio de ensayos de eficiencia energética, concavidad, convexidad y rugosidad en menaje para cocinas de inducción:
https://www.researchgate.net/publication/276267893_Estudio_de_ensayos_de_eficiencia_energetica_concavidad_convexidad_y_rugosidad_en_menaje_para_cocinas_de_induccion
- Researchgate.net. (2014). Obtenido de Análisis del consumo energético en procesos de cocción eficiente para el sector residencial:
https://www.researchgate.net/profile/Javier_Martinez26/publication/273438965_Analisis_del_consumo_energetico_en_procesos_de_coccion_eficiente_para_el_sector_residencial/links/55c0fc1d08aec0e5f44901ec.pdf
- Reyes, V., Lopez, A., & Sosa, M. (2010). Efecto del calentamiento con microondas en alimentos fluidos. Puebla, Mexico: [http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-2/TsIA-4\(2\)-Reyes-Garcia-et-al-2010.pdf](http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-2/TsIA-4(2)-Reyes-Garcia-et-al-2010.pdf).
- Rodriguez, D. (2012). *Wordpress.com*. Obtenido de
<https://danielarodriguez792.wordpress.com/segundo-corte/gasto-o-caudal/>
- Shhan, M. M. (2012). *Simulation & Implementacion of embedded controller for induction melting machine employing optimal resonant converter*. MAHARAJA: THE MAHARAJA SAYAJIRAO UNIVERSITY OF BARBADO,.
- SILVA, A., ANTUNES, A., TRENTO, F., ZACARCHENCO, P., ORMENESE, R., & SPADOTI, L. (1 de Febrero de 2016). *Pasteurised, microfiltered and lactose-hydrolysed, skimmed milk with added probiotics: Development and*. International Journal of Dairy Technology.
- Singh, P., & Helman. (1993). *Introducción a la ingeniería de alimentos*.
- Sostenibilidad para todos. (2014). Obtenido de Top 5 países en energías renovables:
www.sostenibilidad.com/top-5-paises-energias-renovables

- Standards Group. (Noviembre de 2009). *New Zealand Food Safety Authority*. Obtenido de Heat Treatment Code of Practice: <http://www.foodsafety.govt.nz/elibrary/industry/dairy-code-practice-heat-treatment/amdt-0.pdf>
- Sun, H., Kawamura, S., Himoto, J.-i., Ito, H., K., Wada, T., & Kimura, T. (2008). Food science and technology research. *Effects of Ohmic Heating on Microbial Counts and Denaturation of Proteins in Milk*.
- Taylor Francis Online. (2016). Recent Advances in Food Processing Using High Hydrostatic Pressure Technology. *Food Science and Nutrition*.
- Tetrapak. (4 de Junio de 2015). *La tecnología UHT para la leche y los productos lácteos*. Obtenido de Tratamiento a temperaturas ultra-altas (UHT): <http://www.tetrapak.com/pe/processing/uht-treatment>
- Universidad Politecnica Seleccionada. (Febrero de 2015). *Repositorio Digital*. Obtenido de Modelización de una micro red fotovoltaica aplicada a equipos de cocción por inducción para el reemplazo de GLP: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8218>
- Vacas Navarro, J.M. (2013). *Mantenimiento y seguridad de maquinaria y equipos de tratamientos finales de conservación (UF1279)*. Barcelona: IC Editorial.
- Valchev, V., Todorova, T., Yudov, D., & Mareva, D. (15 de Agosto de 2016). *IEEE Xplore*. Obtenido de Design Considerations of Inductors for Induction: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7543060/?reload=true>
- VARGA, L., & SZIGETI, J. (22 de Mayo de 2016). *Use of ozone in the dairy industry: A review*. International Journal of Dairy Technology.
- Vázquez-Aguilar, M.M. (2007). *Fundamentos de la determinación de parámetros cinéticos para microorganismos de interés en tratamiento térmico de alimentos*. San Andres- Mexico: Universidad de las Americas.
- Weebly. (2 de Octubre de 2012). *Proceso de Fundición Hornos*. Obtenido de <http://processefundicion1111.weebly.com/>

ANEXOS

ANEXO No 1: FORMATO DE ENTREVISTA VACIO

ENTREVISTA SOBRE NECESIDADES DE PASTEURIZACIÓN

Tesistas: Huamán Martínez Randall Juan

Monja Jiménez María Karina

Universidad: Señor de Sipán.

Escuela: Ingeniería Agroindustrial Y Comercio Exterior.

Empresa:

Ubicación:

Preguntas:

- ¿Cuánta leche pasteuriza por hora?

.....

- ¿En qué condiciones de operación se aplica la pasteurización en su empresa?

.....

- ¿Cuál es el consumo de combustible por hora?

.....

- ¿Cuál es el costo de combustible que utiliza?

.....

- ¿Cuál es el modelo del pasteurizador que usa actualmente?

.....

- ¿Cuál es el principal problema que le genera su actual pasteurizador?

.....

- ¿Ha escuchado hablar del pasteurizador por inducción magnética?

.....

- ¿Qué ventajas traería un pasteurizador por inducción magnética a su empresa?

.....

- ¿Qué dimensiones consideraría para un pasteurizador de la tecnología mencionada?

.....

- ¿Cuánto estaría dispuesto a invertir por un equipo de pasteurización utilizando otras fuentes de energía?

.....

Acotaciones finales:

.....

.....

.....

ANEXO No 2: FORMATO DE ENTREVISTA LLENO - EJECUTADO

ENTREVISTA SOBRE NECESIDADES DE PASTEURIZACIÓN

Tesistas : Huamán Martínez Randall Juan
Monja Jiménez María Karina

Universidad : Señor de Sipán.

Escuela : Ingeniería Agroindustrial Y Comercio Exterior.

Empresa : Derivados Lácteos Barreto SRL

Ubicación : Jr. Marcos Tapia 143 – Chota – Cajamarca

PREGUNTAS

1. ¿Cuánta leche pasteuriza por hora?
Promedio 13,000 Lt diario
2. ¿En qué condiciones de operación se aplica la pasteurización en su empresa?
Pasteurización lenta por batch en marmitas con quemadores a GLP
3. ¿Cuál es el consumo de combustible por hora?
Se utiliza un promedio de 10 galones para pasteurizar 2000 lt leche
4. ¿Cuál es el costo de combustible que utiliza?
Precio 10 galones es S/70
5. ¿Cuál es el modelo del pasteurizador que usa actualmente?
Marmita
6. ¿Cuál es el principal problema que le genera su actual pasteurizador?
Alto costo de combustible.
7. ¿Ha escuchado hablar del pasteurizador por inducción magnética?
No
8. ¿Qué ventajas traería un pasteurizador por inducción magnética a su empresa?
Eso me lo tiene que explicar Ud.
9. ¿Qué dimensiones consideraría para un pasteurizador de la tecnología mencionada?
Unidad de pasteurización para batch de 1000 Lt
10. ¿Cuánto estaría dispuesto a invertir por un equipo de pasteurización utilizando otras fuentes de energía?

15000 dólares por una unidad de pasteurización de 1000 Lt, si es que logra abaratar costos de producción.

Acotaciones finales:

.....
.....
.....

ANEXO No 3: ESPECIFICACIONES SANITARIAS SEGÚN EL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO

La leche pasteurizada y ultra-pasteurizada deberá cumplir con las especificaciones sanitarias que se establecen a continuación:

Tabla 2.A: Microbiología para leche pasteurizada (adaptado de (Ministerio de Agricultura y Riego, 2012))

Agente Microbiano	Unidad	Categoría	Clase	n	c	Limite por mL	
						m	M
Aerobios Meófilas	UFC/mL	3	3	5	1	2×10^4	5×10^4
Coliformes	UFC/mL	5	3	5	2	1	10

Tabla 2.B: Microbiología para leche ultra pasteurizada (adaptado de (Ministerio de Agricultura y Riego, 2012))

Agente Microbiano	Unidad	Categoría	Clase	n	c	Limite por mL	
						m	M
Aerobios Meófilas	UFC/mL	3	3	5	1	10^2	10^3
Coliformes	UFC/mL	5	3	5	2	1	10

Nota:

- Categoría: Grado de riesgo que representa lo microorganismos en relación a las condicione previsible de manipulación y consumo del alimento.
- Clase: Es la clasificación que se da a los planes de muestreo por atributo que puede ser de dos o tres.

ANEXO No 4: PASTEURIZACION DE LA LECHE Y PRODUCTOS LACTEOS

(CAC/RCP 57-2004)

3.A. Descripción del proceso

La pasteurización puede realizarse como operación discontinua (“pasteurización por lotes” o “pasteurización lenta” a baja temperatura (LTLT)), en la que el producto se calienta y se retiene en una cisterna cerrada, o como una operación continua (“pasteurización rápida” a alta temperatura (HTST)), en la que el producto se calienta en un intercambiador de calor y luego se deja en un tubo de retención por el tiempo requerido. Actualmente, el método de pasteurización más común es el de los intercambiadores de calor diseñados para el proceso HTST (pasteurización a alta temperatura por un tiempo breve). Este proceso consiste en calentar la leche hasta una determinada temperatura, manteniendo esa en condiciones de flujo turbulento continuo por un tiempo suficiente para garantizar la destrucción y/o inhibición de cualquier microorganismo peligroso que pueda estar presente. Un resultado adicional es el retraso del inicio del deterioro microbiológico, que prolonga el tiempo de conservación de la leche. Para ahorrar energía, el calor se regenera, es decir, la leche enfriada que se introduce en los intercambiadores es calentada por la leche pasteurizada que sale de la planta de pasteurización. El efecto de este precalentamiento es acumulativo, y deberá tomarse en cuenta cuando se simulen las condiciones de pasteurización en escala de laboratorio. La pasteurización efectuada en un proceso discontinuo consiste en calentar la leche dentro de un recipiente hasta una temperatura determinada, por un tiempo suficiente para lograr efectos equivalentes a los del proceso HTST. El calor se puede suministrar desde el interior o el exterior, en intercambiadores de calor o dentro de un pasteurizador. Debido a las condiciones de flujo no continuo, el calentamiento y enfriamiento requieren más tiempo y contribuirán al efecto final (acumulativo).

3.B. Gestión del proceso

3.B.1. Criterios de rendimiento

Puesto que el *C. burnettii* es el microorganismo patógeno no esporulante con mayor resistencia al calor que puede estar presente en la leche, la pasteurización está destinada a lograr una reducción mínima de logaritmo 5 de la presencia de *C. burnettii* en la leche entera (4 % de grasa).

3.B.2 Criterios del proceso

Según las validaciones realizadas para la leche entera, las condiciones mínimas de pasteurización son las que tienen efectos bactericidas equivalentes al calentamiento de cada partícula de la leche a 72 °C durante 15 segundos (pasteurización de flujo continuo) o a 63 °C durante 30 minutos (pasteurización discontinua). Se pueden obtener condiciones similares uniendo la línea que conecta estos puntos en un gráfico logarítmico de tiempo-temperatura.

