DISEÑO DE UN EQUIPO MÓVIL DE REFRIGERACIÓN PARA EL ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE LECHE CRUDA EN ZONAS RURALES

SERGIO ANDRES ALARCON FONSECA
JEFFERSON DUBAN CRUZ RINCÓN

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2.017

DISEÑO DE UN EQUIPO MÓVIL DE REFRIGERACIÓN PARA EL ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE LECHE CRUDA EN ZONAS RURALES

SERGIO ANDRES ALARCON FONSECA
JEFFERSON DUBAN CRUZ RINCÓN

Proyecto integral para optar por el título de
INGENIERO MECÁNICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2.017

Nota de aceptación:

_____
_____
_____
_____
_____
_____

_____
Ing. Gabriel Hernando Rivera Rodríguez
Presidente del jurado

_____
Ing. Edwin R. Rivera Casadiego
Jurado 1

_____
Ing. Carlos Urrego Rodríguez
Jurado 2

Bogotá D.C 08/08/2017

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada GarcíaPeña

Vicerrector Académico y de Postgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García-Peña

Decano General Facultad de Ingenierías

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director del Programa de Ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

Las directivas de la Universidad de América, los jurados y el cuerpo docente no se hacen responsables por los criterios e indicios expuestos en este documento, esta responsabilidad corresponde únicamente a los autores.

A Dios primeramente por permitirme estudiar y superar aquellos obstáculos que se presentaron, a mi madre Alicia Rincon Guerrero y a mi padre Jorge Eliecer Cruz Cano, que con sus inalcanzables esfuerzos me han permitido obtener una formación ejemplar tanto personal como profesional, A mis hermanos en los cuales pude encontrar un gran apoyo para lograr todos mis objetivos personales.

Jefferson Duban Cruz Rincón

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi madre Dayan Fonseca y mi padre Sergio Hernando Alarcón, por darme la vida, creer en mí y porque siempre me apoyaron pese a las dificultades. Padres gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto se los debo a ustedes.

A mis amigos y compañero de tesis por estar junto a mí en este esfuerzo.

Sergio Andres Alarcon Fonseca

Jefferson Duban Cruz Rincón y Sergio Andrés Alarcón Fonseca expresan sus agradecimientos a las siguientes personas por su participación en este proyecto.

Ing. Gabriel Hernando Rivera Rodríguez. Orientador del proyecto. Integrante del comité de Proyecto de Grado. Fundación Universidad de América.

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil. Director del Departamento de Ingeniería Mecánica. Fundación Universidad de América

Ing. Carlos Urrego Rodríguez. Docente. Facultad de Ingeniería Mecánica. Integrante del comité de Proyecto de Grado. Fundación Universidad de América. Por su orientación en el área de refrigeración.

Ing. Carlos Arturo Mendoza Neira. Docente. Facultad de Ingeniería Mecánica. Fundación Universidad de América. Por su orientación en el área de refrigeración y termodinámica.

Ing. Eduwin R. Rivera Casadiego. Docente. Facultad de Ingeniería Mecánica. Fundación Universidad de América. Por su orientación en el área diseño mecánico y simulación.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN

1. GENERALIDADES DEL SECTOR LECHERO 20
1.1 PROPIEDADES ORGANOLEPTICAS DE LA LECHE 20
1.1.1 Color 20
1.1.2 Olor 21
1.1.3 Sabor 21
1.1.4 Textura 21
1.1.5 Propiedades fisicas de la leche 21
1.2 COMPOSICIÓN DE LA LECHE CRUDA 22
1.2.1 Materia grasa 22
1.2.2 Lactosa 23
1.2.3 Sustancias nitrogenadas 23
1.2.4 Minerales 24
1.2.5 Vitaminas 24
1.3 PRODUCCION DE LECHE EN COLOMBIA 24
1.3.1 Tendencias de la produccion en Colombia 26
1.3.2 Calidad de leche en Colombia 27
1.4 METODO DE PAGO A PROVEEDORES 29
1.4.1 Metodologia de pago 29
1.4.2 Bonificaciones obligatorias 30
1.4.3 Bonificaciones voluntarias 31
1.4.4 Costo de transporte 31
1.5 REQUISITOS DE LA LECHE PARA EL CONSUMO HUMANO 32
1.6 DIAGNOSTICO A NIVEL REGIONAL 33
1.6.1 Transporte de la leche (Finca-Planta) 34

2. SISTEMAS DE REFRIGERACION Y CONCEPTOS BASICOS 35
2.1 RANGOS DE TEMPERATURAS 35
2.2 SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN 36
2.2.1 Sistema de refrigeracion por compresión 36
2.2.2 Sistema de refrigeracion por absorción 37
2.2.3 Sistemas de refrigeracion instantanea 38
2.3 FUENTES DE ENERGÍA PARA SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN 39
2.4 REFRIGERANTES 40
2.4.1 Clases de refrigerantes 41
2.4.2 Denominación de refrigerantes por composición 41
2.4.3 Denominación de refrigerantes por número de seguridad 42
2.5 SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO Y ASILAMIENTO 42
2.5.1 Normatividad en el diseño de tanques 43
2.5.2 Tanques de dos ordeños 44

2.5.3 Tanque de cuatro ordeños 44

3. PARÁMETROS DE DISEÑO 46
3.1 SISTEMA DE ENERGÍA 46
3.2 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN 46
3.3 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO 46
3.4 SISTEMA ESTRUCTURAL 47

4. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS 48
4.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 48
4.2 DISEÑO CONCEPTUAL Y FUNCIONAL 49
4.3 ALTERNATIVAS SISTEMA DE ALMACENAMIENTO 49
4.4 ALTERNATIVAS PARA EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN 51
4.5 ALTERNATIVAS PARA EL SISTEMA DE ENERGÍA 55

5. DISEÑO DETALLADO 61
5.1 CÁLCULO SISTEMA DE ALMACENAMIENTO 61
5.1.1 Metodologia de calculo sistema de almacenamiento 61
5.1.2 Determinacion de las dimensiones de tanque y geometria 62
5.1.3 Calculo espesor en el tanque 64
5.1.4 Determinación componentes adicionales 66
5.1.4.1 Determinacion de rompeolas 67
5.1.4.2 Calculo de soportes 67
5.1.4.3 Calculo espesor de aislante 72
5.1.4.4 Calculo esfuerzos en las soldaduras del tanque 76
5.1.4.5 Asignación aberturas en el tanque de almacenamiento 82
5.2 CÁLCULO SISTEMA ESTRUCTURAL 83
5.2.1 Análisis vigas 84
5.2.2 Calculo masa de la estructura 88
5.3 CÁLCULO DE TORNILLOS 91
5.3.1 Cálculo tornillos estructura-tanque 91
5.3.2 Cálculo tornillos Conjunto-trailer 95
5.4 CÁLCULO SISTEMA DE REFRIGERACIÓN 98
5.4.1 Metodologia de calculo 98
5.4.2 Calculo cantidad de calor a remover en el sistema 98
5.4.3 Calculo masa necesaria del refrigerante 99
5.4.4 Dimensionamiento recipientes del sistema de refrigeración 101
5.4.5 Calculo coeficientes de convección 101
5.4.5.1 Calculo coeficiente de convección leche cruda 102
5.4.5.2 Calculo coeficiente de convección del amoniaco 105
5.4.5.3 Calculo longitud serpentines 109
5.5 SELECCIÓN TRAILER DE MOVILIZACIÓN 110
5.5.1 Requerimientos dimensionales 110
5.5.2 Requerimientos de capacidad 111
5.5.3 Requerimientos de construcción 111

5.5.4 Requerimientos sistema de acoplamiento 111
5.6 ESTUDIO SISTEMA DE ENERGIA 113
5.6.1 Selección del sistema de energia 116
5.7 ENSAMBLE Y FUNCIONAMIENTO SISTEMA DE REFRIGERACIÓN 120

6. SIMULACIÓN POR ELEMENTOS FINITOS 121
6.1 ANÁLISIS TANQUE DE ALMACENAMIENTO 121
6.1.1 Deformaciones máximas en el tanque 122
6.1.2 Esfuerzos máximos en el tanque 123
6.2 ANÁLISIS ESTRUCTURA 123
6.2.1 Deformaciones máximas en la estructura 125
6.2.2 Esfuerzos máximos en la estructura 125
6.3 ANÁLISIS SOPORTES 126
6.3.1 Deformaciones máximas en los soportes 126
6.3.2 Esfuerzos máximos en los soportes 127

7. MANUALES DE OPERACIÓN 128
7.1 DATOS TECNICOS DEL EQUIPO 128
7.2 Puesta en funcionamiento del equipo 128
7.2.1 Inspeccion visual 128
7.2.2 Encendido y carga del equipo de refrigeración móvil 129
7.2.3 Diagrama de proceso 131

8. IMPACTO AMBIENTAL 132
8.1 IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL 132
8.2 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL 134

9. EVALUACIÓN FINANCIERA 137
9.1 COSTOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN 137
9.1.1 Costos de ingeniería 137
9.2.2 Costos materiales 138
9.2.3 Costos fabricación 138
9.2.4 Estudio de aceptación de la máquina 139
9.2.5 Determinación costo/beneficio por adquirir el equipo 145

10. CONCLUSIONES 149

11. RECOMENDACIONES 150

BIBLIOGRAFIA 151

ANEXOS 152

LISTA DE CUADROS

pág.

Cuadro 1. Escala de ponderación 48
Cuadro 2. Escala de satisfacción 48
Cuadro 3. Matriz de selección del sistema de refrigeración 55
Cuadro 4. Matriz de selección de la fuente de energía 60
Cuadro 5. Condiciones para el cálculo del sistema de almacenamiento 61
Cuadro 6. Comparación factores de seguridad 126
Cuadro 7. Calificación del impacto ambiental 132
Cuadro 8. Matriz impactos ambientales del proyecto 133
Cuadro 9. Criterios de selección del impacto 134
Cuadro 10. Evaluación del impacto ambiental 134

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Resumen especificaciones del tanque de almacenamiento 66
Tabla 2. Resumen datos dimensiones tanque 70
Tabla 3. Determinación del espesor aislante 75
Tabla 4. Cargas constantes permisibles 78
Tabla 5. Esfuerzos permisibles para el Código AISC para metal de aporte 80
Tabla 6. Propiedades acero ASTM A36 88
Tabla 7. Propiedades del tubo estructural de acero rectangular y cuadrado 90
Tabla 8. Dimensiones de tornillos 92
Tabla 9. Especificaciones y resistencias de la SAE para pernos de acero 94
Tabla 10. Propiedades del amoniaco 99
Tabla 11. Datos necesarios para la leche cruda 102
Tabla 12. Datos necesarios para el amoniaco 105
Tabla 13. Propiedades del agua líquida a presión atmosférica 116
Tabla 14. Dimensiones cilindros de almacenamiento de gas propano 119
Tabla 15. Datos tecnicos equipo de refrigeración movil 128
Tabla 16. Costos de ingeniería 137
Tabla 17. Costos de materiales 138
Tabla 18. Costos fabricación 138
Tabla 19. Costos totales diseño y construcción 139
Tabla 20. Datos obtenidos por la encuesta 139
Tabla 21. Precios pagados por litro de leche 146
Tabla 22. Costos de transporte por litro de leche 146

LISTA DE GRAFICAS

pág.

Grafica 1. Composición típica y propiedades físicas de la leche 22
Grafica 2. Acopio anual en litros de leche cruda 2011/2016 25
Grafica 3. Acopio mensual en litros de leche cruda a marzo 2017 25
Grafica 4. Producción de leche a nivel mundial 26
Grafica 5. Producción de leche en Colombia 27
Grafica 6. Producción láctea por departamentos 28
Grafica 7. Composición de la leche en Colombia 28
Grafica 8. Precio por litro pagado al productor enero 2008 - marzo 2017 31
Grafica 9. Necesidades alimenticias del hombre y la satisfacción láctea 33
Grafica 10. Clasificación de los refrigerantes según ANSI/ASHRAE 41
Grafica 11. Curvas de enfriamiento de un tanque de dos ordeños 45
Grafica 12. Curvas de enfriamiento de un tanque de dos ordeños 45
Grafica 13. Cargas en los soportes 69
Grafica 14. Diagrama de cuerpo libre viga 85
Grafica 15. Corte realizado en la viga analizada 86
Grafica 16. Diagrama de fuerza cortante V 86
Grafica 17. Diagrama de momento flector 87
Grafica 18. Presion vs entalpía ph del amoniaco (NH_3) R717 100
Grafica 19. Gráficos preguntas de encuesta 142

LISTA DE IMÁGENES

pág.

Imagen 1. Sistema de refrigeración por compresión 36
Imagen 2. Sistema de refrigeración por absorción de amoniaco-H_2O 37
Imagen 3. Sistema de refrigeración instantáneo 38
Imagen 4. Sistema de refrigeración instantáneo con pre-enfriado 39
Imagen 5. Tanque almacenamiento refrigerado de leche estático 44
Imagen 6. Tanque horizontal 50
Imagen 7. Tanque vertical 51
Imagen 8. Sistema de refrigeración por compresión 52
Imagen 9. Sistema de refrigeración por absorción 53
Imagen 10. Alimentación eléctrica a un sistema de refrigeración 56
Imagen 11. Gas propano en sistema de refrigeración 57
Imagen 12. Panel solar en sistema de refrigeración 59
Imagen 13. Dimensiones básicas del tanque de almacenamiento 62
Imagen 14. Resumen dimensiones básicas tanque 63
Imagen 15. Esfuerzos en tanques a presión 64
Imagen 16. Dimensiones del tanque en sección perpendicular 65
Imagen 17. Dimensiones para el diseño de los soportes 68
Imagen 18. Flujo de calor en el cilindro 72
Imagen 19. Sistema de transferencia por resistencias 73
Imagen 20. Diámetros secciones del cilindro 76
Imagen 21. Diagrama general de soldaduras en filete 76
Imagen 22. Puntos críticos para análisis de soldadura en filete 77
Imagen 23. Diagrama de cuerpo libre soldadura 77
Imagen 24. Longitud cordón de soldadura 79
Imagen 25. Reacciones en los apoyos 80
Imagen 26. Diagrama general de soldaduras a Tope 81
Imagen 27. Área de unión para las cabezas 81
Imagen 28. Diagrama de cuerpo libre soldadura a Tope típica 82
Imagen 29. Aberturas en el tanque 83
Imagen 30. Vigas para análisis 84
Imagen 31. Distribución de cargas 84
Imagen 32. Distribución de esfuerzos en la sección de la viga 87
Imagen 33. Dimensiones perfil seleccionado (mm) 88
Imagen 34. Segmentos de la estructura 89
Imagen 35. Distribución pernos de anclaje estructura-tanque 91
Imagen 36. Junta con pernos sometidos a tensión 92
Imagen 37. Junta con pernos sometidos a cortante 94
Imagen 38. Distribución pernos de anclaje conjunto-tráiler 95
Imagen 39. Dimensiones generales estructura 110
Imagen 40. Acople para tráiler 112
Imagen 41. Remolque seleccionado 113

Imagen 42. Modelo tráiler Solid Edge 113
Imagen 43. Quemador atmosférico 114
Imagen 44. Colector e inyectores en un quemador atmosférico 114
Imagen 45. Becks en un quemador atmosférico 115
Imagen 46. Efecto Venturi quemador atmosférico 115
Imagen 47. modelos de quemadores atmosféricos Serprogas 117
Imagen 48. Piloto de encendido Serprogas 119
Imagen 49. Volúmenes cilindros de gas propano 119
Imagen 50. Funcionamiento sistema de refrigeración 120
Imagen 51. Tanque de almacenamiento 121
Imagen 52. Cargas y restricciones en el tanque 122
Imagen 53. Deformación máxima en el tanque 122
Imagen 54. Esfuerzos máximos en el tanque 123
Imagen 55. Estructura 124
Imagen 56. Cargas y restricciones en la estructura 124
Imagen 57. Deformaciones máximas en la estructura 125
Imagen 58. Esfuerzos máximos en la estructura 125
Imagen 59. Cargas y restricciones en los soportes 126
Imagen 60. Deformaciones máximas en los soportes 127
Imagen 61. Esfuerzos máximos en los soportes 127
Imagen 62. Nivelación equipo 128
Imagen 63. Tablero de control 129
Imagen 64. Diagrama de proceso 131
Imagen 65. Elementos de protección y etiquetado de amoniaco 136

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo A. Factores k para esfuerzos en recipientes horizontales 153
Anexo B. Temperaturas máximas registradas en Colombia IDEAM 154
Anexo C. Propiedades fiscas de distintos materiales 155
Anexo D. Factores geométricos para el análisis de soldaduras 156
Anexo E. Propiedades acero inoxidable AISI 304 157
Anexo F. Propiedades electrodo cromarco 308l-15 159
Anexo G. Propiedades acero estructural ASTM a 36 160
Anexo H. Características quemador atmosférico radial 162
Anexo I. Características piloto 77 163
Anexo J. Cotizaciones 164

RESUMEN

Durante el desarrollo de este proyecto se realizó el *"Diseño de un equipo móvil de refrigeración para el almacenamiento y transporte de leche cruda en zonas rurales",* se inició con un diagnostico actual del estado de la producción de leche cruda en Colombia, un estudio de las variables que influyen en el precio final que le es pagado al productor y de qué manera se está realizando la posterior disposición del producto.

Seguidamente se estudiaron los diferentes sistemas de refrigeración que en la actualidad existen y cuál de ellos podría aplicarse de la mejor manera al diseño; se describieron los parámetros de diseño para cada sistema y posteriormente se realizó un planteamiento de alternativas con el fin de evaluar por el método de Scoring cuál de ellas sería la más indicada para cada sistema.

Habiendo realizado lo anterior se procedió a realizar los cálculos detallados para cada sistema, así como la evaluación de los paramentos técnicos para la selección de equipos y seguidamente una simulación de los elementos críticos del sistema mediante el Software NX 9.0 con el fin de comprobar el adecuado diseño de los mismos.

Teniendo el diseño del equipo completo, se realizó el manual de operación de la máquina, el impacto ambiental que tiene la construcción del equipo y su posterior operación, por último, se ejecutó la evaluación financiera del proyecto teniendo en cuenta un estudio de aceptación del equipo en una población de productores lecheros.

Palabras clave: Diseño, Leche, Refrigeración, Absorción, Frigorífico.

INTRODUCCIÓN

El proyecto se genera a partir de la problemática que presentan los pequeños productores lecheros del país, ya que no cuentan con equipos económicos y acordes a las necesidades de producción que ellos presentan y por ende dejan de ser competitivos frente a medianos y grandes productores. La produccion lactea bovina en colombia esta constituida por el 56% de pequeños productores dejando el 44% restande dividido entre los medianos y grandes productores, es por esto que se toma este sector como de gran influencia en la industria lactea Colombiana.

Desde hace algunos años la industria alimenticia ha tenido que implementar procesos para aumentar sus índices de calidad debido a innumerables reglamentaciones que a diario el gobierno nacional y diferentes entes reguladores expiden con el objetivo de proteger y dar garantía al consumidor. La industria láctea ha sido una de las que por estos motivos ha tenido que mejorar sus procesos productivos, así como sus estrategias hacia adelante y primordialmente estrategias hacia atrás como son sus proveedores en los que por estar ubicados en la primera línea de este proceso de producción recae gran parte de la responsabilidad sobre la calidad que se obtendrá en el producto final.

La cadena de frio en la industria láctea, así como en algunas otras, forman parte esencial de la calidad que el consumidor final está recibiendo; la cadena de frio es el proceso mediante el cual el productor garantiza la calidad de su producto mediante equipos diseñados para dichas necesidades. La industria láctea por medio de reglamentaciones como el decreto 616 de 2006 expedido por el Ministerio de Protección Social decidió incentivar las buenas prácticas de producción para estos pequeños, medianos y grandes productores de leche, incorporando un sistema de pago al productor lechero mediante la Resolución 00012 de 2007 en la cual se premia o castiga la calidad de la leche debido a las condiciones de ordeño y principalmente de refrigeración.

La leche para consumo humano debe estar refrigerada entre 2ºC y 6ºC para inhibir el crecimiento de los microorganismos ya existentes en el entorno, es por esto que entre más tiempo transcurra la leche sin refrigerar después del ordeño en los hatos, el valor que paga la industria al productor va disminuyendo considerablemente sin contar con las propiedades nutricionales que se disminuyen. Los grandes y medianos productores debido a su solidez económica han podido adaptarse a estos nuevos requerimientos optimizando e implementando nuevas tecnologías al momento de la ordeña y refrigeración, que contribuyen a conseguir una buena calidad y por ende el pago que reciben por litro de leche resulta conveniente para sus procesos.

En el caso de los pequeños productores lecheros, se les hace complicado adaptarse a estas nuevas exigencias del mercado.

En este proyecto se busca hacer el diseño y simulación a elementos críticos de un equipo de refrigeración móvil por absorción de amoniaco, con una capacidad aproximada de 200 litros que brinde al pequeño productor una opción económica y eficiente para la refrigeración de la leche inmediatamente después de la ordeña y así disminuir el crecimiento de microorganismos por la interrupción de la cadena de frio, produciendo así un aumento en los ingresos que los productores reciben y mejorando la calidad de la leche que la industria láctea utiliza en sus procesos de producción.

Este proyecto tiene como objetivo general; "*Diseñar un equipo móvil de refrigeración para el almacenamiento y transporte de leche cruda en zonas rurales*". Objetivo por el cual se busca generar un impacto en los pequeños productores lecheros del país, contribuyendo a mejorar la calidad de su producción de leche cruda; para alcanzar dicho objetivo se han planteado los siguientes objetivos específicos;

- ✓ Diagnosticar la situación actual del manejo de leche cruda que los pequeños productores le dan a la misma
- ✓ Establecer los parámetros básicos y requerimientos funcionales del sistema de refrigeración móvil
- ✓ Realizar el diseño conceptual y planteamiento de alternativas
- ✓ Desarrollar el diseño detallado del sistema de refrigeración móvil
- ✓ Hacer análisis por el método de elementos finitos a componentes críticos
- ✓ Elaborar planos de ensamble
- ✓ Elaborar los manuales de operación
- ✓ Evaluar el impacto ambiental del diseño
- ✓ Evaluar financieramente el proyecto

La metodología utilizada para el cumplimiento de los objetivos propuestos será básicamente identificar las variables que hacen critico el diseño y así poder abordar desde lo general a lo particular el diseño de los sistemas, dando cumplimiento a cada objetivo propuesto a medida que el proyecto tiene su avance respectivo.

El alcance del proyecto es diseñar el equipo de refrigeración, teniendo en cuenta los volúmenes y condiciones de operación, así como la simulación a elementos críticos del sistema.

La delimitación del proyecto es diseñar un equipo de refrigeración móvil con capacidad de 200 litros, el proyecto no contempla el diseño detallado del sistema de movilización en cambio sí se realizará por la respectiva selección de equipos, así como tampoco se contempla su construcción.

1. GENERALIDADES DEL SECTOR LECHERO

Leche: el ministerio de protección social en su decreto número 616 del 2006 define la leche como el producto de la secreción mamaria normal de animales bovinos, bufalinos y caprinos lecheros sanos, obtenida mediante uno o más ordeños completos, sin ningún tipo de adición, destinada al consumo en forma de leche líquida o a elaboración posterior.[1]

Pequeño productor: El Ministerio de Agricultura en un comunicado del 2015 emitido por el ministro Aurelio Iragorri Valencia da a conocer que por problemas que presentan los medianos productores para acceder a los diferentes incentivos y auxilios que el gobierno nacional gestiona para el agro colombiano, la definición de pequeño productor cambia con el objetivo de hacer una inclusión mayor; esto quiere decir que para antes del 19 de noviembre de 2015 el pequeño productor se definía como la persona cuyos activos no eran superiores a 145 salarios mínimos mensuales legales vigentes (SMMLV), es decir $93.430.750, después de esta fecha el ministerio con apoyo de FINAGRO (El Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario) da a conocer el nuevo monto de los activos para el pequeño productor, generando así que puedan acceder a beneficios en los cuales se veían limitados, este nuevo monto es estandarizado en 284 (SMMLV), es decir $183.000.000.[2]

1.1 PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DE LA LECHE

Las propiedades organolépticas son todas aquellas características que se pueden identificar de manera sencilla con los sentidos del cuerpo humano, propiedades como el color, olor, sabor y textura. Se hace relevante hacer un estudio de estas propiedades debido a que en su gran mayoría los productores del país utilizan estas características para dar un primer diagnóstico a la leche producto de la producción.

1.1.1 Color. La leche cruda posee un color característico el cual es blanco con una tonalidad amarilla leve, producto de la reflexión de la luz debido al contenido de la grasa, caseína y carotenos, este color puede variar cuando se realizan procesos en la misma o por contaminación de la leche.

1.1.2 Olor. La leche cruda tiene un olor producido por los compuestos orgánicos volátiles que tienen un bajo peso molecular lo que da su olor característico, ciertos compuestos pueden ser ácidos, cetonas, aldehídos, entre otros.

---

[1] MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto 616 de 2006. Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano. [En línea]. [citado 22 de feb, 2017]. Disponible en internet: http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21980

[2] FINAGRO. Manual de servicios. Generalidades. [En línea]. [Citado 27 de feb, 2017]. Disponible en internet: https://www.finagro.com.co/qui%C3%A9nes-somos/informaci%C3%B3n-institucional.

Es importante resaltar la alta capacidad que posee la leche de adquirir olores del exterior o de otras sustancias.

1.1.3 Sabor. La leche cruda puede contener diferentes sabores dependiendo de diferentes factores como la alimentación, región geográfica, salud de la vaca entre otros, pero se ha logrado definir un sabor característico cuando estas propiedades se encuentran en cierto equilibrio, un sabor dulce producido por la lactosa con una tendencia salada debido a la concentración de cloruros.

1.1.4 Textura. La leche cruda producto del ordeño de animales bovinos sanos, posee una textura con una viscosidad ligeramente mayor que la del agua, es decir entre unos 1,5 a 2,0 centipoises, esto debido al contenido de azucares, sales y caseína disueltas en la leche.

1.1.5 Propiedades físicas de la leche.

- ✓ Densidad: la densidad de la leche cruda se encuentra entre el rango de 1,028 y 1,034 g/cm^3 dada a una temperatura de 15°C en promedio.
- ✓ pH: la leche posee un pH que tiende hacer neutro dado que se encuentra entre 6,5 y 6,65, dicho pH puede variar debido a condiciones indeseables como la contaminación y posterior crecimiento de microorganismos, así como cadenas de frio inadecuadas.
- ✓ Acidez: la leche cruda producto de un adecuado ordeño y almacenamiento posee una acidez de 0,15 a 0,16 %, dicho valor se puede ver alterado por variables como la acción de contaminantes o la misma salud del animal.
- ✓ Viscosidad: la viscosidad de la leche cruda es ligeramente mayor que la del agua, se encuentra entre los valores de 1,5 a 2,0 centipoises, estos valores varían dependiendo el proceso que se aplique a la misma.
- ✓ Punto de congelación: la leche cruda posee una temperatura de congelación ligeramente menor a la del agua entre unos -0,513°C a 0,565 °C, esto debido a los componentes que en ella se pueden encontrar tales como sales minerales y lactosa.
- ✓ Punto de ebullición: la leche cruda posee un punto de ebullición de 100,17 °C.
- ✓ Calor específico: la leche cruda posee un valor de calor específico de 0,93 a 0,94 cal/g °C

1.2 COMPOSICIÓN DE LA LECHE CRUDA

La leche es una mezcla de un gran número de sustancias que en su combinación logran suministrar las propiedades nutritivas y el gran aporte nutricional para sus consumidores. Se pueden encontrar diferentes sustancias y en diferentes medidas como: agua, grasa, proteína, lactosa, minerales, este grupo de sustancias es más conocido como los sólidos totales los cuales conforman un 87,5% aproximadamente del volumen de la misma.

- ✓ Materia grasa (lípidos): 3,5% a 4%
- ✓ Lactosa 4,7% a 5.2% aprox.
- ✓ Sustancias nitrogenadas (Proteínas): 3,5 % variando entre 2,9% a 3,9%
- ✓ Minerales: 0,8%

Grafica 1. Composición típica y propiedades físicas de la leche

LA LECHE DE VACA
Composición típica y propiedades físicas

	Composición gramos por litro		Estado físico de los componentes
Agua	905		Agua libre (disolvente) + agua ligada (3,7 %)
Glúcidos: lactosa	49		Solución
Lípidos	35		
Materia grasa propiamente dicha		34	Emulsión de los glóbulos grasos (3 a 5 micras)
Lecitina (fosfolípidos)		0,5	
Parte insaponificable (esteroles, carotenos, tocoferoles)		0,5	
Prótidos	34		Suspensión micelar de fosfocaseinato de cal (0,08 a 0,12 micras)
Caseína		27	
Prótidos "solubles" (globulinas, albúminas)		5,5	Solución (coloidal)
Sustancias nitrogenadas no proteicas		1,5	Solución (verdadera)
Sales	9		Solución o estado coloidal (P y Ca) (Sales de K, Ca, Na, Mg, etc.)
del ácido cítrico (en ácido)		2	
del ácido fosfórico (P_2O_5)		2,6	
del ácido clorhídrico (NaCl)		1,7	
Componentes diversos (vitaminas, enzimas, gases disueltos)	trazas		
Extracto seco (total)	127		
Extracto seco desengrasado		92	

PROPIEDADES FISICAS:			
Densidad de la leche completa	1,032	Conductibilidad eléctrica, mhos	45×10^{-4}
Densidad de la leche descremada	1,036	Tensión superficial (dinas/cm/15°)	53
Densidad de la materia grasa	0,940	Viscosidad absoluta (15°)	0,0212 - 0,0354
Poder calórico (por litro), calorías	700	Viscosidad relativa (específica)	1,6 - 2,15
pH	6,6 - 6,8	Indice de refracción	1,35
		Punto de congelación	— 0,55°
		Calor específico	0,93

Fuente: CHARLES, Alais. Ciencia de la leche principios de técnica lechera. [En línea]. 1988. [Citado 25 de feb, 2017]. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id= bW_ULac GBZMC& printsec=frontcover&source=gbs_ge_ summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false, Editorial Reverte, S.A.

1.2.1 Materia grasa. Siendo la materia grasa una de las sustancias fundamentales que compone la leche cruda, se considera uno de los componentes más variables dentro de unos porcentajes del 3,5% a 4%. La grasa de la leche está compuesta por tres clases de lípidos;

- ✓ Triglicéridos que forman el 96% del total de la materia grasa
- ✓ Los fosfolípidos que componen el 0,8% a 1% de la materia grasa total
- ✓ Sustancias no saponificables que representan un 1%

El porcentaje restante de materia grasa está compuesto por digliceridos, monogliceridos, ácidos grasos, entre otros.

1.2.2 Lactosa. Dentro de las sustancias que componen la leche cruda, la lactosa resulta ser una de las que representa la mayor cantidad de porcentaje en la misma, es decir un 4,7% a 5,2% aproximadamente. Es conocida como el “Azúcar” contenida dentro de la leche.

La lactosa está compuesta por dos tipos diferentes de isómeros;

- ✓ α-lactosa: este tipo de lactosa tiene una baja solubilidad en el agua y proporciona un 37% de la masa total de lactosa, además es de cristalización rápida.
- ✓ β-lactosa: esta clase de lactosa genera una solubilidad mayor en el agua y representa un 63% del contenido total de lactosa

De manera general la lactosa en sus dos tipos, comienza con un proceso de degradación cuando se da un aumento de temperatura en la leche, ya sea como consecuencia propia de su procesamiento o producto de variables no deseables como una inadecuada refrigeración.

1.2.3 Sustancias nitrogenadas (Proteínas). Las sustancias nitrogenadas de la leche son uno de los grupos de componentes más complejos, que tienen un importante número de proteínas que brindan a la leche sus propiedades nutricionales tan conocidas. Las proteínas están contenidas dentro de diferentes grupos de aminoácidos que forman bloques, aproximadamente unos 20 aminoácidos se encuentran junto con dichas proteínas. La cantidad de proteínas que contiene la leche está en un rango aproximado de 3% a 4%, es decir unos 30g a 40g por litro, el contenido de proteínas está ligado directamente a la cantidad de grasa contenida en la leche, a más materia grasa mayor será el contenido de proteínas.

Las proteínas pueden clasificarse en dos grupos los cuales son;

- ✓ Heteroprótidos: representa un 78% del contenido total de proteínas contenido en la leche, comúnmente llamada la caseína de la leche la cual tienen la propiedad de no ser solubles
- ✓ Holoprótidos: representan un 17% del porcentaje total de proteínas contenidas en la leche, llamada como las proteínas solubles de la leche

Como en los anteriores componentes los porcentajes de concentración varían dependiendo de factores como: la raza, el clima, la alimentación, etc.

1.2.4 Minerales. La leche cruda contiene un 0,8% aproximado de contenido de minerales, los cuales son esenciales para lograr su consistencia y propiedades nutricionales, minerales como el potasio, el cual representa un porcentaje importante en la cantidad de minerales, así como el fosforo, calcio y magnesio.

1.2.5 Vitaminas. A la leche cruda se le atribuye un gran número de beneficios, dentro de ellos las vitaminas que contiene dentro de su composición, siendo parte fundamental de su estructura y por ende un factor crítico al momento de su adecuada conservación, ejemplo de ellas son:

- ✓ Vitamina A (axeroftol)
- ✓ Vitamina D
- ✓ Vitamina E
- ✓ Vitamina B
- ✓ Vitamina PP (ácido nicotínico y su amida, niacina)

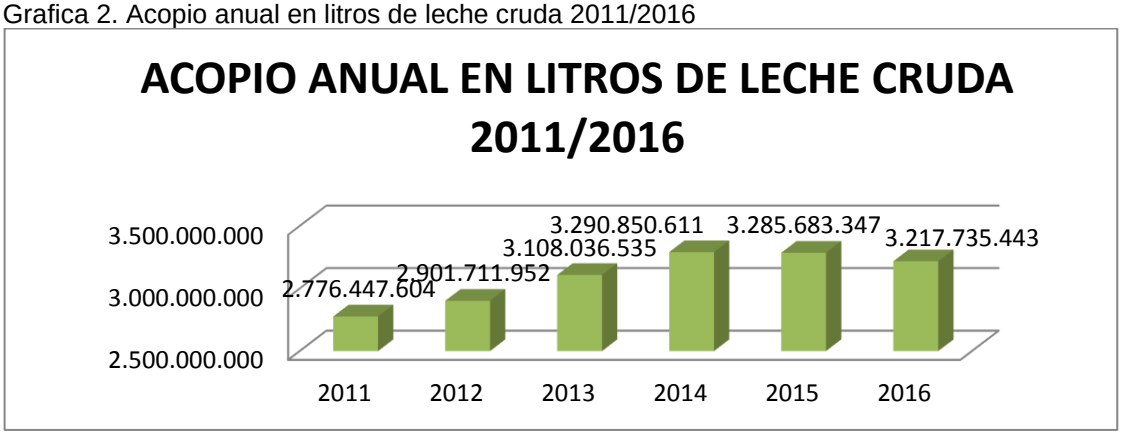
Además de estas vitaminas el fluido lácteo también es una fuente representativa de algunas otras vitaminas como el ácido pantoténico, piridoxina, cobalamina, tiamina o aneurina, ácido ascórbico. Todas sustancias que contribuyen al buen estado de la piel, el crecimiento, el metabolismo, la contribución al sistema inmunológico, etc.

La leche es catalogada como un líquido complejo ya que esta presenta tres estados fundamentales: suspensión, emulsión, y solución. Como se evidencio la leche contiene ciertos componentes básicos como las grasas, las proteínas, los minerales, los azucares, vitaminas y enzimas, lactina el cual es un emulsificante natural quien impide la pérdida de calidad del fluido durante el tiempo que se encuentra dentro de la ubre.

1.3 PRODUCCIÓN DE LECHE EN COLOMBIA

Debido al constante crecimiento de las economías emergentes y a los diferentes tratados de libre comercio entre países, sea han ido presentando tanto oportunidades como nuevos retos para los diferentes sectores de la economía, es por esto que el sector lechero no es indiferente a este tipo de reacciones de la economía, lo que obliga a no escatimar en esfuerzos para apoyar y hacer más competitiva una rama de la economía colombiana tan influyente en el PIB del país, y que además según el DANE en su censo de producción de leche industrial del 2004, el sector lechero representa el 11,92% del sector agropecuario en el país. De esta manera se tiene un crecimiento del acopio de leche cruda entre los años 2011 y 2014 como se demuestra en la gráfica 2.

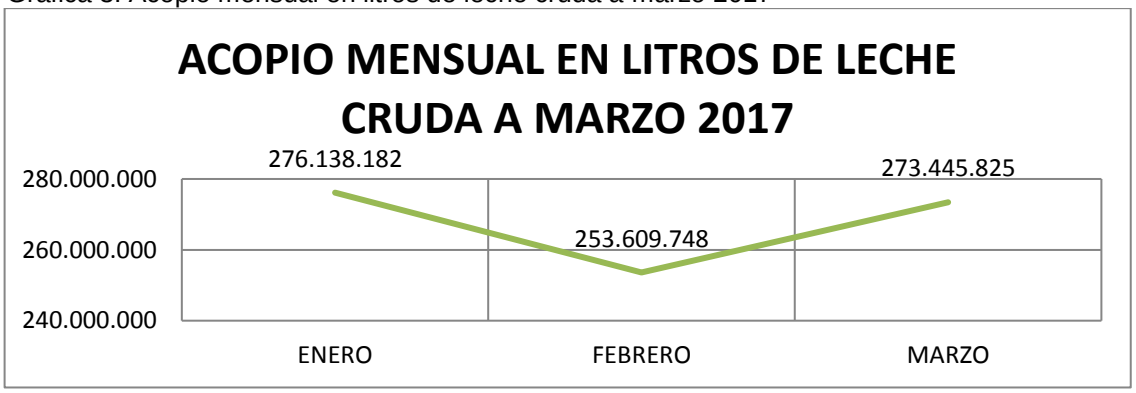
Grafica 2. Acopio anual en litros de leche cruda 2011/2016



Fuente: CNL, Consejo nacional lácteo. Estadísticas del sector. [En línea]. 2016. [Citado 12 de Mar, 2017]. Disponible en: http://www.cnl.org.co/produccion-y-comercializacion-de-leche-fresca-2/.

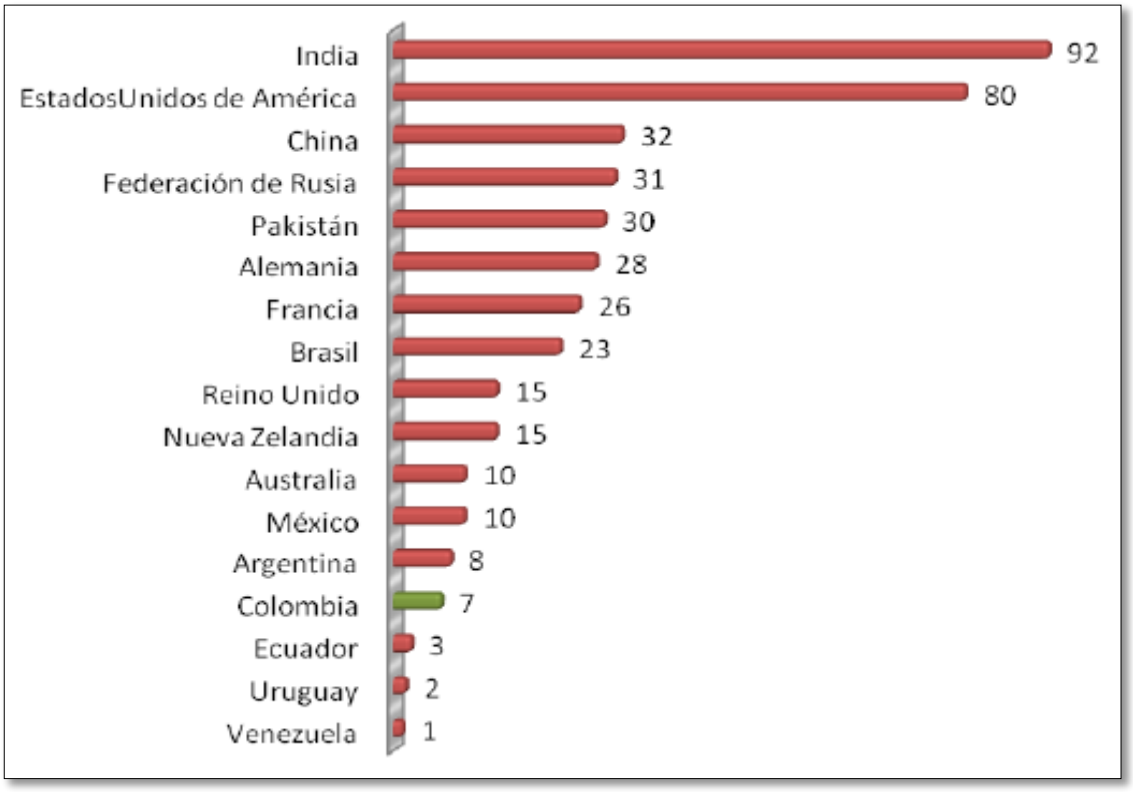
Luego del año 2014 se muestra una estabilización del mercado nacional en cerca de tres mil millones de litros de producción para los años 2015 y 2016. Así mismo el constante crecimiento de la población mundial trae consigo un aumento claro en la demanda alimenticia de los países, es por esto que siendo Colombia el cuarto productor de leche en América Latina y el séptimo a nivel Mundial, se deben tener claras la posición competitiva y las posibles oportunidades que este fenómeno presenta para el crecimiento económico del país. Esto ha forzado tanto a los pequeños, medianos y grandes productores lecheros a tener una visión más amplia contemplando diferentes alternativas para hacer al gremio lechero más competitivo, haciendo necesaria la investigación con el objetivo de desarrollar nuevas tecnologías que permitan destacarse en el mercado satisfaciendo las necesidades y exigencias crecientes del consumidor. De igual manera en los primeros tres meses del año 2017 se demuestra el alcance del acopio que se espera mucho mayor respecto del año 2016.