Los tiempos de tratamiento necesarios se reducen rápidamente con un

aumento mínimo de la temperatura. La extrapolación a temperaturas no comprendidas en la escala de 63 a 72 °C, y en particular, el tratamiento a temperaturas superiores a 72°C, ha de abordarse con la mayor prudencia, puesto que la posibilidad de [validarlos] científicamente excede la capacidad de las técnicas de experimentación actuales.

Por ejemplo, sería sumamente difícil, si no imposible, determinar la eficiencia de la pasteurización a 80 °C, debido a que el tiempo extrapolado de tratamiento sería aproximadamente de 0,22 segundos para lograr por lo menos una reducción de 5 kg.

Para asegurar que cada partícula se caliente suficientemente, el flujo de leche en los intercambiadores de calor deberá ser turbulento, es decir, el número de Reynolds deberá ser suficientemente alto.

Cuando se proponen cambios en la composición, tratamiento y uso del producto, deben establecerse los cambios necesarios para el tratamiento térmico programado y una persona debidamente calificada deberá evaluar la eficiencia del tratamiento térmico.

Por ejemplo, el contenido de grasa de la crema hace necesario aplicar unas condiciones mínimas más altas que las de la leche: por lo menos 75 °C durante 15 segundos.

Los productos de leche líquida formulados con un contenido alto de azúcar o con elevada viscosidad también exigen condiciones de pasteurización que exceden las condiciones mínimas definidas para la leche.

3. B.3 Verificación del proceso

Los productos sometidos a pasteurización deben mostrar una reacción negativa de fosfatasa alcalina inmediatamente después del tratamiento térmico, determinada por un método aceptable. También se podrían utilizar otros métodos para demostrar que se ha aplicado el tratamiento térmico adecuado.

La fosfatasa alcalina puede reactivarse en muchos productos lácteos (la crema, el queso, etc.). Los microorganismos empleados en la elaboración también pueden producir fosfatasa microbiana y otras sustancias capaces de interferir con los ensayos que buscan determinar la presencia residual de fosfatasa. Por tanto, este ensayo de verificación en particular ha de realizarse inmediatamente después del tratamiento térmico para que produzca resultados válidos. Nota: La existencia de niveles bajos de residuos de fosfatasa alcalina en la leche que ha recibido tratamiento térmico (inferiores a 10 µg de equivalente de p-nitro-fenol/ml) considera una garantía de que la leche se ha pasteurizado correctamente y no ha sido contaminada por leche cruda. Sin embargo, aunque esta medida se considera todavía como el método más apropiado de verificación, los factores que se mencionan a continuación influyen en los niveles de residuos, por lo que deben tomarse en cuenta cuando se interpretan los resultados:

Concentración inicial en la leche: la “reserva” de fosfatasa alcalina presente en la leche varía mucho según las diferentes especies, y también dentro de cada especie. Normalmente la leche cruda de vaca muestra una actividad mucho más alta que la leche de cabra. Debido a que la pasteurización determina una reducción

logarítmica del nivel inicial, el nivel que queda después de la pasteurización variará en función del que estaba presente en la leche cruda sin tratar. Como consecuencia, es necesario interpretar los resultados de diferentes formas según la procedencia de la leche, y en algunos casos el uso de análisis de la fosfatasa alcalina para verificar la pasteurización puede no ser apropiado.

Contenido de grasa de la leche: la fosfatasa se absorbe fácilmente en los glóbulos de grasa, de manera que el contenido de grasa del producto sometido a pasteurización influirá en el resultado (concentraciones habituales en la leche de vaca: desnatada, 400 µg/ml; entera 800 µg/ml; crema 40%, 3 500 µg/ml).

Aplicación del precalentamiento: el nivel de fosfatasa alcalina se reduce con el calor, por ejemplo, a las temperaturas aplicadas generalmente en la separación y la termización.

3. B.4 Aplicación de la pasteurización

Existen numerosos manuales reconocidos por las autoridades competentes que indican la disposición, diseño y construcción adecuados del equipo de pasteurización e ilustran su funcionamiento y seguimiento prácticos. Tales manuales deben estar disponibles y consultarse cuando sea necesario.

ANEXO No 5: TRATAMIENTO TERMICO - CODIGO DE PRACTICA NZFSA 2009 (HEAT TREATMENT – CODE OF PRACTICE NZFSA 2009)



8 General Design of Batch Pasteurisers

8.1 The Batch Pasteurisation Process

8.1.1 The batch pasteuriser consists of a jacketed vat in which one of the following operations is carried out:

- The dairy material is heated in the vat to the desired temperature (by means of hot water or steam sprayed on to the sides of the vat or circulated around a double jacket or circulated by means of heating coils surrounding the inner jacket). The dairy material shall be agitated throughout the heating and holding periods.
- The dairy material may be partially heated by an external heat source and raised to the final pasteurisation temperature in the vat where it is held for the required holding time.
- The dairy material may be heated to the pasteurisation temperature in an external heat source before entering the vat where it is held for the required holding time.
- The dairy material may circulate from the vat through an external heat source, where it is brought up to pasteurisation temperature. The dairy material may continue to circulate through the external heat source throughout the holding period to ensure the vat temperature does not drop below the pasteurisation temperature.

8.1.2 In any of the above methods, after the required holding time the dairy material may be partially cooled in the vat, or cooled by disconnecting the heating medium and connecting cooling or chilling water to the heat exchanger, or may be withdrawn from the vat at the pasteurising temperature.

8.2 Heat Treatment to Achieve Pasteurisation

The heat treatment delivered by a batch pasteurisation system shall comply with section 11.2, of this code. Where the designated heat treatment step is a batch pasteuriser, the equipment used shall comply with this code.

Different time/temperature pasteurisation combinations may be used for different product specifications provided they meet the requirements of section 11.2.

ANEXO NO 6: PRÁCTICAS EN LA INDUSTRIA DE LA LECHE PASTEURIZADA – NORMA COLOMBIANA NTC 5255-2004

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5255

RESUMEN

1. OBJETO

La presente norma establece los requisitos básicos respecto a los principios de los procesos, características del diseño y funcionamiento de los equipos utilizados por los productores de leche pasteurizada por el método discontinuo (por lotes) y por el método de flujo continuo (*HTST-Hight Temperature-Short Time*).

También se brinda orientación sobre higiene y medidas de control usadas en los procesos de pasteurización y operaciones de empaque, las cuales son necesarias para lograr la seguridad y una alta calidad en la leche pasteurizada.

Esta norma no cubre recomendaciones específicas para la pasteurización de crema, helado o leche con sabores.

NOTA Los niveles de tratamiento de calor en esta norma no son necesariamente apropiados para la crema, helado y leche con sabores. La separación de leche para otros productos debería realizarse antes de la pasteurización.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos normativos referenciados son indispensables para la aplicación de este documento normativo. Para referencias fechadas, se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento normativo referenciado (incluida cualquier corrección)

NTC 399:2002, Leche cruda.

NTC 506:2002, Productos lácteos. Leche pasteurizada.

NTC 666:1996, Leche y productos lácteos. Toma de muestras.

NTC 732:2002, Leche. Determinación de la eficiencia de la homogeneización.

NTC 4425:1998, Leche y productos lácteos. Muestreo. Inspección por variables.

NTC 4476:1998, Métodos de ensayo para la inspección y verificación de termómetros.

NTC 4518:1998, Leche y productos lácteos. Muestreo. Inspección por atributos.

NTC 5024:2001, Norma general para el uso de términos lecheros.

NTC 5026:2001, Leche y productos lácteos. Determinación de la actividad de la fosfatasa alcalina usando el método fluorométrico.

NTC 5245: Limpieza y desinfección de plantas y equipos usados en la industria láctea.

3. DEFINICIONES

NOTA El significado de los términos usados acerca de leche pasteurizada: entera, parcialmente descremada y leche descremada se indican en la respectiva NTC 506.

Las personas responsables de la producción de la leche y operaciones en el proceso de leche deben ser conscientes de la interpretación legal de los términos usados en la legislación de lácteos.

ANEXO No 6: Colección de tablas, gráficas y ecuaciones de Transmisión de Calor

Colección de tablas, gráficas y ecuaciones de Transmisión de Calor

Tablas 4.4: Propiedades de gases a presión atmosférica

Tabla 4.4.1: Propiedades del aire seco a presión atmosférica

T (°C)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^6$ (N·s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (m ² /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	Pr
-150	2.867	0.982	8.64	3.013	11.71	4.157	0.7246
-100	2.039	0.965	11.90	5.835	15.82	8.034	0.7263
-90	1.927	0.975	12.49	6.482	16.62	8.842	0.7330
-80	1.828	0.983	13.07	7.153	17.42	9.692	0.7381
-70	1.738	0.990	13.64	7.850	18.22	10.59	0.7414
-60	1.656	0.995	14.20	8.572	19.01	11.53	0.7433
-50	1.582	0.999	14.74	9.317	19.79	12.52	0.7440
-40	1.514	1.002	15.27	10.08	20.57	13.56	0.7436
-30	1.452	1.004	15.79	10.88	21.34	14.65	0.7425
-20	1.394	1.005	16.30	11.69	22.11	15.78	0.7408
-10	1.341	1.006	16.80	12.52	22.88	16.96	0.7387
0	1.292	1.006	17.29	13.38	23.64	18.17	0.7362
5	1.269	1.006	17.54	13.82	24.01	18.80	0.7350
10	1.247	1.006	17.78	14.26	24.39	19.44	0.7336
15	1.225	1.007	18.02	14.71	24.76	20.08	0.7323
20	1.204	1.007	18.25	15.16	25.14	20.74	0.7309
25	1.184	1.007	18.49	15.61	25.51	21.40	0.7296
30	1.164	1.007	18.72	16.08	25.88	22.08	0.7282
35	1.146	1.007	18.95	16.54	26.25	22.76	0.7268
40	1.117	1.007	19.18	17.02	26.62	23.45	0.7255
45	1.110	1.007	19.41	17.49	26.99	24.16	0.7241
50	1.092	1.007	19.63	17.97	27.35	24.87	0.7228
55	1.076	1.007	19.86	18.46	27.72	25.59	0.7215
60	1.060	1.007	20.08	18.95	28.08	26.31	0.7202
65	1.044	1.007	20.30	19.45	28.45	27.05	0.7190
70	1.029	1.007	20.52	19.95	28.81	27.79	0.7177
75	1.014	1.008	20.74	20.45	29.17	28.55	0.7166
80	0.999	1.008	20.96	20.97	29.53	29.31	0.7154
85	0.986	1.008	21.17	21.48	29.88	30.07	0.7143
90	0.972	1.008	21.39	22.00	30.24	30.85	0.7132
95	0.959	1.009	21.60	22.52	30.60	31.63	0.7121
100	0.946	1.009	21.81	23.05	30.95	32.42	0.7111
110	0.921	1.010	22.23	24.12	31.65	34.02	0.7092
120	0.898	1.011	22.64	25.21	32.35	35.64	0.7073
130	0.876	1.012	23.05	26.32	33.05	37.30	0.7057
140	0.854	1.013	23.45	27.44	33.74	38.98	0.7041
150	0.834	1.014	23.85	28.59	34.43	40.68	0.7027
160	0.815	1.016	24.24	29.74	35.11	42.40	0.7014
170	0.797	1.017	24.63	30.92	35.79	44.15	0.7003
180	0.779	1.019	25.01	32.11	36.46	45.92	0.6992
190	0.762	1.021	25.39	33.32	37.13	47.71	0.6983
200	0.746	1.023	25.77	34.54	37.79	49.53	0.6974
210	0.7306	1.025	26.14	35.78	38.45	51.36	0.6967
220	0.7158	1.027	26.51	37.04	39.10	53.21	0.6960
230	0.7016	1.029	26.88	38.31	39.75	55.08	0.6955
240	0.6879	1.031	27.24	39.60	40.40	56.97	0.6950
250	0.6748	1.033	27.60	40.90	41.04	58.88	0.6946
260	0.6621	1.035	27.95	42.22	41.67	60.81	0.6942
270	0.6499	1.037	28.30	43.55	42.31	62.75	0.6940
280	0.6382	1.040	28.65	44.90	42.93	64.72	0.6938
290	0.6269	1.042	29.00	46.26	43.56	66.69	0.6936
300	0.6159	1.044	29.34	47.64	44.18	68.69	0.6935

Fuente: http://www.esi2.us.es/~jfc/Descargas/TC/Coleccion_tablas_graficas_TC.pdf

ANEXO No 7: Coeficientes para estimar propiedades de alimentos según sus componentes

Apéndices

509

TABLA A2.9 Coeficientes para estimar propiedades de alimentos.


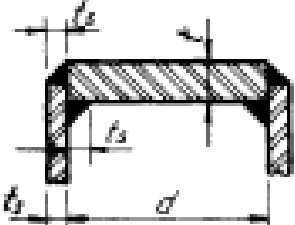
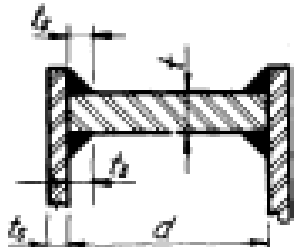
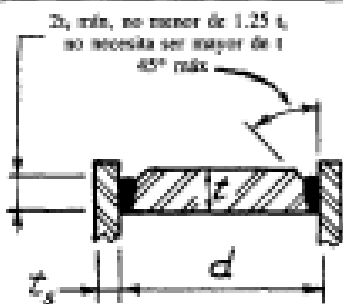
Propiedad	Componente	Función de temperatura	Error estándar	Error estándar %
k (W/[m °C])	Proteína	$k = 1,7881 \times 10^{-1} + 1,1958 \times 10^{-3}T - 2,7178 \times 10^{-6}T^2$	0,012	5,91
	Grasa	$k = 1,8071 \times 10^{-1} - 2,7604 \times 10^{-3}T - 1,7749 \times 10^{-7}T^2$	0,0032	1,95
	Carbohidratos	$k = 2,0141 \times 10^{-1} + 1,3874 \times 10^{-3}T - 4,3312 \times 10^{-6}T^2$	0,0134	5,42
	Fibra	$k = 1,8331 \times 10^{-1} + 1,2497 \times 10^{-3}T - 3,1683 \times 10^{-6}T^2$	0,0127	5,55
	Ceniza	$k = 3,2962 \times 10^{-1} + 1,4011 \times 10^{-3}T - 2,9069 \times 10^{-6}T^2$	0,0083	2,15
	Agua	$k = 5,7109 \times 10^{-1} + 1,7625 \times 10^{-3}T - 6,7036 \times 10^{-6}T^2$	0,0028	0,45
	Hielo	$k = 2,2196 - 6,2489 \times 10^{-3}T + 1,0154 \times 10^{-4}T^2$	0,0079	0,79
α (m ² /s)	Proteína	$\alpha = 6,8714 \times 10^{-2} + 4,7578 \times 10^{-4}T - 1,4646 \times 10^{-6}T^2$	0,0038	4,50
	Grasa	$\alpha = 9,8777 \times 10^{-2} - 1,2569 \times 10^{-4}T - 3,8286 \times 10^{-6}T^2$	0,0020	2,15
	Carbohidrato	$\alpha = 8,0842 \times 10^{-2} + 5,3052 \times 10^{-4}T - 2,3218 \times 10^{-6}T^2$	0,0058	5,84
	Fibra	$\alpha = 7,3976 \times 10^{-2} + 5,1902 \times 10^{-4}T - 2,2202 \times 10^{-6}T^2$	0,0026	3,14
	Ceniza	$\alpha = 1,2461 \times 10^{-1} + 3,7321 \times 10^{-4}T - 1,2244 \times 10^{-6}T^2$	0,0022	1,61
	Agua	$\alpha = 1,3168 \times 10^{-1} + 6,2477 \times 10^{-4}T - 2,4022 \times 10^{-6}T^2$	$0,0022 \times 10^{-6}$	1,44
	Hielo	$\alpha = 1,1756 - 6,0833 \times 10^{-3}T + 9,5037 \times 10^{-5}T^2$	$0,0044 \times 10^{-6}$	0,33
ρ (kg/m ³)	Proteína	$\rho = 1,3299 \times 10^3 - 5,1840 \times 10^{-1}T$	39,9501	3,07
	Grasa	$\rho = 9,2559 \times 10^2 - 4,1757 \times 10^{-1}T$	4,2554	0,47
	Carbohidrato	$\rho = 1,5991 \times 10^3 - 3,1046 \times 10^{-1}T$	93,1249	5,98
	Fibra	$\rho = 1,3115 \times 10^3 - 3,6589 \times 10^{-1}T$	8,2687	0,64
	Ceniza	$\rho = 2,4238 \times 10^3 - 2,8063 \times 10^{-1}T$	2,2315	0,09
	Agua	$\rho = 9,9718 \times 10^2 + 3,1439 \times 10^{-3}T - 3,7574 \times 10^{-3}T^2$	2,1044	0,22
	Hielo	$\rho = 9,1689 \times 10^2 - 1,3071 \times 10^{-1}T$	0,5382	0,06
c_p (kJ/[kg °C])	Proteína	$c_p = 2,0082 + 1,2089 \times 10^{-3}T - 1,3129 \times 10^{-6}T^2$	0,1147	5,57
	Grasa	$c_p = 1,9842 + 1,4733 \times 10^{-3}T - 4,8008 \times 10^{-6}T^2$	0,0236	1,16
	Carbohidrato	$c_p = 1,5488 + 1,9625 \times 10^{-3}T - 5,9399 \times 10^{-6}T^2$	0,0986	5,96
	Fibra	$c_p = 1,8459 + 1,8306 \times 10^{-3}T - 4,6509 \times 10^{-6}T^2$	0,0293	1,66
	Ceniza	$c_p = 1,0926 + 1,8896 \times 10^{-3}T - 3,6817 \times 10^{-6}T^2$	0,0296	2,47
	Agua ^a	$c_p = 4,0817 - 5,3062 \times 10^{-3}T + 9,9516 \times 10^{-4}T^2$	0,0988	2,15
	Agua ^b	$c_p = 4,1762 - 9,0864 \times 10^{-5}T + 5,4731 \times 10^{-6}T^2$	0,0159	0,38
Hielo	$c_p = 2,0623 + 6,0769 \times 10^{-3}T$			

Fuente: Choi y Okos (1996).

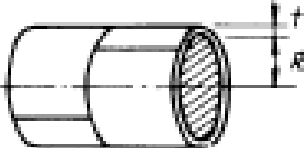
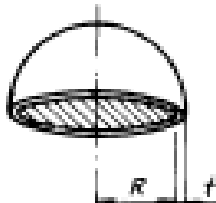
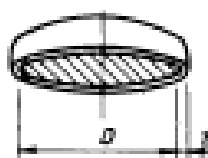
^a Para la temperatura rango de -40 a 0°C.

^b Para la temperatura rango de 0 a 150°C.



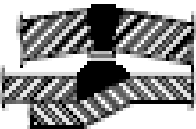
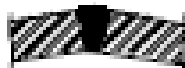
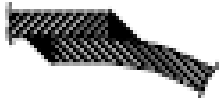


ANEXO No 8: Tapas de recipientes según Megyesy (Megyesy , 1992)

<h1 style="margin: 0;">PRESION INTERNA O EXTERNA</h1> <h2 style="margin: 0;">FORMULAS</h2>	
<p>NOTACION</p> <p>P = Presión de diseño interna o externa, lb/pulg² E = Eficiencia de la junta</p> <p>d = Diámetro interior del casco, pulgadas</p> <p>S = Valor máximo del esfuerzo permitido del material, lb/pulg², página 159</p> <p>t = Espesor mínimo requerido de la cabeza, excluyendo el margen por corrosión, pulgadas</p> <p>t_h = Espesor real de la cabeza excluyendo el margen por corrosión, pulgadas</p> <p>t_r = Espesor mínimo requerido, por presión, del casco sin costura, pulgadas</p> <p>t_c = Espesor real del casco, excluyendo el margen por corrosión, pulgadas</p>	
<p>A</p> 	<p style="text-align: center;">CABEZAS CIRCULARES PLANAS</p> $t = d \sqrt{0.18 P / SE}$ <p>Esta fórmula se aplicará cuando:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. d no exceda de 24 pulgadas 2. t_h/d no sea menor de 0.05 ni mayor de 0.25 3. El espesor de la cabeza, t_h, no sea menor que el espesor del casco, t_c
<p>B</p> 	$t = d \times \sqrt{CF / SE}$ $C = 0.88 \times \frac{t_r}{t_s}$ <p>C MIN. = 0.30</p> <p>Si para calcular t se usa un valor de t_r/t_s menor de 1, el espesor del casco, t_c, debe mantenerse por una distancia hacia adentro desde la cara interior de la calceera igual a por lo menos 2 √SE.</p>
<p>C</p> 	
<p>D</p> 	
<p>Las cabezas no circulares, las planas empurradas, tapas y las bridas de gas más comprendidas en las normas, UG-34; otros tipos de elementos de cierre en la norma, UG-39</p>	

ANEXO No 9: Espesor de recipientes según Megyesy (Megyesy , 1992)