Grafica 3. Acopio mensual en litros de leche cruda a marzo 2017



Fuente: CNL, Consejo nacional lácteo. Estadísticas del sector. [En línea]. 2016. [Citado 12 de Mar, 2017]. Disponible en: http://www.cnl.org.co/produccion-y-comercializacion-de-leche-fresca-2/.leche-fresca-2/.

Grafica 4. Producción de leche a nivel mundial



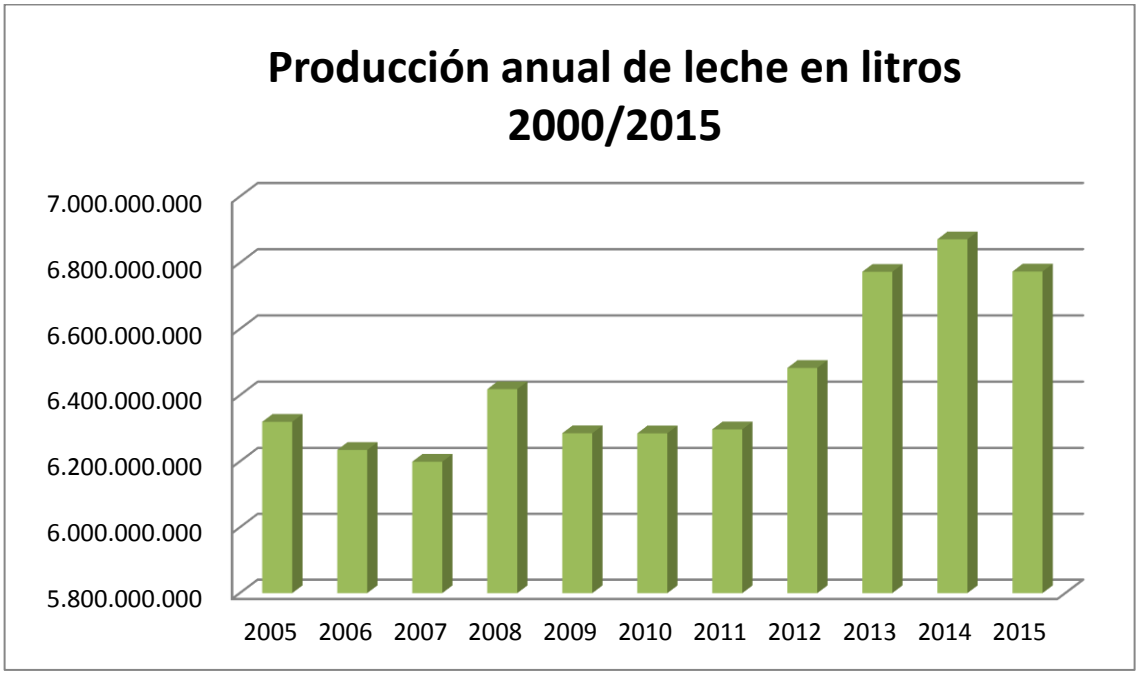
Fuente: FAOSTAT-FAO. Organización de las naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura. [En línea]. 2014. [Citado 12 de Mar, 2017]. Disponible en http://www.fao.org/faostat/es/#data/QA.

1.3.1 Tendencias de la producción en Colombia. Dado que la constante expansión de los mercados tanto a nivel nacional e internacional han obligado a trabajar por una constante mejora en los sistemas productivos tal y como lo menciona el autor del proyecto de grado "Costos de producción lechera en Colombia, problemas y oportunidades" que manifiesta lo siguiente: "La producción de leche bajo métodos artesanales y poco rigurosos en cuanto a la salubridad están llamados a desaparecer en el mediano plazo", se hace necesario contemplar nuevas y mejores formas de producción con tecnologías que permitan mejorar la competitividad del sector y que sobre todo estén disponibles tanto para grandes, medianos y sobre todo pequeños productores en el país[3].

La producción en Colombia ha presentado un constante crecimiento en las últimas dos décadas, pasando de unos 6300 millones de litros en 2005 a más de 6700 millones de litros en 2015, que logran abastecer el consumo interno del país que está en unos 143 litros por habitante en el año, dejando un margen de producción disponible para abarcar otros mercados, tal como lo muestra el grafico 5.

[3] RAMÍREZ, Andres; HERNÁNDEZ, Sebastián. Universidad EAFIT. [En línea]. 2009. [Citado 15 de Mar, 2017]. Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/526/Andres_LopezRamirez_2009.pdf?sequence=1. Pág. 8.

Grafica 5. Producción de leche en Colombia



Fuente: CNL, Consejo nacional lácteo. Estadísticas del sector. [En línea]. 2016. [Citado 12 de Mar, 2017]. Disponible en: http://www.cnl.org.co/produccion-y-comercializacion-de-leche-fresca-2/.leche-fresca-2/

.

1.3.2 Calidad de leche en Colombia. Gracias a la diversidad de clima en algunas regiones de Colombia y además de las características propias del entorno, se pueden encontrar distintas características a nivel composicional en la producción láctea a nivel nacional, que resulta ser favorable al momento de realizar los posteriores procesos industriales los cuales requieren de diferentes características para la producción de ciertos productos.

El país se encuentra dividido en 4 regiones para agrupar a los productores lecheros las cuales son:

- ✓ Región 1: Cundinamarca y Boyacá.
- ✓ Región 2: Antioquia, Quindío, Risaralda, Caldas y Chocó.
- ✓ Región 3: Cesar, Guajira, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba, Magdalena, Norte de Santander, Santander y Caquetá.
- ✓ Región 4: Nariño, Cauca, Tolima, Huila, Meta, Orinoquia y Amazonia.

Teniendo en cuenta esta agrupación, se puede hablar de las distintas características propias de cada región, como la región 3 la cual posee un porcentaje de grasa promedio de 3,91% seguida por la región 4 con un 3,61%; en cuanto al contenido de proteína promedio la región 3 posee un 3,32% seguida por la región 1 y 4 con un 3,02%; en cuanto al contenido de solidos totales la región 3 contiene un 12,57% en promedio seguida por la región 4 con un 12,16%.

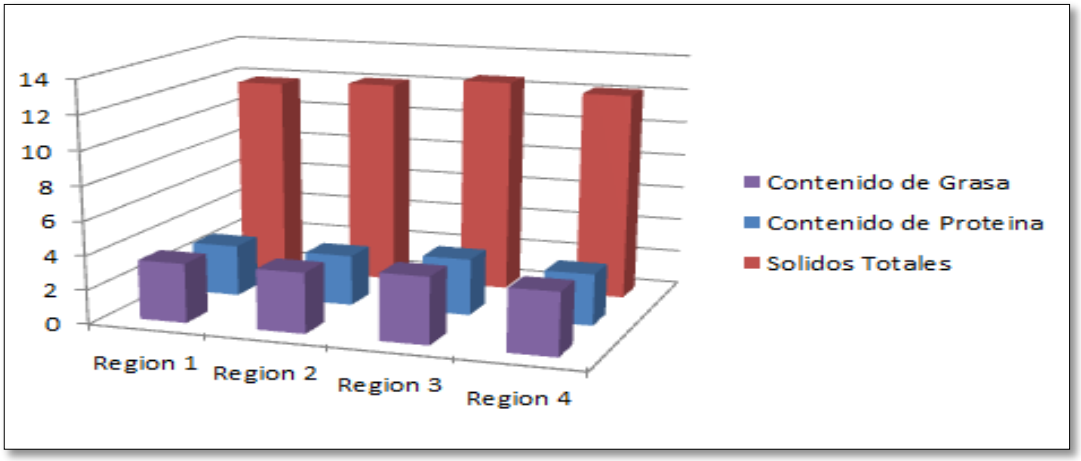
Grafica 6. Producción láctea por departamentos

REGIONES	DEPARTAMENTOS	Total Acopio (Litros)	Porcentaje Participativo	Establecimientos Industriales para el 2005
REGIÓN 1	Guajira	283.592.017	12,40%	12
	Magdalena			
	Cesar			
	Norte de Santander			
	Santander			
REGIÓN 2	Atlántico	266.548.131	11,60%	15
	Bolívar			
	Sucre			
	Córdoba			
REGIÓN 3	Antioquia	845.910.374	37,00%	27
	Chocó			
	Caldas			
	Risaralda			
	Quindío			
REGIÓN 4	Cundinamarca	650.986.587	28,40%	55
	Bogotá D.C.			
	Boyacá			
REGIÓN 5	Valle del Cauca	147.595.066	6,40%	26
	Cauca			
	Nariño			
	Putumayo			
REGIÓN 6	Tolima	92.538.471	4,00%	8
	Huila			
	Caquetá			
REGIÓN 7	Arauca	1.540.939	0,10%	1
	Casanare			
	Meta			
	Guaviare			
	Vaupés			
	Vichada			
	Guainía			
	Amazonas			

Fuente: ANDI; Ministerio de Ambiente, Vivienda, y Desarrollo Territorial. Guía ambiental de la industria láctea. [En línea]. 2007. [Citado 14 de Mar, 2017]. Disponible en http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=8158%20thumbnail-shelfbrowser.

Haciendo referencia en la imagen anterior se observa que la región 4 (Cundinamarca, Bogotá D.C, Boyacá) en la cual el proyecto tiene su fundamentación, cuenta con una de las mayores participaciones de producción láctea en el país con un volumen del 28,4%.

Grafica 7. Composición de la leche en Colombia



1.4 MÉTODO DE PAGO A PROVEEDORES

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en su RESOLUCIÓN 00012 DE 2007 establece el Sistema de Pago de la Leche Cruda al Productor, en donde se define al Productor de leche cruda, como toda persona natural o jurídica que se dedica a la producción de leche cruda en el territorio nacional; así mismo se define el Sistema de pago de la leche cruda al productor como la metodología utilizada para determinar la liquidación del pago de un litro de leche cruda al productor, por parte del agente económico comprador de la misma, dentro del territorio nacional.[4]

La metodología se basa en el cálculo de un precio competitivo asociado a una calidad estándar regional a partir de la cual se bonifica o descuenta de forma obligatoria la calidad higiénica, composicional y sanitaria de la leche entregada por el productor, teniendo en cuenta además el costo de transporte y las bonificaciones voluntarias.

El método de pago para leche cruda ha sido seccionado en 4 regiones del país donde el litro de leche adquiere un precio diferente dependiendo de la zona en donde sea producido: región 1, región 2, región 3, región 4.

1.4.1 Metodología de pago.

$$PPLC = PC + BOV - CT$$

$PPLC = Pago\ al\ productor\ de\ leche\ cruda$
$PC = Precio\ competitivo$
$BOV = Bonificaciones\ obligatorias\ y\ voluntarias$
$CT = Costos\ de\ transporte$

$$PC = Precio\ litro\ de\ leche\ Mercado\ Competitivo + Precio\ litro\ de\ leche\ Mercado\ Externo$$

Mercado Interno;

$$Mercado\ interno = Participacion\ porcentual\ de\ la\ leche\ en\ el\ mercado\ interno + (Precio\ referente\ nacional * Factor\ de\ costo)$$

- ✓ Porcentaje de participación de la leche en el mercado interno: es el porcentaje de leche cruda utilizada para uso interno, después de las exportaciones de leche y sus derivados
- ✓ Precio producto referencia nacional: es el precio de un litro de leche procesado por el porcentaje de participación de los productos lácteos de mayor consumo a nivel nacional de acuerdo con el DANE.

[4] MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Resolución 00012 de 2007. Sistema de Pago de leche ruda al Productor. [En línea]. 2007. [Citado 15 de Mar, 2017]. Disponible en: http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/ normas/Norma1.jsp?i=22767.

- ✓ Factor de costo: es la relación entre el precio de compra de un litro de leche cruda al productor y el precio de venta de un litro de leche entera pasterizada en planta de proceso

$$Factor\ de\ Costo: \frac{Precio\ de\ un\ litro\ de\ leche\ pagado\ al\ productor}{Precio\ de\ venta\ de\ un\ litro\ de\ leche\ \ pasterizada\ en\ planta\ de\ proceso}$$

- ✓ Precio de un litro de leche pagado al productor: es el precio promedio ponderado por volumen y por regiones pagado por el agente económico a sus productores, para lo cual se tendrá en cuenta la información desagregada por planta de proceso.
- ✓ Precio de venta de un litro de leche entera pasterizada en planta: es el precio ponderado, por volumen, de un litro de leche entera pasterizada puesto en planta de proceso.

Mercado Externo.

$$Mercado\ externo: \ * \ \%\ Participacion\ procentual\ de\ la\ leche\ en\ el\ mercado\ externo \ * \ Precio\ litro\ US\ internacional \ * \ TRM$$

- ✓ Porcentaje de participación de la leche en el mercado externo: es la participación de las exportaciones de leche y sus derivados dentro de la producción nacional. El porcentaje restante se consume en el mercado interno
- ✓ Precio US$ litro leche internacional: es el precio del litro de leche monetizado en dólares.
- ✓ Tasa representativa del mercado: tasa de cambio de la moneda nacional frente a una moneda extranjera.

1.4.2 Bonificaciones obligatorias. Según la RESOLUCIÓN 00012 DE 2007 en el numeral 2 se establecen las bonificaciones o castigos obligatorios dependiendo de los rangos de calidad higiénica y composicional, así como la calidad sanitaria que dependerá del estatus sanitario del predio en donde se genere la producción.

Para efectos de garantizar el adecuado procedimiento y liquidación del precio que el agente comprador debe pagar al productor, es necesario que este realice 4 muestras de la calidad de la leche en un plazo de dos semanas, con el fin de actualizar los precios de pago y realizar una adecuada liquidación al productor.

- ✓ Calidad higiénica: el agente comprador deberá pagar la calidad higiénica respecto a la cantidad de bacterias contenidas en la muestra suministrada por el productor (unidades formadoras de colonia/ml), así como la bonificación obligatoria por frio que serán reconocidas siempre que se utilicen sistemas de enfriamiento que puedan garantizar una temperatura de 0 °C a 6 °C
- ✓ Calidad composicional: la calidad composicional será liquidada dependiendo de las distintas regiones de producción del país las cuales son publicadas por el

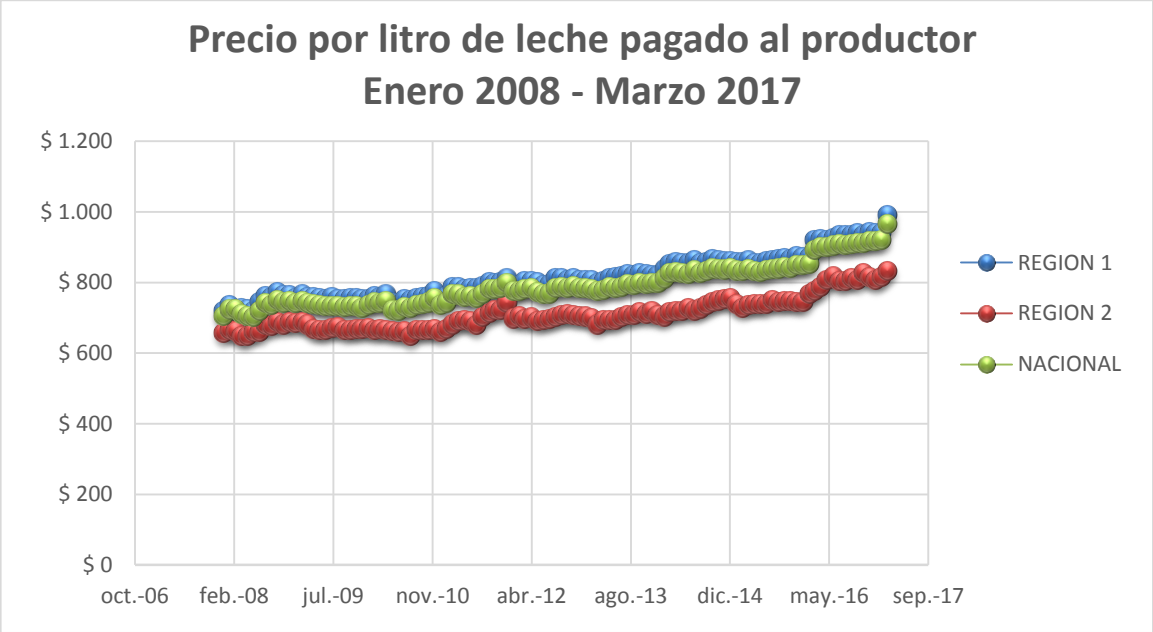
Consejo Nacional Lácteo que reconocen las bonificaciones dependiendo del contenido de grasa, proteínas y contenido de solidos totales, para esto se ha diseñado una metodología la cual puede observarse en el numeral 2.2 de la Resolución 00012 DE 2007

- ✓ Calidad sanitaria: esta bonificación es una clase de incentivo para lograr que los hatos de producción mejoren sus procesos productivos reduciendo así posibles enfermedades o proliferación bacteriana indeseable

1.4.3 Bonificaciones voluntarias. Este tipo de bonificaciones son otorgadas por el agente comprador al productor lechero dependiendo de sus necesidades, y respectivos intereses productivos.

1.4.4 Costo de transporte. El valor del transporte será descontado al precio competitivo pagado al productor, este descuento será efectuado por el agente comprador el cual tendrá en cuenta el tipo de vehículo y la distancia contemplada para el desplazamiento de la planta al hato de producción y de regreso, este descuento será incrementado anualmente de acuerdo con el IPC. En resumen, se puede afirmar que la calidad de la leche influye directamente en el pago dado a los proveedores, debido a esto se considera la importancia de mantener la higiene, calidad, y propiedades adecuadas del fluido.

Grafica 8. Precio por litro de leche pagado al productor enero 2008 - marzo 2017



Fuente: CNL, Consejo nacional lácteo. Estadísticas del sector. [En línea]. 2016. [Citado 12 de Mar, 2017]. Disponible en: http://www.cnl.org.co/produccion-y-comercializacion-de-leche-fresca-2/.leche-fresca-2/

Continuación Grafica 8. Precio por litro de leche pagado al productor enero 2008 - marzo 2017

REGIÓN 1	REGIÓN 2	
ANTIOQUIA	ARAUCA	LA GUAJIRA
BOYACÁ	ATLÁNTICO	MAGDALENA
CALDAS	BOLÍVAR	META
CAUCA	CAQUETÁ	NORTE DE SANT.
CUNDINAMARCA	CASANARE	PUTUMAYO
NARIÑO	CESAR	SANTANDER
QUINDÍO	CÓRDOBA	SUCRE
RISARALDA	GUAVIARE	TOLIMA
VALLE DEL CAUCA	HUILA	

1.5 REQUISITOS DE LA LECHE PARA EL CONSUMO HUMANO

Debido al decreto 616 de 2.006 en el cual se reglamentan los requisitos que los hatos de producción deben cumplir con el fin de garantizar la inocuidad y buenas prácticas de ordeño, garantizando así una calidad óptima de la leche para el consumo humano.

Se debe hacer un registro de los hatos ante el ICA garantizando así que dicho lugar de ordeño cumple con paramentos de infraestructura reglamentados en este decreto, a saber[5] .

- ✓ Sitios o áreas de ordeño adecuados dentro de los potreros
- ✓ Agua abundante
- ✓ Equipos especializados de refrigeración de leche
- ✓ Cuartos de maquinas
- ✓ Sitios de espera para el ganado
- ✓ Bodega techada y piso en cemento

Existen un sin número de necesidades alimenticias del ser humano y es por esto que siendo la leche un alimento de primera necesidad cubre en su mayoría esta demanda, en general cuando hablamos de necesidades alimenticias nos referimos a ciertas características que los alimentos deben poseer para garantizar una adecuada nutrición para el ser humano, por ende se tiene que un adecuado alimento es aquel que puede suplir;

[5] MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercializa, expenda, importe o exporte en el país. Decreto 616 de 2006. [En línea]. 2006. [Citado 16 de Mar, 2017]. Disponible en: http://www.ica.gov.co/getattachment/15425e0f-81fb-4111-b215-63e61e9e9130/2006D616.aspx

- ✓ La energía necesaria para cubrir mínimo las necesidades normales fisiológicas y físicas para un desarrollo normal y adecuado
- ✓ Realizar mantenimiento del estado de salud del cuerpo y aportar reparación a tejidos
- ✓ Aportar un desarrollo o crecimiento normal a órganos y de más aspectos del individuo

Sin embargo, estas necesidades varían según el individuo y sus características como su metabolismo, la etapa de crecimiento en la que se encuentre, su estilo de vida, etc. En la siguiente imagen se muestran las necesidades alimenticias de niños y adultos según un estudio médico.

Es debido a esto que se considera que el mantener en un excelente estado de conservación el fluido lácteo es de vital importancia para suplir las necesidades alimenticias que requieren cada uno de los individuos pertenecientes a una comunidad.

Grafica 9. Necesidades alimenticias del hombre y la satisfacción láctea

Necesidades alimenticias del hombre y su satisfacción por la leche y los productos lácteos

	Niño		Adulto		
	Necesidades (*)	1 litro de leche (**) aporta	Necesidades (***)	1 litro de leche (**) aporta	100 g de queso (****) aportan
Energía	1.500 cal	40 %	2.800 cal	22 %	13 %
Proteínas	50 g	70 %	70 g	45 %	38 %
Calcio	0,8 g	más de 100	0,8 g	más de 100	más de 100
Fósforo	0,8 g	más de 100	1,0 g	100 %	60 %
Hierro	10 mg	10 %	15 mg	6 %	5 %
Vitamina A	5.000 U.I.	40 %	5.000 U.I.	40 %	30 %
Vitamina D	450 U.I.	5 %			
Vitamina B_1	0,7 mg	60 %	1,5 mg	30 %	1,5 %
Vitamina B_2	1,3 mg	más de 100	2,5 mg	60 %	8 %
Vitamina PP	9 mg	12 %	15 mg	8 %	
Vitamina C	50 mg	40 %	75 mg	25 %	

(*) Necesidades de un niño de cinco años en buen estado de salud.
(**) Leche de verano de buena calidad.
(***) Necesidades del adulto en buen estado de salud con un trabajo moderado.
(****) Queso de leche entera, de pasta dura.

Fuente: CHARLES, Alais. Ciencia de la leche principios de técnica lechera. [En línea]. 1988. [Citado 25 de feb, 2017]. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id= bW_ULac GBZMC& printsec=frontcover&source=gbs_ge_ summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false, Editorial Reverte, S.A.

1.6 DIAGNOSTICO A NIVEL REGIONAL

Aunque el sector lechero del país ha presentado un crecimiento constante durante las últimas dos décadas, existen algunas barreras que han podido frenar un crecimiento más considerable de este sector, variables como el transporte, tecnologías obsoletas, falta de apoyo a pequeños productores por parte del estado, y la falta de capacitación a estos mismos, ha llevado a tener un sector lechero frágil que puede verse afectado fácilmente por los cambios de la economía.

1.6.1 Transporte de la leche (Finca-Planta). Un problema derivado del poco desarrollo de las economías de escala en la producción primaria, se presenta en la recolección y acopio de esta. Como se expresó en la unidad 1.3.1 el 70% de los productores de leche en el país, tienen una producción diaria de menos de 100 litros. De esta baja producción por explotación, se desprenden varios problemas que afectan los costos de transporte y recolección de la leche[6].

Tal y como lo expresa el autor en el "Acuerdo de competitividad láctea" existe una problemática que es importante tener en cuenta si se quiere contar con un sector lechero más sólido y eficiente, el problema del transporte de la leche ha llevado a que los productores busquen soluciones inadecuadas y que alteran la calidad composicional de la lecha: cantinas, baldes y todo tipo de recipientes contaminados son utilizados para el almacenamiento y transporte de la misma, sin contar con el estado actual de las vías de acceso a muchas de las fincas productoras que es bastante complicado, producto de esto se presenta una disminución en la calidad de la leche y por ende en los ingresos recibidos por el pequeño productor.

[6] CONSEJO NACIONAL LÁCTEO. Acuerdo de competitividad láctea. [En línea]. 1999. [Citado 16 de Mar, 2017]. Disponible en: http://www.cnl.org.co/wp-content/files/AcuerdodeCompetitividad Cadena Lactea2010.pdf

2. SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y CONCEPTOS BÁSICOS

La refrigeración es la ciencia de producir y mantener temperaturas por debajo de la temperatura atmosférica circundante. Esto significa que existe una remoción de calor al cuerpo, o atmosfera que se quiere enfriar, teniendo en cuenta que el comportamiento del calor siempre es igual y predecible, este viaja del cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura, buscando un equilibrio térmico.

Existen diversos métodos de enfriamiento partiendo del método natural en el cual se da una liberación espontanea de calor; este tipo de fenómeno se puede observar en la transferencia de calor por radiación, así como también fenómenos de transferencia de calor por convección y conducción. En la refrigeración se han implementado distintos sistemas artificiales que parten de los conceptos básicos de la termodinámica.

2.1 RANGOS DE TEMPERATURAS

Debido a la constante evolución industrial y a los requerimientos de la humanidad, se han establecido rangos de temperatura que son base para el estudio de cualquier tipo de fenómeno termodinámico.

- ✓ 24 °C a 14 °C: en este rango de temperaturas se habla del confort para los seres humanos y temperaturas de conservación para algunos alimentos perecederos
- ✓ 14 °C a 0 °C: para este rango de temperaturas se tienen algunos cambios de estado en fluidos como el agua o con similares propiedades, así como aplicaciones para la conservación de alimentos como la leche
- ✓ 0 °C a -15 °C: también llamada sub-refrigeración, logrando así cambios de estado como la formación de hielo
- ✓ -15 °C a -30 °C: la congelación dada en este rango de temperaturas y utilizada para la conservación de alimentos perecederos durante periodos de tiempo más prolongados a los habituales
- ✓ -30 °C a -200 °C: también llamada sub-congelación con aplicaciones farmacéuticas e industrias especializadas
- ✓ -273.15 °C: conocida como temperatura de criogenia, utilizada en aplicaciones industriales y científicas tales como: superconductividad, superfluidez, criocirugía, entre otros

"El calentamiento de la leche reduce la ionización del calcio y aumenta la estabilidad del fosfocaseinato en una determinada zona de temperatura. Además, desnaturaliza ciertas proteínas y retarda el desnatado espontáneo"[7].

[7] CHARLES, Alais. Ciencia de la leche principios de técnica lechera. [En línea]. 1988. [Citado 13 de Mar, 2017. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id= bW_ULacGBZMC& printsec=frontcover&source=gbs_ge_ summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false, Editorial Reverte, S.A pág. 33

2.2 SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

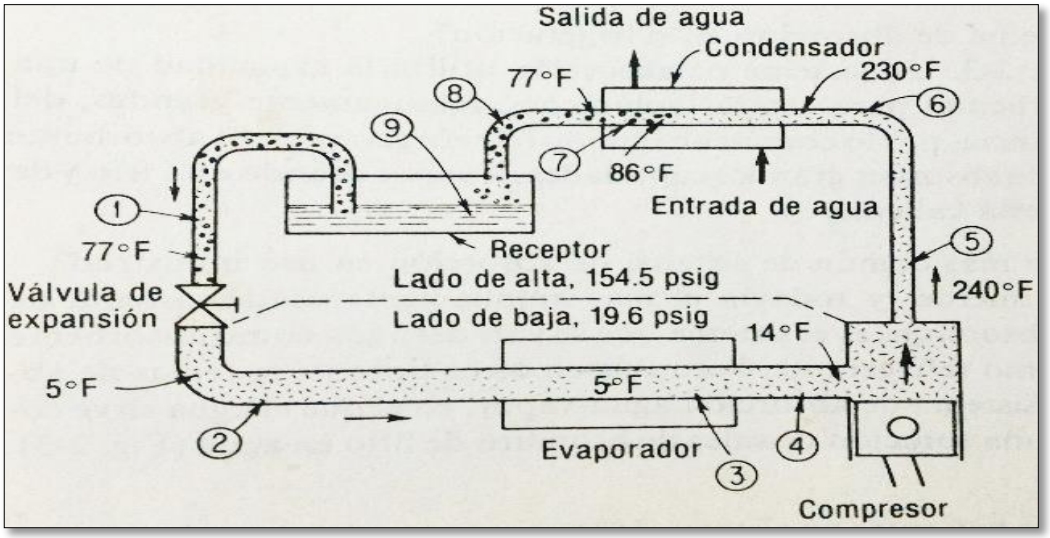
2.2.1 Sistema de refrigeración por compresión. El sistema de refrigeración se basa en el principio de crear zonas de alta y baja presión en el mismo circuito cerrado, haciendo uso de un mecanismo de expansión y un compresor, los dos encargados de trabajar con las presiones del sistema, produciendo así una variación de estado en el refrigerante entre un estado líquido- vapor y vapor-liquido.

Este sistema tiene el siguiente funcionamiento: el compresor entrega vapor refrigerante a una presión y temperatura elevada producto del trabajo del compresor, este vapor entra en el condensador el cual retira calor latente convirtiendo el vapor en líquido a alta presión y temperatura, luego de esto pasa por un mecanismo de expansión en el cual a su salida se encuentra en estado de mezcla a baja temperatura y presión, este líquido entra en el evaporador el cual absorbe calor latente y transforma el refrigerante líquido a baja temperatura y presión en refrigerante en estado vapor a baja temperatura y presión, listo para repetir el ciclo entrando al compresor nuevamente.

En este sistema se pueden encontrar los siguientes componentes.

- ✓ Compresor
- ✓ Condensador
- ✓ Válvula de expansión
- ✓ Evaporador
- ✓ Fuente de energía
- ✓ Fluido refrigerante

Imagen 1. Sistema de refrigeración por compresión y sus temperaturas



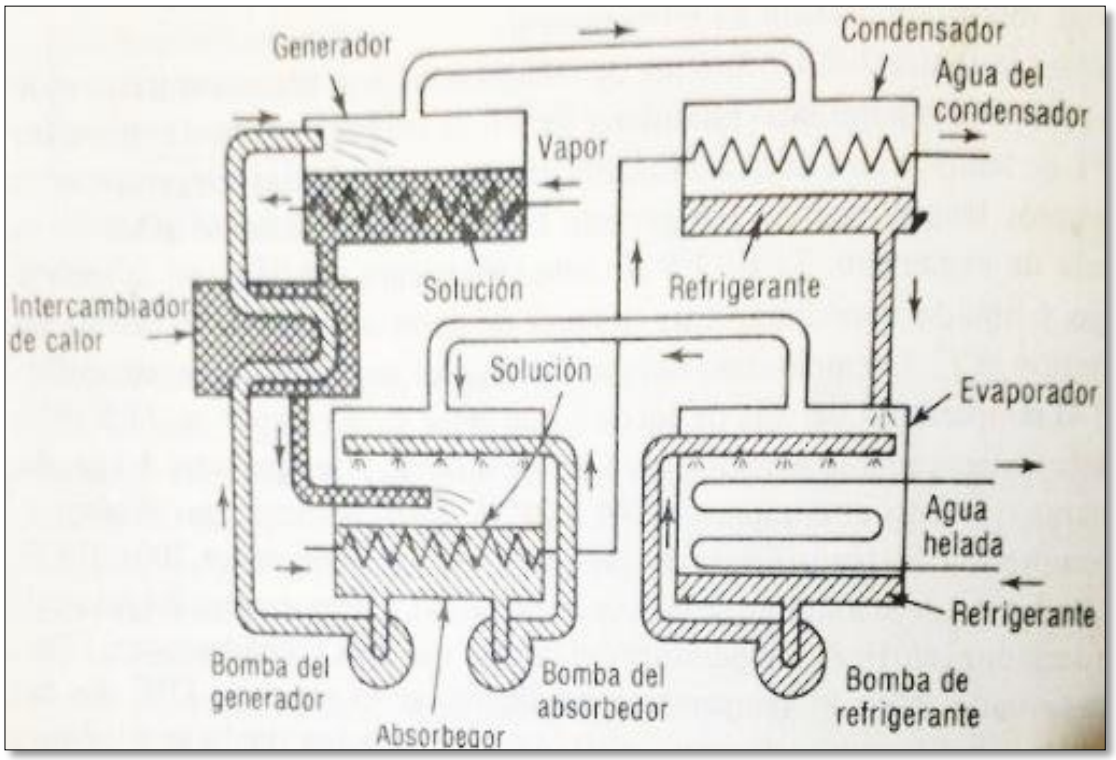
Fuente: STEPHEN MICHAEL ELONKA. Refrigeración y acondicionamiento de aire, Preguntas y respuestas. Tercera edición. 1988. Editorial Mc Graw Gill.

2.2.2 Sistema de refrigeración por absorción. En la refrigeración un sistema de absorción se conoce por su particularidad que para su funcionamiento se requiere una fuente de calor directa en el sistema, además que aprovecha las propiedades fisicoquímicas de ciertas sustancias al momento de absorber el calor y cambiar de estado.

El sistema de refrigeración por absorción resulta muy similar con el sistema de refrigeración por compresión, con la diferencia que el compresor es sustituido por un grupo de componentes como: absorbedor, bomba, generador, regenerador, válvula y rectificador.

El fluido absorbente está diseñado para absorber una cantidad considerable de vapor cuando este (absorbente) se encuentra frio y por el contrario de liberarlo cuando se encuentra caliente. Los sistemas de refrigeración por absorción son y han sido ampliamente usados en la industria principalmente por su adaptabilidad a lugares o zonas difíciles en donde no se tiene energía eléctrica que permita poner en marcha un compresor, este sistema es comúnmente utilizado en una configuración principal en donde se utiliza como liquido absorbente al agua y como fluido de proceso o refrigerante el amoniaco, a esta configuración se le conoce con el nombre de sistema de refrigeración por absorción de amoniaco.

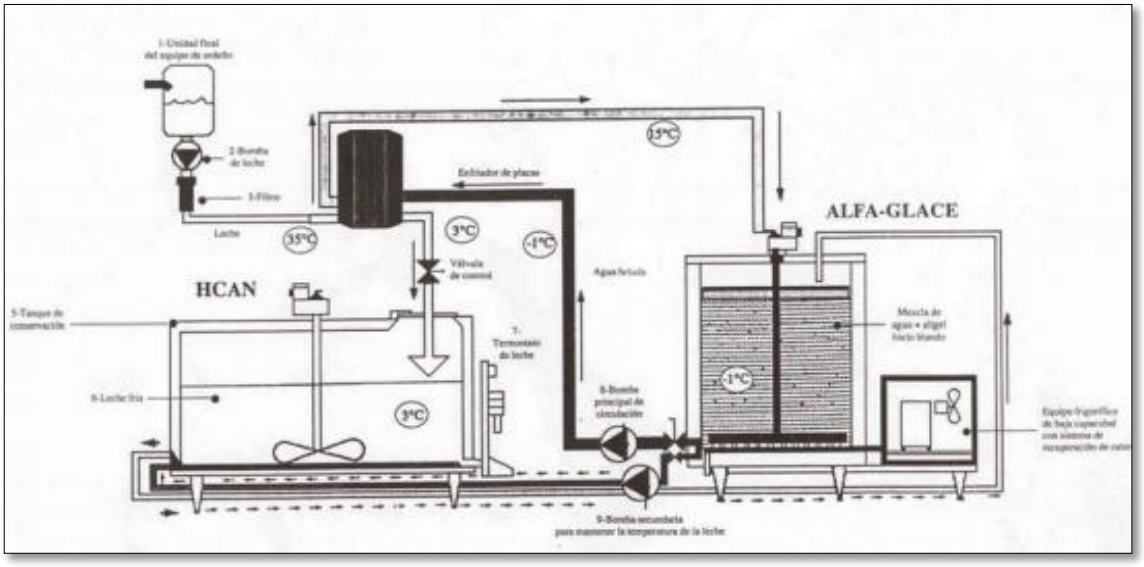
Imagen 2. Sistema de refrigeración por absorción de amoniaco-agua.



Fuente: STEPHEN MICHAEL ELONKA. Refrigeración y acondicionamiento de aire, Preguntas y respuestas. Tercera edición. 1988. Editorial Mc Graw Gill.

2.2.3 Sistema de refrigeración instantáneo. Es el sistema actualmente usado en la industria, operativo en los tanques estáticos de los grandes e incluso algunos medianos productores. Se caracteriza por tener una tasa de descenso de temperatura veloz, oscilando entre uno y tres minutos el alcance de la temperatura deseada; es complejo en su utilización y mantenimiento ya que cuenta con múltiples sistemas mecánicos y eléctricos de control, por ende costoso y poco asequible a pequeños productores.

Imagen 3. Sistema de refrigeración instantáneo.



Fuente: ANTONIO CALLEJO RAMOS; OPENCOURSEWARE, Universidad Politécnica de Madrid. Producción animal ordeño mecánico. [En línea]. [Citado 23 de Mar, 2017]. Disponible en: http://ocw.upm.es/produccion-animal/ordeno-mecanico/Tema_5_Refrigeracion_de_la_leche/refrigeracion_de_la_leche_en_la_granja_pwpt_.pdf

Estos sistemas de refrigeración contemplan un equipo acumulador de hielo, un intercambiador de calor de placas para enfriamiento del producto y por último uno o varios tanques para el almacenamiento, cuenta con agitadores, sistemas de control, múltiples válvulas y bombas que dificultan la movilidad del mismo.

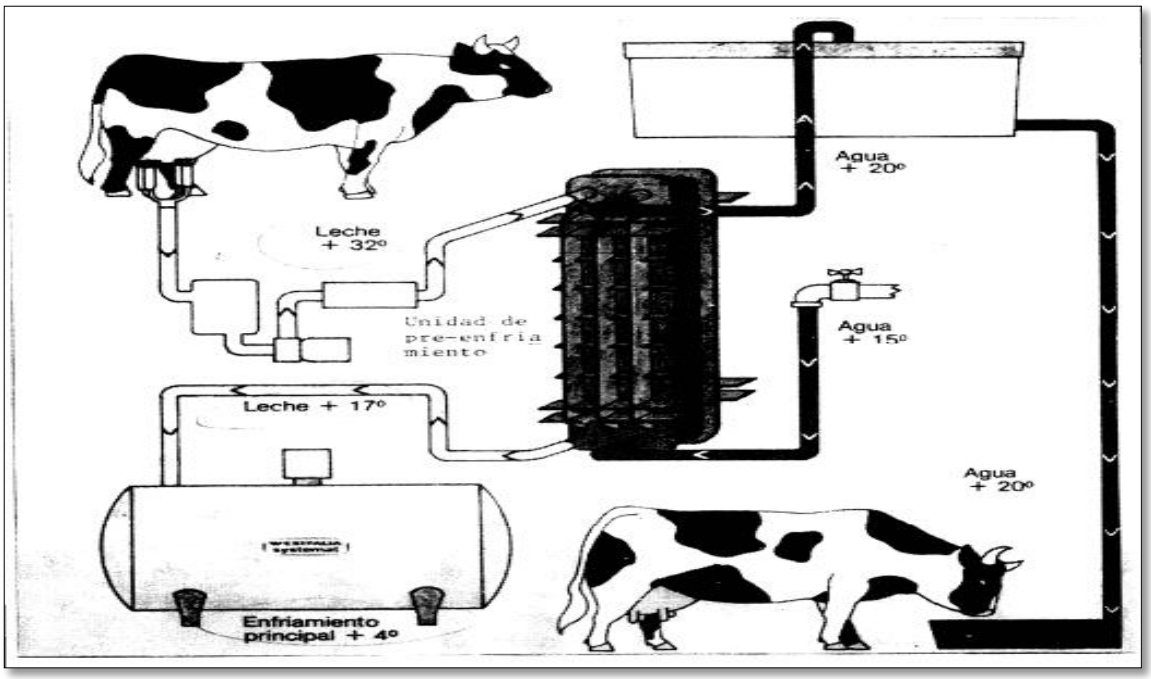
Referente a sus desventajas se tiene.

- ✓ Cuenta con un bajo rendimiento refrigerante debido al hielo acumulado en los serpentines que actúan como aislante
- ✓ Tiene dificultad para mantener la temperatura de conservación durante periodos largos de tiempo, a pesar de estar aislado
- ✓ Es lento en cuanto a la fusión del hielo lo que genera una limitación en el enfriamiento de la leche y a su vez se ve obligado a utilizar acumuladores gigantescos para aumentar la superficie de contacto y con esto el efecto frigorífico.

Actualmente estos problemas se contrarrestan con sistemas complejos de acumulación de hielo blando que producen hielo pulverizado lo cual impide la adhesión a los serpentines lo que representa una mejora en la eficiencia del equipo.

Adicional a lo anterior este sistema de refrigeración utiliza un segundo tanque en donde se realiza un pre-enfriamiento para con ello elevar aún más la eficiencia del equipo lo que lleva consigo un volumen mayor, más peso y complejidad inherente al mismo.

Imagen 4. Sistema de refrigeración instantáneo con pre-enfriado



Fuente: ANTONIO CALLEJO RAMOS; OPENCOURSEWARE, Universidad Politécnica de Madrid. Producción animal ordeño mecánico. [En línea]. [Citado 23 de Mar, 2017]. Disponible en: http://ocw.upm.es/produccion-animal/ordeno-mecanico/Tema_5_Refrigeracion_de_la_leche/refrigeracion_de_la_leche_en_la_granja_pwpt_.pdf

2.3 FUENTES DE ENERGÍA PARA SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

Para los sistemas de refrigeración existen un gran número de fuentes de energía que pueden ser contemplados dependiendo la aplicación y necesidades del sistema, fuentes eléctricas, de combustible, generación solar, eólicas, o quizás generación por biomasa serían posibles en ciertas condiciones de trabajo, pero como se presenta en muchas situaciones de la vida real las condiciones de trabajo resultan ser muy diferentes a condiciones ideales contempladas en el diseño.
Es por esto que es importante conocer qué fuente de energía es la más apropiada a qué sistema de refrigeración.