PRESION INTERNA			
FORMULAS EXPRESADAS EN FUNCION DE LAS DIMENSIONES INTERIORES			
<p>P = Presión de diseño o presión máxima de trabajo permitida, lb/pulg² S = Valor del esfuerzo del material, lb/pulg², página 159 E = Eficiencia de la junta, página 142 R = Radio interior, pulgadas D = Diámetro interior, pulgadas t = Espesor de pared, pulgadas C.A. = Margen por corrosión, pulgadas</p>			
<p>A</p> 	<p style="text-align: center;">CASCO CILINDRICO (COSTURA LONGIT.)¹</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$</td> <td style="text-align: center;">$P = \frac{SEt}{R + 0.6t}$</td> </tr> </table> <ol style="list-style-type: none"> 1. Generalmente rige el esfuerzo en la costura longitudinal. Ver página anterior. 2. Cuando el espesor de pared exceda de la mitad del radio interior o P exceda de 0.385 SE, se aplicarán las fórmulas dadas en el Apéndice del Código, 1-2. 	$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$	$P = \frac{SEt}{R + 0.6t}$
	$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$	$P = \frac{SEt}{R + 0.6t}$	
<p>B</p> 	<p style="text-align: center;">ESFERA Y CABEZA HEMISFERICO</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$</td> <td style="text-align: center;">$P = \frac{2SEt}{R + 0.2t}$</td> </tr> </table> <ol style="list-style-type: none"> 1. Para las cabezas sin brida recta, úsese la eficiencia de la junta de la cabeza al casco si es menor que la eficiencia de las costuras de la cabeza. 2. Cuando el espesor de pared exceda de 0.356 R, o P exceda de 0.665 SE, se aplicarán las fórmulas dadas en el Apéndice 1-3 de las normas. 	$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$P = \frac{2SEt}{R + 0.2t}$
	$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$P = \frac{2SEt}{R + 0.2t}$	
<p>C</p> 	<p style="text-align: center;">CABEZA ELIPSOIDAL 2:1</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">$t = \frac{PD}{2SE - 0.2P}$</td> <td style="text-align: center;">$P = \frac{2SEt}{D + 0.2t}$</td> </tr> </table> <ol style="list-style-type: none"> 1. Para las cabezas elipsoidales cuya relación del eje mayor al eje menor sea diferente de 2:1, véase el Apéndice 1-4 (c) de las normas. 	$t = \frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$P = \frac{2SEt}{D + 0.2t}$
	$t = \frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$P = \frac{2SEt}{D + 0.2t}$	

ANEXO No 10: Eficiencia de Soldadura según León Estrada (2001)

	EFICIENCIA DE SOLDADURAS VALORES DE "E"	NORMAS		
		FIGURA No. 1		
TIPOS DE UNIONES NORMA UW-12		EFICIENCIA DE LA UNION CUANDO LA JUNTA ESTA RADIOGRAFIADA		
		AL 100 %	POR PUNTOS	SIN
	SOLDADURA A TOPE UNIDA CON SOLDADURA POR AMBOS LADOS, O BIEN POR OTRO METODO CON LO CUAL SE OBTENGA LA MISMA CALIDAD DEL METAL DE APORTE EN AMBOS LADOS DE LA SUPERFICIE SOLDADA, SI SE USA LA SOLERA DE RESPALDO, DEBERA QUITARSE DESPUES DE APLICAR LA SOLDADURA Y ANTES DE RADIOGRAFIAR.	1.00	0.85	0.70
	SOLDADURA SIMPLE A TOPE CON SOLERA DE RESPALDO LA CUAL PERMANECERA EN EL INTERIOR DEL RECIENTE.	0.90	0.80	0.65
	UNION SIMPLE POR UN SOLO LADO SIN SOLERA DE RESPALDO	---	---	0.60
	UNION TRASLAPADA CON DOBLE FILETE	---	---	0.55
	UNION TRASLAPADA CON FILETE SENCILLO Y TAPON DE SOLDADURA	---	---	0.50
	UNION TRASLAPADA CON FILETE SENCILLO SIN TAPON DE SOLDADURA	---	---	0.45

ANEXO No 11: Sobrespesor de Corrosión mínimo según

- Tabla referenciada de las especificaciones de REPSOL con los valores de sobre espesores de corrosión recomendados.

SOBRESPESOR DE CORROSIÓN MÍNIMO

Material del recipiente	Notas	Sobrespesor de corrosión mínimo (mm.)
Aceros al carbono	(1)	3
Aceros de baja aleación	(2)	3
Aceros de aleación media	(3)	1,5
Aceros de alta aleación	(4) y (5)	1,5
Materiales no férricos	(5)	0,5
Recipientes con recubrimiento interior	(6)	0

NOTAS:

- (1) Comprende cualquier tipo de acero al carbono, incluso los aceros al carbono-manganeso y los aceros al carbono microaleados.
- (2) Comprende los aceros aleados $\frac{1}{2}\%$ Cr - $\frac{1}{2}\%$ Mo; 1% Cr - $\frac{1}{2}\%$ Mo; $1\frac{1}{4}\%$ Cr - $\frac{1}{2}\%$ Mo y $2\frac{1}{4}\%$ Cr - 1% Mo.
- (3) Comprende los aceros aleados 5% Cr - $\frac{1}{2}\%$ Mo y 9% Cr - 1% Mo.
- (4) Comprende los aceros aleados con más de 9% de Cr, incluso los inoxidables de cualquier tipo.
- (5) Cuando el material se haya seleccionado por motivos de contaminación del fluido, el sobrespesor de corrosión será 0 mm.

Anexo 12 – Tablas Empleadas Para Calcular Las Propiedades De La Leche

TABLAS PERUANAS DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS

G - LECHE Y DERIVADOS

Composición en 100 g de alimentos

CÓDIGO	Nombre del alimento	Energía <ENERG> kcal	Energía <ENERG> kJ	Agua <WATER> g	Proteínas <PROCNT> g	Grasa total <FAT> g	Carbohidratos totales <CHOCDT> g	Carbohidratos disponibles <CHOAVL> g	Fibra cruda g	Fibra dietaria <FIBTG> g	Cenizas <ASH> g
G 1	Crema de leche, espesa	345	1443	57,7	2,05	37,0	2,8	2,8	0,0	0,0	0,5
G 2	Crema de leche, rala	195	816	73,8	2,7	19,3	3,7	3,7	0,0	0,0	0,6
G 3	Leche condensada endulzada	322	1347	27,2	7,9	9,2	53,7	53,7	*	0,0	2,0
G 4	Leche en polvo descremada	362	1515	3,2	36,2	0,8	52,0	52,0	0,0	0,0	7,9
G 5	Leche en polvo entera	484	2025	3,9	27,0	26,1	36,1	36,1	0,0	0,0	6,9
G 6	Leche evaporada descremada	79	331	80,0	7,1	0,9	10,5	10,5	0,0	*	1,5
G 7	Leche evaporada entera	133	556	74,5	6,3	7,7	10,9	9,9	*	0,0	1,6
G 8	Leche fresca c/ menos de 1% grasa	43	180	90,1	3,5	1,0	4,7	4,7	0,0	*	0,7
G 9	Leche fresca coja entera Pluso	64	268	87,8	3,2	3,2	5,1	5,1	0,0	*	0,7
G 10	Leche fresca de cabra	66	276	87,3	3,2	3,8	5,0	5,0	*	0,0	0,7
G 11	Leche fresca de vaca	63	264	87,8	3,1	3,5	4,9	4,9	*	0,0	0,7
G 12	Leche materna	70	293	87,5	1,0	4,4	6,9	6,9	0,0	0,0	0,2
G 13	Queso fresco de cabra	173	724	65,1	16,3	10,3	3,4	3,4	*	0,0	4,9
G 14	Queso fresco de vaca	264	1105	55,0	17,5	20,1	3,3	3,3	*	0,0	4,1
G 15	Queso mantecoso	396	1657	33,5	28,0	30,0	3,3	3,3	*	*	5,2
G 16	Queso parmesano duro	440	1841	22,2	39,1	30,3	1,8	1,8	*	0,0	6,6
G 17	Yogur de leche entera	61	255	87,9	3,5	3,3	4,7	4,7	0,0	0,0	0,7
G 18	Yogur frutado de leche semidescremada	97	406	73,8	4,1	2,8	18,5	18,2	0,0	0,3	0,8
G 19	Yogur frutado leche descremada	95	397	75,4	4,4	0,2	19,0	19,0	0,0	0,0	1,0
G 20	Yogur natural leche descremada	56	234	85,2	5,7	0,2	7,7	7,7	0,0	0,0	1,2

Table A.2.9 Coefficients to Estimate Food Properties

Property	Component	Temperature function	Standard error	Standard % error
k (W/m ² C)	Protein	$k = 1.7881 \times 10^{-1} + 1.1958 \times 10^{-3}T - 2.7178 \times 10^{-6}T^2$	0.012	5.91
	Fat	$k = 1.8071 \times 10^{-1} - 2.7604 \times 10^{-3}T - 1.7749 \times 10^{-7}T^2$	0.0032	1.95
	Carbohydrate	$k = 2.0141 \times 10^{-1} + 1.3874 \times 10^{-3}T - 4.3312 \times 10^{-6}T^2$	0.0134	5.42
	Fiber	$k = 1.8331 \times 10^{-1} + 1.2497 \times 10^{-3}T - 3.1683 \times 10^{-6}T^2$	0.0127	5.55
	Ash	$k = 3.2962 \times 10^{-1} + 1.4011 \times 10^{-3}T - 2.9069 \times 10^{-6}T^2$	0.0083	2.15
	Water	$k = 5.7109 \times 10^{-1} + 1.7625 \times 10^{-3}T - 6.7036 \times 10^{-6}T^2$	0.0028	0.45
	Ice	$k = 2.2196 - 6.2489 \times 10^{-3}T + 1.0154 \times 10^{-4}T^2$	0.0079	0.79
α (mm ² /s)	Protein	$\alpha = 6.8714 \times 10^{-2} + 4.7578 \times 10^{-4}T - 1.4646 \times 10^{-6}T^2$	0.0038	4.50
	Fat	$\alpha = 9.8777 \times 10^{-2} - 1.2569 \times 10^{-4}T - 3.8286 \times 10^{-8}T^2$	0.0020	2.15
	Carbohydrate	$\alpha = 8.0842 \times 10^{-2} + 5.3052 \times 10^{-4}T - 2.3218 \times 10^{-6}T^2$	0.0058	5.84
	Fiber	$\alpha = 7.3976 \times 10^{-2} + 5.1902 \times 10^{-4}T - 2.2202 \times 10^{-6}T^2$	0.0026	3.14
	Ash	$\alpha = 1.2461 \times 10^{-1} + 3.7321 \times 10^{-4}T - 1.2244 \times 10^{-6}T^2$	0.0022	1.61
	Water	$\alpha = 1.3168 \times 10^{-1} + 6.2477 \times 10^{-4}T - 2.4022 \times 10^{-6}T^2$	0.0022×10^{-6}	1.44
	Ice	$\alpha = 1.1756 - 6.0833 \times 10^{-3}T + 9.5037 \times 10^{-5}T^2$	0.0044×10^{-6}	0.33
ρ (kg/m ³)	Protein	$\rho = 1.3299 \times 10^3 - 5.1840 \times 10^{-1}T$	39.9501	3.07
	Fat	$\rho = 9.2559 \times 10^2 - 4.1757 \times 10^{-1}T$	4.2554	0.47
	Carbohydrate	$\rho = 1.5991 \times 10^3 - 3.1046 \times 10^{-1}T$	93.1249	5.98
	Fiber	$\rho = 1.3115 \times 10^3 - 3.6589 \times 10^{-1}T$	8.2687	0.64
	Ash	$\rho = 2.4238 \times 10^3 - 2.8063 \times 10^{-1}T$	2.2315	0.09
	Water	$\rho = 9.9718 \times 10^2 + 3.1439 \times 10^{-3}T - 3.7574 \times 10^{-3}T^2$	2.1044	0.22
	Ice	$\rho = 9.1689 \times 10^2 - 1.3071 \times 10^{-1}T$	0.5382	0.06
c_p (kJ/kg°C)	Protein	$c_p = 2.0082 + 1.2089 \times 10^{-3}T - 1.3129 \times 10^{-6}T^2$	0.1147	5.57
	Fat	$c_p = 1.9842 + 1.4733 \times 10^{-3}T - 4.8008 \times 10^{-6}T^2$	0.0236	1.16
	Carbohydrate	$c_p = 1.5488 + 1.9625 \times 10^{-3}T - 5.9399 \times 10^{-6}T^2$	0.0986	5.96
	Fiber	$c_p = 1.8459 + 1.8306 \times 10^{-3}T - 4.6509 \times 10^{-6}T^2$	0.0293	1.66
	Ash	$c_p = 1.0926 + 1.8896 \times 10^{-3}T - 3.6817 \times 10^{-6}T^2$	0.0296	2.47
	Water ^a	$c_p = 4.0817 - 5.3062 \times 10^{-3}T + 9.9516 \times 10^{-4}T^2$	0.0988	2.15
	Water ^b	$c_p = 4.1762 - 9.0864 \times 10^{-5}T + 5.4731 \times 10^{-6}T^2$	0.0159	0.38
Ice	$c_p = 2.0623 + 6.0769 \times 10^{-3}T$	0.0014	0.07	

^a For the temperature range of -40 to 0°C.

^b For the temperature range of 0 to 150°C.

1. SINGH, R. Paul. Introduction to Food Engineering. 4ª.Ed. Inglaterra: Elsevier Inc., 2009. 841p. ISBN: 978-0-12-370900-4.
2. MINISTERIO DE SALUD DEL PERÚ. Tablas Peruanas de Composición de alimentos. Centro Nacional de alimentación y nutrición instituto nacional de salud. Lima, 2009. ISBN: 978-9972-857-73-7.

Anexo 13 – Tabla De Propiedades Del Agua Saturada (Cengel – Transferencia De Calor Y Masa)

854
APÉNDICE 1

TABLA A-9

Propiedades del agua saturada

Temp., T °C	Presión de saturación, P _{sat} , kPa	Densidad, ρ kg/m ³		Entalpia de vaporización, h _{fg} , kJ/kg	Calor específico, c _p , J/kg · K		Conductividad térmica, k W/m · K		Viscosidad dinámica, μ kg/m · s		Número de Prandtl, Pr		Coeficiente de expansión volumétrica, β 1/K
		Líquido	Vapor		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2 501	4 217	1 854	0.561	0.0171	1.792 × 10 ⁻³	0.922 × 10 ⁻⁵	13.5	1.00	-0.068 × 10 ⁻³
5	0.8721	999.9	0.0068	2 490	4 205	1 857	0.571	0.0173	1.519 × 10 ⁻³	0.934 × 10 ⁻⁵	11.2	1.00	0.015 × 10 ⁻³
10	1.2276	999.7	0.0094	2 478	4 194	1 862	0.580	0.0176	1.307 × 10 ⁻³	0.946 × 10 ⁻⁵	9.45	1.00	0.733 × 10 ⁻³
15	1.7051	999.1	0.0128	2 466	4 186	1 863	0.589	0.0179	1.138 × 10 ⁻³	0.959 × 10 ⁻⁵	8.09	1.00	0.138 × 10 ⁻³
20	2.339	998.0	0.0173	2 454	4 182	1 867	0.598	0.0182	1.002 × 10 ⁻³	0.973 × 10 ⁻⁵	7.01	1.00	0.195 × 10 ⁻³
25	3.169	997.0	0.0231	2 442	4 180	1 870	0.607	0.0186	0.891 × 10 ⁻³	0.987 × 10 ⁻⁵	6.14	1.00	0.247 × 10 ⁻³
30	4.246	996.0	0.0304	2 431	4 178	1 875	0.615	0.0189	0.798 × 10 ⁻³	1.001 × 10 ⁻⁵	5.42	1.00	0.294 × 10 ⁻³
35	5.628	994.0	0.0397	2 419	4 178	1 880	0.623	0.0192	0.720 × 10 ⁻³	1.016 × 10 ⁻⁵	4.83	1.00	0.337 × 10 ⁻³
40	7.384	992.1	0.0512	2 407	4 179	1 885	0.631	0.0196	0.653 × 10 ⁻³	1.031 × 10 ⁻⁵	4.32	1.00	0.377 × 10 ⁻³
45	9.593	990.1	0.0655	2 395	4 180	1 892	0.637	0.0200	0.596 × 10 ⁻³	1.046 × 10 ⁻⁵	3.91	1.00	0.415 × 10 ⁻³
50	12.35	988.1	0.0831	2 383	4 181	1 900	0.644	0.0204	0.547 × 10 ⁻³	1.062 × 10 ⁻⁵	3.55	1.00	0.451 × 10 ⁻³
55	15.76	985.2	0.1045	2 371	4 183	1 908	0.649	0.0208	0.504 × 10 ⁻³	1.077 × 10 ⁻⁵	3.25	1.00	0.484 × 10 ⁻³
60	19.94	983.3	0.1304	2 359	4 185	1 916	0.654	0.0212	0.467 × 10 ⁻³	1.093 × 10 ⁻⁵	2.99	1.00	0.517 × 10 ⁻³
65	25.03	980.4	0.1614	2 346	4 187	1 926	0.659	0.0216	0.433 × 10 ⁻³	1.110 × 10 ⁻⁵	2.75	1.00	0.548 × 10 ⁻³
70	31.19	977.5	0.1983	2 334	4 190	1 936	0.663	0.0221	0.404 × 10 ⁻³	1.126 × 10 ⁻⁵	2.55	1.00	0.578 × 10 ⁻³
75	38.58	974.7	0.2421	2 321	4 193	1 948	0.667	0.0225	0.378 × 10 ⁻³	1.142 × 10 ⁻⁵	2.38	1.00	0.607 × 10 ⁻³
80	47.39	971.8	0.2935	2 309	4 197	1 962	0.670	0.0230	0.355 × 10 ⁻³	1.159 × 10 ⁻⁵	2.22	1.00	0.653 × 10 ⁻³
85	57.83	968.1	0.3536	2 296	4 201	1 977	0.673	0.0235	0.333 × 10 ⁻³	1.176 × 10 ⁻⁵	2.08	1.00	0.670 × 10 ⁻³
90	70.14	965.3	0.4235	2 283	4 206	1 993	0.675	0.0240	0.315 × 10 ⁻³	1.193 × 10 ⁻⁵	1.96	1.00	0.702 × 10 ⁻³
95	84.55	961.5	0.5045	2 270	4 212	2 010	0.677	0.0246	0.297 × 10 ⁻³	1.210 × 10 ⁻⁵	1.85	1.00	0.716 × 10 ⁻³
100	101.33	957.9	0.5978	2 257	4 217	2 029	0.679	0.0251	0.282 × 10 ⁻³	1.227 × 10 ⁻⁵	1.75	1.00	0.750 × 10 ⁻³
110	143.27	950.6	0.8263	2 230	4 229	2 071	0.682	0.0262	0.255 × 10 ⁻³	1.261 × 10 ⁻⁵	1.58	1.00	0.798 × 10 ⁻³
120	198.53	943.4	1.121	2 203	4 244	2 120	0.683	0.0275	0.232 × 10 ⁻³	1.296 × 10 ⁻⁵	1.44	1.00	0.858 × 10 ⁻³
130	270.1	934.6	1.496	2 174	4 263	2 177	0.684	0.0288	0.213 × 10 ⁻³	1.330 × 10 ⁻⁵	1.33	1.01	0.913 × 10 ⁻³
140	361.3	921.7	1.965	2 145	4 286	2 244	0.683	0.0301	0.197 × 10 ⁻³	1.365 × 10 ⁻⁵	1.24	1.02	0.970 × 10 ⁻³
150	475.8	916.6	2.546	2 114	4 311	2 314	0.682	0.0316	0.183 × 10 ⁻³	1.399 × 10 ⁻⁵	1.16	1.02	1.025 × 10 ⁻³
160	617.8	907.4	3.256	2 083	4 340	2 420	0.680	0.0331	0.170 × 10 ⁻³	1.434 × 10 ⁻⁵	1.09	1.05	1.145 × 10 ⁻³
170	791.7	897.7	4.119	2 050	4 370	2 490	0.677	0.0347	0.160 × 10 ⁻³	1.468 × 10 ⁻⁵	1.03	1.05	1.178 × 10 ⁻³
180	1 002.1	887.3	5.153	2 015	4 410	2 590	0.673	0.0364	0.150 × 10 ⁻³	1.502 × 10 ⁻⁵	0.983	1.07	1.210 × 10 ⁻³
190	1 254.4	876.4	6.388	1 979	4 460	2 710	0.669	0.0382	0.142 × 10 ⁻³	1.537 × 10 ⁻⁵	0.947	1.09	1.280 × 10 ⁻³
200	1 553.8	864.3	7.852	1 941	4 500	2 840	0.663	0.0401	0.134 × 10 ⁻³	1.571 × 10 ⁻⁵	0.910	1.11	1.350 × 10 ⁻³
220	2 318	840.3	11.60	1 859	4 610	3 110	0.650	0.0442	0.122 × 10 ⁻³	1.641 × 10 ⁻⁵	0.865	1.15	1.520 × 10 ⁻³
240	3 344	813.7	16.73	1 767	4 760	3 520	0.632	0.0487	0.111 × 10 ⁻³	1.712 × 10 ⁻⁵	0.836	1.24	1.720 × 10 ⁻³
260	4 688	783.7	23.69	1 663	4 970	4 070	0.609	0.0540	0.102 × 10 ⁻³	1.788 × 10 ⁻⁵	0.832	1.35	2.000 × 10 ⁻³
280	6 412	750.8	33.15	1 544	5 280	4 835	0.581	0.0605	0.094 × 10 ⁻³	1.870 × 10 ⁻⁵	0.854	1.49	2.380 × 10 ⁻³
300	8 581	713.8	46.15	1 405	5 750	5 980	0.548	0.0695	0.086 × 10 ⁻³	1.965 × 10 ⁻⁵	0.902	1.69	2.950 × 10 ⁻³
320	11 274	667.1	64.57	1 239	6 540	7 900	0.509	0.0836	0.078 × 10 ⁻³	2.084 × 10 ⁻⁵	1.00	1.97	—
340	14 586	610.5	92.62	1 028	8 240	11 870	0.469	0.110	0.070 × 10 ⁻³	2.255 × 10 ⁻⁵	1.23	2.43	—
360	18 651	528.3	144.0	720	14 690	25 800	0.427	0.178	0.060 × 10 ⁻³	2.571 × 10 ⁻⁵	2.06	3.73	—
374.14	22 090	317.0	317.0	0	∞	∞	∞	∞	0.043 × 10 ⁻³	4.313 × 10 ⁻⁵	—	—	—

Nota 1: La viscosidad cinemática ν y la difusividad térmica α se pueden calcular a partir de sus definiciones, $\nu = \mu/\rho$ y $\alpha = k/\rho c_p = \nu/Pr$. Las temperaturas de 0.01°C, 100°C y 374.14°C son las temperaturas de los puntos triple, de ebullición y crítico del agua, respectivamente. Las propiedades cuya lista se da arriba (excepto la densidad del vapor) se pueden usar a cualquier presión con error despreciable, excepto a temperaturas cercanas al valor del punto crítico.