- ✓ Fuente de energía eléctrica: este tipo de fuente es muy utilizado en sistemas de refrigeración por compresión, debido a la necesidad de alimentar el compresor continuamente y así poder mantener el ciclo de refrigeración, además por su bajo impacto ambiental es muy manejada, por tanto no es aconsejable el diseño de equipos de refrigeración por compresión con fuentes de energía eléctrica que vayan a ser utilizados en lugares donde el fluido eléctrico no sea constante, o la carga térmica del sistema sea muy sensible a variaciones de temperatura
- ✓ Fuente de energía por combustible: la energía liberada por combustibles fósiles resulta ser muy eficiente y favorable para sistemas de refrigeración que se encuentre en lugares apartados o en lugares donde el flujo eléctrico no es constante, aunque su impacto ambiental es tema de discusión, permite una independencia de los sistemas permitiendo así diseñar sistemas de refrigeración móviles que se han capaces de mantener temperaturas constantes en productos que requieran transporte desde puntos distintos
- ✓ Fuente de energía solar: este tipo de fuentes han sido muy utilizadas y existen muchos diseños de sistemas de refrigeración por absorción que utilizan esta fuente energética, gracias a que se considera una energía limpia, pero es importante tener en cuenta factores de ubicación del sistema de refrigeración, así como la potencia suministrada que en algunas horas del día resultaría intermitente, por tal motivo esta fuente de energía no se recomienda en sistemas que deban mantener una cadena de frio rigurosa y que además requieran una movilización del equipo refrigerador
- ✓ Fuentes de energía no convencionales: algunas fuentes de energía no convencionales como la eólica, generación energética por biomasa, o el aprovechamiento de calor residual en algunos procesos industriales han sido aplicados a sistemas de refrigeración especialmente diseñados para alguna necesidad, por tal motivo estos diseños tienen un gran número de restricciones, dentro de ellas y la más importante es que no permiten una flexibilidad en la operación del equipo refrigerador ya que la operación del equipo se debe dar estrictamente para sus condiciones de diseño, es decir que en muchos casos no se permite una movilización del equipo o se manejan para procesos que sus temperaturas permitan un rango de variación amplio.

2.4 REFRIGERANTES

Los fluidos refrigerantes están definidos como aquellas sustancias capaces de absorber calor de un cuerpo o ambiente y tener la capacidad de transportarla para luego ser liberada en un ambiente diferente, debido a la interacción del refrigerante con su entorno; se pueden clasificar en;

- ✓ Refrigerantes primarios: son aquellos en el cual la extracción de calor por parte del refrigerante se hace directamente al cuerpo o ambiente a refrigerar
- ✓ Refrigerantes secundarios: llamado así a las sustancias refrigerantes que absorben el calor de un refrigerante primario y la transportan a otro medio con el fin de liberarlo

2.4.1 Clases de refrigerantes. Existen un gran número de refrigerantes disponibles en el mercado, algunos otros han sido descontinuados o controlados en su uso por su contribución al agotamiento de la capa de ozono tal y como fue pactado en el “Protocolo de Montreal y Protocolo de Kioto” que buscan la regulación de ciertas sustancias dañinas para el medio ambiente.

Los refrigerantes pueden ser clasificados así;

- ✓ Halocarbonados: dentro de esta categoría se encuentran los CFC (Clorofluorocarbonos) eliminados por el “Protocolo de Montreal”, HCFC (Hidroclorofluorocarbonos) controlados por el “Protocolo de Montreal”, HFC (Hidrofluorocaburos) controlados “Protocolo de Kioto”, Mezclas zeotrópicas, Alternativos por el “Protocolo de Montreal”, Mezclas azeotrópicas controlados por el “Protocolo de Montreal”.
- ✓ Inorgánicos: agua (R718), Amoniaco (R717), Dióxido de carbono (R744), para esta clase de refrigerantes solo aplican normas de seguridad locales.
- ✓ Orgánicos: hidrocarburos (HC), Etano (R170), Propano (R290), Isobutano (R600a), para esta clase de refrigerantes solo aplican normas de seguridad locales.

2.4.2 Denominación de refrigerantes por composición. Los fluidos refrigerantes tienen distintas características, los cuales son clasificados dependiendo de su composición según la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) que estandarizo la clasificación para los distintos tipos de refrigerantes, así como también realizo una clasificación debido al grupo de seguridad de cada sustancia.

Grafica 10. Clasificación de los refrigerantes según ANSI/ASHRAE

Serie	Nombre	Refrigerante
000	Metanos	R12, R23
100	Etanos	R134a, R141b
200	Propanos	R290
400	Zeotropos	R407C, R410A
500	Azeotropos	R502, R507
600	Orgánicos	R600, R600a
700	Inorgánicos	R717, R744

Fuente: SEMARNAT, Secretaria del medio ambiente y Recursos Naturales. Buenas prácticas en sistemas de refrigeración y aire acondicionado. [En línea]. [Citado 28 de Mar, 2017]. Disponible en: https://es.slideshare.net/ingenierogildardo/manual-buenas-practicas-en-sistemas-de-refrigeracin-y-aire-acondicionado. Pág. 56

2.4.3 Denominación de refrigerantes por número de seguridad[8]

Según su toxicidad, los refrigerantes están divididos en dos grupos;

- ✓ Clase A, toxicidad no identificada para concentraciones inferiores o iguales a 400 ppm.
- ✓ Clase B, se tiene evidencia de toxicidad a concentraciones inferiores a 400 ppm.

Según su inflamabilidad, los refrigerantes están divididos en tres grupos;

- ✓ Clase 1, no muestra propagación de llama cuando se prueba en aire a 21°C y 101 KPa.
- ✓ Clase 2, límite inferior de inflamabilidad superior a 0,10 kg/m3 a 21°C y 101 KPa y un calor de combustión inferior a 19 kJ/kg.
- ✓ Clase 3, altamente inflamable definido por un límite inferior de inflamabilidad inferior o igual a 0,10 kg/m3 a 21°C y 101 KPa o un calor de combustión superior o igual a 19 kJ/kg.

2.5 SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO Y AISLAMIENTO

El aislamiento del sistema es un punto de considerable de importancia ya que es este el medio que impide la perdida de trabajo frigorífico a la atmosfera; el costo actual de estos elementos o materias es elevado y debe ser seleccionado de forma analítica y certera para dar la regulación ideal que requiere el equipo. Es por tal motivo que en este aspecto se debe lograr una reducción de costos lo más productiva posible, esto se traduce en un estudio de la eficacia del componente, para lo cual se tienen en cuenta factores como el coeficiente de transferencia de calor (k), el espesor de la pared y la geometría de la misma, entre otros.

Algunos de los materiales más usados para aislamiento frigorífico con aplicación a la conservación de alimentos son: poliestireno, poliisocianurato, poliuretano, material fenólico. Estos materiales claramente no tienen contacto directo con la materia prima si no que hay una superficie de recubrimiento que se interpone entre ellos que puede ser y por citar un ejemplo acero inoxidable.

Aspectos que deberían limitar las opciones o alternativas de material serian.

- ✓ Economía
- ✓ Saneamiento (acabado)
- ✓ Protección contra incendios

[8] SEMARNAT, Secretaria del medio ambiente y Recursos Naturales. Buenas prácticas en sistemas de refrigeración y aire acondicionado. [En línea]. [Citado 28 de Mar, 2017]. Disponible en: https://es.slideshare.net/ingenierogildardo/manual-buenas-practicas-en-sistemas-de-refrigeracin-y-aire-acondicionado.

Por su parte algunos tipos de asilamiento son;

- ✓ Aislamiento rígido
- ✓ Aislamiento de paneles
- ✓ Espuma

2.5.1 Normativa en el diseño de tanques. El respectivo tanque contenedor de la leche cruda se debe diseñar bajo los parámetros y normas que rigen la ley colombiana, para este efecto se usan las diferentes reglamentaciones activas actualmente en el territorio nacional como las normas API-ASME 650, 651 y 653.

La Norma API-650 se aplica en tanques verticales y horizontales, cilíndricos, construidos sobre el nivel de piso o estructura sólida con techo cerrado o cielo abierto y una presión no mayor que 2,5 lb/in2. También considera tanques sometidos a presión de vacío. Esta norma aún se encuentra en construcción, ya que por el momento no considera a fondo cargas vivas o externas, fuerzas externas e internas.

Por otra parte, la ley 019 de 2.012 articulo 126 resolución 2674 de julio 22 de 2.013 dicta como ley las operaciones necesarias que se deben llevar a cabo para la conservación de alimentos perecederos como leche, carne, entre otros. En donde se manifiesta claramente que el almacenamiento de estos se debe realizar bajo un marco higiénico y de refrigeración mínimo.

En consideración de las características a tener en cuenta para la construcción del tanque se tiene;

- ✓ Cantidad de animales
- ✓ Cantidad de nacimientos de terneros
- ✓ Frecuencia de la recolección
- ✓ Calidad deseada del producto
- ✓ Disponibilidad y costos

Frente a estos aspectos se tiene previamente parametrizado en el capítulo uno el análisis del número de animales, nacimientos, frecuencia de recolección, calidad deseada de la leche y demás aspectos importantes.

Referente a disponibilidad y costos de sistemas actualmente implementados para el almacenamiento de leche cruda se considera que existe un gran vacío, debido a que los sistemas son escasos, costosos, difíciles de mantener y poco asequibles para pequeños productores lácteos.

Normas directas en Colombia acerca de la fabricación de tanques para almacenamiento lácteo no existen, sin embargo, desde un marco mundial si se ha considerado el aspecto de normalizar estos sistemas para conseguir un estándar

mundial respecto del cuidado que requiere el almacenar alimentos. Algunas normas son ISO 5708 publicado en 1983, 3A-13-10 actualizada en 2.003 y la EN 13732 publicada igualmente en 2.003.

Imagen 5. Tanque almacenamiento refrigerado de leche estático

Fuente: DeLaval. Tanques de enfriamiento. [En línea]. [Citado el 5 de abril, 2017]. Disponible en: http://www.delaval.com.co/Products--Solutions/standard-page/Tanques-de-enfriamiento /DeLaval-cooling-tank-DXCEM/

Estos tanques se dividen principalmente en;

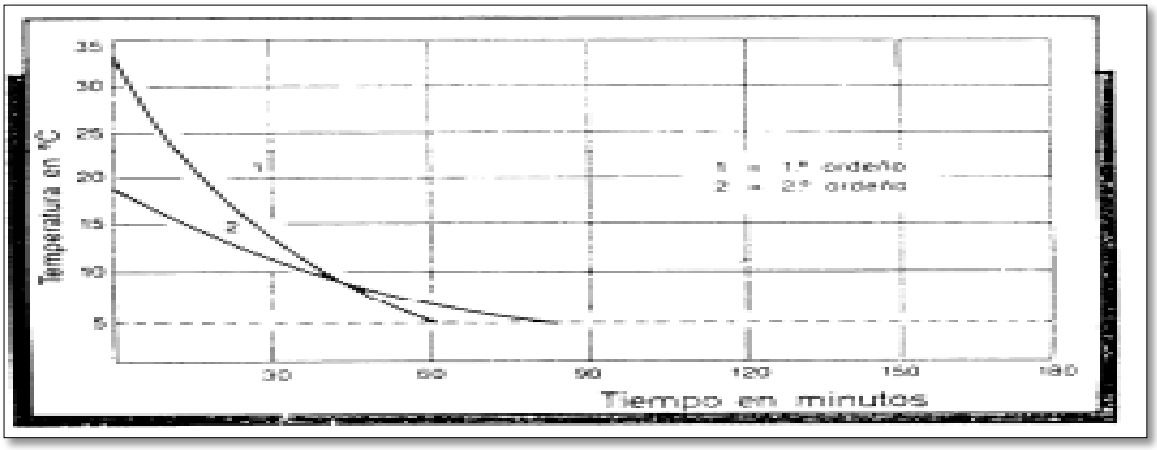
- ✓ Tanques de dos ordeños
- ✓ Tanques de cuatro ordeños

2.5.2 Tanques de dos ordeños. Este tipo de tanque es el que se utiliza cuando se realiza una recogida diaria por lo que se requiere enfriar y almacenar la leche obtenida en dos ordeños se considera que el diseño debe enfriar en menos de 3 horas la leche y conservar en cada ordeño una cantidad de fluido igual a la mitad del volumen nominal.

2.5.3 Tanque de cuatro ordeños. Es aquel tanque destinado a ser utilizado cuando se realiza la recogida de dos días es decir de cuatro ordeños, debe enfriar y mantener la temperatura frigorífica de la cuarta parte del volumen nominal.

Para el efecto se diseñan tablas de refrigeración según el número de ordeños, lo cual brinda una explicación mejorada y de fácil entender.

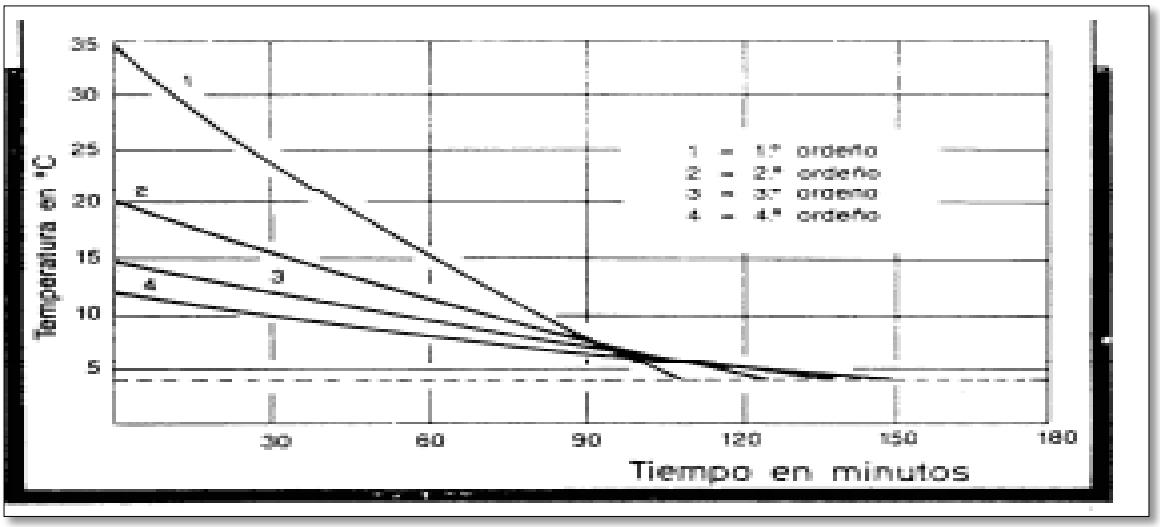
Grafica 11. Curvas de enfriamiento de un tanque de dos ordeños



Fuente: ANTONIO CALLEJO RAMOS; OPENCOURSEWARE, Universidad Politécnica de Madrid. Producción animal ordeño mecánico. [En línea]. [Citado 23 de Mar, 2017]. Disponible en: http://ocw.upm.es/produccion-animal/ordeno-mecanico/Tema_5_Refrigeracion_de_la_leche/refrigeracion_de_la_leche_en_la_granja_pwpt_.pdf. Pág. 4

.

Grafica 12. Curvas de enfriamiento de un tanque de dos ordeños



Fuente: ANTONIO CALLEJO RAMOS; OPENCOURSEWARE, Universidad Politécnica de Madrid. Producción animal ordeño mecánico. [En línea]. [Citado 23 de Mar, 2017]. Disponible en: http://ocw.upm.es/produccion-animal/ordeno-mecanico/Tema_5_Refrigeracion_de_la_leche/refrigeracion_de_la_leche_en_la_granja_pwpt_.pdf. Pág. 4

.

3. PARÁMETROS DE DISEÑO

El diseño de una máquina cualquiera que sea, trae consigo la contemplación de distintas variables las cuales definirán el camino y posibles decisiones importantes que se deban tomar en el transcurso del diseño. En el diseño de la máquina de refrigeración móvil se deben tener en cuenta los subsistemas que conforman el conjunto en general encargado de satisfacer la necesidad por la cual surge el proyecto.

A continuación, se describen las variables y requerimientos que intervienen en cada subsistema del equipo a diseñar.

3.1 SISTEMA DE ENERGÍA

Debido a los requerimientos para la operación de la máquina en los cuales se hace necesaria la movilización de la misma, el sistema de alimentación energética debe tener la capacidad de ser trasladado sin interrumpir el funcionamiento del sistema frigorífico, así mismo ser sencillo en su operación y que no demande un mantenimiento especializado y costoso.

3.2 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Teniendo en cuenta las condiciones de operación de la máquina refrigeradora, la cual estará operando en localizaciones geográficas rurales en donde el acceso y disponibilidad energética es complicada, el sistema de refrigeración del equipo debe tener la capacidad de ser trasladado sin interrumpir su acción refrigerante así mismo su peso y volumen ocupado deben ser proporcionales al volumen del almacenamiento consiguiendo así un diseño compacto y que sea fácil en su operación.

3.3 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

En la industria láctea es común encontrar tanques de almacenamiento de diferentes tipos, que van desde tanques verticales abiertos hasta tanques horizontales cerrados, todo esto dependiendo de la aplicación y necesidades del proceso.

Para el diseño del equipo refrigerador se requiere un tanque cuyo centro de gravedad permita el traslado del mismo sin que su estabilidad se vea comprometida, así mismo los materiales y procesos de construcción deberán garantizar el adecuado almacenamiento de la leche sin afectar sus propiedades organolépticas (vistas en el capítulo uno) facilitando así la apropiada limpieza del mismo.

El volumen de leche considerado para el diseño, tanto del sistema de almacenamiento como para el cálculo de las cargas térmicas en el sistema de refrigeración, será de 200 litros, capacidad obtenida del estado actual de la

producción lechera en Colombia para pequeños productores, como se muestra en el numeral 1.6.2 del proyecto.

3.4 SISTEMA ESTRUCTURAL

Dado que para el traslado de la máquina refrigerante se contempla un diseño de tráiler, se deben manejar unas dimensiones propias para este tipo de equipos reglamentadas en la norma 1015 del Ministerio de Transporte, la cual dicta las disposiciones para el tránsito de pequeños remolques de tipo deportivo, agrícola o multipropósito, la cual señala que las dimensiones de longitud no podrán superar los 12,6 metros incluido el vehículo de tracción, el ancho no podrá ser superior a 2,6 metros y la altura deberá ser inferior a 4,2 metros.

La estructura deberá ser diseñada con la capacidad de soportar el peso de los sistemas de almacenamiento, refrigeración, energía y además el peso de la leche transportada teniendo en cuenta las condiciones viales de muchas de las zonas veredales en la región Cundiboyacense cuyas características son de trocha, por ende, se generan unas altas exigencias estructurales en cualquier clase de tráiler.

4. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

En el siguiente capítulo se contemplarán las diferentes alternativas de diseño en las cuales se fundamenta el proyecto del equipo de refrigeración móvil; para este efecto se evalúan los distintos sistemas que comprenden el diseño. Analizando las respectivas ventajas y desventajas que presentan cada una de las alternativas.

4.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Para la evaluación de alternativas se manejó la metodología de Scoring Ponderado ya que brinda la posibilidad de escoger la mejor alternativa dependiendo de las necesidades propias del diseño. Para esta metodología se maneja la siguiente expresión matemática:

$$S_j = \sum_i W_I * r_{ij}$$

$$r_{ij} = Rating\ de\ la\ alternativa\ j\ en\ funcion\ del\ criterio\ i$$
$$W_i = Ponderacion\ para\ cada\ criterio\ i$$
$$S_j = Puntaje\ para\ alternativa\ j$$

Para el desarrollo de esta metodología se deben seguir unos pasos específicos:

- ✓ Identificar el objetivo
- ✓ Identificar las alternativas
- ✓ Listar los criterios a emplear para la evaluación de las alternativas
- ✓ Determinar una ponderación para los criterios
- ✓ Establecer el nivel de satisfacción de cada alternativa frente a los criterios
- ✓ Determinar el puntaje de cada alternativa
- ✓ Seleccionar la alternativa con mayor puntaje

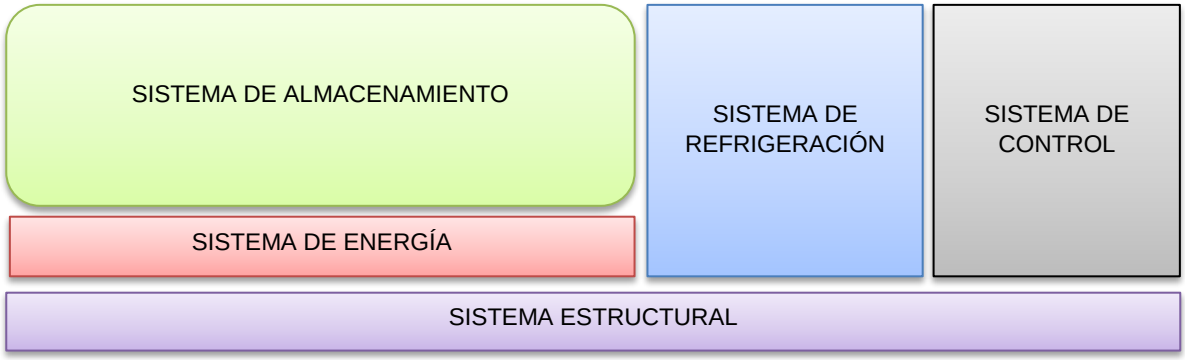
Cuadro 1. Escala de ponderación

CALIFICACIÓN	CRITERIO
1	Deficiente
2	Aceptable
3	Bueno
4	Sobresaliente
5	Excelente

Cuadro 2. Escala de satisfacción

CALIFICACIÓN	CRITERIO
1	Extra bajo
2	Muy bajo
3	Bajo
4	Poco bajo
5	Medio
6	Poco alto
7	Alto
8	Muy alto
9	Extra alto

4.2 DISEÑO CONCEPTUAL Y FUNCIONAL



El equipo de refrigeración móvil debe tener un diseño modular en el cual cada sistema contempla un conjunto propio de variables a tener en cuenta en su diseño, permitiendo así tener un equipo que en conjunto funcione para un mismo propósito el cual es la refrigeración óptima de leche cruda mediante un sistema móvil con capacidad de 200 litros.

El diseño del equipo está basado en 5 sistemas (almacenamiento, estructural, refrigeración, energía y control,) los cuales tienen relación entre sí para su adecuado funcionamiento, iniciando por el sistema de almacenamiento el cual rige la mayoría de las variables del equipo tanto termodinámicas, cargas estructurales, demandas energéticas y necesidades de control, entre otras. El sistema estructural es el que brinda el soporte, estabilidad y capacidad de movilidad para todos los demás sistemas. El sistema de refrigeración es aquel por el cual se conseguirá mantener la leche entre una temperatura de 4 °C y 6 °C mediante la transferencia de calor y enlazado directamente al sistema de almacenamiento, es por esto que se requiere un sistema que suministre la energía demandada por el sistema de refrigeración para la generación de su respectivo trabajo, es aquí donde se incorpora el sistema de energía y por último el sistema de control encargado de la revisión de todas las variables que actúan en el equipo, así como la adecuada interacción de todos los sistemas.

4.3 ALTERNATIVAS SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

Debido a los requerimientos del diseño para el sistema de almacenamiento contemplados en el capitulo tres, en los cuales se expresa la gran importancia de considerar un tanque de almacenamieto que genere un bajo centro de gravedad que contribuya en la estabilidad del trailer, asi como lograr un diseño mas compacto y esteticamente adecuado. Teniendo en cuenta el capitulo dos en donde se estudiaron los tipos de tanques utilizados en la actualidad para el almacenamieto de leche cruda en estado estatico, se presentan dos posibles alternativas, de la cuales una de ellas resulta ser inviable debido a los requerimientos propios del diseño del equipo de refrigeracion movil.

Alternativa 1. Almacenamiento horizontal.

En este tipo de tanques de almacenamiento se tienen centros de gravedad bajos, asi como distribuciones de cargas en un area mas grande de la estructura que soporta al mismo, presentan una accesibilidad para su inspeccion y mantenimiento mas adecuada, asi como una mejor distribucion de los equipos de control, refrigeracion y alimentacion energetica que se incorporan al mismo.

Por otra parte se tiene que los almacenamientos con tanques verticales ocupan una mayor superficie en el sitio donde se encuentre ubicados, siendo inadecuados en ciertos procesos industriales en donde se busca la optimización del espacio.

Imagen 6. Tanque horizontal

Fuente: TECNILAC WILLGO E.U. Tanques de enfriamiento. [En linea]. [Citado 6 de Abril, 2017]. Disponible en: http://www.tecnilacwillgo.com/tanques.htm

Alternativa 2. Almacenamiento vertical.

El almacenamiento horizontal presenta algunas ventajas frente al tipo de proceso para el cual sea utilizado, su geometria contribuye a la optimizacion de espacio supercial en donde se encuentre ubicado, asi como sus apliaciones se ven en el sector de hidrocarburos en donde se requiere el almacenaje de grandes volumenes en poca superficie.

Su alto centro de gravedad es inadecuado en aplicaciones donde se requiera una movilizacion del sistema, debido a que genera grandes cargas en la estructura de soporte, asi como una baja estabilidad frente a inclinaciones pronunciadas del tanque.

Imagen 7. Tanque vertical

Fuente: ESTUDIO TECNICO INDUSTRIAL, S.R.L. Tanques termicos verticales. [En linea]. [Citado 7 de Abril, 2017]. Disponible en: http://www.etisrl.com.ar/tanterv.htm

Dadas las alternativas anteriores, se hace inecesario contemplar metodologias para la evaluacion de las mismas, ya que debido a los requerimientos del diseño y a los objetivos que busca el proyecto la alternativa numero 1 “Almacenamiento horizontal” logra satisfacer en gran proporcion estas exigencias, lo que no sucede con la alternativa numero 2 “Almacenamiento vertical” ya que por sus caracteristicas propias de operación resulta inviable su aplicación en sistemas moviles.

4.4 ALTERNATIVAS PARA EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Teniendo en cuenta los sistemas de refrigeración que existen actualmente en la industria y luego de su estudio en anteriores capítulos se comprenden las ventajas y desventajas de cada sistema, como se detallara a continuación.

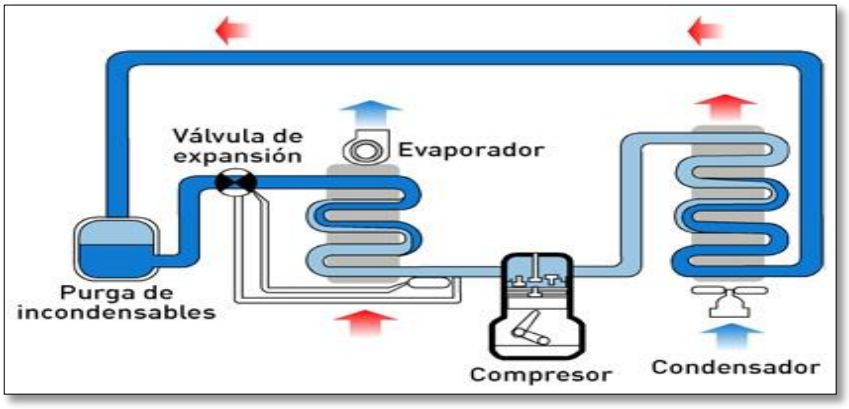
Además, se definen los porcentajes de importancia de cada variable a tener en cuenta en la calificación de alternativas.

- ✓ Capacidad de movilidad del sistema (5): este parámetro recibe un valor de 5 debido a que el proyecto se fundamenta en la posibilidad de realizar el transporte de leche cruda, entre el sitio de producción y el centro de acopio.
- ✓ Rendimiento del sistema (5): este parámetro hace referencia a la capacidad frigorífica del sistema versus el consumo energético por lo tanto recibe igualmente un valor de 5.

- ✓ Volumen ocupado por los equipos (3): dada la necesidad del sistema para que sea compacto se tiene en cuenta esta variable con el fin de lograr un diseño estéticamente viable por esto recibe un valor de 3.
- ✓ Facilidad en su mantenimiento (3): para esta variable se le asigna un valor de 3 debido a que el sistema estará lejos de cabeceras urbanas y personas que cuenten con la capacitación técnica para intervenir el equipo de ser necesario.
- ✓ Durabilidad (4): debido a que el proyecto está enfocado a pequeños productores en donde se supone sus recursos son limitados se debe garantizar una inversión a largo plazo por esto se le asigna un valor de 2 a esta variable.
- ✓ Costo inicial (2): se considera esta variable por la disposición económica que los pequeños productores lácteos puedan tener para la adquisición de nuevos equipos y se da un valor de 2 para esta.

Alternativa 1. Sistema de refrigeración por compresión.

Imagen 8. Sistema de refrigeración por compresión



Fuente: CONSERVACIÓNENFRIO. Refrigeración por compresión. [En línea]. 2011. [Citado 11 de Abril, 2017]. Disponible en: https://conservacionenfrio.wordpress.com/2011/08/02/refrigeracion-por-compresion/

Dicha alternativa consiste en la selección de equipos que sean comerciales actualmente en la industria, partiendo de la necesidad térmica que requiera el sistema para su funcionamiento, además de esto teniendo en cuenta el rendimiento del equipo, facilidad en su instalación y mantenimiento.

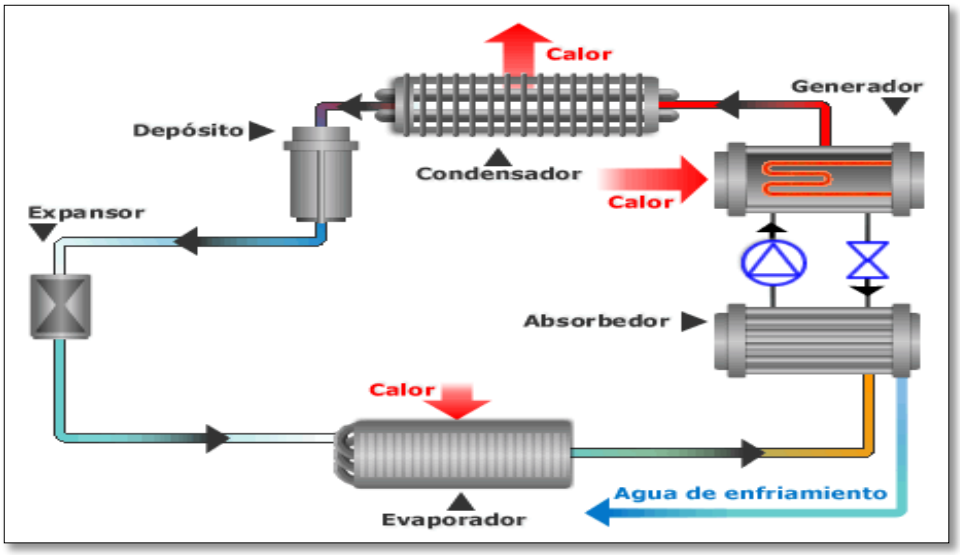
Este sistema presenta ventajas en condiciones en donde la alimentación de energía eléctrica es constante y las necesidades de refrigeración no son exigentes, este sistema es ampliamente utilizado en la industria actual debido a su fácil operación, instalación y manteniendo.

Por otra parte, el sistema presenta desventajas frente a condiciones variables de alimentación energética o ambientes extremadamente fluctuantes en sus condiciones climáticas o donde se requiera la movilización del equipo.

- ✓ Capacidad de movilidad del sistema: para el sistema de refrigeración por compresión la capacidad de movilidad es bastante limitada debido a su dependencia de una fuente energética estática y constante.
- ✓ Rendimiento del sistema: el rendimiento del sistema de compresión es mayor en comparación a un sistema de absorción aproximadamente un 5,5 a un 1,2 respectivamente.
- ✓ Volumen ocupado por los equipos: debido a que en el sistema de compresión se tiene un compresor para realizar el ciclo de refrigeración se logra obtener un sistema más compacto y por tanto con un volumen de equipos más reducido en comparación a otros sistemas.
- ✓ Facilidad en su mantenimiento: para los sistemas de refrigeración por compresión se tiene una ventaja en cuanto a la facilidad en el mantenimiento debido a su diseño modular que permite acceder a cada componente por separado y así realizar un adecuado mantenimiento.
- ✓ Durabilidad: la durabilidad de un sistema por compresión resulta ser menor que en otros sistemas debido a que por su funcionamiento propio posee componentes que tienden a desgastarse más rápidamente, más específicamente en el compresor.
- ✓ Costo inicial: debido a que el sistema de compresión posee un compresor para su funcionamiento, su costo en comparación a otros sistemas más simples resulta un poco más elevado.

Alternativa 2. Sistema de refrigeración por absorción.

Imagen 9. Sistema de refrigeración por absorción



Fuente: FÍSICA, FLUIDOS Y TERMODINÁMICA. Ciclo de refrigeración. [En línea]. [Citado 14 de Abril, 2017]. Disponible en: https://athanieto.wordpress.com/tematicas/segundo-principio-de-la-termodinamica/ciclo-de-refrigeracion/

En esta alternativa se plantea la selección de equipos dependiendo de las necesidades térmicas del sistema así mismo facilidad de montaje, mantenimiento, porcentaje de eficiencia, y demás aspectos relevantes.

El sistema de refrigeración por absorción resulta conveniente por sus características en aplicaciones donde se requiera una movilización del equipo o en donde las fuentes energéticas disponibles no se han fijas, como por ejemplo redes eléctricas las cuales muchas veces presenten intermitencia en su alimentación, lo que conlleva que muchos sistemas de refrigeración se vean afectados y por ende la cadena de frio.

Este sistema también cuenta con sus limitantes frente a estos aspectos como lo son la seguridad de operación en movimiento, ya que resulta incierto asegurar la absorción del amoniaco en agua si los recipientes que almacenan estos fluidos se encuentran en agitación, este aspecto conlleva un estudio experimental que en este documento no se realizara ya que no es parte del alcance del mismo, sino que a través de los cálculos necesarios se deducirá si es viable o no su funcionamiento bajo este marco.

El sistema presenta algunas desventajas ya que este puede ser más robusto que otros sistemas, su funcionamiento es más complejo.

- ✓ Capacidad de movilidad del sistema: debido a que los sistemas de refrigeración por absorción funcionan con la generación de calor directa en el generador, pueden ser más flexibles en su operación, es decir tener la capacidad de ser trasladados con fuentes energéticas especialmente diseñadas para este propósito.
- ✓ Rendimiento del sistema: el rendimiento del sistema de absorción resulta ser menor en comparación a un sistema de compresión aproximadamente un 1.2 a un 5.5 respectivamente.
- ✓ Volumen ocupado por los equipos: debido a que en el sistema de absorción se tiene un conjunto de elementos (generador, absorbedor, absorbente, fuente de calor) para remplazar la función del compresor en los sistemas de refrigeración por compresión se tienen un volumen de equipos más grande.
- ✓ Facilidad en su mantenimiento: en los sistemas de refrigeración por absorción debido a la configuración propia de sus elementos los cuales requieren funcionar como un solo conjunto, presenta una complejidad mayor cuando se requiere realizar un mantenimiento, ya que no se puede observar cada elemento por separado
- ✓ Durabilidad: la durabilidad de un sistema por absorción resulta ser mayor que en otros sistemas ya que al no poseer elementos móviles que tiendan a presentar desgaste o fatiga se tiene un sistema con una vida útil mayor.

- ✓ Costo inicial: debido a que el sistema de absorción no posee un compresor para su funcionamiento, su costo resulta ser más bajo en comparación a un sistema de compresión ya que los elementos que sustituyen el compresor son de bajo costo y de fácil manufactura.

Cuadro 3. Matriz de selección del sistema de refrigeración

VARIABLE	**Ponderación W_I**	**ALTERNATIVA 1 Compresión**		**ALTERNATIVA 2 Absorción**	
		r_1	**W_i*r_1**	**r_2**	**W_i*r_2**
Capacidad movilidad sistema	5	4	20	9	45
Rendimiento sistema	5	9	45	7	35
Volumen ocupado equipos	3	7	21	5	15
Facilidad mantenimiento	3	6	18	5	15
Durabilidad	4	5	20	7	28
Costo inicial	2	5	10	7	14
TOTAL GLOBAL (S_j)	$\sum_i W_I * r_{ij}$	134		152	

Luego del análisis previo de las alternativas de diseño frente al sistema de refrigeración, se puede concluir que el sistema que más prestaciones presenta para el diseño es el sistema de refrigeración por absorción, según se vio discriminado en la tabla anterior, este obtuvo un puntaje de ciento cincuenta y dos (152) siendo algunas de sus mayores ventajas las siguientes;

- ✓ Capacidad de movilidad del sistema
- ✓ Durabilidad
- ✓ Costo inicial

4.5 ALTERNATIVAS PARA EL SISTEMA DE ENERGÍA

Para el sistema de alimentación energética se plantearán tres alternativas de diseño, las tres igualmente válidas y aplicadas en la industria para la alimentación energética de los diferentes equipos de refrigeración existentes, para este caso en particular se tomarán en cuenta diferentes parámetros que resultan esenciales para el diseño del equipo de refrigeración móvil. Los cuales contribuirán a la decisión y elección final.

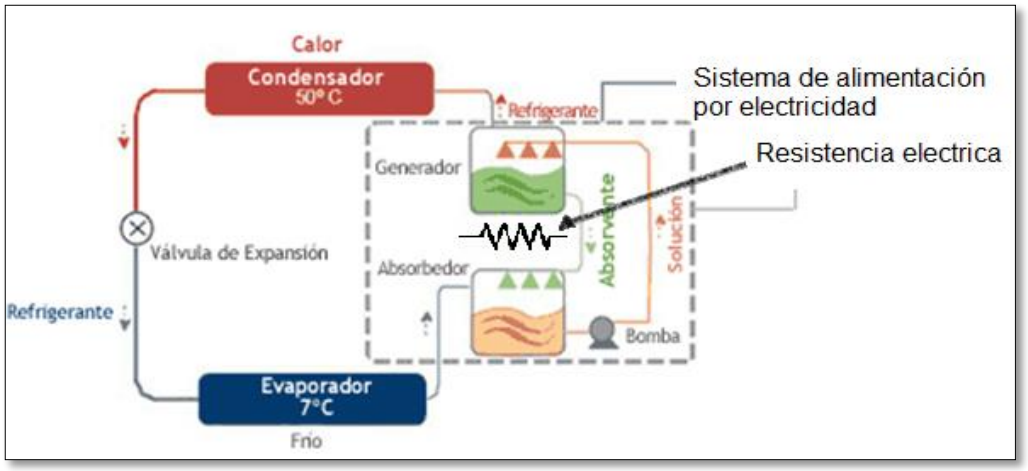
A continuación, se detallarán las variables que se tendrán en cuenta para la calificación y posterior análisis de cada una de las alternativas ya descritas en cuanto al sistema de energía.

- ✓ Costo inicial (5): se le asigna un valor de 5 a esta variable debido a que se debe considerar la disponibilidad con la que cuenta el productor para realizar la inversión, y su margen de ganancias.

- ✓ Disponibilidad y autonomía de operación (5): debido a las zonas de aplicación del equipo de refrigeración móvil se debe tener en cuenta la disponibilidad de las fuentes de energía por esto se asigna un valor de 5 a esta variable.
- ✓ Impacto ambiental (3): el impacto ambiental en la actualidad es un factor el cual se debe tener en cuenta para cualquier clase de diseño en el cual pueda haber una afectación al medio ambiente por tal motivo recibe un valor de 3.
- ✓ Seguridad operacional (3): aspecto importante debido a que la manipulación del equipo será realizada por un operario y se debe garantizar la seguridad del mismo en donde se le asigna un valor de 3 a esta variable.
- ✓ Facilidad en el montaje y mantenimiento (2): cualquier clase de fuente energética utilizada requiere una instalación y su posterior mantenimiento, debido a la zona de aplicación del sistema de refrigeración móvil se requiere que estos dos factores se han contemplados es por esto que recibe un valor de 2.
- ✓ Volumen ocupado en el sistema (2): se tiene en cuenta ya que se busca llegar a un diseño del equipo de refrigeración móvil que sea compacto y con una distribución de equipos adecuada.

Alternativa 1. Alimentación por energía eléctrica.

Imagen 10. Alimentación eléctrica a un sistema de refrigeración



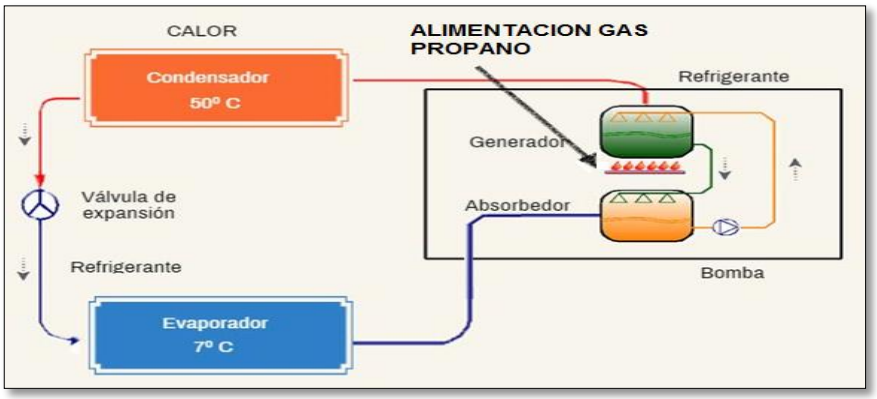
Fuente: SCIELO. Sistema de refrigeración solar por absorción para la comunidad de kumay en Ecuador. [En línea]. 2014. [Citado 20 de Abril, 2017]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012014000300013. Editada.

Esta alternativa de alimentación energética consiste en la disposición de una fuente eléctrica ya sea a 120 V o 220 V que permite una adecuada conexión a un equipo refrigerante, esta alternativa se ve limitada en zonas geográficas del país donde el fluido eléctrico no es constante o presenta cortes continuos, así mismo en aplicaciones donde se requiera trasladar o tener una flexibilidad en el equipo frigorífico, lo que en muchos casos puede conllevar a la parada del equipo o interrupción en su ciclo de refrigeración.

- ✓ Costo inicial: la alimentación por energía eléctrica resulta ser económica cuando se cuenta con una adecuada instalación y disposición de la misma
- ✓ Disponibilidad y autonomía de operación: actualmente la disponibilidad de energía eléctrica es bastante buena a nivel nacional sin embargo en zonas rurales la disponibilidad de energía eléctrica es limitada y su costo de instalación es elevado para los ingresos de pequeños productores.
- ✓ Impacto ambiental: la energía eléctrica es una de las mejores alternativas si se requiere un bajo impacto ambiental
- ✓ Seguridad operacional: cuando se cuentan con buenas instalaciones eléctricas y sistemas de control adecuados, la seguridad operacional de la energía eléctrica es bastante buena.
- ✓ Facilidad en el montaje y mantenimiento: las fuentes de energía eléctrica requieren personal especializado para su montaje y mantenimiento, sin ser esto una gran desventaja.
- ✓ Volumen ocupado en el sistema: el volumen ocupado por esta fuente de energía es bastante reducido debido a que no contiene ningún otro componente diferente a los componentes propios de la instalación como (cableado, interruptores, sistema de control).