Nota 2: La unidad kJ/kg · °C, para el calor específico, es equivalente a kJ/kg · K y la unidad W/m · °C, para la conductividad térmica es equivalente a W/m · K. Fuente: Los datos de la viscosidad y la conductividad térmica se tomaron de J. V. Sengers y J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1986), págs. 291-1322. Los otros datos se obtuvieron de diversas fuentes o se calcularon.

3. CENGEL, Yungus. *Transferencia de Calor y Masa. Un enfoque práctico.* 3ed. Mc. Graw Hill Interamericana. 2007.

Anexo 14 – Catálogo de acero inoxidable TODO DE INOXIDABLE



CONEXIONES | BRIDAS | VALVULAS | TUBERIA

MANUAL TUBERIA PIPE

Pipe Size	OD	ID	Schedules	Wall
1/8"	0.405	0.307	10, 10S	0.049
1/8"	0.405	0.269	40, ST, 40S	0.269
1/8"	0.405	0.215	80, XS, 80S	0.095
1/4"	0.54	0.41	10, 10S	0.065
1/4"	0.54	0.364	40, ST, 40S	0.088
1/4"	0.54	0.302	80, XS, 80S	0.119
3/8"	0.675	0.545	10, 10S	0.065
3/8"	0.675	0.493	40, ST, 40S	0.091
3/8"	0.675	0.423	80, XS, 80S	0.126
1/2"	0.84	0.71	5, 5S	0.71
1/2"	0.84	0.674	10, 10S	0.674
1/2"	0.84	0.622	40, ST, 40S	0.622
1/2"	0.84	0.546	80, XS, 80S	0.546
1/2"	0.84	0.464	160	0.464
1/2"	0.84	0.252	XX	0.252
3/4"	1.05	0.92	5, 5S	0.065
3/4"	1.05	0.884	10, 10S	0.083
3/4"	1.05	0.824	40, ST, 40S	0.113
3/4"	1.05	0.742	80, XS, 80S	0.154
3/4"	1.05	0.612	160	0.219
3/4"	1.05	0.434	XX	0.308
1"	1.315	1.185	5, 5S	0.065
1"	1.315	1.097	10, 10S	0.109
1"	1.315	1.049	40, ST, 40S	0.133
1"	1.315	0.957	80, XS, 80S	0.179
1"	1.315	0.815	160	0.25
1"	1.315	0.599	XX	0.358

www.tododelinoxidable.com

ventas@tododelinoxidable.com

TORREON, COAH
TELS: (871) 193.70.74 Y 75

Pipe Size	OD	ID	Schedules	Wall
1 1/4"	1.66	1.53	5, 5S	0.065
1 1/4"	1.66	1.442	10, 10S	0.109
1 1/4"	1.66	1.38	40, ST, 40S	0.14
1 1/4"	1.66	1.278	80, XS, 80S	0.191
1 1/4"	1.66	1.16	160	0.25
1 1/4"	1.66	0.896	XX	0.382
1 1/2"	1.9	1.77	5, 5S	0.065
1 1/2"	1.9	1.682	10, 10S	0.109
1 1/2"	1.9	1.61	40, ST, 40S	0.145
1 1/2"	1.9	1.5	80, XS, 80S	0.2
1 1/2"	1.9	1.338	160	0.281
1 1/2"	1.9	1.1	XX	0.4
2"	2.375	2.245	5, 5S	0.065
2"	2.375	2.157	10, 10S	0.109
2"	2.375	2.067	40, ST, 40S	0.154
2"	2.375	1.939	80, XS, 80S	0.218
2"	2.375	1.687	160	0.344
2"	2.375	1.503	XX	0.436
2 1/2"	2.875	2.709	5, 5S	0.083
2 1/2"	2.875	2.635	10, 10S	0.12
2 1/2"	2.875	2.469	40, ST, 40S	0.203
2 1/2"	2.875	2.323	80, XS, 80S	0.276
2 1/2"	2.875	2.125	160	0.375
2 1/2"	2.875	1.771	XX	0.552

Anexo 15 – catálogo spirax sarco para pérdidas por fricción

Friction Loss for Water in Feet per 100 ft. Schedule 40 Steel Pipe

Table 35: Friction Loss* for Water in Feet per 100 ft. Schedule 40 Steel Pipe

U.S. Gal/Min.	Velocity Ft/Sec.	hf Friction	U.S. Gal/Min.	Velocity Ft/Sec.	hf Friction	U.S. Gal/Min.	Velocity Ft/Sec.	hf Friction
3/8" PIPE			1-1/4" PIPE			3" PIPE		
1.4	2.35	9.03	12	2.57	2.85	50	2.17	.762
1.6	2.66	11.6	14	3.00	3.77	60	2.60	1.06
1.8	3.02	14.3	16	3.43	4.83	70	3.04	1.40
2.0	3.36	17.3	18	3.86	6.00	80	3.47	1.81
2.5	4.20	26.0	20	4.29	7.30	90	3.91	2.26
3.0	5.04	36.0	22	4.72	8.72	100	4.34	2.75
3.5	5.88	49.0	24	5.15	10.27	120	5.21	3.88
4.0	6.72	63.2	26	5.58	11.94	140	6.08	5.19
5.0	8.40	90.1	28	6.01	13.7	160	6.94	6.68
6	10.08	136	30	6.44	15.6	180	7.81	8.38
7	11.8	182	35	7.51	21.9	200	8.68	10.2
8	13.4	236	40	8.58	27.1	220	9.55	12.3
9	15.1	297	45	9.65	33.8	240	10.4	14.5
10	16.8	364	50	10.7	41.4	260	11.3	16.9
			55	11.8	49.7	280	12.2	19.5
			60	12.9	58.6	300	13.0	22.1
			65	13.9	68.0	320	13.9	24.9
			70	15.0	79.2			
			75	16.1	90.6			
1/2" PIPE			1-1/2" PIPE			4" PIPE		
2	2.11	5.50	16	2.52	2.26	100	2.52	.718
2.5	2.64	8.24	18	2.84	2.79	120	3.02	1.01
3	3.17	11.5	20	3.15	3.38	140	3.53	1.35
3.5	3.70	15.3	22	3.47	4.05	160	4.03	1.71
4.0	4.22	19.7	24	3.78	4.76	180	4.54	2.14
5	5.28	29.7	26	4.10	5.54	200	5.04	2.61
6	6.34	42.0	28	4.41	6.34	220	5.54	3.13
7	7.39	56.0	30	4.73	7.20	240	6.05	3.70
8	8.45	72.1	35	5.51	9.53	260	6.55	4.30
9	9.50	90.1	40	6.30	12.41	280	7.06	4.95
10	10.56	110.6	45	7.04	15.89	300	7.56	5.63
12	12.7	156	50	7.88	19.9	320	8.02	6.34
14	14.8	211	55	8.67	22.7	350	9.02	7.54
16	16.9	270	60	9.46	26.7	400	10.10	9.75
			65	10.24	31.2	450	11.4	12.3
			70	11.03	36.0	500	12.6	14.4
			75	11.8	41.2	550	13.9	18.1
			80	12.6	46.6	600	15.1	21.4
			85	13.4	52.4			
			90	14.2	58.7			
			95	15.0	65.0			
			100	15.8	71.6			
						5" PIPE		
			25	2.39	1.48	160	2.57	.557
			30	2.87	2.10	180	2.89	.698
			35	3.35	2.79	200	3.21	.847
			40	3.82	3.57	220	3.53	1.01
			45	4.30	4.40	240	3.85	1.19
			50	4.78	5.37	260	4.17	1.38
			60	5.74	7.58	300	4.81	1.82
			70	6.69	10.2	350	5.61	2.43
			80	7.65	13.1	400	6.41	3.13
			90	8.60	16.3	450	7.22	3.92
			100	9.56	20.0	500	8.02	4.79
			120	11.5	28.5	600	9.02	6.77
			140	13.4	38.2	700	11.2	9.13
			160	15.3	49.5	800	12.8	11.8
						900	14.4	14.8
						1000	16.0	18.2
						6" PIPE		
			35	2.35	1.15	220	2.44	.411
			40	2.68	1.47	240	2.66	.482
			45	3.02	1.84	260	2.89	.560
			50	3.35	2.23	300	3.33	.733
			60	4.02	3.13	350	3.89	.980
			70	4.69	4.18	400	4.44	1.25
			80	5.36	5.36	450	5.00	1.56
			90	6.03	6.69	500	5.55	1.91
			100	6.70	8.18	600	6.66	2.69
			120	8.04	11.5	700	7.77	3.60
			140	9.38	15.5	800	8.88	4.64
			160	10.7	20.0	900	9.99	5.81
			180	12.1	25.2	1000	11.1	7.10
			200	13.4	30.7	1100	12.2	8.52
			220	14.7	37.1	1200	13.3	10.1
			240	16.1	43.8	1300	14.4	11.7
						1400	15.5	13.6

* Aging Factor Included

SYSTEM DESIGN

Friction Head Loss for Water

Table 36: Equivalent Length in Feet of New Straight Pipe for Valves and Fittings for Turbulent Flow Only

Fittings			Pipe Size																							
			1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24			
	Screwed	Steel	2.3	3.1	3.6	4.4	5.2	6.0	7.4	8.5	9.3	11	13													
		C.I.											9.0	11												
Regular 90° ELL	Flanged	Steel		.92	1.2	1.6	2.1	2.4	3.1	3.6	4.4	5.9	7.3	8.9	12	14	17	18	21	23	25	30				
		C.I.										3.6	4.8		7.2	9.8	12	15	17	19	22	24	28			
	Screwed	Steel	1.5	2.0	2.2	2.3	2.7	3.2	3.4	3.6	3.6	4.0	4.6													
		C.I.										3.3	3.7													
Long Radius 90° ELL	Flanged	Steel			1.1	1.3	1.6	2.0	2.3	2.7	2.9	3.4	4.2	5.0	5.7	7.0	8.0	9.0	9.4	10	11	12	14			
		C.I.										2.8	3.4		4.7	5.7	6.8	7.8	8.6	9.6	11	11	13			
	Screwed	Steel	.34	.52	.71	.92	1.3	1.7	2.1	2.7	3.2	4.0	5.5													
		C.I.										3.3	4.5													
Regular 45° ELL	Flanged	Steel			.45	.59	.81	1.1	1.3	1.7	2.0	2.6	3.5	4.5	5.6	7.7	9.0	11	13	15	16	18	22			
		C.I.										2.1	2.9		4.5	6.3	8.1	9.7	12	13	15	17	20			
	Screwed	Steel	.79	1.2	1.7	2.4	3.2	4.6	5.6	7.7	9.3	12	17													
		C.I.										9.9	14													
Tee-Line Flow	Flanged	Steel			.69	.82	1.0	1.3	1.5	1.8	1.9	2.2	2.8	3.3	3.8	4.7	5.2	6.0	6.4	7.2	7.6	8.2	9.6			
		C.I.										1.9	2.2		3.1	3.9	4.6	5.2	5.9	6.5	7.2	7.7	8.8			
	Screwed	Steel	2.4	3.5	4.2	5.3	6.6	8.7	9.9	12	13	17	21													
		C.I.										14	17													
Tee-Branch Flow	Flanged	Steel			2.0	2.6	3.3	4.4	5.2	6.6	7.5	9.4	12	15	18	24	30	34	37	43	47	52	62			
		C.I.										7.7	10		15	20	25	30	35	39	44	49	57			
	Screwed	Steel	2.3	3.1	3.6	4.4	5.2	6.6	7.4	8.5	9.3	11	13													
		C.I.										9.0	11													
	Reg. Flanged	Steel			.92	1.2	1.6	2.1	2.4	3.1	3.6	4.4	5.9	7.3	8.9	12	14	17	19	21	23	25	30			
		C.I.										3.6	4.8		7.2	9.8	12	15	17	19	22	24	28			
Long Rad. Flanged	Steel			1.1	1.3	1.6	2.0	2.3	2.7	2.9	3.4	4.2	5.0	5.7	7.0	8.0	9.0	9.4	10	11	12	14				
	C.I.										2.8	3.4		4.7	5.7	6.8	7.8	8.6	9.6	11	11	13				
	Screwed	Steel	21	22	22	24	29	37	42	54	62	79	110													
		C.I.										65	80													
Globe Valve	Flanged	Steel			.38	.40	.45	.54	.59	.70	.77	.94	120	150	190	260	310	390								
		C.I.										77	99		150	210	270	330								
	Screwed	Steel	.32	.45	.56	.67	.84	1.1	1.2	1.5	1.7	1.9	2.5													
		C.I.										1.6	2.0													
Gate Valve	Flanged	Steel								2.6	2.7	2.8	2.9	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2			
		C.I.										2.3	2.4		2.6	2.7	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0			
	Screwed	Steel	12.8	15	15	15	17	18	18	18	18	18	18													
		C.I.										15	15													
Angle Valve	Flanged	Steel			.15	.15	.17	.18	.18	.21	.22	.28	.38	.50	.63	.90	120	140	160	190	210	240	300			
		C.I.										23	31		52	74	98	120	150	170	200	230	280			
	Screwed	Steel	7.2	7.3	8.0	8.8	11	13	15	19	22	27	38													
		C.I.										22	31													
Swing Check Valve	Flanged	Steel			.38	.53	.72	1.0	1.2	1.7	2.1	2.7	3.8	.50	.63	.90	120	140								
		C.I.										22	31		52	74	98	120								
	Screwed	Steel	.14	.18	.21	.24	.29	.36	.39	.45	.47	.53	.65													
		C.I.										.44	.52													
	Bell Mouth Inlet	Steel	.04	.07	.10	.13	.18	.26	.31	.43	.52	.67	.95	1.3	1.6	2.3	2.9	3.5	4.0	4.7	5.3	6.1	7.6			
		C.I.										.55	.77		1.3	1.9	2.4	3.0	3.6	4.3	5.0	5.7	7.0			
	Square Mouth Inlet	Steel	.44	.68	.96	1.3	1.8	2.6	3.1	4.3	5.2	6.7	9.5	13	16	23	29	35	40	47	53	61	76			
		C.I.										5.5	7.7		13	19	24	30	36	43	50	57	70			
	Re-entrant Pipe	Steel	.88	1.4	1.9	2.6	3.6	5.1	6.2	8.5	10	13	19	25	32	45	58	70	80	95	110	120	150			
		C.I.										11	15		20	27	34	41	49	57	66	76	88	110		
	V-Strainer	Steel	4.6	5.0	6.6	7.7	18	20	27	29	34	42	53	61												
		C.I.																								
	Sudden Enlargement	Steel	$h = \frac{V_1 - V_2}{2g}$ FEET OF LIQUID; IF $V_2 = 0$ $h = \frac{V_1^2}{2g}$ FEET OF LIQUID																							
		C.I.																								

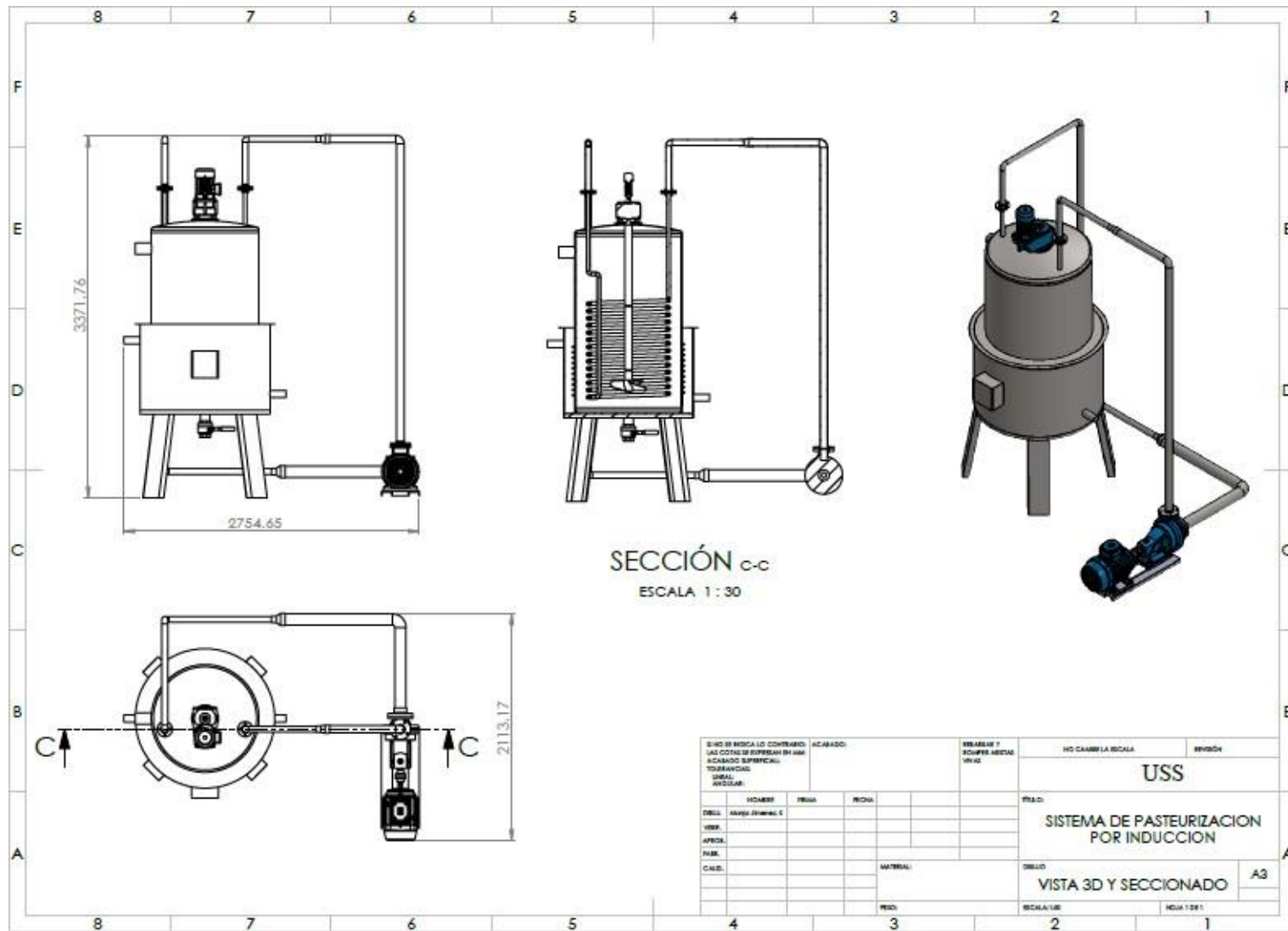
Reprinted from the STANDARDS OF THE HYDRAULIC INSTITUTE, Eleventh Edition.
Copyright 1965 by the Hydraulic Institute, 122 East 42nd Street, New York, New York 10017.