Alternativa 2. Alimentación por combustible (Gas propano).

Imagen 11. Gas propano en sistema de refrigeración



Fuente: CALORYFRIO. Sistema de refrigeración por absorción. [En línea]. 2008. [Citado 23 de Abril, 2017]. Disponible en: https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-instalaciones-componentes/sistema-de-refrigeracion-por-absorcion.html. Editada.

Esta fuente energética es muy utilizada en la industria en muchos procesos donde se requiere una fuente de potencia económica y con un poder calorífico importante, debido a que este tipo de energía no tiene una afectación al medio ambiente considerable en comparación a otros combustibles resulta muy favorable su aplicación, así mismo el costo de este combustible es relativamente bajo comparado con algunos otros.

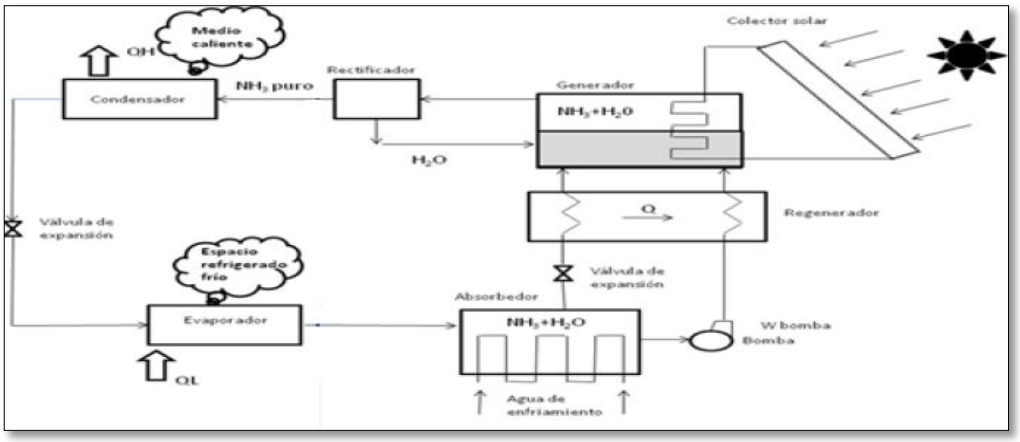
Esta alternativa presenta varias ventajas en comparación con las demás, su capacidad de ser adaptado a sistemas que requieran movilización, su fácil disposición y seguridad, así como su bajo costo presentan variables a tener en cuenta para ciertos diseños donde se requieran fuentes energéticas.

Aspectos como utilidad y disponibilidad comercial en zonas rurales, en donde su presencia es casi esencial ya que muchas de las viviendas de estos lugares usan este combustible para diversas aplicaciones como los son el de cocinar.

- ✓ Costo inicial: la fuente de energía por gas propano es bastante adecuada debido a su costo inicial, ya que resulta ser muy económico en comparación a otras fuentes de energía.
- ✓ Disponibilidad y autonomía de operación: la disponibilidad de esta fuente de energía es casi total en el territorio nacional, ya que debido a su fácil transporte y abundante oferta es posible obtenerla en cualquier zona del país.
- ✓ Impacto ambiental: al gas propano se le reconocen unas bajas emisiones contaminantes, las cuales resultan apropiadas para el diseño y las actuales normativas ambientales.
- ✓ Seguridad operacional: debido a que el gas propano es un gas presurizado en un tanque de almacenamiento, se debe contar con prácticas adecuadas en su manipulación e instalación, por lo cual la seguridad operacional resulta ser más baja que en otras fuentes energéticas.
- ✓ Facilidad en el montaje y mantenimiento: para su montaje y mantenimiento es necesario contar con personal capacitado para realizar estas tareas con seguridad, lo cual resulta ser desfavorable en comparación a fuentes eléctricas las cuales son más sencillas para su montaje y mantenimiento.
- ✓ Volumen ocupado en el sistema: debido a que la fuente de energía de gas propano contiene un tanque presurizado en su funcionamiento, el volumen ocupado por lo equipos es mayor en comparación al sistema de energía eléctrico, pero menor que sistemas de energía como paneles solares.

Alternativa 3. Alimentación por paneles solares.

Imagen 12. Panel solar en sistema de refrigeración



Fuente: LÓPEZ LIÉVANO ADOLFO. Instrumentación y puesta a punto de un sistema de refrigeración solar. [En línea]. 2011. [Citado 25 de Abril, 2017]. Disponible en: http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/30480/1/LopezLievano.pdf

Aunque su aplicación ha presentado un constante crecimiento durante los últimos años y gracias a que se le reconocen muchas ventajas, como el ser una energía amigable al ambiente, así como el aprovechamiento de la energía solar que está a disposición de todos en cualquier lugar geográfico, existen condiciones que hay que tener en cuenta al momento de estudiar esta alternativa, los costos de instalación y adquisición de equipos resultan elevados, la potencia que entregan estos sistemas de generación resulta limitada y en algunos casos presentan interrupciones.

Cabe resaltar que la situación geográfica que comprende el proyecto es en su mayoría sabana, en donde en pocas épocas del año se presenta una radiación importante o aprovechable de sol, energía esencial e inherente de este sistema, por lo cual esto podría presuponer una desventaja en la utilización de esta fuente, sin embargo, por su auge de utilización y buscando una alternativa netamente amigable con el ambiente se estudia su participación, ventajas y desventajas en el montaje.

- ✓ Costo inicial: debido que para la implementación de paneles solares se requieren elementos adicionales y además algunos fabricados con materiales más costosos que los tradicionales, el costo inicial de esta fuente de energía resulta más elevado en comparación con los demás.
- ✓ Disponibilidad y autonomía de operación: este tipo de fuentes energéticas presentan dificultades en cuanto a su disponibilidad, ya que aun cuando no se requiere adquirir o pagar por la energía solar, se tiene la limitación que su flujo resulta ser intermitente y dependiente de las condiciones climáticas,
- ✓ Impacto ambiental: el impacto ambiental es una gran ventaja que presenta esta fuente energética ya que, al aprovechar la energía del sol no existen emisiones contaminantes al ambiente y se considera una energía limpia.

- ✓ Seguridad operacional: luego de realizar la instalación apropiada del sistema por paneles solares su seguridad operacional es muy buena debido a que no se requiere una manipulación directa sobre el sistema.
- ✓ Facilidad en el montaje y mantenimiento: para este aspecto es necesario contar con personal especializado que ponga a punto el sistema de energía, lo cual resulta ser una desventaja frente a otros sistemas más simples para su instalación y mantenimiento.
- ✓ Volumen ocupado en el sistema: debido que para conseguir el flujo eléctrico necesario se debe contar con paneles solares ubicados al exterior del sistema de refrigeración móvil, el volumen ocupado por estos componentes resulta ser mayor en comparación con otros sistemas lo cual presenta una desventaja si se requiere un diseño compacto.

Cuadro 4. Matriz de selección de la fuente de energía

VARIABLE	**Ponderación W_i**	**ALTERNATIVA 1 Eléctrica**		**ALTERNATIVA 2 Gas propano**		**ALTERNATIVA 3 Paneles solares**	
		r_1	**W_i*r_1**	**r_2**	**W_i*r_2**	**r_3**	**W_i*r_3**
Costo inicial	5	7	35	9	45	4	20
Disponibilidad	5	7	35	9	45	5	25
Impacto Ambiental	3	5	15	4	12	9	27
Seguridad Operacional	3	5	15	5	15	7	21
Facilidad montaje y MTTO	2	7	14	5	10	4	8
Volumen Ocupado	2	7	14	5	10	5	10
TOTAL, GLOBAL (S_j)	$\sum_i W_I * r_{ij}$	128		137		114	

Luego del análisis previo de las alternativas de diseño frente a las diversas opciones de fuentes de energía, se puede concluir que el sistema que más prestaciones presenta para el diseño es el de la utilización del gas propano, según se vio discriminado en la tabla anterior, este obtuvo un puntaje de ciento treinta y siete (137) siendo algunas de sus mayores ventajas las siguientes;

- ✓ Costo inicial
- ✓ Disponibilidad y autonomía
- ✓ Facilidad de montaje y mantenimiento

5. DISEÑO DETALLADO

Durante el desarrollo de este capitulo se realizán metodologías y cálculos detallados de todos los equipos que componen el sistema de refrigeracion movil, partiendo asi desde los parametros de diseño ya contemplados en el capitulo tres del proyecto y aplicandolos a las alternativas escogidas en el capitulo cuarto del mismo, llevando asi a conseguir un diseño general del equipo que sea adecuado y cumpla con las exigencias y propositos del proyecto.

5.1 CÁLCULO SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

Dado que el sistema de almacenamiento es el que rige el comportamiento de los demás sistemas, se inicia con la descripcion de las condiciones que influyen en el cálculo de las cargas estructurales en la geometria del tanque y posteriormente en la estructura de soporte, asi como las cargas térmicas que el sistema de refrigeracion debe manejar para conseguir las temperaturas deseadas en el proceso .

Cuadro 5. Condiciones para el cálculo del sistema de almacenamiento

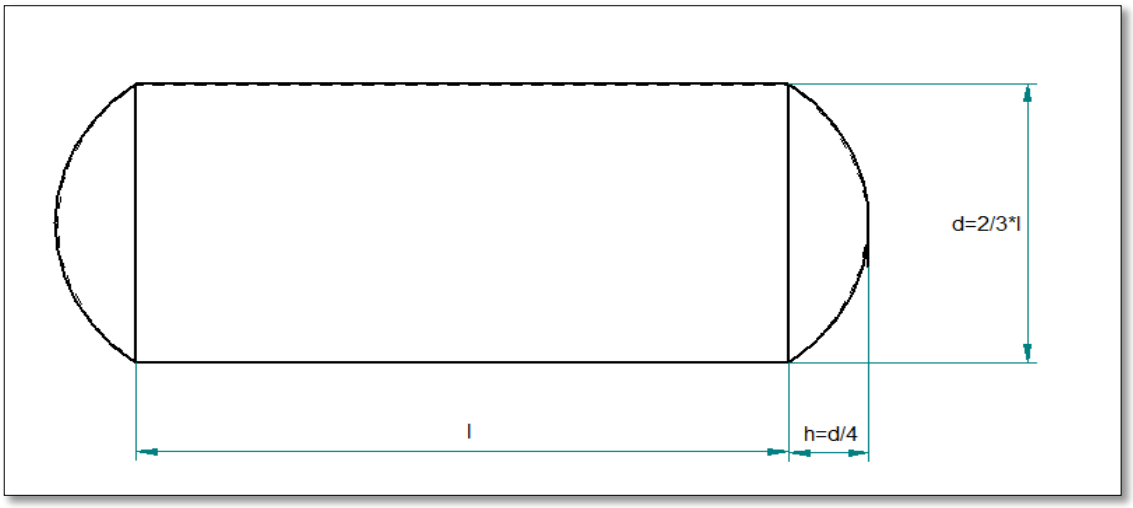
CONDICIÓN	VALOR	UNIDADES
Volumen de leche a refrigerar	200	Litros
Densidad de la leche (ρ)	1,028 a 1,033	g/cm^3
Viscosidad	0,0017 a 0,0022	Kg/(m*s)
Punto de ebullicion	101,17	°C
Punto de congelacion	-0,513 a -0,565	°C
Conductividad termica	0,53	W/(m*°C)
Capacidad calorifica leche cruda	3.930	(J/Kg*°C)
Presion atmosferica (P_{atm})	101325	Pa
Longitud del tanque	1,1	M

5.1.1 Metodología de cálculo sistema de almacenamiento. Durante el desarrollo del cálculo detallado para el sistema de almacenamiento se contempla una metodología y se siguen unos pasos descritos a continuacion, con el objetivo de obtener un procedimiento ordenado, que muestre el desarrollo del diseño teniendo encuenta todos los aspectos ya señalados en los anteriores capitulos

- ✓ Cálculo del tamaño del tanque y geometría
- ✓ Cálculo de los espesores por presión interna
- ✓ Cálculo de componentes adicionales: rompeolas, soportes, entradas y salidas
- ✓ Cálculo espesor de aislamiento en el tanque
- ✓ Determinación de sistemas de control para el tanque

5.1.2 Determinación de las dimesiones del tanque y geometria. Para la determinacion de la geometria y dimensiones del tanque de almacenamiento, se trabaja con un tanque horizontal por sus ventajas para el diseño tal y como se determino en el capitulo cuarto, ademas se busca un tamaño acorde a todo el conjunto y que brinde una buena estabilidad considerando un volumen del 80% de la capacidad total del tanque

Imagen 13. Dimensiones básicas del tanque de almacenamiento



$$V = \frac{\pi}{4} * d^2 * l$$
$$V_{total\ requerido} = Cantidad\ de\ leche\ a\ refrigerar + 20\%$$
$$l = Longitud\ del\ tanque$$
$$d = Diametro\ del\ tanque$$

Debido a que se debe tomar una capacidad del 20% adicional para el dimensionamiento del tanque, se tiene que el volumen interno es;

$$V = 200l + (200l * 0{,}2) = 240l$$

Tomando encuenta el volumen adicional añadido por las cabezas del tanque de alamacenamieto se tiene que ;

$$V_{cabezas} = 2 * \frac{\pi * d^2 * h}{6} = 2 * \frac{\pi * 0{,}5^2 m * \frac{0{,}5\ m}{4}}{6} = 0{,}0327\ m^3 \approx 32{,}7249\ l$$

Es decir el volumen suministrado por el cilindro es de;

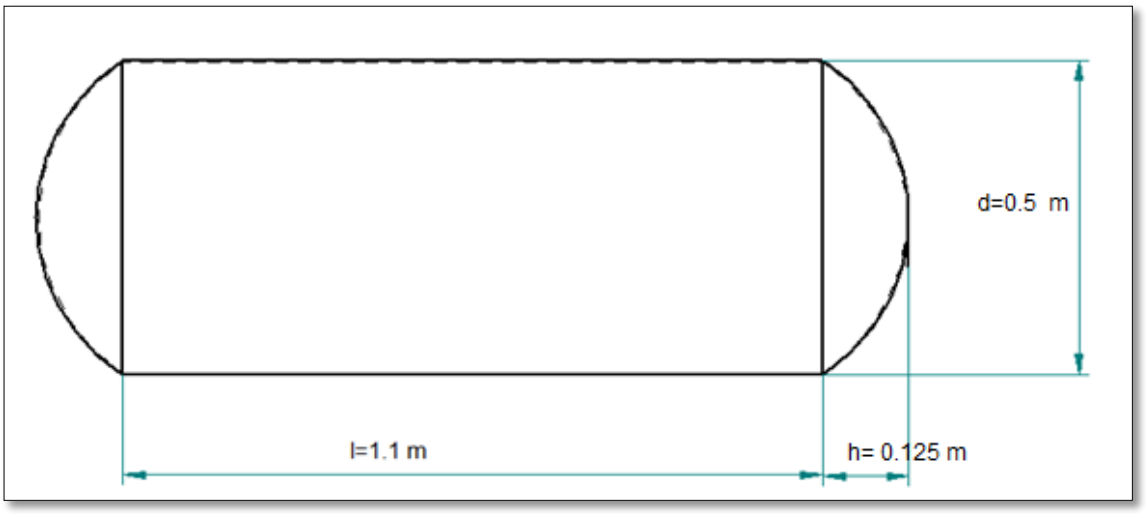
$$V_{cilindro} = V_{total\ requerido} - V_{cabezas}$$
$$V_{cilindro} = 240\ l - 32{,}72\ l = 207{,}275\ l$$

Dado que se toma $l = 1.1\ m$ y despejando d, el diametro interno del tanque es;

$$d = \sqrt{\frac{(4 * V)}{(\pi * l)}} = \sqrt{\frac{\left(4 * 210\ l * \frac{1m^3}{1000\ l}\right)}{(\pi * 1.1\ m)}} = 0{,}493\ m\ \approx 0{,}5\ m$$

Resumen;

Imagen 14. Resumen dimensiones basicas tanque de almacenamiento



Volumen total del cilindro;

$$Volumen\ cilindro = \pi * r^2 * l = \pi * 0{,}25^2 m * 1{,}1m = 0{,}21598\ m^3 \approx 215{,}98\ l$$

$$V_{cabezas} = 2 * \frac{\pi * d^2 * h}{6} = 2 * \frac{\pi * 0{,}5^2 m * \frac{0.5\ m}{4}}{6} = 0{,}0327\ m^3 \approx 32{,}7249\ l$$

$$Volumen\ total = Vcilindr + V\ cabezas = 215{,}98\ l + 32{,}7249\ l = 248{,}709\ l\ \approx 250\ l$$

Presion interna;

$$P_o = P_{atm} + \rho * g * h$$

$P_{atm} = 101.325\ Pa$
$\rho = 1{,}028\ \frac{g}{cm^3}$
$g = 9{,}81\ \frac{m}{s^2}$
$h = 0{,}5\ m$
(Ver tabla 1)

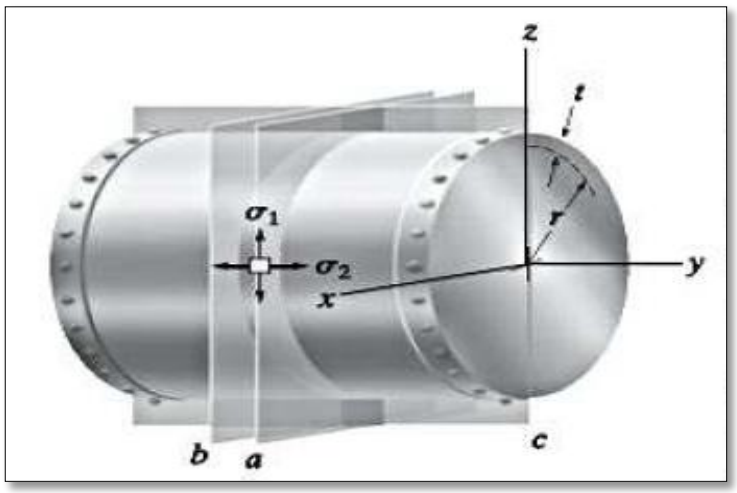
$$P_o = 101325\ Pa + \left(1{,}028\frac{g}{cm^3} * \frac{100\ cm^3}{1m^3} * \frac{1\ kg}{1000\ g}\right) * 9{,}81\frac{m}{s^2} * 1.1\ m = 112418{,}14\ Pa$$

$$Presion\ de\ operacion = P_o = 16{,}3063\ \frac{lb}{in^2}\ (PSI) = 1124279808.5\ Pascales$$

5.1.3 Cálculo espesor en el tanque. El calculo para determinar el espesor de las paredes se realizara siguiendo la metodologia para recipientes a presión descrita en el libro “Resistencia de Materiales” de Robert Mott capitulo 12, quinta edición.

Realizando un diagrama de cuerpo libre para una sección del tanque de almacenamiento se tiene dos clases de esfuerzos a tener encuenta para el diseño.

Imagen 15. Esfuerzos en tanques a presión



Fuente: ROBERT L MOTT. Resistencia de materiales. Quinta edicion. 2009. Editorial Pearson education. Pag 642

$$\sigma 1 = Esfuerzo\ tangencial = \frac{P * Dm}{2t}$$

$$\sigma 2 = Esfuerzo\ longitudinal = \frac{P * Dm}{4t}$$

$P = presion\ interna\ del\ tanque$
$Dm = diametro\ medio$
$t = espesor\ del\ tanque$

Como se puede observar el esfuerzo tangencial es dos veces mayor que el esfuerzo longitudinal por tal motivo los cálculos se realizaran con la expresión critica es decir esfuerzo tangencial. Para la utilización de dichas formulas es necesario verificar que el tanque de almacenamiento sea de pared delgada ya que existen recipientes de

pared gruesa y manejan otro tipo de expresiones matematicas. Para esto se utiliza la siguiente desigualdad;

$$Si\ \frac{r}{t} \geq 10\ entonces\ es\ un\ recipiente\ de\ pared\ delgada$$
$$si\ \frac{r}{t} < 10\ entonces\ es\ un\ recipiente\ de\ pared\ gruesa$$

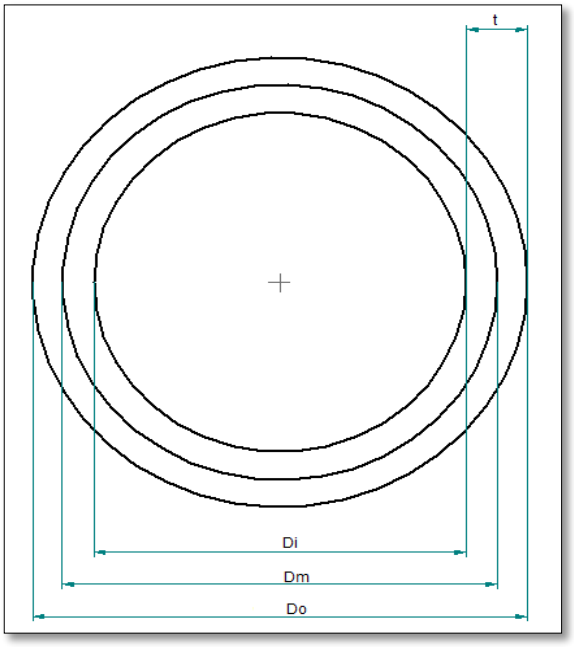
Realizando la verificacion y asumiendo un espesor de pared de 3 mm se tiene que;

$$\frac{r}{t} = \frac{0.25\ m}{0.003\ m} = 83{,}33 > 10\ el\ recipiente\ es\ de\ pared\ delgada$$

Teniendo en cuenta las dimensiones del tanque previamente determinadas, se obtienen las dimensiones necesarias para el calculo respectivo;

$D_O = 0{,}506\ m\ ;\ Diámetro\ externo$
$D_i = 0{,}5\ m\ ;\ Diámetro\ Interno$
$t = 0{,}003\ m\ ;\ Espesor$
$l = 1{,}1\ m\ ;\ longitud$
$D_m = \frac{Di + Do}{2} = 0{,}503\ m\ ;\ Diámetro\ medio$

Imagen 16. Dimensiones del tanque en sección perpendicular a su eje



La construcción del tanque se realiza en Acero Inoxidable AISI 304 debido tanto a sus propiedades mecánicas como su adecuado comportamiento para el almacenanje de productos alimenticios.

Resistencia a la fluencia: 310 Mpa = 44961,7 psi

Teniendo las variables involucradas en la ecuación de esfuerzo tangencial se procede a realizar el cálculo de la maxima presión que podra soportar el tanque y asi realizar una comparación entre la presión de operación y la presión maxima para la cual será diseñado el tanque de almacenamiento, contemplando asi mismo el factor de seguridad con el cual se diseñan tanques de alamacenamiento.

$$\sigma 2 = Esfuerzo\ tangencial = \frac{P * Dm}{2t}$$

Despejando P se tiene que la presión maxima que soporta el cilindro es igual a;

$$P = \frac{\sigma 2 * 2t}{Dm} = \frac{44961{,}7\ psi * 2 * 0{,}1181\ in}{19{,}803\ in} = 536{,}28\ \ psi \approx 3{,}695\ Mpa$$

Por lo general se utiliza un factor de 6 para el diseño de este tipo de tanques para asi optener una presión permisible

$$P = \frac{536{,}28\ psi}{6} = 89{,}38\ psi \approx 0{,}6136\ Mpa$$

Se tomara una presion permisible de 90 psi

Realizando una comparación entre la presión de operación y la presión permisible se tiene que la presión permisible por encima de la presión de operación
Po= 16,30 psi ; P= 90 Psi. Esto se debe a que en la operación del equipo de refrigeración no se involucran presiones considerables y por ende el espesor de 3 mm de pared resulta suficiente para la aplicación.

Tabla 1. Resumen especificaciones del tanque de almacenamiento

VARIABLE	VALOR	UNIDADES
Volumen total del tanque	250	Litros
Longitud del tanque con cabezas	1,35	M
Longitud del cuerpo cilindrico del tanque	1,1	M
Diametro del tanque interior	0,5	M
Espesor del cuerpo cilindrico	$3*10^{-3}$	M
Espesor en las cabezas del cilindro	$3*10^{-3}$	M
Presión de operación	16,30 0,11	Psi Mpa
Presión permisible	90 0,62	Psi Mpa

5.1.4 Componentes adiciónales. Para el diseño del tanque es necesario contémplar algunos aspectos adiciónales en la construcción del mismo, como por ejemplo: los rompeolas en caso de ser necesario, sistema de acceso y descarga y soportes, entre otrós.

5.1.4.1 Rompeolas. En el transporte de líquidos existe un gran numero de aspectos que hay que tener encuenta al momento de diseñar el tanque de almacenamiento, uno de estos aspectos es la estabilidad lateral y direccional de los mismos que se puede ver afectada por el movimiento del fluido transportado. El diseño de rompeolas en el interior de los tanques tiene como propósito disminuir el efecto del oleaje en la estabilidad del vehículo, es por esto que en grandes tanques para transporte de diferentes líquidos, como hidrocarburos en su gran mayoria, es indispensable este componente.

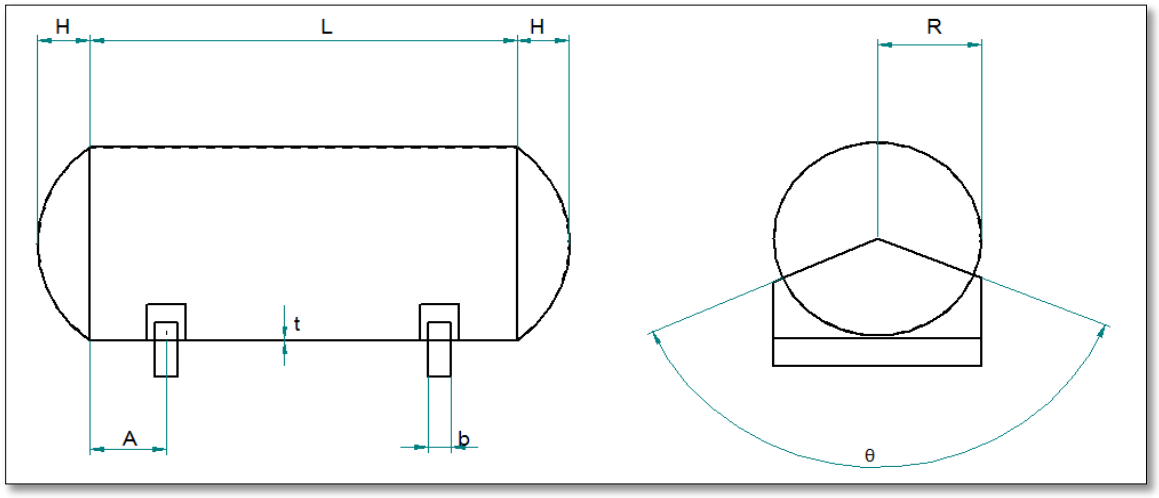
Debido a que el proyecto busca el transporte de leche cruda para una capacidad de 200 litros y ya que para el traslado del trailer a los centros de acopio se realizara en su gran mayoria solo cuando el tanque de almacenamiento se encuentre al 100% de su capacidad, evitando asi llenados parciales que favorezcan la aparición de oleaje al interior del mismo, tambien buscando un diseño simple, que evite la acomulacion de residuos en el interior debido a geometrias complejas y que favorezca la limpieza en su interior, se opta por suprimir el diseño de rompeolas en el tanque ya que no se considera necesario por el volumen y requerimientos propios del equipo.

5.1.4.2 Diseño de soportes para el tanque. En el momento de diseñar un tanque de almacenamiento es indispensable tener en cuenta los soportes que brinden la estabilidad y el adecuado anclaje del mismo a una estructura, es por esto que es importante determinar los diferentes esfuerzos que actuan en los soportes y asi determinar su adecuado diseño.

- ✓ Esfuerzos longitudinales por flexion
- ✓ Esfuerzos de corte tangenciales
- ✓ Esfuerzos circunferenciales

En la siguiente metodología de cálculo se determina si es o no necesario incorporar anillos atiesadores al diseño del tanque de almacenamiento.

Imagen 17. Dimensiones para el diseño de los soportes.



H= Longitud cabezas
L= Longitud cilindro
t= Espesor placa del tanque
A= Distancia de los soportes a un extremo del cilindro
b= Ancho del soporte
R= Radio interior del cilindro
Θ= Angulo de contacto del soporte
Q= Carga sobre cada soporte
S= Esfuerzo
K= Constante ver Anexo 1

- ✓ Cálculo de cargas sobre los soportes: para la determinación de las cargas sobre los soportes es necesario conocer la masa total del tanque junto con la masa total de leche en su interior.

$$Masa_{total} = Masa_{leche} + Masa_{tanque}$$

Masa leche;

$$m = \delta_{leche} * v_{leche} = \left(1.033\,\frac{g}{cm^3} * \frac{1kg}{1000g} * \frac{100cm^3}{1m^3}\right) * \left(200l * \frac{1m^3}{1000l}\right) = 206{,}6\ kg$$

Masa tanque;

$$Seccion_{cilindro} = 2 * \pi * D * L = 2 * \pi * 0{,}5m * 1{,}1m = 3{,}4557\ m^2$$
$$Volumen_{cilindro} = Area_{cilindro} * espesor = 3{,}4557\ m^2 * 0{,}003\ m = 0{,}010367\ m^3$$

Dado que las cabezas del tanque son dos semiesferas se toma para el cálculo la superficie de una esfera completa aproximadamente;

$$Sección_{esfera} = 4 * \pi * D^2 = 4 * \pi * 0.5^2 = 3{,}14159\ m^2$$

$$Volumen_{esfera} = Area_{esfera} * espesor = 3{,}14159\ m^2 * 0{,}003\ m = 0{,}01979\ m^3$$

Densidad del Acero Inoxidable AISI 304 = 8000 kg/m^3

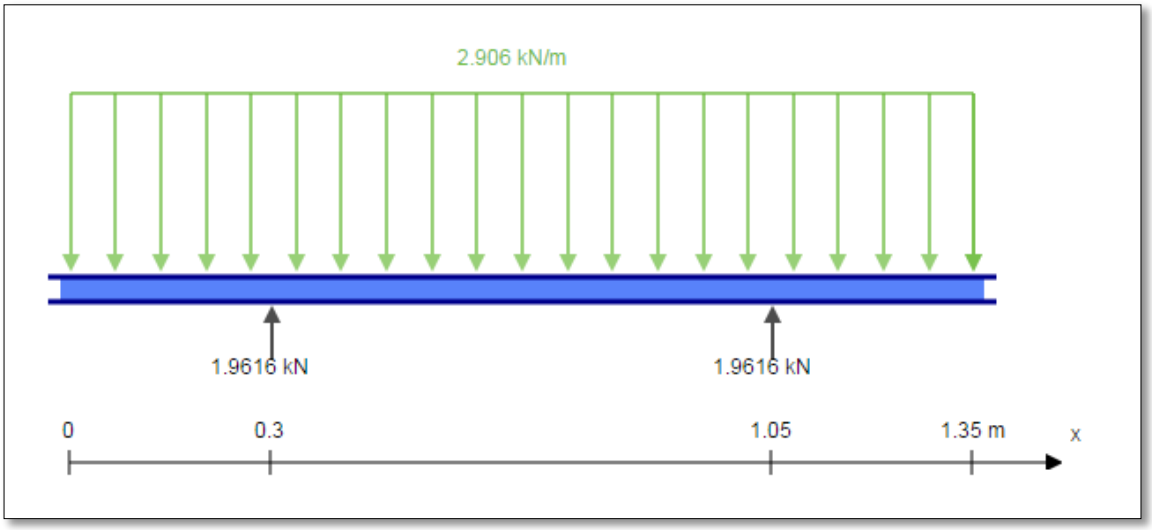
$$Volumen_{tanque} = V_{cilindro} + V_{cabezas} = 0{,}0103671\ m^3 + 9{,}42 * 10^{-3}\ m^3$$

$$Volumen_{tanque} = 0{,}01970\ m^3$$

$$Masa_{tanque} = 0{,}01970\ m^3 * 8.000\ \frac{kg}{m^3} = 158{,}32\ kg$$
$$Masa\ total = 206{,}6\ kg + 158{,}32\ kg = 364{,}92\ kg$$

Manejando un porcentaje de 10% por componentes adicionales en el tanque se tiene que la masa para cálculos de cargas en los soportes es de 400 kg es decir una carga distribuida de 2,906 kN/m en la longitud total del tanque

Grafica 13. Cargas en los soportes



Realizando el cálculo se tiene que la carga en cada una de los soportes es de aproximadamente 1,9616 kN (0,441kip) 200 kg (440,92 lb).

Cálculo de esfuerzos (Manual de recipientes de Eugene. F. Megyesy), (para los valores de k ver anexo A).

Tabla 2. Resumen datos dimesiones tanque

Q = 440,924 lb	K_5 = 0,401
R = 9,8425 in = 0,25 m	K_6 = 0,025
S = 44961,7 psi	K_7 = 0,760
ts = 0,1181 in = 0,003 m	K_8 = 0,603
b = 2,3622 in = 0,06 m	θ = 120°
K_1 = 0,335	L= 43,307 in = 1,1 m
K_2 = 1,171	H = 4,9125 in = 0,125 m
K_3 = 0,319	A = 6,889 in = 0,175 m
K_4 = 0,880	

✓ Esfuerzos longitudinales por flexion (en los soportes)

$$S_1 = \pm \frac{Q * A * \left(1 - \frac{1 - \frac{A}{L} + \frac{R^2 - H^2}{2 * A * L}}{1 + \frac{4 * H}{3 * L}}\right)}{K_1 * R^2 * t_s}$$

$$S_1 = \pm \frac{440{,}9 * 6{,}8 * \left(1 - \frac{1 - \frac{6{,}8}{43{,}3} + \frac{9{,}8^2 - 4{,}9^2}{2 * 6{,}8 * 43{,}3}}{1 + \frac{4 * 4.9}{3 * 43.3}}\right)}{0{,}335 * 9{,}8^2 * 0{,}1181} = 112{,}659\ psi \approx 0{,}7767\ Mpa$$

✓ Esfuerzos longitudinales por flexion (a la mitad del claro)

$$S_1 = \pm \frac{\frac{Q * L}{4} * \left(\frac{1 + 2 * \frac{R^2 - H^2}{L^2}}{1 + \frac{4 * H}{3 * L}} - \frac{4 * A}{L}\right)}{\pi * R^2 * t_s}$$

$$S_1 = \pm \frac{\frac{440{,}9 * 43{,}3}{4} * \left(\frac{1 + 2 * \frac{9{,}8^2 - 4{,}9^2}{43{,}3^2}}{1 + \frac{4 * 4{,}9}{3 * 43{,}3}} - \frac{4 * 6.8}{43.3}\right)}{\pi * 9{,}8^2 * 0{,}1181} = 39{,}826\ psi \approx 0{,}2745\ Mpa$$

El mayor esfuerzo S_1 sumado con el esfuerzo longitudinal debido a la presión interna, no debe ser mayor que el esfuerzo permitido por el material del cilindro multiplicado por la eficiencia de la soldadura circunferencial.

$$\sigma 2 = Esfuerzo\ longitudinal = \frac{P * Dm}{4t} = \frac{16{,}3 * 19{,}68}{4 * 0{,}1181} = 679{,}82\ psi$$

$$112{,}659\ psi + 679{,}82\ psi = 792{,}479\ psi = 5{,}4639\ Mpa$$

$$792{,}479\ psi\ <<< (44961{,}7\ psi\ * 0{,}8 = 35969{,}36\ psi)$$

- ✓ Esfuerzo cortante tangencial (en el cilindro): cuando $A > R/2$ se emplea la expresión;

$$S_2 = \frac{K_3 * Q}{R * t_s} * \left(\frac{L - 2 * A}{L + \frac{4}{3} * H}\right)$$

$6.889\ in > \frac{9.8425\ in}{2}$ se cumple, entonces;

$$S_2 = \frac{0{,}319 * 440{,}9}{9{,}8425 * 0{,}1181} * \left(\frac{43{,}3 - 2 * 6{,}8}{43{,}3 + \frac{4}{3} * 4{,}9}\right) = 97{,}4297\ psi$$

S_2 no debe exceder en mas de 0.8 veces el esfuerzo permitido por el material del recipiente

$$(S_2 = 97{,}4297\ psi) <<< 44961{,}7\ psi$$

- ✓ Esfuerzo circunferencial: cuando $L > 8.R$ se emplea la expresión;

$$S_4 = -\frac{Q}{4 * t_s * \left(b + 1.56\sqrt{R * t_s}\right)} - \frac{12 * K_6 * Q}{L * {t_s}^2}$$

$43.307\ in\ < 8 * 9{,}8425\ in$ se cumple, entonces;

$$S_4 = -\frac{440{,}9}{4 * 0{,}1181 * \left(2{,}36 + 1{,}56\sqrt{9{,}8 * 0{,}1181}\right)} - \frac{12 * 0{,}025 * 440{,}9}{43{,}3 * 0{,}1181^2} = 449{,}78\ psi$$

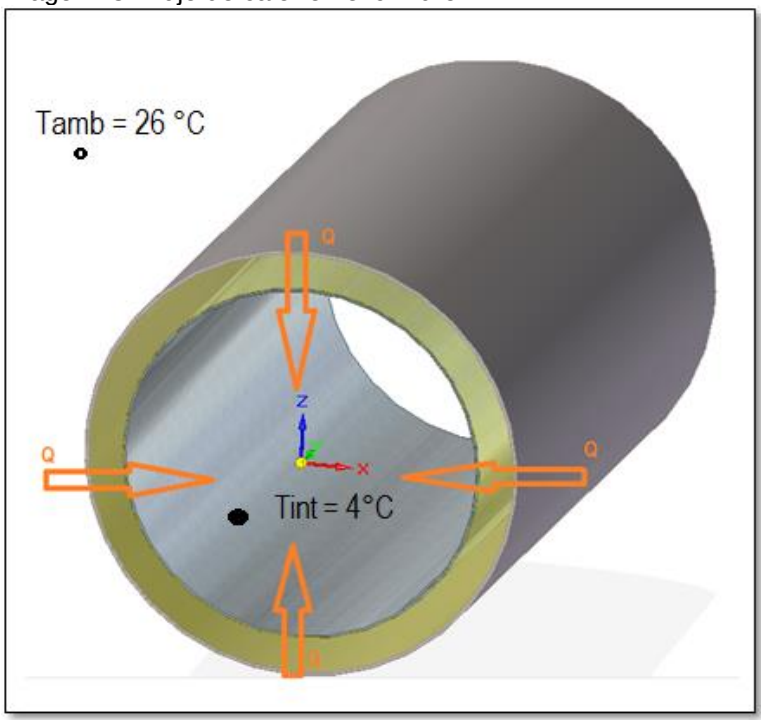
S_4 no debe ser mayor de 1.5 veces el valor del esfuerzo a la tensión permitido por el material del cilindro

$$(S_4 = 449{,}78\ psi) <<< 44961{,}7\ psi$$

Realizando los cálculos para los esfuerzos tanto longitudinales, tangenciales y circunferenciales mediante la metodologia expuesta en el “Manual de Recipientes a Presión”[9] y teniendo en cuenta todos aquellos aspectos propios del diseño de un tanque para el almacenamiento de leche cruda, se puede analizar que los esfuerzos a los cuales esta sometido el recipiente de almacenamiento resultan ser de valores maximos del 3% de la resistencia a la fluencia del material Acero Inoxidable AISI 304, dando como resultado factores de seguridad altos; no es posible considerar espesores menores pues no serian factibles por construccion y métodos de fabricacion, ademas no se hace necesario la utilización de anillos atiesadores debido a que las dimesiones y material de contrucción permiten una adecuada distribución de los esfuerzos tal y como se pudo observar en los esfuerzos calculados anteriormente.

5.1.4.3 Cálculo espesor de aislante para el tanque. Tomando como referencia la “Guia tecnica, Diseño y calculo del aislamiento termico de conducciones, aparatos y equipos”[10] que recomienda utilizar un valor de 8 - 9 w/m^2 para perdidas en sistemas de refrigeración.

Imagen 18. Flujo de calor en el cilindro



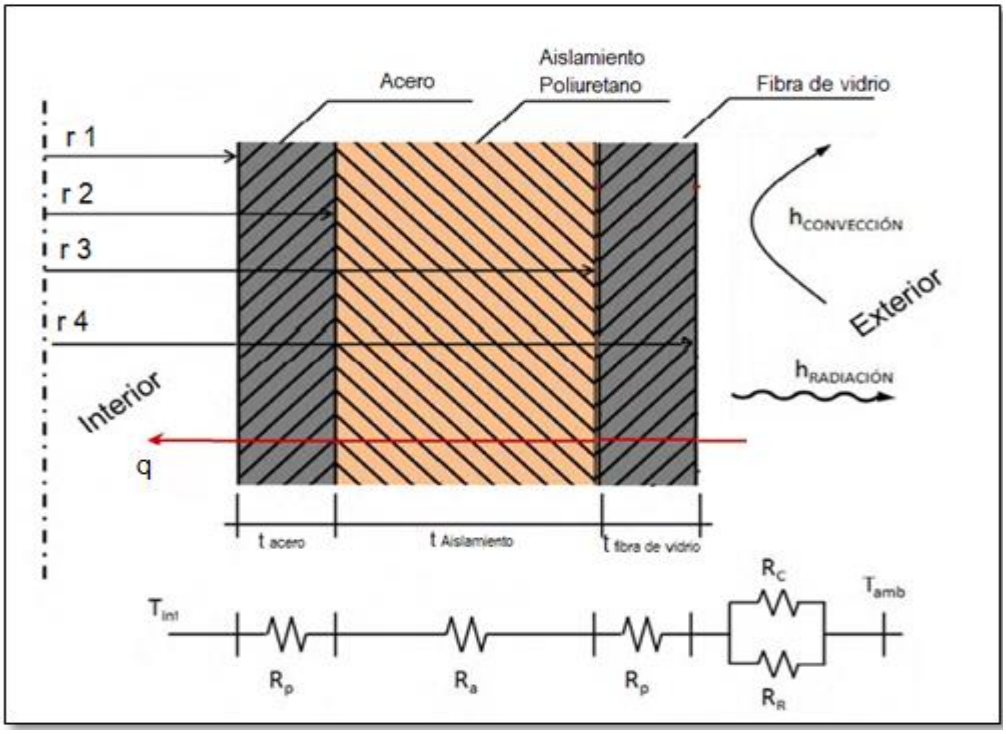
[9] EUGENE F. MEGYESY. Manual de recipientes a presión, Diseño y Calculo. 1989. Primera edición. Editorial LIMUSA. Pág. 11

[10] IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energia. Guia tecnica, Diseño y calculo del aislamiento termico de conducciones, aparatos y equipos. [En linea]. 2007. [Citado 3 de mayo, 2017]. Disponible en : www.idae.es/file/9016/download?token=OlPxXAtz

El cilindro de almacenamiento esta formado por tres secciones;

- ✓ Sección 1: es el cilindro interior el cual estará en contacto directo con la leche cruda, por tal motivo es necesario realizar la contrucción del mismo en Acero Inoxidable AISI 304 de 3 mm de espesor, dicho espesor resultado del estudio previo de esfuerzos y condiciones de construcción.
- ✓ Sección 2: es el aislamiento del sistema el cual disminuirá la transferencia de calor de los exteriores hacia el interior del cilindro donde se encuentra contenida la leche cruda, este material se escoge considerando las propiedades de distintos aislantes, asi como la economiá de los mismos.
- ✓ Sección 3: es el recubrimiento del tanque de almacenamiento, el cual debe ser escogido por consideraciones de peso y economiá, por tal motivo se selecciona fibra de vidrio debido a que su densidad permite disminuir la masa total del equipo de refrigeración.