4. SPIRAX SARCO. *Design of fluid systems. Hook ups.* 2011.

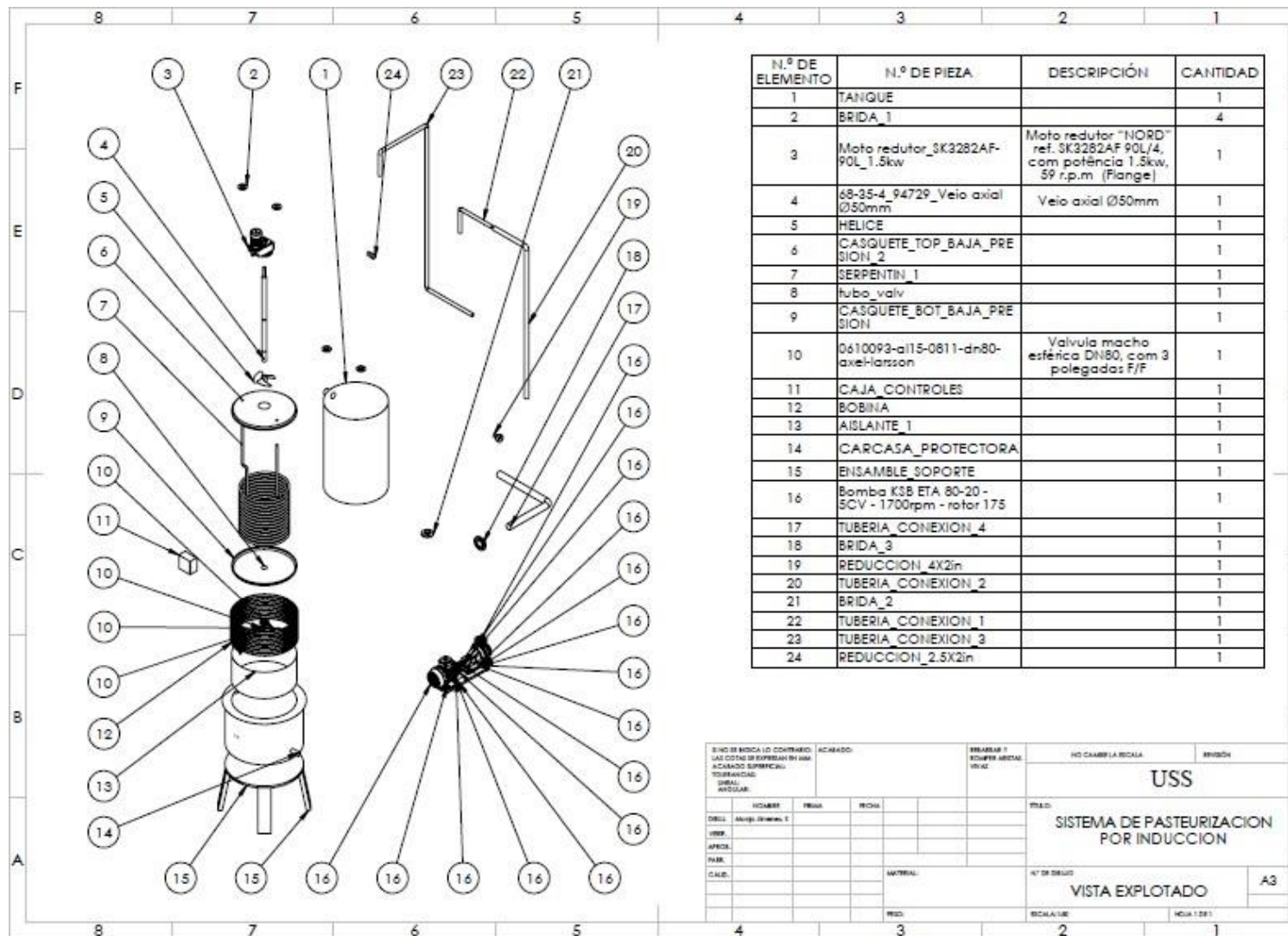
**ANEXO No 16 Propiedades físicas y eléctricas del acero 304 (Tablas técnicas del
acero inoxidable, 2012)**

TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE		SERIE 300 -						
		Acero al Cromo Níquel						
DESIGNACIÓN	TIPO ASTM (AISI)	301	302	303	304	304 L	321	
		COMPOSICIÓN QUÍMICA	C% 0,15 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 16,0018,00 Ni% 6,008,00	C% 0,15 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 17,0019,00 Ni% 8,0010,00	C% 0,15 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 17,0019,00 Ni% 8,0010,00 S% 0,15 Min,	C% 0,08 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 18,0020,00 Ni% 8,0010,50	C% 0,030 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 18,0020,00 Ni% 8,0012,00	C% 0,08 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 17,0019,00 Ni% 9,0012,00 Ti%>5xC%0,07
PROPIEDADES FÍSICAS	PESO ESPECÍFICO (g/cm ³)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	
	MÓDULO DE ELASTICIDAD (N/mm ²)	193.000	193.000	193.000	193.000	193.000	193.000	
	ESTRUCTURA	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	
	CALOR ESPECÍFICO A 20C (J/Kg K)	500	500	500	500	500	500	
	CONDUCTIBILIDAD TÉRMICA (W/m K)	a 100 C a 150 C	16 21	16 21	16 21	16 21	16 21	16 21,5
	COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICO MEDIO (x 10 ⁶ C ⁻¹)	0100 C 0300 C 0500 C 0700 C	16,92 17,10 18,18 18,72	17,28 17,82 18,36 18,72	17,3 17,8 18,4 18,7	17,30 17,80 18,40 18,80	17,30 17,80 18,40 18,80	16,74 17,10 18,54 19,26
	INTERVALO DE FUSIÓN (C)		13981420	13981420	13981420	13981454	13981454	13981427
PROPIEDADES ELÉCTRICAS	PERMEABILIDAD TÉRMICA EN ESTADO SOLUBLE RECOCIDO	AMAGNÉTICO 1,02	AMAGNÉTICO 1,008	AMAGNÉTICO 1,008	AMAGNÉTICO 1,008	AMAGNÉTICO 1,008	AMAGNÉTICO 1,008	
	CAPACIDAD DE RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20C (μΩm)	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	

ANEXO No 17 Planos del Equipos – Plano General

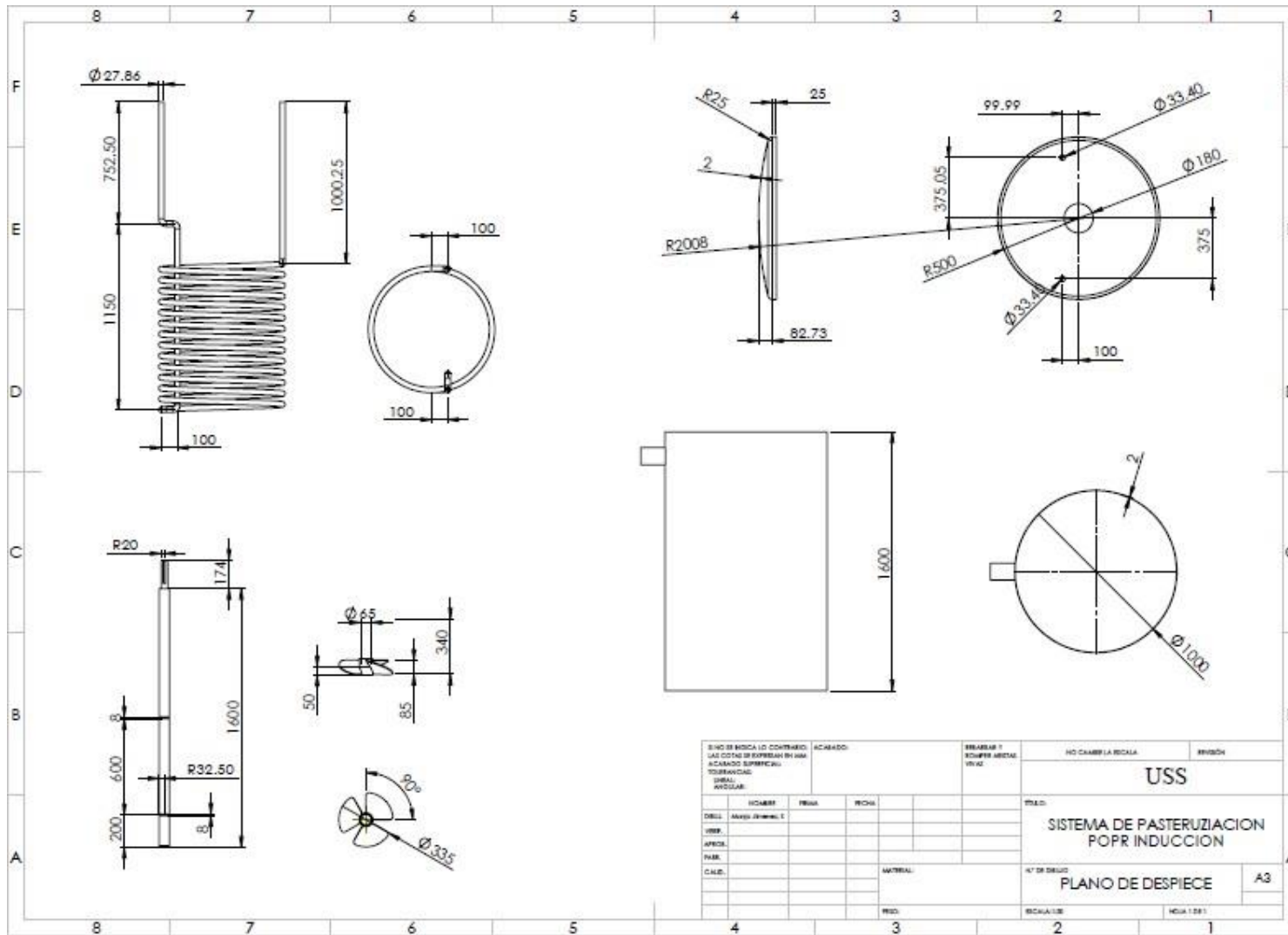


ANEXO No 18 Planos del Equipos – Vista de Explotado



SI NO SE BOCA LO CONTIENE: LAS COTAS DE SUPERFICIA EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TORNEADO: USUAL: ARTICULAR:	ACABADO: BUBARRAS P: BUBARRAS ABERTAS: VENTAS:	NO CAMBIA LA BOCA: ANVISO:	USS
DISEÑO: ANEXO 18 PLANOS USU: USS APROB: USS PAIS: USS CALIF: USS	MATERIAL: PESO:	ESTADO: SISTEMA DE PASTEURIZACION POR INDUCCION	VISTA EXPLOTADO
		Nº DE DIBUJO:	A3
		ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1

ANEXO No 19 Planos del Equipos – Planos de Despiece



ANEXO No 20. Tabla parámetros de cinética de muerte térmica de microorganismos

Microbiología General
Tema 3.- Técnicas de eliminación y de conservación de microorganismos

Organismo	Temp. (°C)	D (seg)	z (°C)
➤ <i>Bacillus stercophilus</i>			
TH4 (en agua)	120	1.000	7.3
FS 7954 (en tampón fosfato)	121	6	8.3
NCIB 8919 (en agua)	121	186	7.0
➤ <i>Bacillus subtilis</i>			
5230 (en agua)	121	6.0	8.3
5230 (en tampón fosfato)	121	21.9	8.8
➤ <i>Clostridium botulinum</i>			
Tipo A (en agua)	121	6.0	8.3
A35B (en tampón fosfato)	121	19.2	10.8
213B (en vegetales)	121	6.6	9.8
213B (en tampón fosfato)	110	96	10.3
62A (en puré de guisantes)	121	5.34	8.3
➤ <i>Clostridium thermosaccharolyticum</i>			
S9 (en agua)	132	4.4	6.9
➤ <i>Desulfotomaculum nigrificans</i>			
ATCC7946	121	1.550	6.7
➤ <i>Escherichia coli</i>			
Agua	55	402	3.6