Imagen 19. Sistema de transferencia por resistencias



r1= 0,250 m
r2= 0,253 m
r3= X
r4= X + 0,003 m
Tint= 4° C
Tamb = 26 °C Máxima temperatura registrada en la zona Cundiboyacense (Ver anexo B)

Por transférencia de calor se tiene;

$$Q = \frac{(Tamb - Tint)}{\sum Resistencias}$$

Donde la sumatoria de resistencias se dividen en las siguientes expresiones teniendo en cuenta el sistema de transferencia.

$$R_{Acero} = \frac{\ln\left(\frac{r2}{r1}\right)}{2\pi * l * k}$$

$$R_{Aislante} = \frac{\ln\left(\frac{r3}{r2}\right)}{2\pi * l * k}$$

$$R_{F\ vidrio} = \frac{\ln\left(\frac{r4}{r3}\right)}{2\pi * l * k}$$

$$R_{Conv-radi} = \frac{1}{h_{combinado} * 2\pi * r4 * l}$$

$$h_{combinado} = h_{convección} + h_{radiación}$$

$$h_{radiacion} = \varepsilon * \sigma * (T1^2 + T2^2) * (T1 + T2)$$

Donde:

$\varepsilon = emisividad\ del\ material\ fibra\ de\ vidrio = 0.9\ (ver\ anexo\ C)$
$\sigma = constante\ de\ stefan\ Boltzmann = 5{,}67 * 10^{-8}\ \frac{w}{m^2 * °k^4}$
$T1 = temperatura\ máxima\ alcanzada\ en\ la\ superficie\ de\ fibra\ de\ vidrio\ expuesta\ a\ luz\ solar = 50\ °C\ (tomada\ por\ experimentación)$
$T2 = temperatura\ máxima\ del\ ambiente\ registrada = 26\ °C\ (ver\ anexo\ B)$

$$h_{radiación} = 0{,}9 * 5{,}67 * 10^{-8}\ \frac{w}{m^2 * k^4} * (323\ °k^2 + 299\ °k^2) * (323\ °k + 299\ °k)$$

$$h_{\ radiación} = 6{,}1491\ \frac{w}{m^2 * °k}$$

$$h_{conveccion} = 25\ \frac{w}{m^2 * °k}\ (ver\ anexo\ D)$$

Para determinar el espesor del aislante (r3) se debe realizar un proceso iterativo teniendo en cuenta todas las variables del sistema en la misma expresión, este proceso se realiza en la hoja de cálculo Excel, incorporando todos los parámetros en los cuales el tanque de almacenamiento se encuentra inmerso.

Este proceso iterativo se realiza con el objetivo de encontrar un espesor de asilante de poliuretano que permita un flujo de calor entre 8 y 9 w/m^2 dado que para sistemas de refrigeración es un valor recomendado.

$$Q = \frac{(Tamb - Tint)}{\left(\frac{\ln\left(\frac{r2}{r1}\right)}{2\pi * l * k} + \frac{\ln\left(\frac{r3}{r2}\right)}{2\pi * l * k} + \frac{\ln\left(\frac{r4}{r3}\right)}{2\pi * l * k} + \frac{1}{h_{combinado} * 2\pi * r4 * l}\right)}$$

Para realizar este proceso es necesario tener una relación entre el radio 3 con el radio 4, mediante un espesor de recubrimiento de fibra de vidrio de 3 mm, esto para poder iterar una variable que pueda ser manejada en la hoja de cálculo.

r3 = X
r4 = X + 0,003 m

$$Q = \frac{(Tamb - Tint)}{\left(\frac{\ln\left(\frac{r2}{r1}\right)}{2\pi * l * k} + \frac{\ln\left(\frac{X}{r2}\right)}{2\pi * l * k} + \frac{\ln\left(\frac{X + 0.003}{X}\right)}{2\pi * l * k} + \frac{1}{h_{combinado} * 2\pi * (X + 0{,}003) * l}\right)}$$

$$9\ \frac{w}{m^2} * 2{,}51327\ m^2 = 22{,}61\ w$$

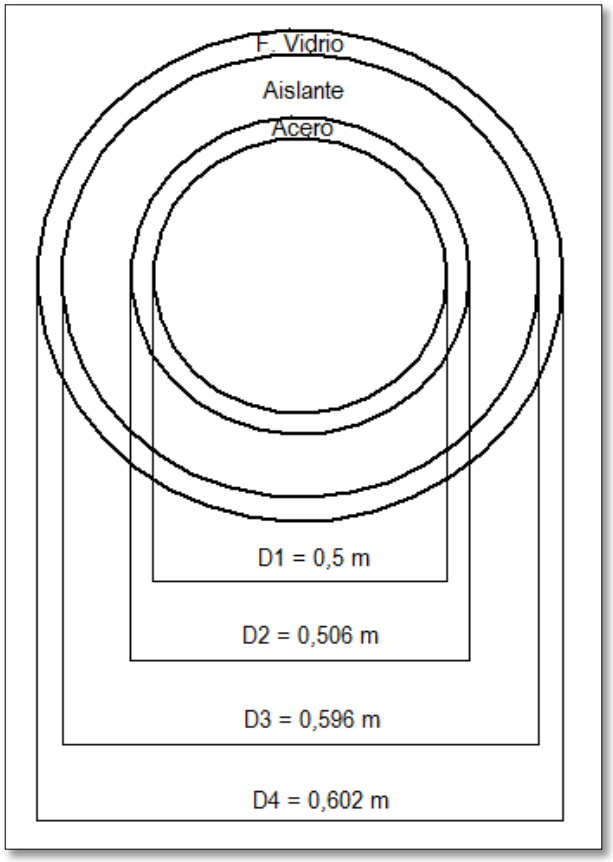
Conociendo que el Q objetivo es de 22.61 w y realizando la iteración se tienen los siguientes resultados;

Tabla 3. Determinación del espesor aislante

r3 (m)	r4 (m)	Q (w)	Espesor Aislante (cm)	q (w/m^2)
0,3	0,303	18,77	4,7	7,469
0,295	0,298	20,71	4,2	8,24
0,29	0,293	23,13	3,7	9,2
0,292	0,295	22,09	3,9	8,792

Tomando encuenta los resultados se escoge un espesor de aislante de 3,9 cm, lo que permite un transferencia de cálor de 8,79 w/m^2 , asi mismo se toma un factor de seguridad del 1.5, lo que da como resultado un espesor de 4,485 cm aproximadamente 4,5 cm de espesor. Debido a que se utiliza poliuretano expandido no se requiere una medida estandarizada de espesor.

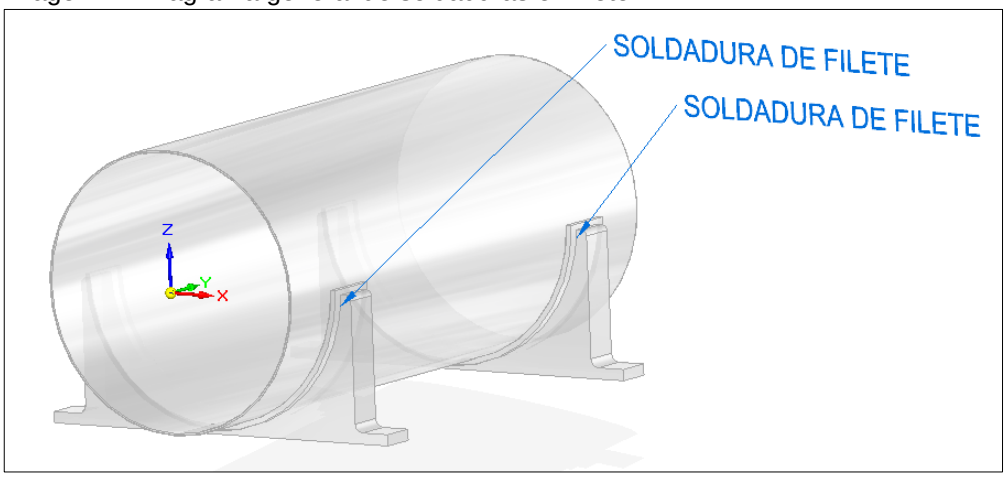
Imagen 20. Diametros secciones del cilindro de almacenamiento



5.1.4.4 Cálculo esfuerzos en las soldaduras del tanque.

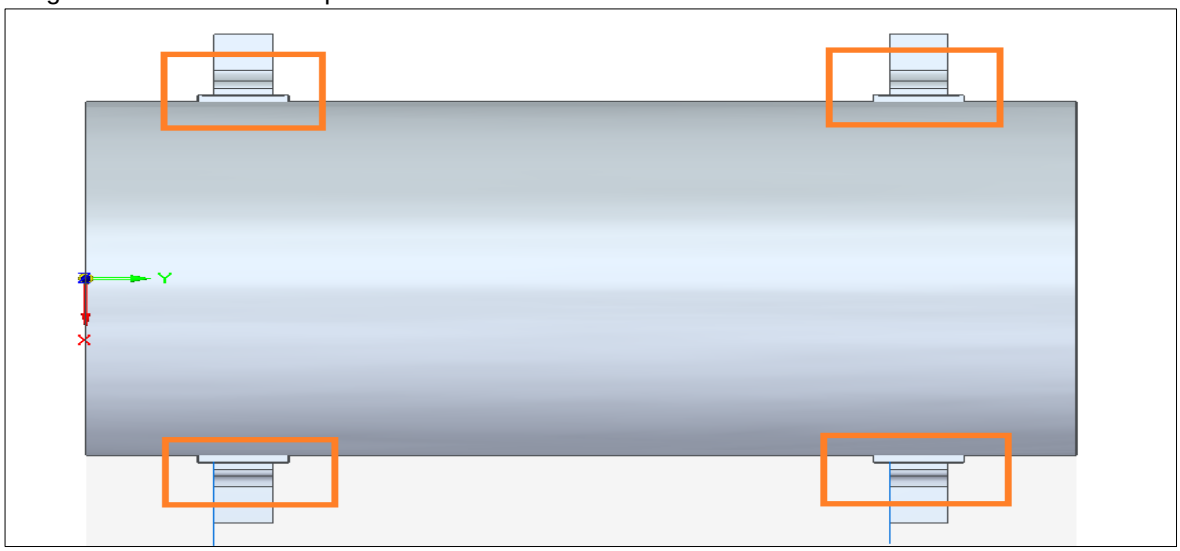
✓ Análisis soldaduras en los soportes del tanque de almacenamiento

Imagen 21. Diagrama general de soldaduras en filete



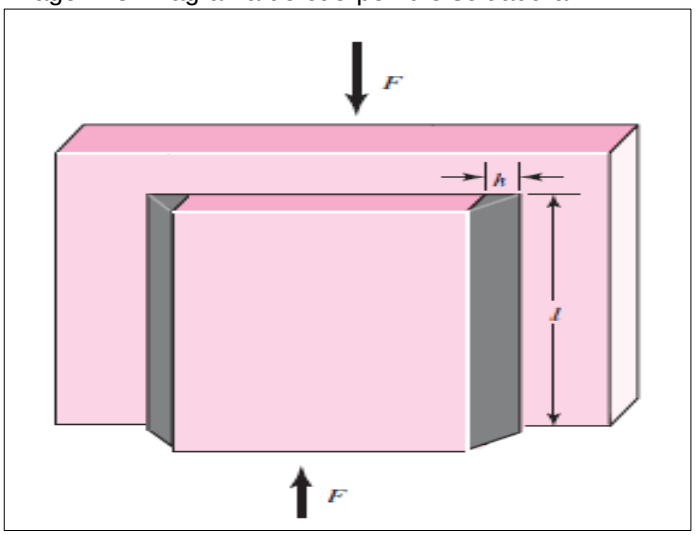
Debido a los requerimientos organolépticos del tanque de almacenamiento lácteo es necesario realizar su construcción en acero inoxidable y por tanto el material de aporte para las uniones soldadas se escoje como un electrodo E308L-15 debido a que este tipo de electrodo es especialmente utilizado en materiales base como el acero inoxidable AISI 304 y 304 L.

Imagen 22. Puntos críticos para análisis de soldadura en filete



Como se observo en la sección 5.1.4.2 se cálculan las cargas sobre cada silleta que son de 200 kg (0,44092 kip); analizando cuatro puntos criticos en las soldaduras como se observa en la imagen 22, se tiene que la carga F sobre cada punto es de 100 kg (0,22049 kip).

Imagen 23. Diagrama de cuerpo libre soldadura



Fuente: SHIGLEY. Diseño en ingenieria mecanica. Octava edicion. 2008. Editorial Mc Graw Gill. pag 463

Tabla 4. Cargas constantes permisibles y tamaños minimos de soldadura de filete

Nivel de resistencia del metal de aporte (EXX)										
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Esfuerzo cortante permisible en la garganta, ksi (1000 psi) de soldadura de filete o soldadura de muesca de penetración parcial										
τ=	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
Fuerza unitaria permisible en soldadura de filete, kip/pulg lineal (X,XX*h)										
tf=	6,36	8,49	10,61	12,73	14,85	16,97	19,09	21,21	23,33	25,45
Tamaño del cateto h, pulg	Fuerza unitaria permisible para varios tamaños de soldaduras de filete kip/pulg lineal									
1	6,36	8,49	10,61	12,73	14,85	16,97	19,09	21,21	23,33	25,45
7/8	5,57	7,43	9,28	11,14	12,99	14,85	16,70	18,56	20,41	22,27
3/4	4,77	6,37	7,96	9,55	11,14	12,73	14,32	15,91	17,50	19,09
5/8	3,98	5,31	6,63	7,96	9,28	10,61	11,93	13,26	14,58	15,91
1/2	3,18	4,25	5,31	6,37	7,43	8,49	9,55	10,61	11,67	12,73
7/16	2,78	3,71	4,64	5,57	6,50	7,42	8,35	9,28	10,21	11,13
3/8	2,39	3,18	3,98	4,77	5,57	6,36	7,16	7,95	8,75	9,54
5/16	1,99	2,65	3,32	3,98	4,64	5,30	5,97	6,63	7,29	7,95
1/4	1,59	2,12	2,65	3,18	3,71	4,24	4,77	5,30	5,83	6,36
3/16	1,19	1,59	1,99	2,39	2,78	3,18	3,58	3,98	4,37	4,77
1/8	0,80	1,06	1,33	1,59	1,86	2,12	2,39	2,65	2,92	3,18
1/16	0,40	0,53	0,66	0,80	0,93	1,06	1,19	1,33	1,46	1,59
Las soldaduras de filete en realidad se ensayaron por el AISC-AWS Task Committe. $_{t}f=0.707h\tau_{perm}$										

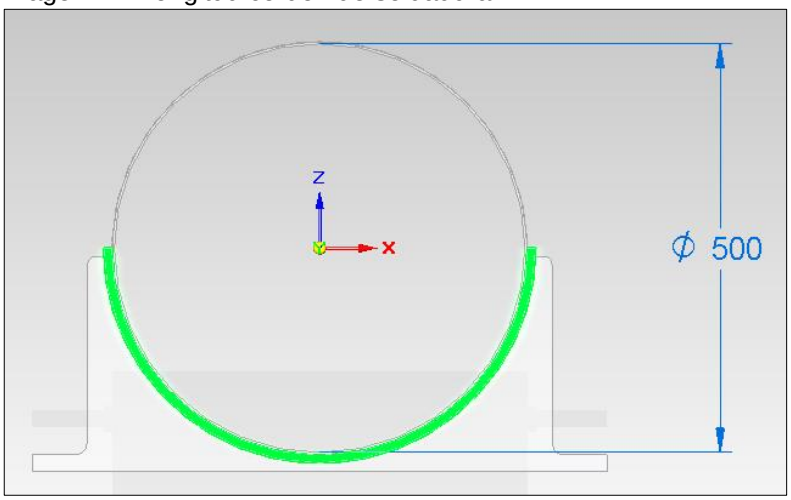
Fuente: SHIGLEY. Diseño en ingenieria mecanica. Octava edicion. 2008. Editorial Mc Graw Gill. pag 47. Ampliada

Electrodo E308L-15, Resistencia a la tracción: 52-53 kg/mm^2 (75-90 ksi)
(Ver anexo F)

Se escoje un electrodo de 1/8" (3,2x350 mm) debido a su disponibilidad en el mercado y facilidad para su manejo.

La fuerza permisible por longitud unitaria de un electrodo E30 de 1/8 in es de 0,8 kip/in como se observa en la tabla 4.

Imagen 24. Longitud cordon de soldadura



Donde *l* representada en la ecuacion abajo, es la longitud del cordón de soldadura, para este caso se tomara la mitad de la circunferencia por cada silleta como se observa en la imagen 24, es decir que se tomara la longitud como;

$$l = \frac{\emptyset * \pi}{4} = \frac{50\ cm * \pi}{4} = 39{,}269\ cm\ \approx 15{,}461\ in$$

$$F = 0{,}8 \frac{kip}{in} * 15{,}461\ in = 12{,}36\ kip$$

Como $12{,}36\ kip >>> 0{,}22049\ kip$ la resistencia del material de aporte es satisfactoria.

Esfuerzo cortante permisible del material de la union es $\tau_{perm} = 0{,}4 S_y$ como se puede observar en la tabla 8.

$S_y = 45\ ksi$ (Ver anexo E)

$$\tau_{perm} = 0{,}4 * 45\ ksi = 18\ ksi$$

Tabla 5. Esfuerzos permisibles para el Codigo AISC para metal aporte

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	n*
Tensión	A tope	$0.60S_y$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_y$	1.11
Flexión	A tope	$0.60\text{-}0.66S_y$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_y$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_{ut}^{\dagger}$	

*El factor de seguridad *n* se ha calculado mediante la teoría de la energía de distorsión.
†El esfuerzo cortante en el metal base no debe exceder de $0.40S_y$ del metal base.

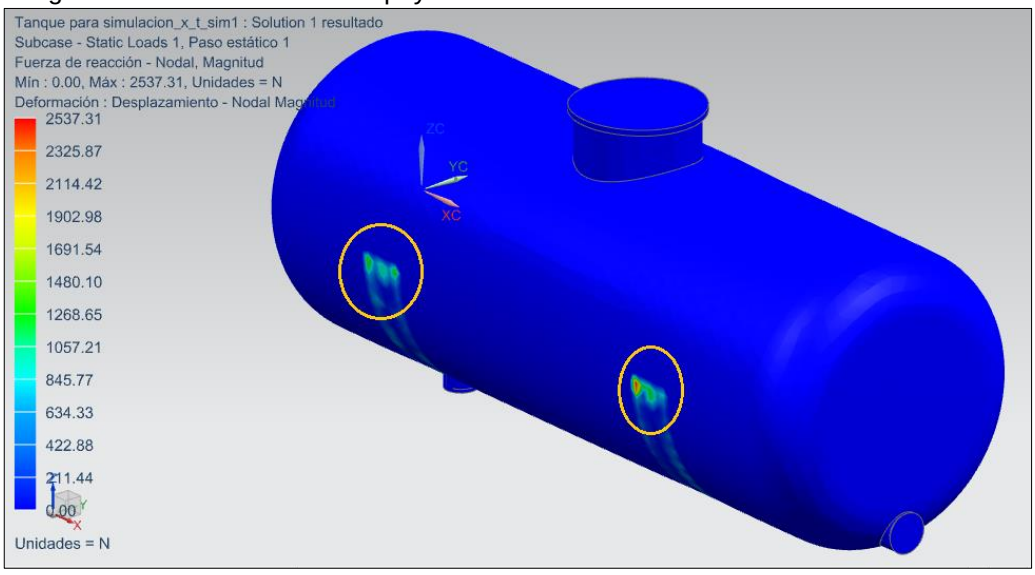
Fuente: SHIGLEY. Diseño en ingenieria mecanica. Octava edicion. 2008. Editorial Mc Graw Gill. pag 472.

El esfuerzo cortante τ en el metal base a la soldadura es;

$$\tau = \frac{F}{2 * h * l} = \frac{0{,}22049\ kip}{2 * 0{,}125in * \left(\frac{50\ cm * \frac{1\ in}{2.54\ cm}}{4} * \pi\right)} = 0{,}0570\ ksi$$

Como $\tau_{perm} >>> \tau$; $18\ ksi\ >>> 0{,}0570\ ksi$, la union cerca de los cordones de soldadura es óptima.

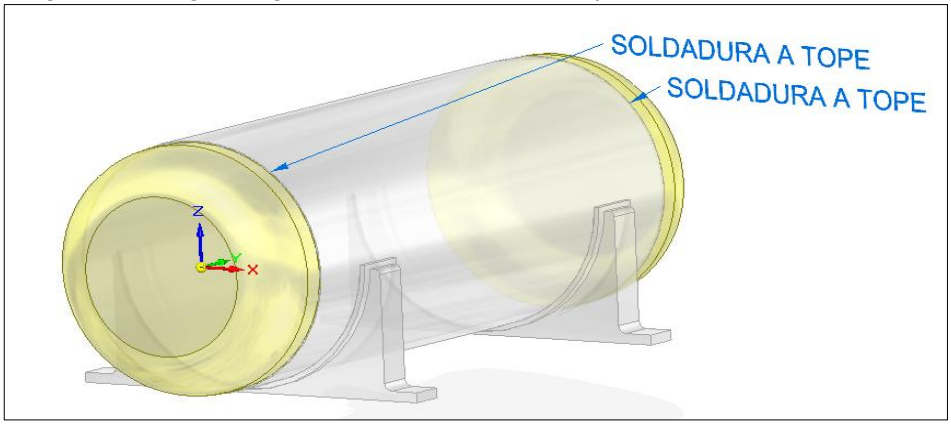
Imagen 25. Reacciones en los apoyos



Como se puede observar en la imagen 25 los puntos donde se presenta una mayor reaccion de los soportes es en los mostrados lo cual confirma la adecuada metodologia usada para el analisis de las soldaduras de union entre en tanque y los soportes.

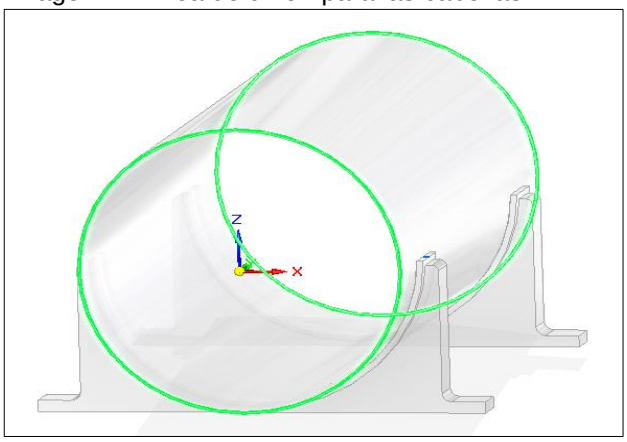
✓ Análisis soldaduras en las tapas del tanque de almacenamiento

Imagen 26 . Diagrama general de soldaduras a Tope



Debido al análisis previo contemplado en la sección 5.1.3 se tiene que la presión máxima que soporta el tanque es de 1072,56 psi, asi como la presión de operación que es de 16,3 psi. Se tiene que la carga F sobre cada cara del cilindro es igual a $F = P * A$ donde P es la presión máxima del sistema y A es la superficie de union entre el cilindro y las cabezas del tanque, como se puede observar en la imagen 26.

Imagen 27. Area de unión para las cabezas



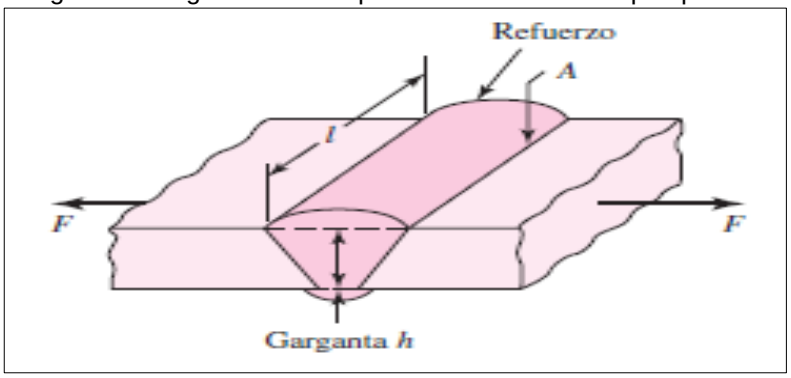
$$A = 2 * ((\pi * {r_2}^2) - (\pi * {r_1}^2))$$

$$A = 2 * ((\pi * 25{,}3cm^2) - (\pi * 25cm^2)) = 47{,}4066\ cm^2 \approx 14{,}696\ in^2$$

$$F = 1072{,}56\ psi * 14{,}696\ in^2 = 15{,}76\ kip$$

$$F_{cara} = \frac{15{,}76\ kip}{2} = 7{,}88\ kip$$

Imagen 28. Diagrama de cuerpo libre soldadura a Tope tipica



Fuente: SHIGLEY. Diseño en ingenieria mecanica. Octava edicion. 2008. Editorial Mc Graw Gill. pag 461.

Donde *l* representada en la ecuación abajo, es la longitud del cordón de soldadura, para este caso se toma la circunferencia del tanque de almacenamiento, como se observa en la imagen 27, es decir que se toma la longitud como;

$$l = (\emptyset * \pi) = (50\ cm * \pi) = 157{,}08\ cm\ \approx 61{,}84\ in$$

$$F = 0{,}8\frac{kip}{in} * 61{,}84\ in = 49{,}472\ kip$$

Como $49{,}472\ kip\ >>>\ 7{,}88 kip$ la resistencia del material de aporte es satisfactoria. Esfuerzo cortante permisible del material de la union es $\tau_{perm} = 0{,}6 S_y$ como se puede observar en la tabla 8.

$S_y = 45\ ksi$ (Ver anexo E)

$$\tau_{perm} = 0{,}6 * 45\ ksi = 27\ ksi$$

El esfuerzo cortante τ en el metal base a la soldadura es;

$$\tau = \frac{F}{2 * h * l} = \frac{7{,}88\ kip}{2 * 0{,}125 in * \left(50\ cm * \frac{1\ in}{2{,}54\ cm} * \pi\right)} = 0{,}5096\ ksi$$

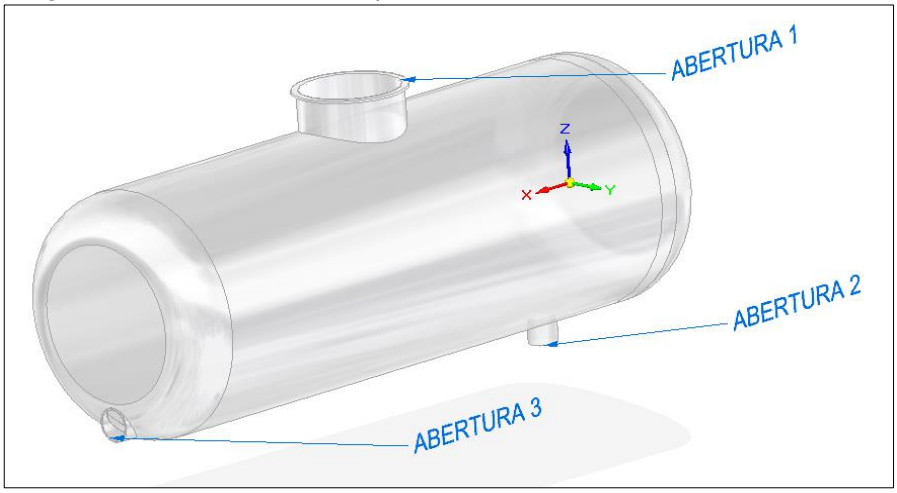
Como $\tau_{perm} >>> \tau\ ;\ 27\ ksi\ >>>\ 0{,}5096\ ksi$,la union cerca de los cordones de soldadura es optima.

5.1.4.5 Asignación aberturas en el tanque de almacenamiento. El tanque de almacenamiento debe tener 3 aberturas como mínimo para su adecuado funcionamiento.

Debido al estudio previo de las distintas fuerzas actuando sobre el tanque, asi como los diferentes esfuerzos en las soldaduras de los soportes y las cabezas, se deduce

que realizar un análisis detallado de los esfuerzos en las uniones de estas aberturas seria inecesario, ya que su comportamiento resulta ser muy similar a las soldaduras anteriormente analizadas, además que el comportamiento estructural del tanque sera analizado posteriormente mediante la simulación.

Imagen 29. Aberturas en el tanque



- ✓ Abertura 1: es la entrada en la parte superior del tanque, por la cual se introducirá la leche cruda tiempo después al ordeño.

- ✓ Abertura 2: debido a condiciones de limpieza es necesario una abertura para el drenaje de depositos residuales de leche, asi como para su adecuada desinfección al momento de realizar un lavado.

- ✓ Abertura 3: esta es la salida para leche cruda refrigerada para su posterior traslado a los centros de acopio o camiones recolectores de gran volumen.

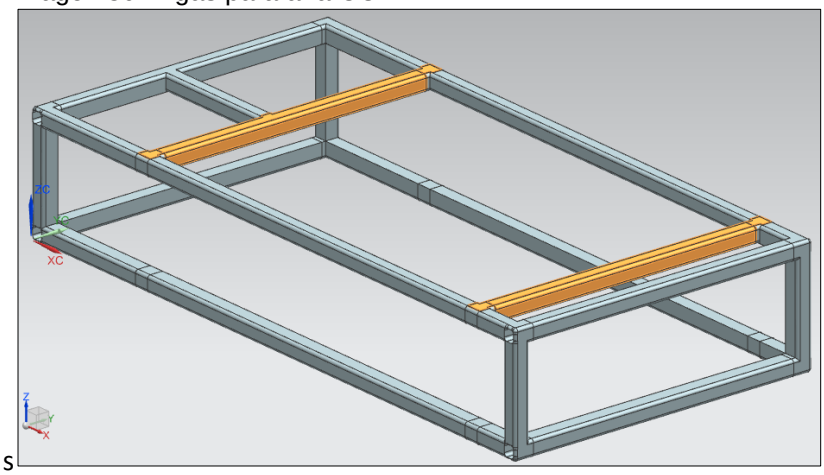
5.2 CÁLCULO SISTEMA ESTRUCTÚRAL

En esta sección se estudia el comportamiento de distintos factores críticos en el diseño del sistema estructural como: cargas propias del sistema, restricciones de espacio, condiciones de ensamble y mantenibilidad del sistema en general.

Debido a que el sistema encargado de la movilización del equipo de refrigeración sera seleccionado por los requerimientos del mismo, es necesario diseñar una estructura que sirva de enlace entre el trailer y el equipo de refrigeración (tanque de almacenamiento, sistema de frigorifico y sistema de energia), es por esto que se realiza un diseño estructural con una altura que permita tener un centro de gravedad bajo y que permita una decuada distribucion de todos los equipos.

5.2.1 Análisis vigas. Debido a la geometría y distribución de los elementos en el sistema de refrigeración, se realiza el análisis a las vigas mostradas en la imagen 30.

Imagen 30. Vigas para análisis



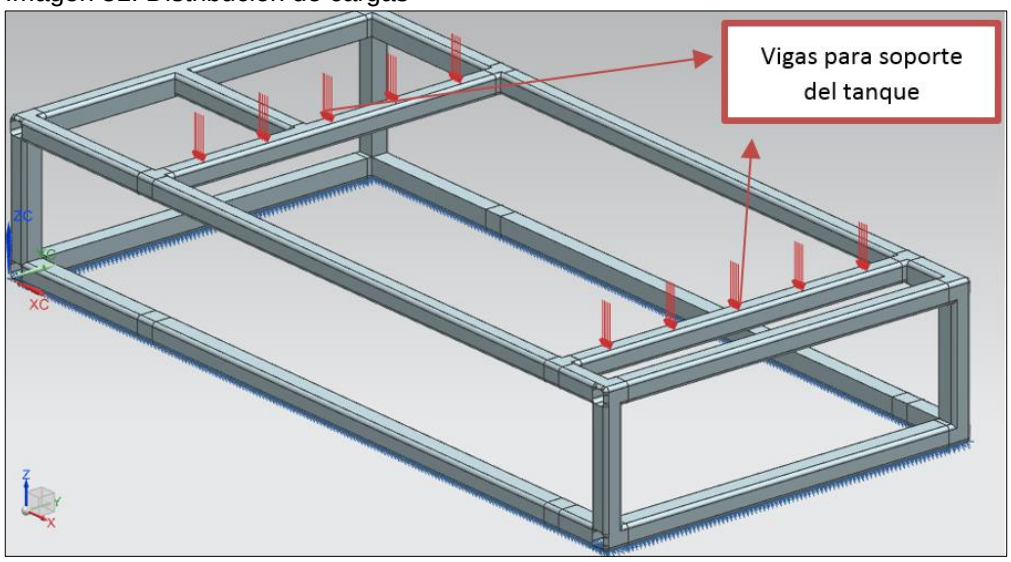
La masa total que las vigas deben soportar es de 400 kg, esta masa fue calculada y analizada en la sección 5.1.4.2, es decir que el la fuerza que debe soportar cada viga es;

$$F = 200\ kg * 9{,}81\ \frac{m}{s^2} = 1962\ N$$

En donde la fuerza es una carga distribuida uniformemente en la longitud de la viga (0,7 m), entonces;

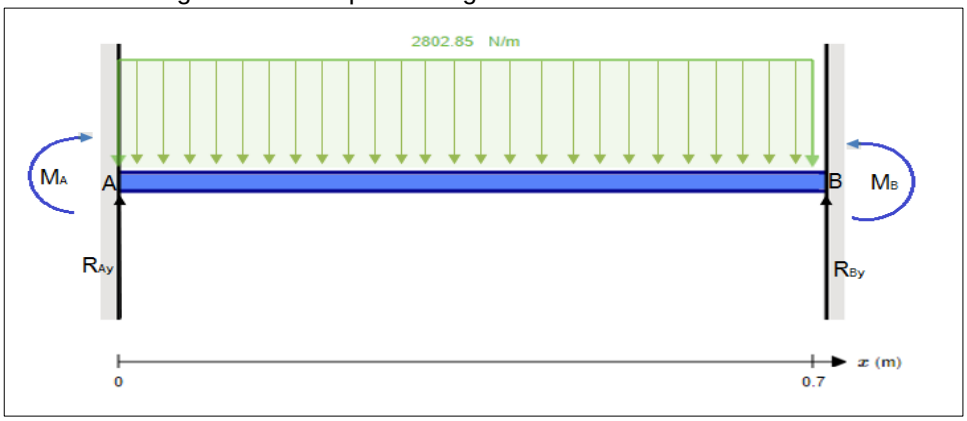
$$Carga_{Distribuida} = \frac{F}{L} = \frac{1962\ N}{0{,}7\ m} = 2802{,}85\ \frac{N}{m}$$

Imagen 31. Distribución de cargas



En la imagen 31 se pueden observar las cargas distribuidas sobre las vigas de analisis; debido a que son las vigas que soportan la mayor masa del sistema de refrigeración se realiza el analisis de estas en primera instancia, en la grafica 12, se observan las cargas y las respectivas reacciones en la viga de analisis.

Grafica 14. Diagrama de cuerpo libre viga



Teniendo las cargas y las respectivas variables en el sistema, se procede a convertir la carga distribuida en una carga puntual, es decir;

$$2802{,}85\ \frac{N}{m} * 0{,}7\ m = 1962\ N$$

$$M_A = \frac{W * L^2}{12} = \frac{2802{,}85\ \frac{N}{m} * 0{,}7\ m^2}{12} = 114{,}45\ Nm$$

$$M_B = \frac{W * L^2}{12} = \frac{2802{,}85\ \frac{N}{m} * 0{,}7\ m^2}{12} = 114{,}45\ Nm$$

$\sum M_A = 0$; Se realiza la sumatoria de momentos en A con el objetivo de hallar la reacción R_{Ay}

$$114{,}45\ Nm - 114{,}45\ Nm - (1962\ N * 0{,}35m) + (R_{By} * 0{,}7m) = 0$$

$$R_{By} = \frac{(1962\ N * 0{,}35m)}{0{,}7\ m} = 981\ N$$

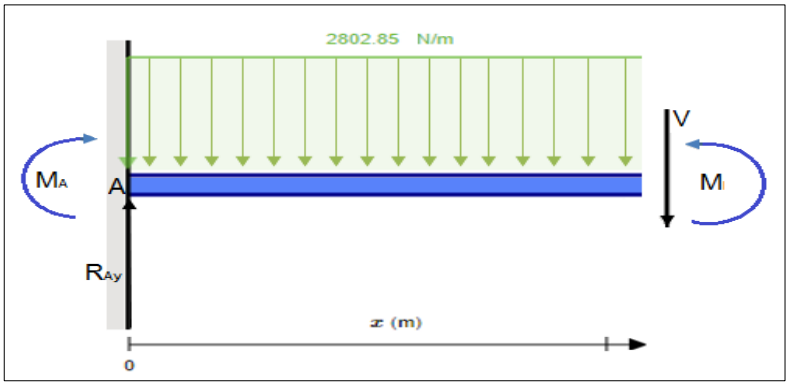
$\sum F_y = 0$; Se realiza la sumatoria de fuerzas en Y con el objetivo de hallar la reacción R_{Ay}

$$R_{Ay} + R_{BY} - 1962\ N = 0$$

$$R_{Ay} = -R_{By} + 1962\ N = -981\ N + 1962\ N = 981\ N$$

Luego se realiza un corte a una distancia X en la viga, con el objetivo de hallar los diagramas de fuerza cortante (V) y momento flector (M) y posteriormente hallar el perfil adecuado para la estructura.

Grafica 15. Corte realizado en la viga analizada

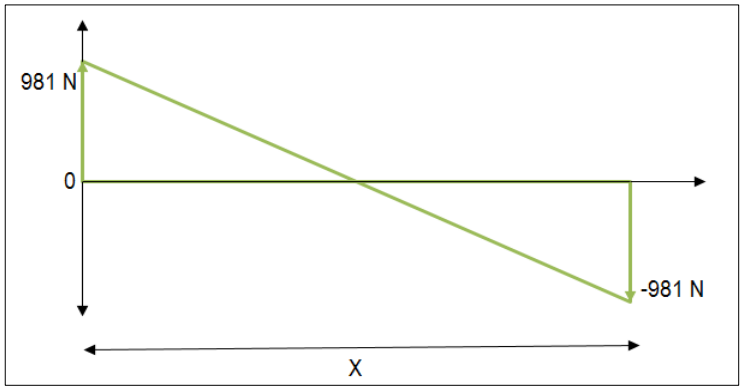


$$\sum F_y = 0; \quad R_{Ay} - V - \left(2802{,}85\ \frac{N}{m} * X\right) = 0$$

$$V = 981\ N - \left(2802{,}85\ \frac{N}{m} * X\right)$$

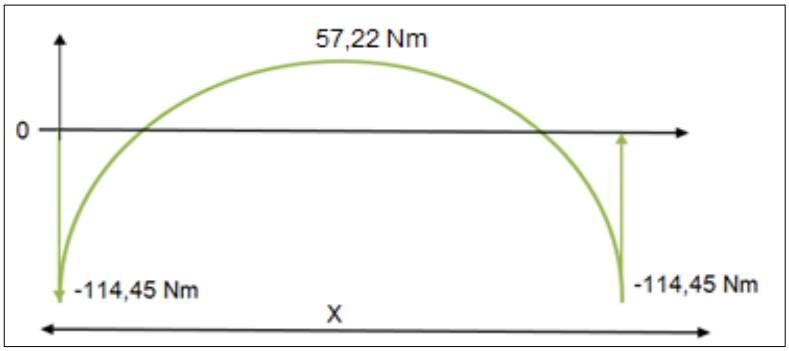
X(m)	V(N)
0	981
0,175	490,5
0,35	0
0,525	-490,5
0,7	-981

Grafica 16. Diagrama de fuerza cortante V



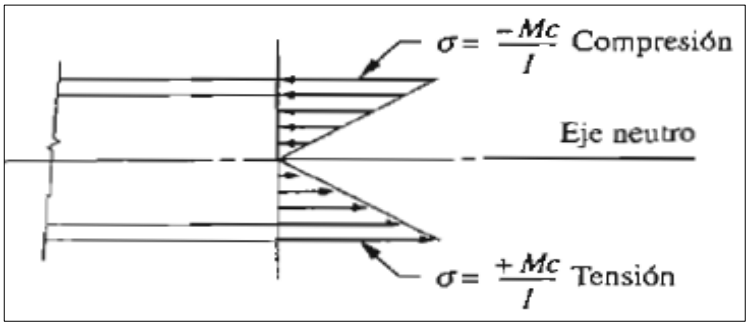
$$M_{Máx} = \frac{W*L^2}{12} = \frac{2802{,}85\frac{N}{m}*0{,}7\ m^2}{12} = 114{,}45\ Nm\ ;\ M = \frac{W*L^2}{24} = \frac{2802{,}85\frac{N}{m}*0{,}7\ m^2}{24} = 57.22\ Nm$$

Grafica 17. Diagrama de momento flector



Como se puede observar en la gráfica 17, el momento flexionante máximo es de 114,45 Nm.

Imagen 32. Distribución de esfuerzos en la sección de la viga



Fuente: ROBERT L. MOTT. Diseño de elementos máquinas y herramientas. Cuarta edición. 2006. pág. 106.

$$Modulo\ de\ sección\ S = \frac{I}{c}$$

Entonces, la fórmula de flexión que se puede observar en la imagen 32 queda así;

$$\sigma_p = \frac{M}{S}$$

Despejando S de la anterior ecuación se tiene que el módulo de sección requerido es;

$$S = \frac{M}{\sigma_p}$$

Donde;
M = Momento flexionante máximo
I = Momento de inercia
C = Distancia del eje neutro al extremo más alejado del perfil
S = Módulo de sección

El material de construcción de la estructura será acero ASTM 36 debido a sus propiedades mecánicas que resultan ser convenientes en la construcción de la mayoría de estructuras.

Tabla 6. Propiedades acero ASTM A36 (Ver anexo G)

Material	Resistencia a la fluencia		Resistencia máxima	
Acero ASTM A36	Mpa	ksi	Mpa	Ksi
	250	36	400-450	50-80

$$\sigma_d = \frac{\sigma_y}{F.S} = \frac{250\ Mpa}{2{,}5} = 100\ Mpa$$

$$S = \frac{M}{\sigma_d} = \frac{114{,}45\ Nm}{100 * 10^6\ pa} = 1{,}1445 * 10^{-6}\ m^3 = 1144{,}5 mm^3$$

De acuerdo con la tabla 7 se selecciona un perfil de dimensiones 40*40*5 mm, con un módulo de sección de 5700 mm^3, de acuerdo con este módulo de sección se calcula el factor de seguridad que este tipo de perfil brinda a la estructura.

$$5700\ mm^3 = 5{,}7 * 10^{-6} m^3$$

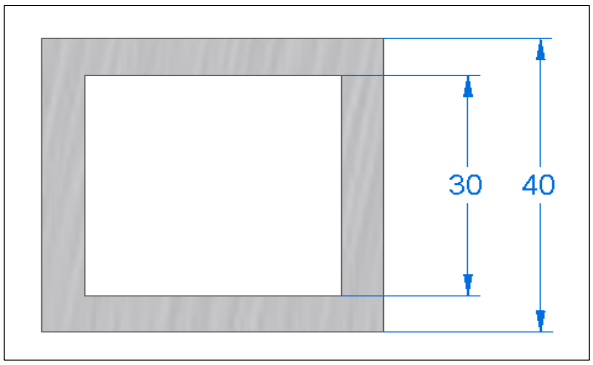
$$\sigma_d = \frac{M}{S} = \frac{144{,}45\ Mpa}{5{,}7 * 10^{-6} m^3} = 25{,}34\ Mpa$$

$$F.S = \frac{\sigma_y}{\sigma_d} = \frac{250\ Mpa}{25{,}34\ Mpa} = 9{,}865$$

Con este perfil se obtiene un factor de seguridad de 9,865 el cual resulta apropiado para el funcionamiento del equipo de refrigeración y las respectivas cargas a la cual está sometida la estructura.

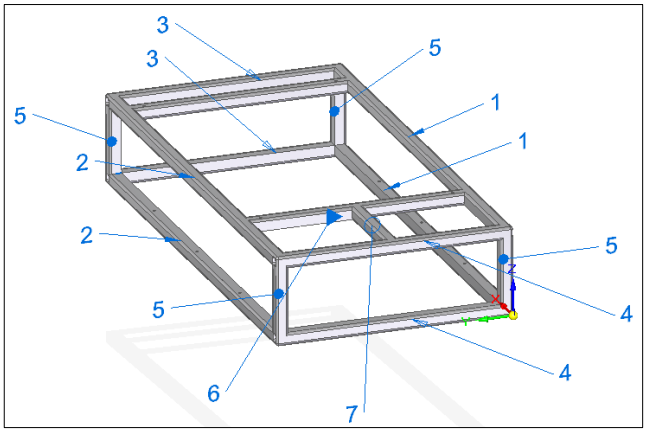
5.2.2 Cálculo masa de la estructura.

Imagen 33. Dimensiones perfil seleccionado (mm)



$$Sección = 16cm^2 - 9cm^2 = 7cm^2$$

Imagen 34. Segmentos de la estructura



- ✓ $Volumen\ vigas\ 1\ y\ 2 = 7cm^2 * 152\ cm = 1064\ cm^3 * 4 = 4256\ cm^3$
- ✓ $Volumen\ vigas\ 3\ y\ 4 = 7\ cm^2 * 80\ cm = 560\ cm^3 * 4 = 2240\ cm^3$
- ✓ $Volumen\ vigas\ \ 5 = 7cm^2 * 22\ cm = 154\ cm^3 * 4 = 616\ cm^3$
- ✓ $Volumen\ vigas\ 6 = 7\ cm^2 * 72\ cm = 504\ cm^3 * 2 = 1008\ cm^3$
- ✓ $Volumen\ vigas\ 7 = 7\ cm^2 * 30{,}5\ cm = 213\ cm^3$

$$Volumen\ total = 8333\ cm^3 = 8{,}333 * 10^{-3}\ m^3$$

$$Densidad\ acero\ A36 = 7829\ \frac{kg}{m^3}$$

$$Masa\ estructura = 7829\frac{kg}{m3} * (8{,}333 * 10^{-3}\ m^3) = 65{,}23\ kg$$

- ✓

Tabla 7. Propiedades del tubo estructural de acero, rectangular y cuadrado

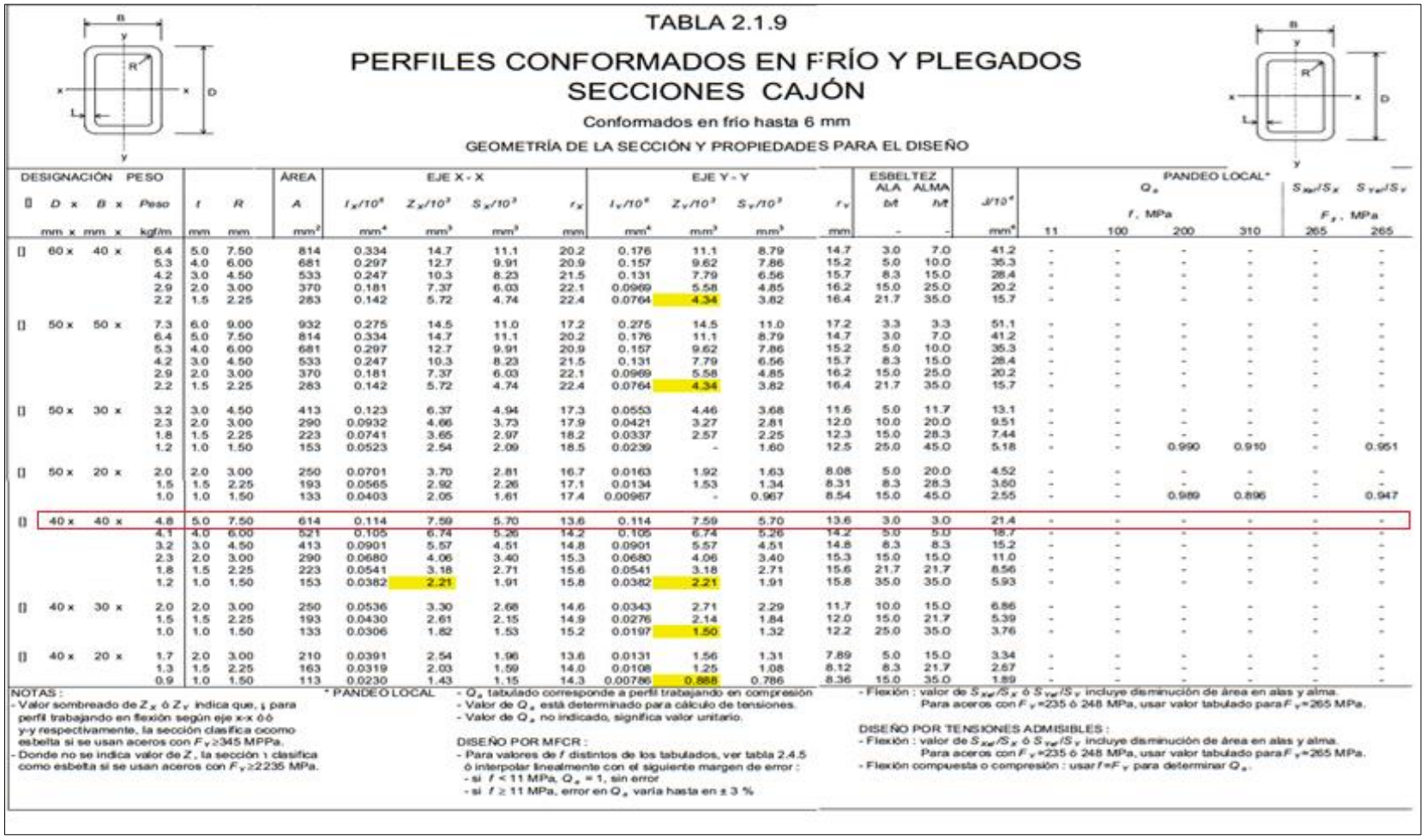


TABLA 2.1.9

PERFILES CONFORMADOS EN FRÍO Y PLEGADOS
SECCIONES CAJÓN

Conformados en frío hasta 6 mm

GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN Y PROPIEDADES PARA EL DISEÑO

DESIGNACIÓN			PESO			ÁREA	EJE X - X				EJE Y - Y				ESBELTEZ ALA	ESBELTEZ ALMA		PANDEO LOCAL* Q_s					
	D x	B x	Peso	t	R	A	$I_x/10^6$	$Z_x/10^3$	$S_x/10^3$	r_x	$I_y/10^6$	$Z_y/10^3$	$S_y/10^3$	r_y	b/t	h/t	J/10⁴	f, MPa 11	100	200	310	S_{xe}/S_x F_y, MPa 265	S_{ye}/S_y 265
	mm x	mm x	kgf/m	mm	mm	mm²	mm⁴	mm³	mm³	mm	mm⁴	mm³	mm³	mm	-	-	mm⁴						
[]	60 x	40 x	6.4	5.0	7.50	814	0.334	14.7	11.1	20.2	0.176	11.1	8.79	14.7	3.0	7.0	41.2	-	-	-	-	-	-
			5.3	4.0	6.00	681	0.297	12.7	9.91	20.9	0.157	9.62	7.86	15.2	5.0	10.0	35.3	-	-	-	-	-	-
			4.2	3.0	4.50	533	0.247	10.3	8.23	21.5	0.131	7.79	6.56	15.7	8.3	15.0	28.4	-	-	-	-	-	-
			2.9	2.0	3.00	370	0.181	7.37	6.03	22.1	0.0969	5.58	4.85	16.2	15.0	25.0	20.2	-	-	-	-	-	-
			2.2	1.5	2.25	283	0.142	5.72	4.74	22.4	0.0764	4.34	3.82	16.4	21.7	35.0	15.7	-	-	-	-	-	-
[]	50 x	50 x	7.3	6.0	9.00	932	0.275	14.5	11.0	17.2	0.275	14.5	11.0	17.2	3.3	3.3	51.1	-	-	-	-	-	-
			6.4	5.0	7.50	814	0.334	14.7	11.1	20.2	0.176	11.1	8.79	14.7	3.0	7.0	41.2	-	-	-	-	-	-
			5.3	4.0	6.00	681	0.297	12.7	9.91	20.9	0.157	9.62	7.86	15.2	5.0	10.0	35.3	-	-	-	-	-	-
			4.2	3.0	4.50	533	0.247	10.3	8.23	21.5	0.131	7.79	6.56	15.7	8.3	15.0	28.4	-	-	-	-	-	-
			2.9	2.0	3.00	370	0.181	7.37	6.03	22.1	0.0969	5.58	4.85	16.2	15.0	25.0	20.2	-	-	-	-	-	-
			2.2	1.5	2.25	283	0.142	5.72	4.74	22.4	0.0764	4.34	3.82	16.4	21.7	35.0	15.7	-	-	-	-	-	-
[]	50 x	30 x	3.2	3.0	4.50	413	0.123	6.37	4.94	17.3	0.0553	4.46	3.68	11.6	5.0	11.7	13.1	-	-	-	-	-	-
			2.3	2.0	3.00	290	0.0932	4.66	3.73	17.9	0.0421	3.27	2.81	12.0	10.0	20.0	9.51	-	-	-	-	-	-
			1.8	1.5	2.25	223	0.0741	3.65	2.97	18.2	0.0337	2.57	2.25	12.3	15.0	28.3	7.44	-	-	-	-	-	-
			1.2	1.0	1.50	153	0.0523	2.54	2.09	18.5	0.0239	-	1.60	12.5	25.0	45.0	5.18	-	-	0.990	0.910	-	0.951
[]	50 x	20 x	2.0	2.0	3.00	250	0.0701	3.70	2.81	16.7	0.0163	1.92	1.63	8.08	5.0	20.0	4.52	-	-	-	-	-	-
			1.5	1.5	2.25	193	0.0565	2.92	2.26	17.1	0.0134	1.53	1.34	8.31	8.3	28.3	3.60	-	-	-	-	-	-
			1.0	1.0	1.50	133	0.0403	2.05	1.61	17.4	0.00967	-	0.967	8.54	15.0	45.0	2.55	-	-	0.989	0.896	-	0.947
[]	40 x	40 x	4.8	5.0	7.50	614	0.114	7.59	5.70	13.6	0.114	7.59	5.70	13.6	3.0	3.0	21.4	-	-	-	-	-	-
			4.1	4.0	6.00	521	0.105	6.74	5.26	14.2	0.105	6.74	5.26	14.2	5.0	5.0	18.7	-	-	-	-	-	-
			3.2	3.0	4.50	413	0.0901	5.57	4.51	14.8	0.0901	5.57	4.51	14.8	8.3	8.3	15.2	-	-	-	-	-	-
			2.3	2.0	3.00	290	0.0680	4.06	3.40	15.3	0.0680	4.06	3.40	15.3	15.0	15.0	11.0	-	-	-	-	-	-
			1.8	1.5	2.25	223	0.0541	3.18	2.71	15.6	0.0541	3.18	2.71	15.6	21.7	21.7	8.56	-	-	-	-	-	-
			1.2	1.0	1.50	153	0.0382	2.21	1.91	15.8	0.0382	2.21	1.91	15.8	35.0	35.0	5.93	-	-	-	-	-	-
[]	40 x	30 x	2.0	2.0	3.00	250	0.0536	3.30	2.68	14.6	0.0343	2.71	2.29	11.7	10.0	15.0	6.86	-	-	-	-	-	-
			1.5	1.5	2.25	193	0.0430	2.61	2.15	14.9	0.0276	2.14	1.84	12.0	15.0	21.7	5.39	-	-	-	-	-	-
			1.0	1.0	1.50	133	0.0306	1.82	1.53	15.2	0.0197	1.50	1.32	12.2	25.0	35.0	3.76	-	-	-	-	-	-
[]	40 x	20 x	1.7	2.0	3.00	210	0.0391	2.54	1.96	13.6	0.0131	1.56	1.31	7.89	5.0	15.0	3.34	-	-	-	-	-	-
			1.3	1.5	2.25	163	0.0319	2.03	1.59	14.0	0.0108	1.25	1.08	8.12	8.3	21.7	2.67	-	-	-	-	-	-
			0.9	1.0	1.50	113	0.0230	1.43	1.15	14.3	0.00786	0.888	0.786	8.36	15.0	35.0	1.89	-	-	-	-	-	-

NOTAS :
- Valor sombreado de Z_x ó Z_y indica que, para perfil trabajando en flexión según eje x-x ó y-y respectivamente, la sección clasifica como esbelta si se usan aceros con $F_y \geq 345$ MPa.
- Donde no se indica valor de Z, la sección clasifica como esbelta si se usan aceros con $F_y \geq 235$ MPa.

* PANDEO LOCAL
- Q_s tabulado corresponde a perfil trabajando en compresión
- Valor de Q_s está determinado para cálculo de tensiones.
- Valor de Q_s no indicado, significa valor unitario.

DISEÑO POR MFCR :
- Para valores de f distintos de los tabulados, ver tabla 2.4.5 ó interpolar linealmente con el siguiente margen de error :
  - si $f < 11$ MPa, $Q_s = 1$, sin error
  - si $f \geq 11$ MPa, error en Q_s varía hasta en ± 3 %

- Flexión : valor de S_{xe}/S_x ó S_{ye}/S_y incluye disminución de área en alas y alma. Para aceros con $F_y = 235$ ó 248 MPa, usar valor tabulado para $F_y = 265$ MPa.

DISEÑO POR TENSIONES ADMISIBLES :
- Flexión : valor de S_{xe}/S_x ó S_{ye}/S_y incluye disminución de área en alas y alma. Para aceros con $F_y = 235$ ó 248 MPa, usar valor tabulado para $F_y = 265$ MPa.
- Flexión compuesta o compresión : usar $f = F_y$ para determinar Q_s.

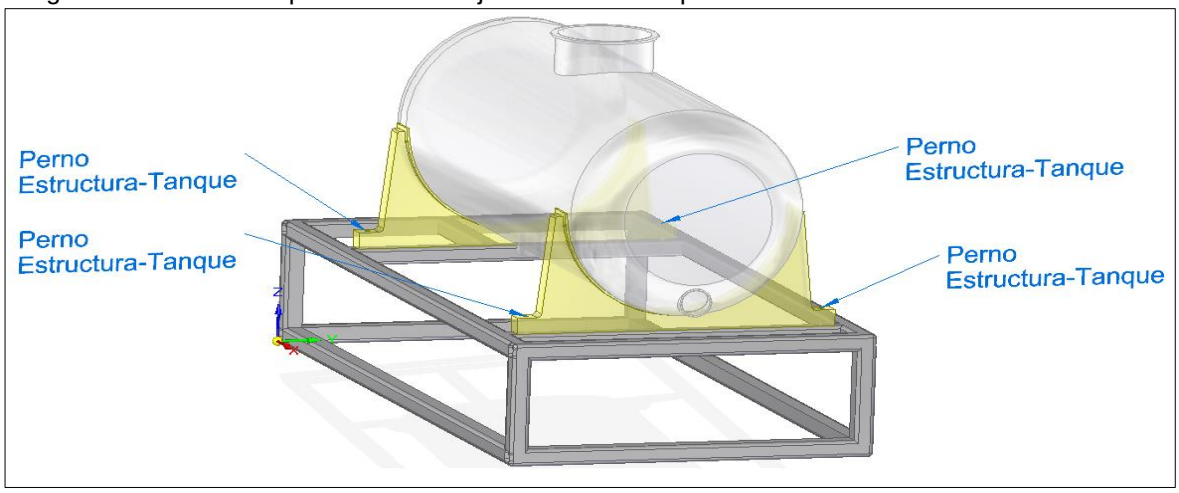
Fuente: ARZE, RECINE Y ASOCIADOS, INGENIEROS CONSULTORES. Manual de diseño para estructuras de acero, Método de factores de carga y resistencia. Instituto Chileno del Acero S.A. Tomo uno. 2000.

5.3 CÁLCULO TORNILLOS

A continuación se realiza el cálculo para los diferentes tipos de tornillos que forman parte del diseño del equipo de refrigeración movil, dividiedolos en 2 grupos, el primero son los pernos que unirán el tanque de almacenamieto junto con la estructura y el segundo grupo que es el encargado de unir todo el equipo con el sistema de movilización tipo tailer.

5.3.1 Cálculo tornillos estructura-tanque. Como se puede observar en la imagen 35 se tienen cuatro pernos, los cuales son los encargados de realizar una adecuada unión entre el tanque de almacenamietno y la estructura, por tanto se seguira la metodologia de calculo expresada en el texto “Diseño de maquinas” de Robert L Norton[11]. 2011 cuarta edicion, en el capitulo 11, en donde aborda el diseño de tornillos y sujetadores, y llegando a obtener una referencia de pernos capaces de soportar las cargas que se presentan en el sistema, analizandolos tanto a esfuerzos a tensión como esfuerzos a cortante.

Imagen 35. Distribución pernos de anclaje estructura-tanque



✓ Cálculo pernos sometidos esfuerzo a tensión.

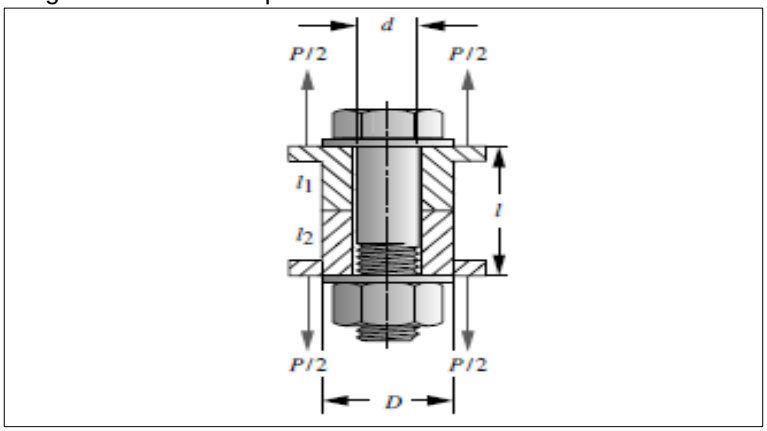
1. La carga P como se observa en la imagen 36, somete al perno a un esfuerzo cortante, la carga P es;

$m = 400\ kg = 881{,}848\ lb$ masa del tanque mas la masa de la leche, calculada anteriormente en la sección 5.1.4.2.

$$P = 400\ kg = 881{,}848\ lb$$

[11] ROBERT L NORTON. Diseño de maquinas, un enfoque integrado. Cuarta edicion. 2011. Editorial PEARSON. Pag 721.

Imagen 36. Junta con pernos sometidos a tensión



Fuente: ROBERT L NORTON. Diseño de maquinas, un enfoque integrado. Cuarta edicion. 2011. Editorial PEARSON. Pag 746

Para el cálculo de tornillos es necesario escoger una dimensión y asi realizar un proceso iterativo con el fin de seleccionar el tamaño de perno adecuado para la aplicación determinada, para una carga P se escoje un tamaño de 5/16 in como se muestra en la tabla 8.

$d = 0{,}3125\ in$
$D = 1\ in$
$l = 3{,}15\ in$
$P = 220{,}462\ lb$
$A_t = 0{,}0524\ in^2$

Tabla 8. Dimensiones de tornillos

		Cuerdas gruesas, UNC			Cuerdas finas, UNF		
Tamaño	Diámetro mayor d (in)	Cuerdas por pulgada	Diámetro menor d_r (in)	Área de esfuerzo por tensión A_t (in^2)	Cuerdas por pulgada	Diámetro menor d_r (in)	Área de esfuerzo por tensión A_t (in^2)
0	0.0600	–	–	–	80	0.0438	0.0018
1	0.0730	64	0.0527	0.0026	72	0.0550	0.0028
2	0.0860	56	0.0628	0.0037	64	0.0657	0.0039
3	0.0990	48	0.0719	0.0049	56	0.0758	0.0052
4	0.1120	40	0.0795	0.0060	48	0.0849	0.0066
5	0.1250	40	0.0925	0.0080	44	0.0955	0.0083
6	0.1380	32	0.0974	0.0091	40	0.1055	0.0101
8	0.1640	32	0.1234	0.0140	36	0.1279	0.0147
10	0.1900	24	0.1359	0.0175	32	0.1494	0.0200
12	0.2160	24	0.1619	0.0242	28	0.1696	0.0258
1/4	0.2500	20	0.1850	0.0318	28	0.2036	0.0364
5/16	0.3125	18	0.2403	0.0524	24	0.2584	0.0581
3/8	0.3750	16	0.2938	0.0775	24	0.3209	0.0878
7/16	0.4375	14	0.3447	0.1063	20	0.3725	0.1187
1/2	0.5000	13	0.4001	0.1419	20	0.4350	0.1600
9/16	0.5625	12	0.4542	0.1819	18	0.4903	0.2030
5/8	0.6250	11	0.5069	0.2260	18	0.5528	0.2560
3/4	0.7500	10	0.6201	0.3345	16	0.6688	0.3730
7/8	0.8750	9	0.7307	0.4617	14	0.7822	0.5095
1	1.0000	8	0.8376	0.6057	12	0.8917	0.6630

Fuente: ROBERT L NORTON. Diseño de maquinas, un enfoque integrado. Cuarta edicion. 2011. Editorial PEARSON. Pag 726

Se calculan las longitudes tanto de cuerda y vastago, como se muestra a continuación;

$$l_{cuerda} = 2 * d + 0{,}25 = 2 * (0{,}3125\ in) + 0{,}25 = 0{,}875\ in$$
$$l_s = l_{perno} - l_{cuerda} = 3{,}75\ in - 0{,}875\ in = 2{,}875\ in$$

Se obtiene la longitud de la cuerda l_t en la parte de sujeción;

$$l_t = 3{,}15\ in - 2{,}875\ in = 0{,}275\ in$$

2. Se calcula la rigidez en el perno;

$$\frac{1}{K_b} = \frac{l_t}{A_t * E} + \frac{l_s}{A_b * E} = \frac{0{,}275\ in}{0{,}05243 * (30E6)} + \frac{2{,}875 * 4}{\pi * 0{,}3125 in^2 * (30E6)} = 1{,}7689 * 10^6 \frac{lb}{in}$$

3. Se calcula la rigidez en el material base;

$$K_m = \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4} \frac{E_m}{l} = \frac{\pi * (1\ in^2 - 0{,}3125\ in^2)}{4} \frac{(30E6)}{3{,}15} = 6{,}7495\ \frac{lb}{in}$$

4. Se calcula el factor de rigidez de la junta;

$$C = \frac{K_B}{K_b + K_m} = \frac{0{,}9979 \frac{lb}{in}}{6{,}7495 \frac{lb}{in} * 0{,}9979 \frac{lb}{in}} = 0{,}1481$$

5. Se calcula la carga P que actua en el perno;

$$P_b = C * P = 0{,}1481 * 220{,}462 = 32{,}65\ lb$$

7. Se hallan las cargas resultantes en el perno de sujeción;

$$F_b = 881{,}84 lb + 32{,}65\ lb = 914{,}498\ lb$$

8. Esuerzo de tensión máximo en el perno;

$$\sigma_b = \frac{914{,}498\ lb}{0{,}05243\ in^2} = 17442{,}26\ psi$$

9. Factor de seguridad en el perno;

$$F.S = \frac{S_y}{\sigma_b} = \frac{92000\ psi\ (Ver\ tabla\ 9)}{17442{,}26\ psi} = 5{,}27$$

Tabla 9. Especificacioes y resistencias de la SAE para pernos de acero

Especificaciones y resistencias de la SAE para pernos de acero

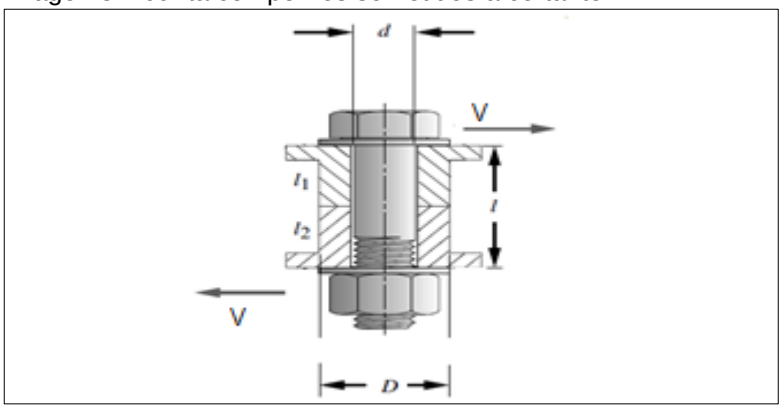
Número de grado de la SAE	Intervalo del tamaño del diám. ext. (in)	Resistencia de prueba mínima (kpsi)	Resistencia a la fluencia mínima (kpsi)	Resistencia a la tensión mínima (kpsi)	Material
1	0.25–1.5	33	36	60	bajo o medio carbono
2	0.25–0.75	55	57	74	bajo o medio carbono
2	0.875–1.5	33	36	60	bajo o medio carbono
4	0.25–1.5	65	100	115	medio carbono, forjado en frío
5	0.25–1.0	85	92	120	medio carbono, Q&T*
5	1.125–1.5	74	81	105	medio carbono, Q&T
5.2	0.25–1.0	85	92	120	martensita al bajo carbono, Q&T
7	0.25–1.5	105	115	133	aleación al medio carbono, Q&T
8	0.25–1.5	120	130	150	aleación al medio carbono, Q&T
8.2	0.25–1.0	120	130	150	martensita al bajo carbono, Q&T

* Templado y revenido

Fuente: ROBERT L NORTON. Diseño de maquinas, un enfoque integrado. Cuarta edicion. 2011. Editorial PEARSON. Pag 744

✓ Cálculo pernos sometidos a esfuerzo cortante;

Imagen 37. Junta con pernos sometidos a cortante



Fuente: ROBERT L NORTON. Diseño de maquinas, un enfoque integrado. Cuarta edicion. 2011. Editorial PEARSON. Pag 749

Tomando la carga cortante (V) que es igual a la masa del tanque mas la masa de la leche, calculada anteriormente en la sección 5.1.4.2

$V = 400\ kg \approx 881{,}848\ lb$ se tiene que;

$$\tau_{Perm} = \frac{V}{A} \qquad \tau_{Perm} = \frac{\tau_{Falla}}{F.S} \qquad \tau_{Falla} = 0{,}577 * \sigma_{Falla} \qquad \sigma_{Falla} = \sigma_y$$

$$\sigma_{Falla} = \sigma_y = 92000\ psi \qquad ver\ tabla\ 9$$

$$\tau_{Falla} = 0{,}577 * 92000\ psi = 53084\ psi$$

Se toma un factor de seguridad (F.S) de 5,27 respecto a la metodología de cálculo de tornillos a tensión para tornillos estructura-tanque.

$$\tau_{Perm} = \frac{53084\ psi}{5{,}27} = 10071{,}86\ psi$$

$$A = \frac{V}{\tau_{Perm}} = \frac{881{,}848\ lb}{10072{,}86} = 0{,}087546\ in^2$$

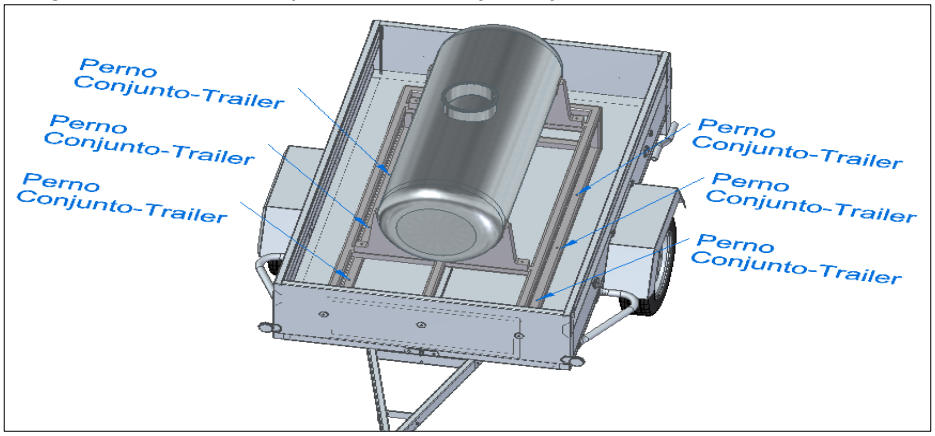
$$A = \pi * r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{0{,}087546\ in^2}{\pi}} = 0{,}1669\ in\ \approx 0{,}424\ cm$$

Realizando el análisis de los tipos de esfuerzos para los pernos se tiene que, para una adecuada sujeción del tanque con la estructura se requieren pernos de diámetro igual o mayor a 0,3338 in, debido al análisis por esfuerzos cortantes los cuales resultan ser mayores que los esfuerzos a tensión, por tanto los pernos recomendados normalizados son de 3/8 de pulgada los cuales brindan una adecuada resistencia para la aplicación. 3/8 UNC-2 A Grado 5,2 de longitud 3,75 in.

5.3.2 Cálculo tornillos Conjunto-trailer.

Imagen 38. Distribución pernos de anclaje conjunto-trailer



1. La carga P para este caso es la masa total del equipo de refrigeracion mas la masa de la estructura, la cual se cálculo en la sección 5.2.2.

$$Masa\ Total: 400\ kg + 65{,}23\ kg + 50\ kg = 515{,}23\ kg = 1135{,}88\ lb$$

$$P = 515{,}23\ kg = 1135{,}88\ lb$$

En este caso debido a que la union se realizara con mas tornillos con el objetivo de disminuir el esfuerzo por cortante en cada uno de ellos, se escoje las mismas dimensiones que en el caso anterior.

$d = 0{,}3125\ in$
$D = 1\ in$
$l = 3{,}15\ in$
$nP = 189{,}31\ lb$
$A_t = 0{,}0524\ in^2$

2. Se calculan las longitudes tanto de cuerda y vastago, como se muestra a continuación;

$$l_{cuerda} = 2 * d + 0{,}25 = 2 * (0{,}3125\ in) + 0{,}25 = 0{,}875\ in$$
$$l_s = l_{perno} - l_{cuerda} = 3{,}75\ in - 0{,}875\ in = 2{,}875\ in$$

Se obtiene la longitud de la cuerda Lt en la parte de sujeción;

$$l_t = 3{,}15\ in - 2{,}875\ in = 0{,}275\ in$$

3. Se calcula la rigidez en el perno;

$$\frac{1}{K_b} = \frac{l_t}{A_t * E} + \frac{l_s}{A_b * E} = \frac{0{,}275\ in}{0{,}05243 * (30E6)} + \frac{2{,}875 * 4}{\pi * 0{,}3125 in^2 * (30E6)} = 1{,}7689 * 10^6 \frac{lb}{in}$$

4. Se calcula la rigidez en el material base;

$$K_m = \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4} \frac{E_m}{l} = \frac{\pi * (1\ in^2 - 0{,}3125\ in^2)}{4} \frac{(30E6)}{3{,}15} = 6{,}7495\ \frac{lb}{in}$$

5. Se calcula el factor de rigidez de la junta;

$$C = \frac{K_B}{K_b + K_m} = \frac{0{,}9979 \frac{lb}{in}}{6{,}7495 \frac{lb}{in} * 0{,}9979 \frac{lb}{in}} = 0{,}1481$$

6. Se calcula la carga P que actua en el perno;

$$P_b = C * P = 0{,}1481 * 189{,}31 = 28{,}037\ lb$$

7. Se hallan las cargas resultantes en el perno de sujeción;

$$F_b = 1135{,}88\ lb + 28{,}037\ lb = 1163{,}92\ lb$$

8. Esuerzo de tensión máximo en el perno;

$$\sigma_b = \frac{1163{,}92\ lb}{0{,}05243\ in^2} = 22199{,}56\ psi$$

9. Factor de seguridad en el perno;

$$F.S = \frac{S_y}{\sigma_b} = \frac{92000\ psi}{22199{,}56\ psi} = 4{,}14$$

✓ Cálculo pernos sometidos a esfuerzo cortante;

Tomando la carga cortante (V) que es igual a la masa del tanque mas la masa de la leche mas la masa de la estructura la cual se calculo en la sección 5.2.2.

$V = 515{,}23\ kg = 1135{,}88\ lb$ se tiene que;

$$\tau_{Perm} = \frac{V}{A} \qquad \tau_{Perm} = \frac{\tau_{Falla}}{F.S} \qquad \tau_{Falla} = 0{,}577 * \sigma_{Falla} \qquad \sigma_{Falla} = \sigma_y$$

$$\sigma_{Falla} = \sigma_y = 92000\ psi \qquad ver\ tabla\ 9$$

$$\tau_{Falla} = 0{,}577 * 92000\ psi = 53084\ psi$$

Se toma un factor de seguridad (F.S) de 4,14 respecto a la metodologia de calculo de tornillos a tensión para tornillos Conjunto-trailer.

$$\tau_{Perm} = \frac{53084\ psi}{4{,}14} = 12822{,}22\ psi$$

$$A = \frac{V}{\tau_{Perm}} = \frac{1135{,}88\ lb}{12822{,}22\ psi} = 0{,}0885868\ in^2$$

$$A = \pi * r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{0{,}0885868\ in^2}{\pi}} = 0{,}1679\ in\ \approx 0{,}426\ cm$$

Realizando la comparación entre el cálculo de tornillos sometidos a esfuerzos de tensión y cortante, se requieren pernos con un diámetro minimo de 0,3358 in que brinden una adecuada sujeción del conjunto con el trailer por tanto la referencia para los pernos es 3/8 UNC-2 A Grado 5,2 de longitud 3,75 in.

5.4 CÁLCULO SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

5.4.1 Metodologia de cálculo. Se sigue la metodología general plasmada en multiples literaturas que abordan el estudio de transferencia de calor, ademas de hacer uso de los conocimientos, expresiones, figuras y tablas recolectadas a lo largo de la carrera, en donde se hace uso de números admensionales que permitan la obtencion de las variables necesarias para el despeje y cálculo de la variable de interes.

5.4.2 Cálculo cántidad de calor a remover en el sistema. Debido a que se requiere de la precisión de ciertas variables térmicas para determinar la eficiencia, potencia y viabilidad del sistema, entre otros. Se hace importante el cálculo detallado de dichas variables. Metodologícamente se cálcula en primera instancia el calor propio de la leche que es el fluido objetivo de refrigeracion; siendo este calor el que se necesita remover por el sistema de refrigeracion, para garantizar una conservacion adecuada de la leche.

Siguiendo la ecuacion general de calor y suponiendo una temperatura de salida del fluido igual a la temperatura de la vaca, se procede a calcular con un valor de 34°c.

$$Q_{leche} = C_p * masa * Temperatura_{vaca}$$

Se tiene;

$$C_{p\,leche} = 0{,}93\ \frac{cal}{kg\ °C}$$

$$\rho_{leche} = 1{,}032\ \frac{g}{ml} * \frac{1\ ml}{1 * 10^6 m^3} * \frac{1\ kg}{1000\ g}\ ^{12} = 1032\ \frac{kg}{m^3}$$

$$V_{leche} = 200\ litros * \frac{0{,}001\ m^3}{1\ litro} = 0{,}2\ m^3$$

Hallando masa de la leche;

$$M_{leche} = 0{,}2\ m^3 * 1032\ \frac{kg}{m^3} = 206{,}4\ kg$$

$$Q_{leche} = 0{,}93\ \frac{cal}{kg\ ºc} * 206{,}4\ kg * 34\ ºc = 6526{,}3\ cal * \frac{4{,}186\ joul}{1\ cal} = 27319{,}3764\ joul$$

$$27319{,}3764\ joul * \frac{1\ kj}{1000\ joul} = 27{,}3193\ kj$$

[12] CARLOS EDUARDO ORREGO ALZATE. Universidad nacional de Colombia. sede Manizales procesamiento de alimentos 2003.

5.4.3 Cálculo masa necesaria del refrigerante. Teniendo cálculado este calor se procede a hallar la masa necesaria de refrigerante para retirar este calor del fluido de trabajo haciendo uso de la ecuacion de conservación termica;

$$Q = m * (h_{final} - h_{inicial})$$

Según el tabla 9 se pueden obtener las entalpias requeridas en diferentes puntos del sistema; la primera h_i corresponde a los datos de presion y temperatura dados por diseño, se obtienen de la tabla de propiedades del amoniaco asi;

Tabla 10. Propiedades del amoniaco

R-717, NH3, Amoniaco

t (°C)	P (kPa)	ρ_l (kg/ m³)	v_g (m³/kg)	h_l (kJ/kg)	h_g (kJ/kg)	s_l (kJ/kg·K)	s_g (kJ/kg·K)
8	573.9	627.5	0.2195	237.2	1470.3	1.133	5.519
10	615.3	624.6	0.2053	246.6	1472.1	1.166	5.494
12	658.9	621.8	0.1923	256.0	1473.9	1.199	5.470

Fuente: MIGUEL HADZICH. Tablas de termodinamica. Area de energia.[En linea]. 2006. [Citado 18 10 de Mayo, 2017]. Disponible en: http://miguelhadzich.com/wpcontent/uploads/2012/10/Tablas-Termodin%C3%A1mica-completas-Hadzich.pdf.

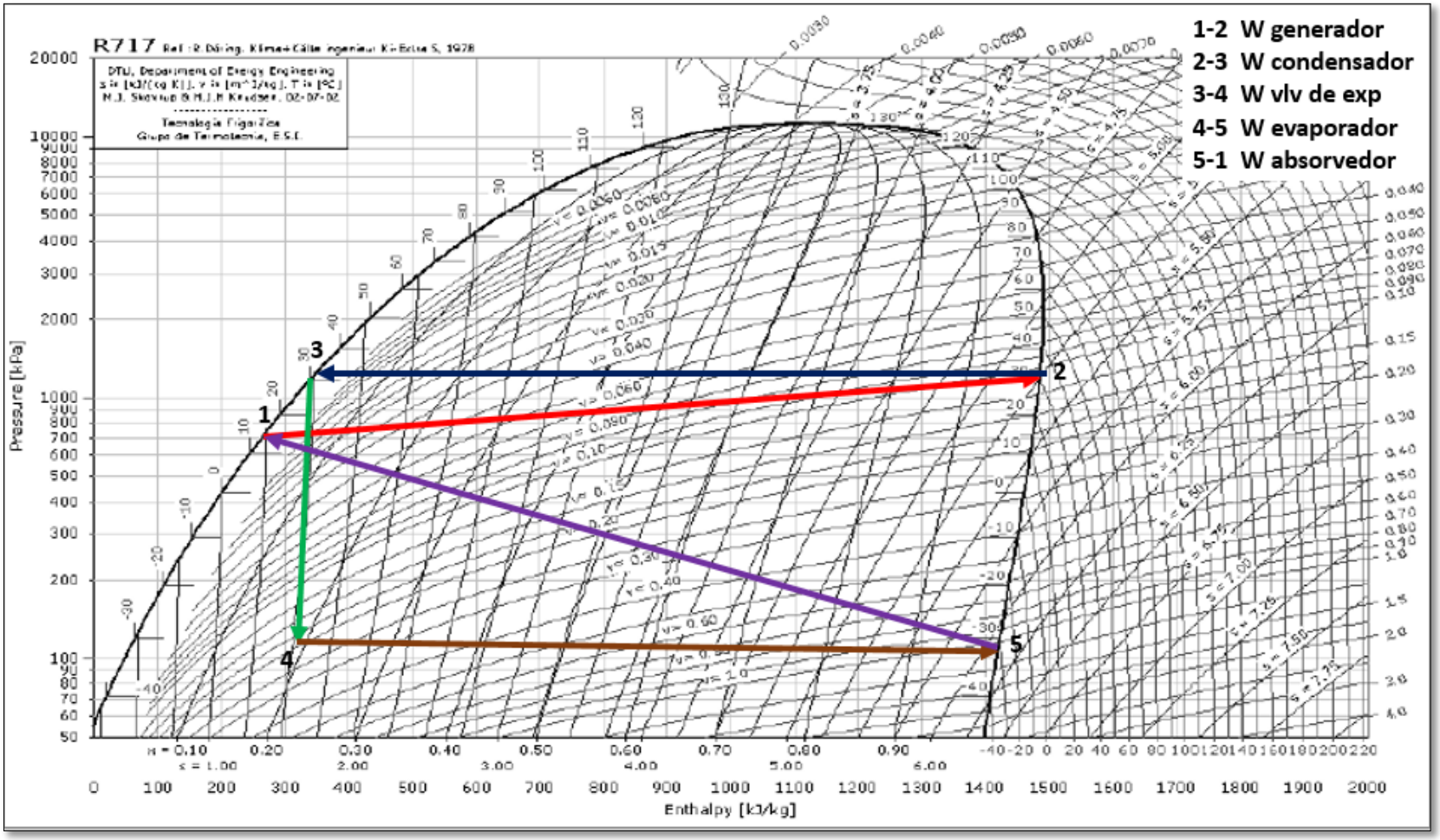
$$T = 10\ ºc$$

$$P = 615{,}3\ Kpa$$
$$h_i = 246{,}6\ \frac{kj}{kg}$$
$$h_g = 1472{,}1\ \frac{kj}{kg}$$

Con los datos anteriormente obtenidos se procede a despejar la ecuación de conservación termica, con la que se podra hallar la masa de refrigerante necesario para enfriar el fluido lacteo hasta la temperatura requerida.

$$Q = m * (h_{final} - h_{inicial})$$
$$m_{refrigerante} = \frac{Q}{(h_{final} - h_{inicial})}$$
$$m_{refrigerante} = \frac{27{,}3193\ Kj}{(1472{,}1\ \frac{Kj}{Kg} - 246{,}6\frac{Kj}{Kg})}$$
$$m_{refrigerante} = \frac{27{,}3193\ Kj}{(1225{,}5\frac{Kj}{Kg})}$$
$$m_{refrigerante} = 0{,}0222\ Kg * \frac{1000\ g}{1\ Kg}$$
$$m_{refrigerante} = 22{,}29\ gramos$$

Grafica 18. Presión vs entalpía ph del amoniaco (NH_3) R717



Fuente: JUAN FRANCISCO CORONEL TORO. Colección de tablas y graficas de instalaciones frio .Universidad de Sevilla. Versión 1.1. 2006. Pág. 24.

Como se muestra en la gráfica 18. Del punto 1 al 2 se encuentra el trabajo del generador y se representa con una linea roja; del punto 2 al 3 representado con una linea azul oscuro se tiene el trabajo del condensador; luego del punto 3 al 4 el trabajo de la válvula de expansión que se representa con una linea verde; de 4 a 5 el trabajo del evaporador representado con una linea marron y finalmente de 5 a 1 se muestra el trabajo del absorvedor representado en morado. Mostrando el ciclo completo que debe seguir el refrigerante dentro del sistema de refrigeración por absorción.

Se obtiene que bajo las condiciones dadas de diseño y la temperatura necesaria para la refrigeración del fluido lacteo se requiere de $22{,}29\ gramos$ de refrigerante R717 (amoniaco) para llevar a cabo el proceso.

5.4.4 Dimensionamiento recipientes del sistema de refrigeración. Según los datos dados en la tabla 9 se procede al dimensionamiento, de los recipientes por medio del valor de volumen dado en la misma y el calculo de masa anteriormente realizado.

$$vol_{10^{o}c} = 0{,}2053\ \frac{m^3}{kg}$$

$$M_{refrigerante} = 22{,}29\ gramos$$

$$0{,}2053\ \frac{m^3}{kg} * \left(22{,}29\ gramos * \frac{1\ kg}{1000\ gramos} \right) = 4{,}576137 * 10^{-3}\ m^3$$

$$4{,}576137 * 10^{-3}\ m^3 * \frac{(100^3) cm^3}{1 m^3} = 4576{,}137\ cm^3$$

$$\sqrt[3]{4576{,}137\ cm^3} = 16{,}6 cm \approx 17\ cm$$

Esta medida representa una longitud tentativa por lado que debe tener el generador y absorbedor del sistema de refrigeración ya que deben tener un volumen de 4576 cm^3 para contener la mezcla refrigerante.

5.4.5 Cálculo coeficientes de convección. A continuación se realiza el cálculo de los coeficientes de conveccion de la leche y el refrigerante (amoniaco) con el fin de hallar la seccion de transferencia requerida para los serpentines encargados de absorver el calor de la leche cruda y asi conseguir la refrigeración de la misma. Generalmente estos datos se encuentran ya calculados y en muchas ocaciones expuestos o plasmados en libros y tablas, entre otros. Sin embargo en el caso específico no se encontro informacion clara y soportada que se pudiera aplicar al presente proyecto y es por tal motivo que se procede al cálculo.

5.4.5.1 Cálculo coeficiente convección de la leche. Se relacionan los datos obtenidos en la literatura disponible correspondientes al fluido lacteo[13]

[13] Ana M. Martínez y Mario R. Rosenberger asociación argentina de mecánica computacional modelado numérico de pasteurización artesanal de leche y jugos naturales. noviembre 2013.

Tabla 11. Datos necesarios para la leche cruda

Densidad	1013,60231	$\frac{\text{kg}}{m^3}$
coeficiente de conducción k	0,64023	$\frac{w}{m^{\circ}k}$
calor especifico a presión constante CP	3885,56	$\frac{joule}{kg\ ^{\circ}c}$
coeficiente de expansión térmica	0,000677	$^{\circ}k^{-1}$
viscosidad dinámica	0,0017	Pa*Seg
Longitud característica del cilindro	$4{,}7625 * 10^{-3}$	Mt
Temperatura de entrada del fluido lácteo	36	°C
Temperatura de salida del fluido lácteo	4	°C

Para determinar el coeficíente de convección del fluido lácteo se sigue la metodologia expuesta a continuación, la cual se basa en el método usado en el artículo de investigacion desarrollado por la asociación argentina de mecánica computacional expuesto en el trabajo “modelado numérico de pasteurización artesanal de leche y jugos naturales” noviembre 2013[14].

Se procede al cálculo de los números adimensionales correspondientes Grashof, Prandtl y Nusselt, los cuales son muy usados para la determinación de los efectos y cálculos de transferencia de calor y se encuentran en las múltiples literaturas disponibles actualmente, en donde se definen sus propiedades, expresiones y el porqué de su importancia.

Se procede al cálculo del número adimensional Grashof definido por la expresión;

$$Gr = \frac{\rho^2 * g \cdot \beta * \Delta T * D^3}{\mu^2}$$

En donde;

- ✓ ρ = densidad del fluido
- ✓ g = aceleración debido a la gravedad de la tierra
- ✓ β = coeficiente volumétrico de expansión térmica
- ✓ ΔT = diferencia de temperatura
- ✓ L = longitud característica (ó D = dimensión característica del cuerpo)

[14] Ana M. Martínez y Mario R. Rosenberger. Modelado numérico de pasteurización artesanal de leche y jugos naturales. Asociación argentina de mecánica computacional 2013.

- ✓ μ = viscosidad dinámica del fluido

$$\text{Grashof} = \frac{(1013{,}60231\frac{kg}{m^3})^2 * 9{,}81\frac{m}{s^2} * 0{,}000677°k^{-1} * (309-277)°k * (4{,}7625*10^{-3})^3}{0{,}0017\ pa*s}$$
$$\text{Grashof} = 8161{,}123706$$

El número de Prandtl se define por medio de la ecuación;

$$\text{Pr} = \frac{\mu * C_P}{k} = \frac{\nu}{\alpha}$$

En donde;

- ✓ μ = viscosidad dinámica
- ✓ α = difusividad térmica
- ✓ Cp = calor específico a P=cte
- ✓ v = viscosidad cinemática
- ✓ k = conductividad térmica

$$Prandtl = \frac{0{,}0017\ \text{Pa} * \text{seg} \ * \ 3885{,}56\ \frac{joule}{kg\ ºc}}{0{,}64023\ \frac{w}{mºk}}$$
$$Prandtl = 10{,}31731097$$

Luego del cálculo de estos numeros adimencionales se procede con la obtención del número de Rayleigh, quien determina la ecuación de Nusselt correspondiente al caso, según su valor;

Si Rayleigh es menor que 10^9 se usa Nusselt igual a;

$$Nusselt = 0{,}555 * (Grashof * Prandtl)^{\frac{1}{4}}$$

Por el contrarrio si el numero de Rayleigh es mayor a 10^9 se tendrá la siguiente ecuación de Nusselt;

$$Nusselt = 0{,}0210 * (Grashof * Prandtl)^{\frac{2}{5}}$$

Por su parte el numero adimencional de Rayleigh se define por medio de;

$$Rayleigh = Grashof * Prandtl$$
$$Rayleigh = \ 8161{,}123706 * \ 10{,}31731097$$
$$Rayleigh = \ 84200{,}85111$$

Debido a que este numero es menor que mil millones se utiliza la expresion;

$$Nusselt = 0{,}555 * (Grashof * Prandtl)^{\frac{1}{4}}$$

Para hallar el numero de Nusselt;

$$Nusselt = 0{,}555 * (84200{,}85111)^{\frac{1}{4}}$$
$$Nusselt = 9{,}454141617$$

Con este coeficiente cálculado se pude referir a la expresión natural del mismo número adimencial de Nusselt que se nota con la forma;

$$Nusselt = \frac{h * l}{k}$$

En donde;

h = coeficíente de convección del fluido $\frac{w}{m^{2}{}^{o}k}$
l = longitud característica (para el caso el diámetro)
k = coeficiente de conducción térmica del fluido.

Despejando la expresión, aislando la variable de interés se obtiene;

$$h = \frac{Nusselt * k}{l}$$

$$h = \frac{9{,}454141617 * 0{,}64023\ \frac{w}{m^{o}k}}{4{,}7625 * 10^{-3}\ \mathrm{m}}$$

$$h = 1270{,}934402\ \frac{w}{m^{2}{}^{o}k}$$

5.4.5.2 Cálculo coeficiente convección del amoniaco.

Tabla 12.Datos necesarios para el amoniaco

Masa	0,022	kg
Densidad	624,6	$\frac{kg}{m^3}$
Diámetro de la tubería	0,003175	m
	1/8	In
Diámetro externo de la tubería	0,0103	m
Diámetro interno de la tubería	0,00857	m
Viscosidad dinámica	138	Pa*Seg
Viscosidad cinemática	0,368	$\frac{m^2}{seg}$
Calor que transfiere el fluido lácteo en razón del tiempo Q	27319,3764	$\frac{joule}{seg}$
Coeficiente de conducción K	0,521	$\frac{w}{m^{o}k}$
Coeficiente de convección del fluido lácteo	1200	$\frac{w}{m^{2}{}^{o}k}$
coeficiente volumétrico de expansión térmica	$2{,}47 * 10^{-3}$	${}^{o}c^{-1}$
Calor especifico a presión constante CP	4714	$\frac{joule}{kg\ {}^{o}c}$

Dichos datos se obtienen de la literatura disponible J.C Ramirez[15]. Asi como de los cálculos correspondientes que se exponen a continuación.

Se procede al cálculo de los números adimensionales correspondientes Grashof, Prandtl y Nusselt.

Teniendo como expresión correspondiente al número Grashof;

$$Gr = \frac{\rho^2 * g \cdot \beta * \Delta T * D^3}{\mu^2}$$

En donde;

[15] J. C. RAMIREZ, R. A. OGLE, A. R. CARPENTER, AND D. R. MORRISON. Exponent Failure Analysis associates the hazards of thermal expansion. [En linea]. 2006. [Citado 22 de Abril. 2017]. Disponible en: http://materias.fi.uba.ar/6731/Tablas/Tabla9.pdf.

- ✓ ρ = densidad del fluido
- ✓ g = aceleración debido a la gravedad de la tierra
- ✓ β = coeficiente volumétrico de expansión térmica
- ✓ ΔT = diferencia de temperatura
- ✓ L = longitud característica (ó D = dimensión característica del cuerpo)
- ✓ μ = viscosidad dinámica del fluido

$$\text{Grashof} = \frac{(624{,}2\,\frac{kg}{m^3})^2 * 9{,}81\,\frac{m}{s^2} * 2{,}47 * 10^{-3}°c^{-1} * (10-4)°c * (0{,}00857)^3}{138 * 10^{-6}\,pa * s}$$

$$\text{Grashof} = 258{,}3616914$$

El numero de Prandtl se define por medio de la ecuación;

$$\text{Pr} = \frac{\mu * C_P}{k} = \frac{\nu}{\alpha}$$

En donde;

- ✓ μ = viscosidad dinámica
- ✓ α = difusividad térmica
- ✓ Cp = calor específico a P=cte
- ✓ v = viscosidad cinemática
- ✓ k = conductividad térmica

Realizando el cálculo de difusividad térmica;

$$\alpha = \frac{k}{\rho * c_p}$$

En donde;

- ✓ k = conductividad térmica
- ✓ ρ = densidad del fluido
- ✓ c_p calor específico a P=cte

$$\alpha = \frac{0{,}521\,\frac{w}{m°k}}{624{,}6\,\frac{kg}{m^3} * 4714\,\frac{j}{kg\,°c}}$$

$$\alpha = 1{,}769482065x10^{-7}\,\frac{m^2}{s}$$

se procede al cálculo del numero Prandtl;

$$Prandtl = \frac{0{,}368\ \frac{m^2}{s}}{1{,}769482065x10^{-7}\ \frac{m^2}{s}}$$
$$Prandtl = 2079704{,}606$$

Luego del cálculo de estos números adimencionales se procede con la obtención del numero de Rayleigh, quien determina la ecuación de Nusselt correspondiente al caso, según su valor;

Si Rayleigh es menor que 10^9 se usa Nusselt igual a;

$$Nusselt = 0{,}555 * (Grashof * Prandtl)^{\frac{1}{4}}$$

Por el contrarrio si el numero de Rayleigh es mayor a 10^9 se tendra la siguiente ecuacion de Nusselt;

$$Nusselt = 0{,}0210 * (Grashof * Prandtl)^{\frac{2}{5}}$$

Por su parte el número adimencional de Rayleigh se define por medio de;

$$Rayleigh = Grashof * Prandtl$$
$$Rayleigh = 258{,}3616914 * 2079704{,}606$$
$$Rayleigh = \ 537{,}3159996 * 10^6$$

Debido a que este número es menor que mil millones se utiliza la expresión;

$$Nusselt = 0{,}555 * (Grashof * Prandtl)^{\frac{1}{4}}$$

Para hallar el número de Nusselt;

$$Nusselt = 0{,}555 * (537{,}3159996 * 10^6)^{\frac{1}{4}}$$
$$Nusselt = 84{,}49863925$$

Con este coeficiente cálculado se pude referir a la expresión natural del mismo número adimencial de Nusselt que se nota con la forma;

$$Nusselt = \frac{h * l}{k}$$

En donde;

h = coeficíente de convección del flúido $\frac{w}{m^{2\circ}k}$
l = longitud característica (para el caso el diametro)
k = coeficiente de conducción térmica del fluido.

Despejando la expresión, aislando la variable de interes se obtiene;

$$h = \frac{Nusselt * k}{l}$$

$$h = \frac{84{,}49863925 * 0{,}521 \ \frac{w}{m^{2}k}}{0{,}00857 \text{ m}}$$

$$h = 5136{,}965116 \ \frac{w}{m^{2}k}$$

Con estos cáclulos se tienen los coeficientes de conveccion de ambos fluidos;

$$h_{leche} = 1270{,}934402 \ \frac{w}{m^{2}k}$$

$$h_{amoniaco} = 5136{,}965116 \ \frac{w}{m^{2}k}$$

Los cuales permiten calcular el coeficiente de transferencia global U que se define como;

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{h_{leche}} + \frac{1}{h_{amoniaco}}$$

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{1270{,}934402 \ \frac{w}{m^{2}k}} + \frac{1}{5136{,}965116 \ \frac{w}{m^{2}k}}$$

$$u = 1018{,}858936 \ \frac{w}{m^{2}k}$$

Por medio de la ecuación de transferencia de calor por convección es posible determinar la sección de transferencia total requerida por el sistema la cual es la sección en contacto entre los dos fluidos y que permite la refrigeración del fluido objetivo;

$$Q = u * a * \Delta tlog$$

En donde
Q = flujo de calor del sistema $\frac{joule}{seg}$
u = coeficiente de transferencia global $\frac{w}{m^{2}k}$
a = area de transferencia de calor m^2
$\nabla tlog$ = diferencia media logaritmica k

Despejando la variable de interes, la expresión se transforma en;

$$A = \frac{Q}{u * \ \Delta tlog}$$

Por su parte la diferencia media logarítmica se define como;

$$\nabla tlog = \frac{\Delta T2 - \Delta T1}{Ln\left[\frac{\Delta T2}{\Delta T1}\right]}$$

Las respectivas temperaturas de los fluidos son;

$$T_{amoniaco} = 10\ ºc\ y\ 4ºc = \Delta T1_{amoniaco} = 10 - 4 = \Delta T_{amoniaco} = 6\ ºc$$
$$T_{leche} = 36ºc\ y\ 4ºc = \Delta T2_{leche} = 36 - 4 = \Delta T_{leche} = 32ºc$$

Se procede al cálculo de la diferencia media logarítmica;

$$\Delta tlog = \frac{32ºc - 6\ ºc}{Ln\left[\frac{32ºc}{6\ ºc}\right]}$$
$$\Delta tlog = 15{,}53187935\ ºc$$

Como el dato se requiere en kelvin se procede a su conversión;

$$\Delta tlog = 15{,}53187935\ °C + 273{,}15 = 288{,}6818793\ k$$

Con estos datos se procede al cálculo del área de transferencia de calor;

$$A = \frac{27319{,}3764\ \frac{joule}{seg}}{1018{,}858936\ \frac{w}{m^2 k} * \ 288{,}6818793\ k}$$
$$A = \ 0{,}09288320639\ m^2$$

5.4.5.3 Cálculo longitud serpentines. Con la determinación de esta sección se puede definir la longitud que debe tener el serpentin refrigerante con un diametro de 1/8 de pulgada utilizado para la iteración;

$$A = perimetro\ P * longitud\ L$$
$$Perimetro\ P = \pi * D$$
$$Perimetro\ P = \pi * 0{,}0103\ \mathrm{m} = 0{,}03235840433\ m$$

Despejando la várіable de interes;

$$L = \frac{A}{P}$$
$$L = \frac{0{,}09288320639\ m^2}{P0{,}03235840433\ m}$$
$$L = 2{,}870450761\ m$$

Esta longitud se convierte a centimetros para tener una idea mas acorde respecto al diseño del tanque;

$$L = 2{,}870450761\ m * \frac{100\ cm}{1\ m} = 287{,}0450763\ cm$$

5.5 SELECCIÓN TRÁILER DE MOVILIZACIÓN

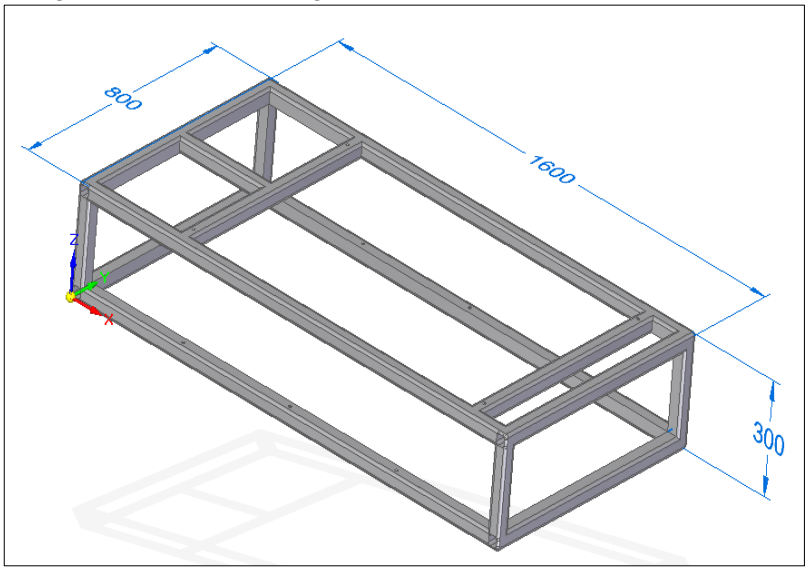
Para una adecuada selección del tráiler encargado de movilizar el equipo de refrigeración, se deben tener en cuenta ciertos aspectos y variables propias en el funcionamiento del sistema en general, por esto se abordan los siguientes aspectos;

- ✓ Requerimientos dimensionales
- ✓ Requerimientos de capacidad
- ✓ Requerimientos de construcción
- ✓ Requerimientos sistema de acoplamiento

5.5.1 Requerimientos dimensionales. Dado que el equipo de refrigeración estará montado en la parte superior o “planchón” del mismo, se deben considerar las dimensiones mínimas para que el tráiler sea apropiado para el montaje.

La estructura tendrá las dimensiones generales mostradas en la imagen 39;

Imagen 39. Dimensiones generales estructura



Teniendo en cuenta los componentes adicionales que se puedan requerir en el diseño o ventajas adicionales que presente un espacio sobrante en el tráiler, se decide tomar una distancia X+200 mm por cada lado de la estructura excepto en la altura, debido a que uno de los objetivos principales es reducir el centro de gravedad

de todo el conjunto en la medida de lo posible, es decir que las dimensiones de tráiler son;

Longitud= 2000 mm
Ancho = 1200 mm
Altura = 300 mm

5.5.2 Requerimientos de capacidad. El tráiler encargado de movilizar el sistema debe estar diseñado para soportar una capacidad dada por el conjunto de refrigeración, es decir la sumatoria de la masa de los componentes que conforman el sistema, más el cálculo de la masa del volumen de leche para el cual está diseñado el equipo. Esta masa fue determinada anteriormente en la sección 5.3.2 en donde se realizó el cálculo para los pernos de unión entre el conjunto de refrigeración y el tráiler.

Masa total: 515,23 kg

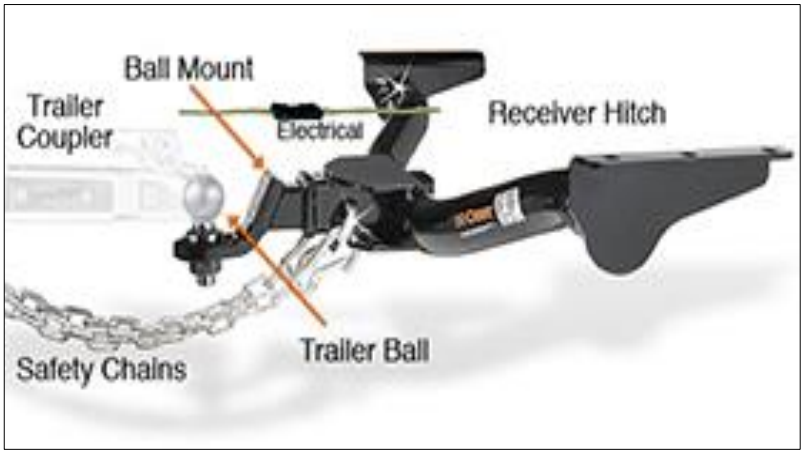
El tráiler se selecciona para una capacidad $x + x * 0{,}15$ es decir $515{,}23\ kg + 525{,}23\ kg * 0{,}15 = 592{,}519\ kg\ \approx 600\ kg$

Masa para seleccionar el tráiler 600 kg

5.5.3 Requerimientos de construcción. Debido a las condiciones de operación del equipo de refrigeración móvil, es necesario que los materiales de construcción sean resistentes a condiciones ambientales variables, es decir resistentes a corrosión y oxidación; así mismo debe ser liviano y con una altura del eje al suelo óptima para condiciones de vías rurales en donde tendrá su mayor tiempo de operación.

5.5.4 Requerimientos sistema de acoplamiento. El sistema de acoplamiento debe brindar la mayor seguridad y soporte al tráiler, ya que es el elemento que proporciona la unión entre el vehículo de tracción y el equipo completo de refrigeración y que algún tipo de falla en este componente podría tener un impacto considerable en el funcionamiento del sistema, en la carga o inclusive afectaciones a personas.

Imagen 40. Acople para tráiler



Fuente: BARRY'S. Hitches. [En línea]. [Citado 15 de Mayo, 2017]. Disponible en http://www.barrystireandexhaust.com/auto-repairs/hitches.aspx

Como se puede observar en la imagen 40 se tiene un acoplamiento por bola para tráiler, el cual es el más seguro y fácil en su operación.

Teniendo los requerimientos para la selección del tráiler se analizaron distintas posibilidades y se tomó la decisión de seleccionar el "Remolque de carga limited edition 200" del fabricante Forcar, el cual cumple con los requerimientos en su totalidad.

$$Factor\ de\ seguridad\ para\ la\ capacidas = \frac{750\ kg}{600\ kg} = 1{,}25$$

Se tiene un factor de seguridad de 1,25 para la capacidad que soporta el tráiler, el cual es un valor aceptable para las condiciones de operación del sistema, ya que la variabilidad de carga será mínima debido a que la capacidad del tanque restringe posibles sobrecargas y por tanto no se correrá dicho riesgo.

El material de construcción es óptimo para condiciones ambientales variables debido a que es chapa galvanizada y disminuirá en gran proporción posibles afectaciones por corrosión.

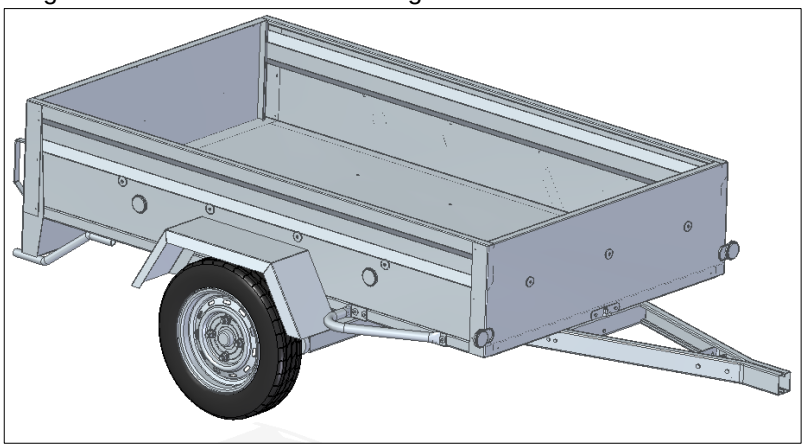
Las dimensiones del tráiler estandarizado de Forcar son óptimas para el diseño del equipo de refrigeración, teniendo en cuenta que ya se habían planteado las dimensiones de la estructura y las tolerancias manejadas para la adecuada distribución de equipos en el tráiler.

El sistema de acoplamiento cumple con las normas del Código Nacional de Tránsito Terrestre ya que cuenta con un sistema de acoplamiento seguro, además del sistema auxiliar de apoyo (cadenas) por si el sistema primario de enganche llegase a fallar.

Imagen 41. Remolque seleccionado

Fuente: FORCAR, Remolque. [En línea]. [Citado 27 de Mayo, 2017]. Disponible en: http://www.remolquesforcar.com/productos/remolques-de-carga-economicos-remolques-nuevos/remolque-de-carga-limited-edition-200/

Imagen 42. Modelo tráiler Solid Edge



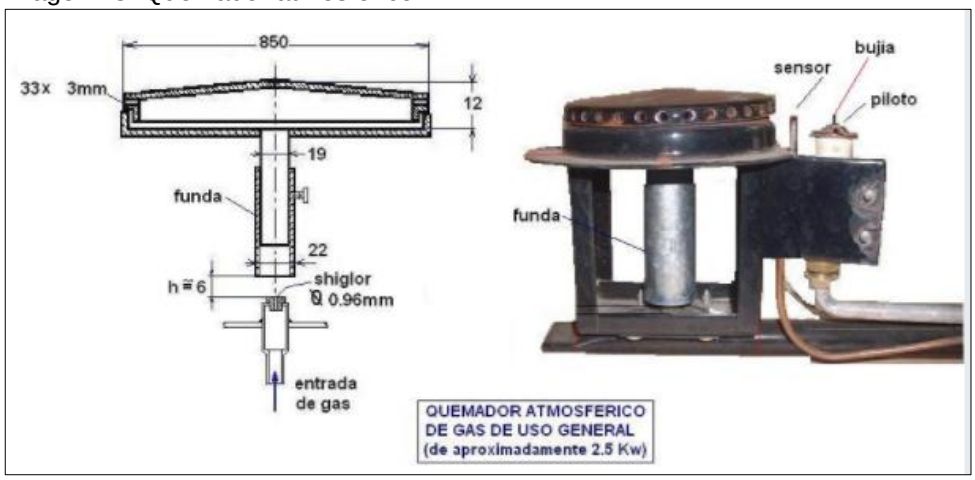
5.6 ESTUDIO SISTEMA DE ENERGIA

Debido a que para el funcionamiento del sistema de refrigeración por absorción se requiere una fuente de calor, que evapore el refrigerante (amoniaco) y que por la delimitación del proyecto se requiere una fuente de energia portable que sea fácil de manejar y obtener en las zonas rurales, como se estudio en la seccion 4.5 de planteamiento de alternativas, se decidio que la fuente energética mas recomentable para el sistema es gas propano.

Para el gas propano se recomieda la utilización de quemadores atmosféricos debido a que esta clase de combustión se da en su gran mayoria de casos con exceso de

aire y diseñar un sistema que contrarreste este fenómeno requeriría un estudio adional, por tanto se selecciona un quemador de este tipo como se muestra en la imagen 44.

Imagen 43. Quemador atmosferico

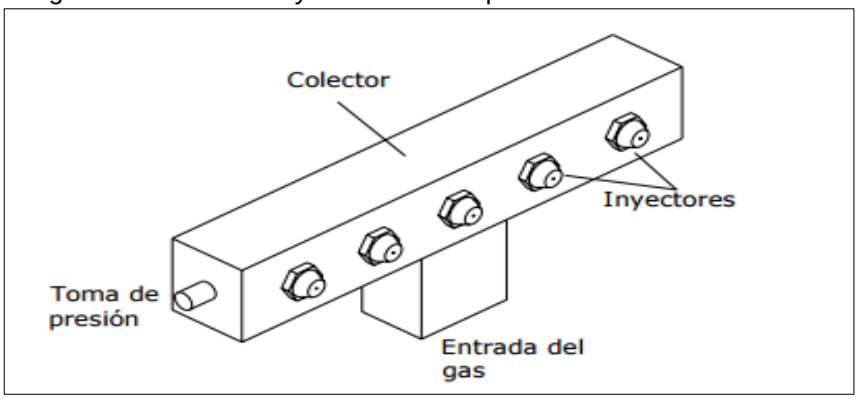


Fuente:FULL MECANICA. Quemadores atmosfericos de gas. [En linea]. 2014. [Citado 28 de Mayo, 2017]. Disponible en: http://www.fullmecanica.com/definiciones/q/272-quemadores-atmosfericos-de-gas

El quemador atmosferico consta de tres partes principales;

- ✓ Colector de gas: el colector es un componente tubular que recibe el gas procedente de la fuente, y que tiene una serie de orificios en donde se acoplan el número de inyectores necesarios para determinada aplicación.
- ✓ Inyectores: el inyector es el encargado de incorporar la cantidad necesaria de gas, a la presión y caudal adecuados para realizar la posterior combustión del gas con la debida relación aire-gas.

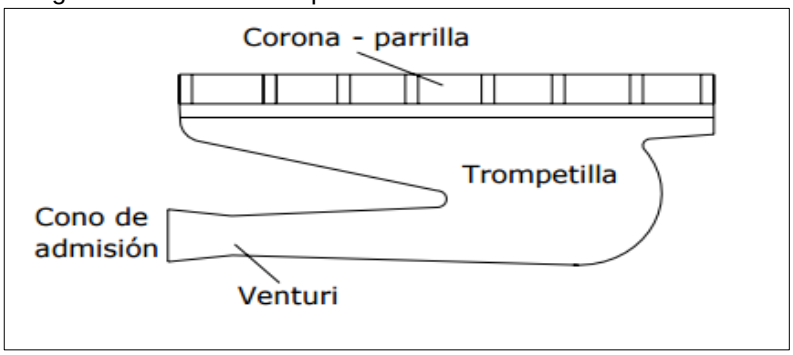
Imagen 44. Colector e inyectores en un quemador atmosferico



Fuente: FOROFRIO. [En linea]. [Citado 28 de Mayo, 2017]. Disponible en: http://www.forofrio.com/images/fbfiles/files/05_2_Quemadores_de_gas_atmosfericos

✓ Becks: los becks son unidades independientes que dividen los quemadores y que juntas conforman la parrilla como se puede observar en la imagen 46.

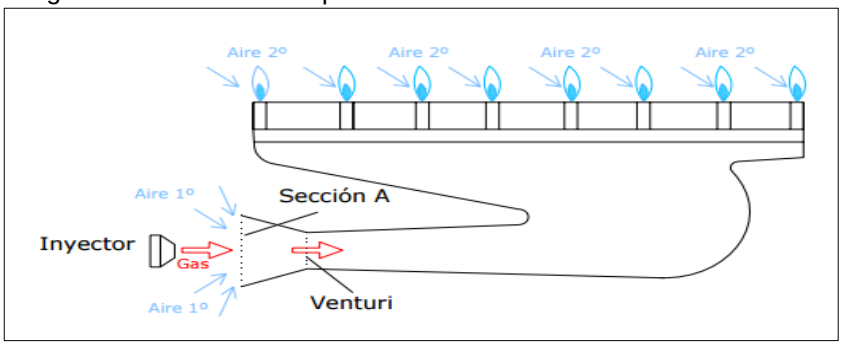
Imagen 45. Becks en un quemador atmosferico



Fuente: FOROFRIO. [En linea]. [Citado 28 de Mayo, 2017]. Disponible en: http://www.forofrio.com/images/fbfiles/files/05_2_Quemadores_de_gas_atmosfericos

En los quemadores atmosféricos la combustión se produce mediante la inclusión de aire a presión atmosferica, aunque se sabe que para una mayor eficiencia y rendimiento al momento de la combustión el aire necesario para la combustión tendría que entrar a una presión mayor, esto requeriría condiciones de diseño diferentes y mas espacio ocupado dejando de ser un quemador compacto, es por esto que existe un diseño que compensa este sistema mediante el efecto venturi como se observa en la imagen 47.

Imagen 46. Efecto venturi quemador atmosferico



Fuente: FOROFRIO. [En linea]. [Citado 28 de Mayo, 2017]. Disponible en: http://www.forofrio.com/images/fbfiles/files/05_2_Quemadores_de_gas_atmosfericos

✓ Encendido del quemador: el encendido de la mezcla aire-gas se da mediante un arco eléctrico que supera el punto de ignición del gas, controlado mediante un switch o un sistema por electrodo piezoeléctrico.

5.6.1 Selección sistema de energía. El sistema de energía junto con sus componentes será seleccionado por los requerimientos funcionales del sistema de refrigeración, la selección de equipos se realiza bajo los catálogos de la empresa chilena Serprogas.

- ✓ Cálculo potencia quemador. Para la selección de un quemador que permita realizar el ciclo de refrigeración de una manera eficíente, se parte de la cántidad de calor que se necesita suministrar en el generador para evaporar el refrigerante amoniaco y así iniciar el ciclo. Como se estudió en la sección 5.4.3, en donde se calculó la masa necesaria de refrigerante y se tomó una temperatura de 30 °C para la evaporación del amoniaco, tal y como se puede observar en la gráfica 16 (Pág. 99), teniendo en cuenta lo anterior, se tiene;

$$Q_{Mezcla} = M_{Mezcla} * Cp * \Delta T$$

En donde $(Q_{Mezcla} = Q_{Amoniaco} + Q_{Agua})$ es igual al calor necesario para que la masa total de la mezcla (m_{Mezcla}) alcance una temperatura de 30°C haciendo así que la masa de amoniaco presente se evapore, para efectos de cálculos se toma la totalidad de la masa de la mezcla como agua, debido a que sus propiedades generan que se requiera una mayor potencia para alcanzar dicha temperatura y así obtener una potencia mayor en el quemador para prever posibles demandas de energía en el sistema.

$$Q_{Mezcla} = m_{Mezcla} * Cp * \Delta T$$
$$m = \rho * v$$

$\rho = 1003\ \frac{kg}{m^3}\ \ ver\ tabla\ 13$

$v = 4576{,}137\ cm^3\ \ ver\ sección\ 5.4.4$

Tabla 13. Propiedades del agua líquida a presión atmosférica

T (°C)	ρ (kg/m³)	c_p (kJ/kg·K)	μ · 10⁶ (N·s/m²)	ν · 10⁶ (m²/s)	k · 10³ (W/m·K)	α · 10⁶ (m²/s)	β · 10³ (1/K)	Pr
0.001	1005	4.213	1766	1.757	567.2	0.1339	-0.08021	13.12
5	1004	4.201	1506	1.500	574.8	0.1363	0.01135	11.00
10	1003	4.191	1300	1.297	583.0	0.1387	0.08744	9.348
15	1001	4.184	1135	1.134	591.4	0.1412	0.15230	8.033
20	999.5	4.180	1001	1.001	599.8	0.1436	0.20900	6.975
25	997.9	4.176	890.1	0.8920	608.0	0.1459	0.25940	6.114
30	996.2	4.175	797.6	0.8007	616.0	0.1481	0.3051	5.406
35	994.3	4.174	719.6	0.7238	623.6	0.1503	0.3470	4.817
40	992.4	4.174	653.3	0.6583	630.7	0.1523	0.3859	4.323
45	990.3	4.175	596.3	0.6022	637.4	0.1542	0.4225	3.906
50	988.1	4.177	547.1	0.5537	643.6	0.1559	0.4572	3.551
55	985.7	4.179	504.2	0.5115	649.3	0.1576	0.4903	3.245
60	983.2	4.182	466.6	0.4746	654.4	0.1592	0.5221	2.981
65	980.6	4.184	433.5	0.4420	659.1	0.1606	0.5528	2.752
70	977.9	4.188	404.1	0.4132	663.2	0.1620	0.5827	2.551
75	975.0	4.191	378.0	0.3877	666.9	0.1632	0.6118	2.375
80	971.9	4.195	354.6	0.3648	670.2	0.1644	0.6402	2.219
85	968.8	4.199	333.6	0.3443	673.0	0.1654	0.6682	2.081
90	965.5	4.204	314.6	0.3259	675.5	0.1664	0.6958	1.958
95	962.1	4.209	297.5	0.3092	677.5	0.1673	0.7230	1.848
100	958.5	4.214	281.9	0.2941	679.3	0.1682	0.7501	1.749

Fuente: JUAN FRANCISCO CORONEL TORO. Colección de tablas, gráficas y ecuaciones de transferencia de calor. Universidad de Sevilla. [En línea]. [Citado 29 de Mayo, 2017]. Disponible en: http://www.esi2.us.es/~jfc/Descargas/TC/Coleccion_tablas_graficas_TC.pdf. Pág. 12

$$m = 1003\ \frac{kg}{m^3} * \left(4576{,}137\ cm^3 * \frac{1m}{100\ cm^3}\right) = 4{,}58\ kg$$

Los datos obtenidos a partir de la tabla 13, se toman a una temperatura de 10 °C debido a que es esta la temperatura ambiente aproximada a la que el sistema se encuentra inicialmente.

$$Q_{Mezcla} = 4{,}58\ kg * 4{,}191\ \frac{Kj}{kg * K} * (30 - 10)\ K = 384{,}722\ kJ = 91{,}95\ Kcal$$

El calor que se necesita suministrar al generador a través del quemador es de 91,95 Kcal.

Poder calorífico del gas propano $12\ \frac{Kwh}{kg} = 10318\ \frac{Kcal}{kg}$

Tomando un cilindro de gas propano de 11 lb como se puede observar en la imagen 49 (5 kg aprox), se tiene que el poder calorífico para 5 kg de gas propano es de 51590 Kcal. Como parámetro de diseño se tiene que el generador debe alcanzar su temperatura de operación en 10 minutos (0,1666 h), por tanto la potencia del quemador debe ser de;

$$P = \frac{91{,}95\ Kcal}{0{,}166\ h} = 549{,}698 \frac{Kcal}{h}$$

Autonomía del cilindro de gas propano;

$$Autonomia = \frac{Poder\ calorifico\ de\ 5\ kg\ de\ propano}{Potencia\ quemador} = \frac{51590\ Kcal}{549{,}698\ \frac{Kcal}{h}} = 93{,}8515\ h$$

$$Autonomia = 93{,}8515\ h\ \approx 94\ h \approx 3{,}91\ dias$$

Tomando un cilindro de gas propano de 11 lb se tiene una autonomía de 94 horas aproximadamente, esto variando de las condicíones climáticas del sitio de operación del equipo, se debe tener en cuenta que el quemador no se encuentra funcionando permanentemente debido a que cuando el generador alcanza la temperatura de trabajo este se apaga, por tanto la autonomía del equipo se cuenta 94 horas de funcionamiento permanente del quemador.

En la imagen 47, se pueden observar los modelos disponibles para quemadores atmosféricos radiales simples por parte de la empresa “Quemador aem”. Ver anexo H.

Imagen 47. Modelos de quemadores atmosféricos Quemador aem

Designación	Rango general
Tabla diámetro quemador 50 mm, placa perforada	BT 3000I
Tabla quemador diámetro 80 mm, placa perforada	BT 5000I
Tabla 100 mm de diámetro del quemador, placa perforada	BT 7000I
Tabla 120 mm de diámetro del quemador, placa perforada	BT 9000I

	3000I	5000I	7000I	9000I
potencia nominal en gas natural 20 mbar / propano 37 mbar	3.20 kW (Hi)	5.20 kW (Hi)	7.00 kW (Hi)	9.00 kW (Hi)
Puerto de llama de tipo	agujeros	agujeros	agujeros	agujeros
Diámetro del plato llamas	50 mm	80 mm	100 mm	120 mm
Plate llama material de	latón	latón	latón	latón
Diametro cuerpo, incluyendo la protección del piloto	110 mm	118 mm	143 mm	164 mm
Material del cuerpo	fuente	fuente	fuente	fuente
control de aire primario para el cambio de gas	posible	posible	posible	posible
Inyector TG 12/17 20 mbar para gas natural	130/100	180/100	200/100	230/100
Inyector TG 12/17 Propano 37 mbar	90/100	115/100	135/100	150/100
bajo caudal	85/100	105/100	125/100	130/100
La altura total del quemador	1,1 kW (Hi)	1,6kW (Hi)	2,0kW (Hi)	3,0kW (Hi)
distancia nominal entre la parte superior e inferior del quemador envase	105mm	105mm	105mm	105mm
por el conector de entrada de gas tubo de sujeción	47mm	47mm	50mm	55mm
por el conector de entrada de gas tubo de sujeción	De 8 à 12mm	De 8 à 12mm	De 8 à 12mm	De 8 à 12mm
Limpieza: La placa y el quemador móvil Cuerpo	sí	sí	sí	sí

Fuente: QUEMADOR aem. Equipos térmicos industriales a medida. [En línea]. [Citado 3 de Jun. 2017]. Disponible en: http://www.quemadoraem.es/quemador/ quemadores_cocina_profesional/ quemador_circular_con_hogar_25/index.html

Teniendo en cuenta las necesidades del sistema se selecciona el modelo BT3000I de la empresa Quemador aem, ya que la potencia suministrada satisface las necesidades caloríficas del generador para realizar su operación adecuada. (Ver anexo H).

$$Potencia\ calculada \qquad P_{Requerida} = 550\ \frac{Kcal}{h}$$

$$Potencia\ quemador \qquad P_{suministrada} = 3{,}2\ Kw\ \approx 2752\ \frac{Kcal}{h}$$

Como se puede observar la potencia suministrada por el quemador es casi 5 veces mayor a la requerida, esto se debe a que la potencia requerida para elevar la temperatura de la mezcla de 10 °C a 30°C en el generador, no requiere gran capacidad calorífica y por ende comercialmente no existen quemadores con potencias inferiores a estas.

- ✓ Sistema de encendido (piloto). Existen varios tipos de encendido para quemadores con combustibles gaseosos, en este caso se selecciona un encendido con electrodo piezoeléctrico debido a la insuficiencia de una fuente eléctrica constante en el sitio de operación del equipo de refrigeración móvil.

Imagen 48. Piloto de encendido Serprogas

Fuente: SERPROGAS. Catalogos. [En línea]. [Citado 4 de Jun. 2017]. Disponible en http://serprogas.cl/la-empresa/

Se selecciona un sistema de encendido piloto 77 de la empresa Serprogas debido a que el quemador trabaja a presión atmosférica y este tipo de encendido es el recomendado para dicho tipo de aplicaciones. (Ver anexo I)

- ✓ Tanque de alimentación: el tanque de alimentación será el encargado de contener el gas propano y alimentar el quemador con el fin de generar el calor necésario para que el evaporador realice su trabajo, como se puede ver en la imagen 49.

Imagen 49. Volúmenes cilindros de gas propano

Fuente: COLGAS. [En línea]. [Citado 4 de Jun. 2017]. Disponible en: https://www.colgas.com.co/nuestros-productos/soluciones-residenciales/cilindros.html

Tabla 14. Dimensiones cilindros de almacenamiento de gas propano

Capacidad Nominal		A Diametro		B Longitud		Estándar de Frabiación
kg	lb	mm	In	mm	In	
5	-	303	11.9	345	13.6	NTC, RTCA
10	-	311	12.25	480	18.9	NOM
15	-	301/311	11.86/12.24	690	27.2	RTCA
18	-	301	11.9	830	32.7	NTC
20	-	301	11.9	898	35.4	NOM
30	-	301	11.9	1255	49.4	NOM
45	-	365	14.4	1295	51.0	NOM
-	10	303	11.9	330	13.0	NTC
-	20	311	12.2	445	17.5	DOT
-	25	311	12.2	525	20.7	RTCA
-	35	365	14.4	550	21.7	RTCA
-	100	365	14.0	1295	51.0	DOT

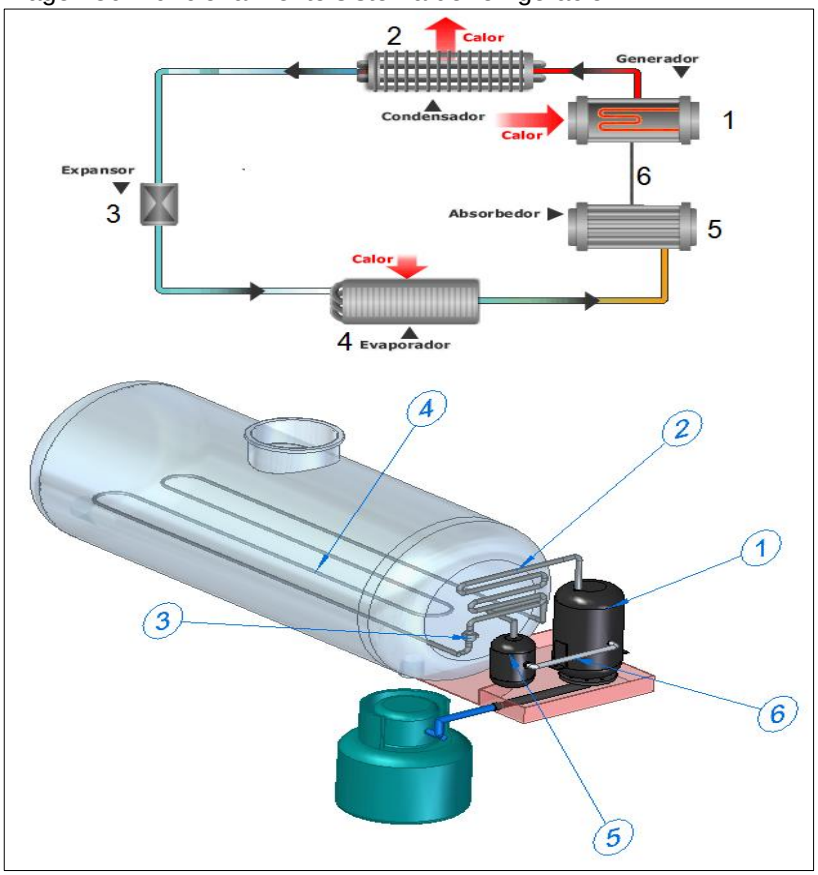
Fuente: INGUSA. Cilindros gas GLP. [En línea]. [Citado 4 de Jun, 2017]. Disponible en: http://www.ingusa.com.mx/fichas/FichaTecnica-012-Cilindro.pdf

Teniendo en cuenta la ventaja que presenta un cilindro con el menor peso posible, y teniendo en cuenta los cálculos realizados para detérminar la autonomía de un cilindro de 11 lb, se dice utilizar uno de estos para el diseño. Las dimensiones se pueden observar en la tabla 14 dando cumplimiento a la norma NTC para manejo de gas propano (GLP) en Colombia.

5.7 ENSAMBLE Y FUNCIONAMIENTO SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El ciclo de refrigeración comienza con llevar la mezcla amoniaco-agua a la temperatura de ebullición del refrigerante amoniaco, esto sucede en el generador (1) donde por medio de un quemador de GLP se genera la energía suficiente para elevar la temperatura de la mezcla, debido a que el amoniaco tiene una temperatura de vaporización más baja, este se separa del agua y pasa al condensador (2) en donde se enfría y se condensa gracias al intercambio de calor con el exterior; luego de esto el amoniaco liquido pasa por la válvula de expansión (3) en donde se genera una caída de presión para luego dar paso al evaporador (4) donde absorbe energía del entorno a refrigerar y se evapora nuevamente para entrar finalmente al absorbedor (5) donde es absorbido por el agua y regresa nuevamente al generador donde se repite el ciclo.

Imagen 50. Funcionámiento sistema de refrigeración



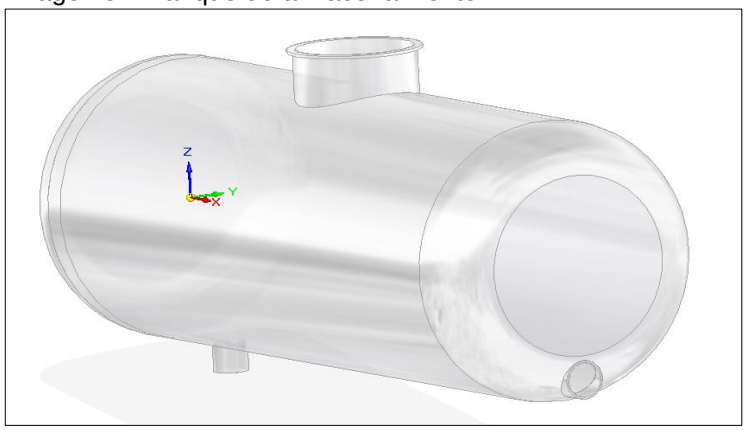
6. ANÁLISIS POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

En el desarrollo de este capítulo se realiza el análisis por medio de elementos finitos a los componentes críticos del equipo de refrigeración móvil; este análisis se realiza mediante el software NX 9.0 de Siemens en el cual se podrán evidenciar si los resultados obtenidos mediante la metodología de cálculo anteriormente desarrollada son correctos.

6.1 ANÁLISIS TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Debido al funcionamiento propio del sistema, el tanque de almacenamiento es uno de los elementos más críticos del mismo, es por esto que es necesario realizar una simulación y posterior interpretación de los datos obtenidos como deformaciones, esfuerzos, y reacciones.

Imagen 51. Tanque de almacenamiento



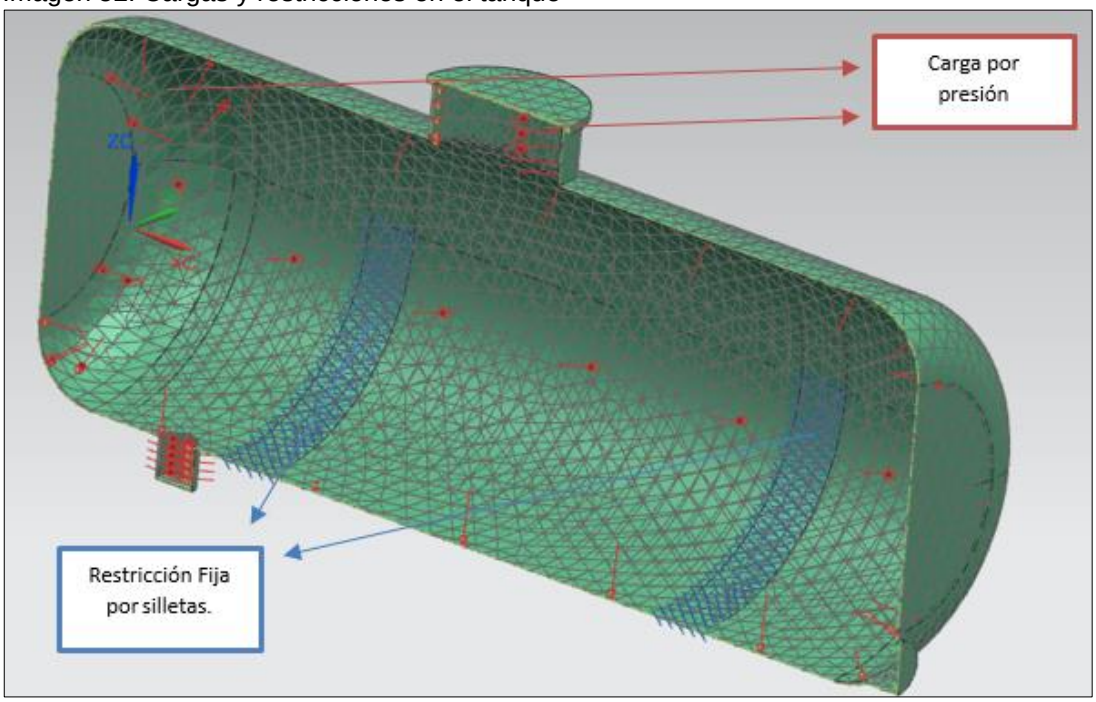
El tanque de almacenamiento será simulado con una presión de operación de 16,3 psi, ya que es esta presión a la cual el tanque estará operando, dicha presión determinada anteriormente en la sección 5.1.3. Su material de construcción será acero inoxidable AISI 304.

Cuadro 17. Propiedades acero inoxidable AISI 304

Material	Resistencia a la fluencia		Resistencia máxima		Módulo de elasticidad	
Acero Inoxidable AISI 304	Mpa	ksi	Mpa	ksi	Gpa	ksi
	310	45	620	90	200	29000

Tomando el modelo de la imagen 51 se procede a realizar la simulación del tanque de almacenamiento, para esto es necesario realizar un sellamiento de las tres aberturas y posteriormente asignar las cargas y restricciones del mismo como se puede observar en la imagen 52.

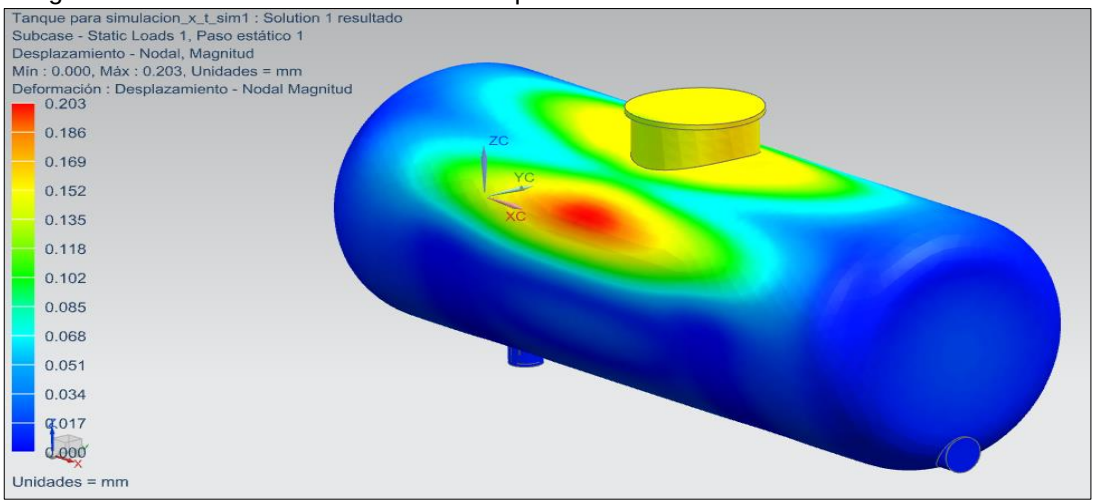
Imagen 52. Cargas y restricciones en el tanque



Luego se le asigna el material de construcción al tanque de almacenamiento y se procede dar solucionar mediante el software NX 9.0 de Siemens para así obtener resultados de deformaciones máximas, así como esfuerzos máximos, los cuales serán correlacionados respecto a los resultados teóricos obtenidos anteriormente en el capítulo 5.

6.1.1 Deformaciones máximas en el tanque.

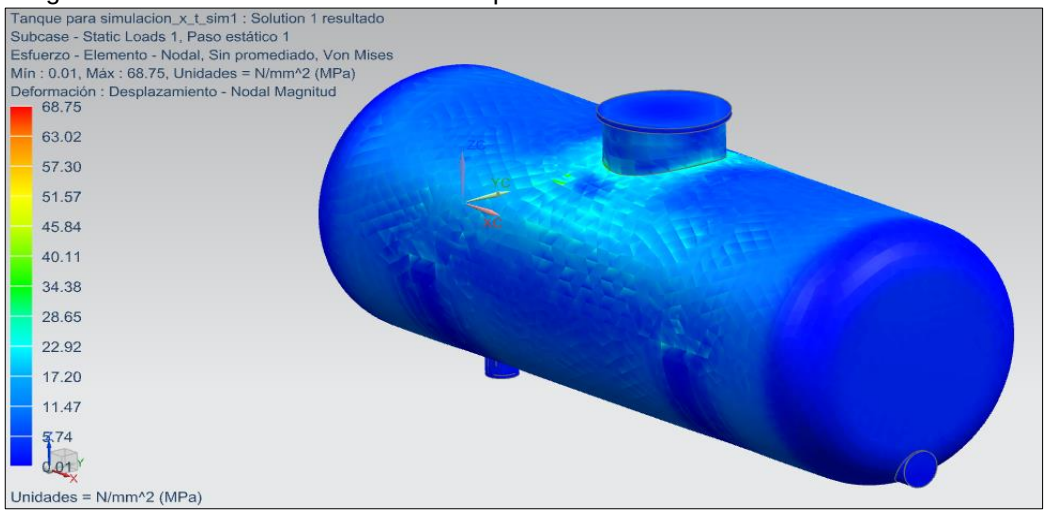
Imagen 53. Deformación máxima en el tanque



El análisis por elementos finitos arroja una deformación máxima de 0,203 mm, como se puede observar en la imagen 53, las zonas de mayor deformación se encuentran en la parte superior del tanque debido a que en la parte inferior se encuentra reforzado por los soportes del tanque lo que disminuye la deformación en esta zona y transmite los esfuerzos a la parte superior produciendo así una deformación cerca a la abertura superior, sin que este valor de deformación sea considerado importante o afecte el funcionamiento del sistema de refrigeración.

6.1.2 Esfuerzos máximos en el tanque.

Imagen 54. Esfuerzos máximos en el tanque



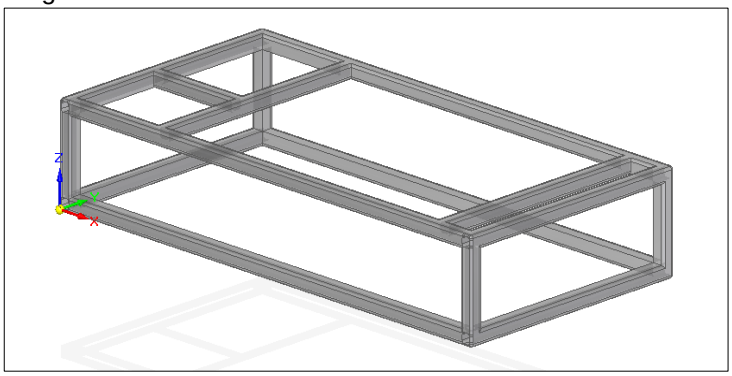
El esfuerzo máximo registrado en la simulación es de 68,75 Mpa como se puede observar en la imagen 54, dichos valores registrados cerca de la periferia de la abertura superior, en donde se genera una concentración de esfuerzos considerable debido a la geometría del mismo.

$$F.S = \frac{310\ Mpa}{68{,}75\ Mpa} = 4{,}5$$

6.2 ANÁLISIS ESTRUCTURA

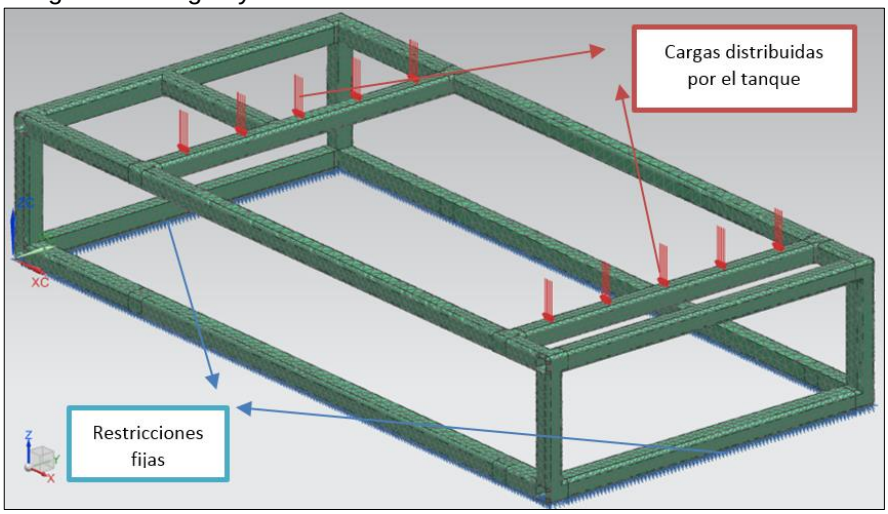
La estructura es un componente crítico en el diseño del equipo de refrigeración móvil para leche cruda, debido a que es el eslabón entre el sistema frigorífico y el tráiler de movilización que permitirá tener un diseño compacto y que esté en la capacidad de operar bajo las diferentes variables del entorno, por tal motivo se realiza la simulación mediante el software NX 9.0 de Siemens con el objetivo de verificar los cálculos teóricos realizados en la sección 5.3 y brindar un soporte a los mismos, mediante la correlación de resultados analíticos y de simulación por el software.

Imagen 55. Estructura



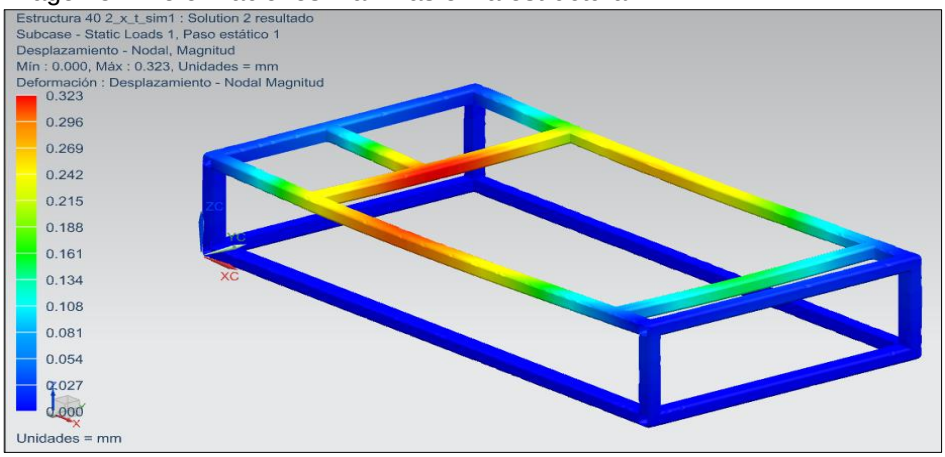
La estructura es simulada con una carga distribuida de 2802 N/m por cada viga como se muestra en la imagen 56, y como se analizó anteriormente en la sección 5.3.1 (ver sección), la zona inferior tendrá una restricción fija debido a que esta será la zona que estará anclada al tráiler. La construcción de la estructura se realizará en acero ASTM A36 debido a sus propiedades mecánicas favorables para esa clase de aplicaciones.

Imagen 56. Cargas y restricciones en la estructura



6.2.1 Deformaciones máximas en la estructura.

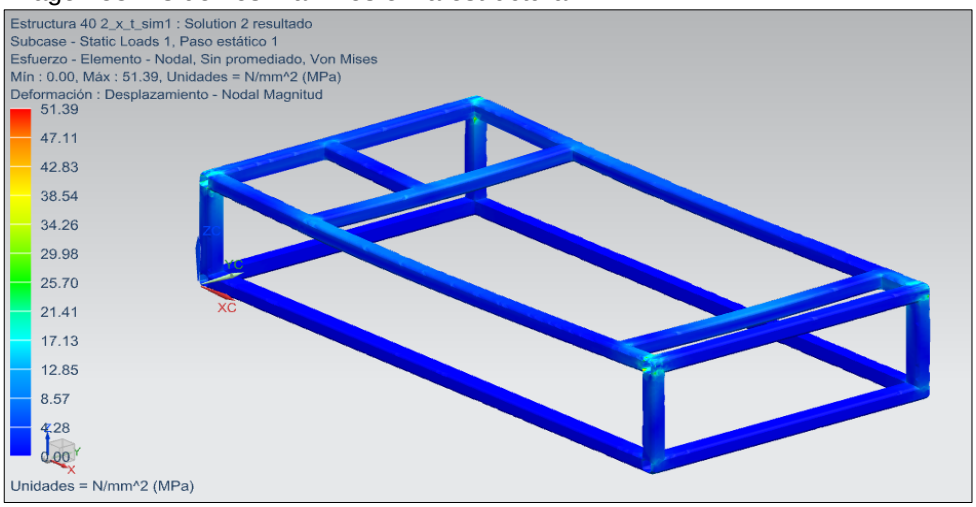
Imagen 57. Deformaciones máximas en la estructura



La deformación máxima es de 0,323 mm como se puede observar en la imagen 57, lo cual es un valor admisible tal y como se puede comprobar con el factor de seguridad calculado en la sección 6.2.2, además que no afecta de ninguna manera el funcionamiento apropiado de sistema frigorífico, así mismo se puede evidenciar que las vigas de mayor deformación son las vigas ya estudiadas anteriormente.

6.2.2 Esfuerzos máximos en la estructura.

Imagen 58. Esfuerzos máximos en la estructura



En la imagen 58 se puede observar el esfuerzo máximo registrado al momento de la simulación de la estructura, dichos esfuerzos localizados en los extremos de las vigas de mayor longitud con un valor de 51,39 Mpa, para el cual se calcula el factor de seguridad así;

$$F.S = \frac{250\ Mpa}{51{,}39\ Mpa} = 4{,}86$$

Como se puede observar el valor del factor de seguridad según la simulación por elementos finitos, satisface las necesidades estructurales del equipo de refrigeración móvil, así mismo se puede ver la comparación del factor de seguridad en el cuadro 6 hallado en la sección 5.3.1 de manera teórica y el factor de seguridad calculado con el esfuerzo máximo mostrado por el software.

Cuadro 6. Comparación factores de seguridad

Clase de resultado	Factor de seguridad
Teórico Viga analizada	9,865
NX 9.0 Conjunto	4,86

El factor de seguridad teórico resulta ser mayor debido a que al momento de realizar el análisis de la viga, no se tienen en cuenta los esfuerzos que se generan en la estructura como un solo conjunto lo cual produce que el factor de seguridad hallado con el software tenga un valor menor, sin que esto signifique que este mal calculado.

6.3 ANÁLISIS SOPORTES

6.3.1 Deformaciones máximas en los soportes. Debido a que los soportes son el enlace entre el tanque de almacenamiento y la estructura, es importante conocer el comportamiento que experimentaran frente a las cargas y condiciones de operación del mismo, en la imagen 59 se pueden observar las cargas en la parte superior curvada las cuales tienen un valor de 16,3 psi de presión y 1962 N de fuerza por la masa del tanque y la leche, las restricciones en la parte inferior del soporte se deben a que es en esta parte donde va fijada a la estructura.

Imagen 59. Cargas y restricciones en los soportes

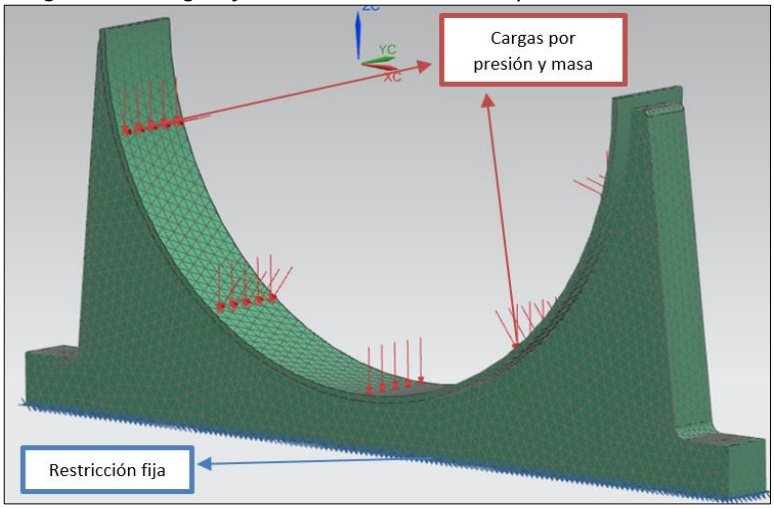
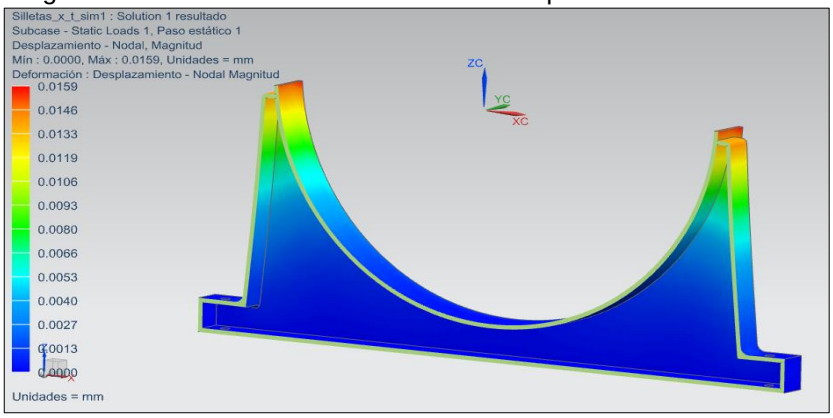


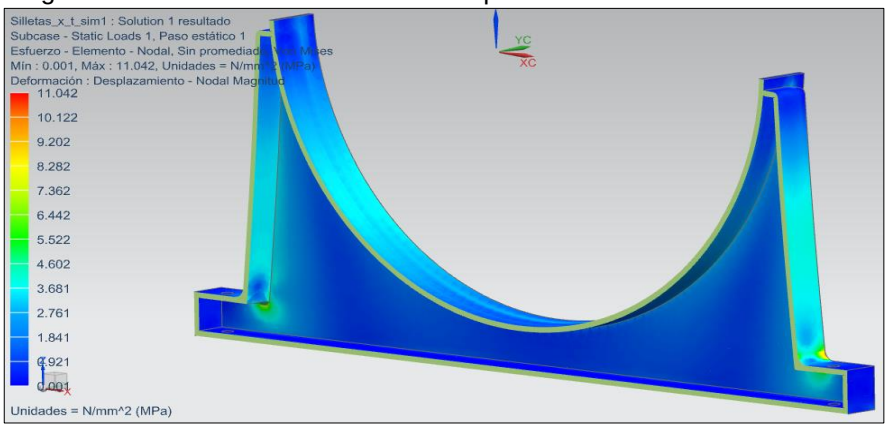
Imagen 60. Deformaciones máximas en los soportes



Como se puede observar en la imagen 60, el desplazamiento máximo tiene un valor de 0,0159 mm, el cual se presenta en la parte en donde la geometria de los soportes se hace mas delgada y por ende se presentan unos esfuerzos mayores.

6.3.2 Esfuerzos máximos en los soportes.

Imagen 61. Esfuerzos máximos en los soportes



El esfuerzo máximo se presenta en la sección del soporte donde la geometria permite una mayor concentración de esfuerzos, que es en la parte inferior cerca de los punto de union a la estructura, esto con valor maximo de 11,042 Mpa por tanto se tiene un factor de seguridad asi;

$$F.S = \frac{250\ Mpa}{11{,}02\ Mpa} = 22{,}68$$

Dadas las condiciones de simulación se obtiene un factor de seguridad para los soportes del tanque de 22,68, el cual es un valor admisible ya que al ser coponentes criticos en el diseño y adecuado funcionamiento del equipo de refrigeración se debe tener la certeza que no fallarán bajo las cargas propuestas.

7. MANUAL DE OPERACIÓN

La operación del equipo de refrigeración movil debe darse bajo una secuencia y bajo el control de ciertas variables para su adecuado funcionamiento, es por esto que es necesario que la persona encargada de controlar el funcionamiento del equipo conozca en plenitud el manual de operación y asi poder velar por la con servacion del equipo y evitar posibles riesgos para el o las personas cercanas a la máquina.

7.1 DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO

Tabla 15. Datos técnicos equipo de refrigeración movil

Sistema de refrigeración	Sistema por absorción
Volumen maximo de refrigeración	200 litros
Fuente energetica	Gas propano (GLP)
Tamaño cilindro Gas propano	10 lb
Dimensiones trailer	200*100*30 cm
Altura suelo-abertura superior del tanque	130 cm
Tamaño del Rin	Rin 13
Sistema de encendido Quemador	Electrodo Piezoelectrico

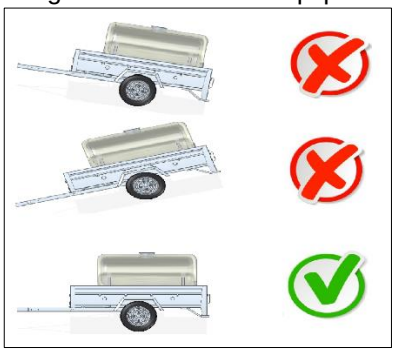
7.2 PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

Para un adecuado funcionamiento del equipo se deben seguir las recomendaciones y secuencia de encendido expuestas a continuación;

7.2.1 Inspección visual. Es indispensable que antes de encender el equipo de refrigeracion movil, verifique aspectos y posibles anormalidades de manera visual en el mismo; se recomienda hacer un recorrido de 360° alrededor de la máquina observando los siguientes aspectos;

- ✓ Verifique la estabilidad y respectiva nivelación del equipo de refrigeración movil con respecto al suelo, asi como la presión en la llantas.

Imagen 62. Nivelacion equipo



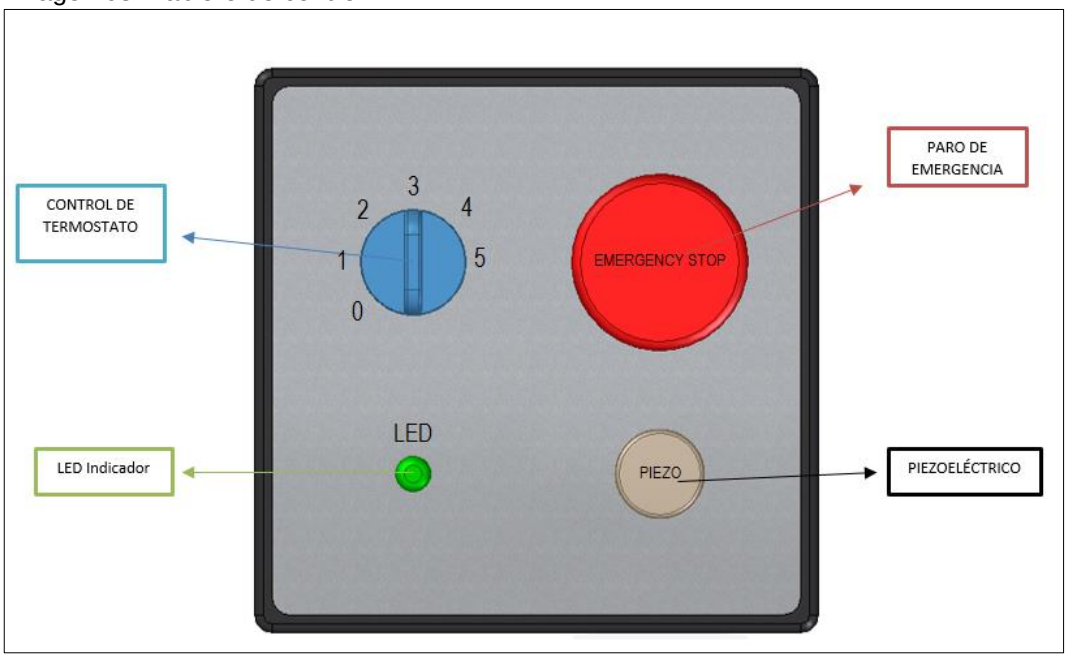
- ✓ Verifique que las válvulas de drenaje y salida del tanque estén cerradas por completo.
- ✓ Verifique que las conexiones del sistema de energía (tanque gas propano a quemador) esten acopladas solidamente, asi como la presión en el mismo.
- ✓ Verifique que no hayan elementos extraños en ninguna parte del equipo, asi como al interior del tanque almacenamiento.

Importante: La inspección es netamente visual, cualquier anomalia relacionada con el sistema de energia o recipientes contendores del sistema de refrigeración, proceder con precaución y verificar que la válvula de paso del cilindro de gas propano este totalmente cerrada y posteriormente comunicarse con el técnico especializado.

7.2.2 Encendido y carga del equipo de refrigeración móvil. El encendido correcto del equipo debe darse siguiendo la siguiente secuencia, para así evitar posibles afectaciones en el funcionamiento adecuado del mismo.

- ✓ El tanque debe tener un contenido mínimo de leche a refrigerar de 40 litros, para esto retire la tapa superior del tanque de almacenamiento y vierta la totalidad de leche en el interior del mismo, teniendo la precaución de no introducir contaminantes o agentes extraños en el interior del tanque, seguidamente ponga la tapa y verifique su adecuado sellamiento.

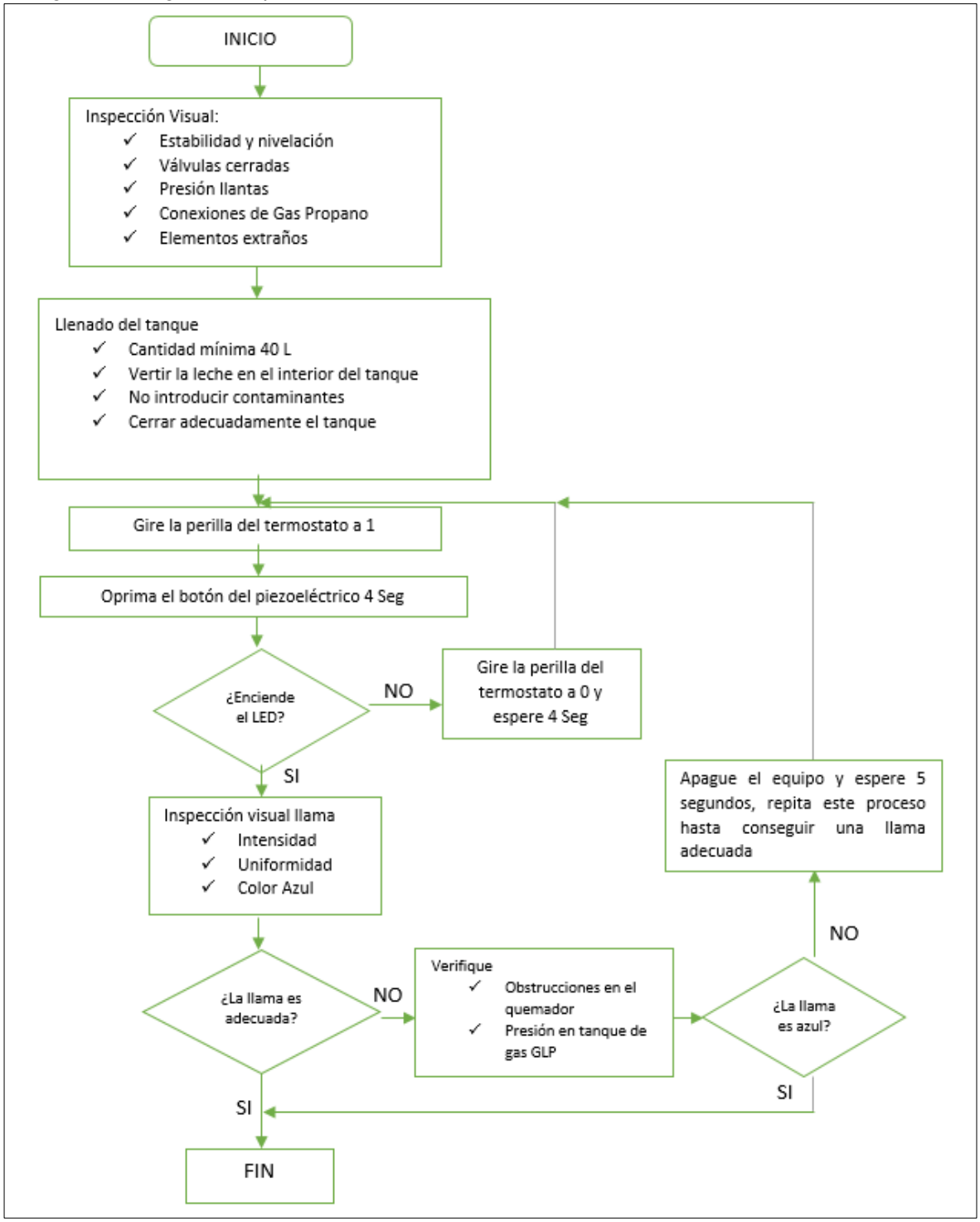
Imagen 63. Tablero de control



- ✓ Habiendo realizado el proceso de llenado del tanque, proceda al inicio del sistema, diríjase al tablero de control (Ver imagen 63) y ubique el control de termostato (color azul), gire el control de termostato hacia la derecha y sitúelo en el numero 1 seguido a esto oprima el botón del encendido piezoeléctrico y manténgalo hasta que la luz LED indicador encienda, (este LED indica que el quemador ha encendido), si el sistema no enciende regrese la perilla a cero y espere que la concentración de gas en el ambiente se reduzca en niveles aceptables, esto tanto para favorecer la mezcla de ignición Gas-Aire, y como para seguridad propia del operario.
- ✓ Verificar de manera visualmente la intensidad de la llama, su uniformidad y color azul, de presentar un color amarillo revisar posibles obstrucciones en las entradas de aire del quemador, así como la presión del tanque de propano, si esto no soluciona el color anormal de la llama, comunicarse inmediatamente con el técnico especializado.
- ✓ Realizado el proceso anterior, el equipo debe estar en funcionamiento pleno y listo para realizar el enganche a un vehículo de tracción para su posterior movilización o para realizar su función frigorífica de manera estacionaria.

7.2.3 Diagrama de proceso.

Imagen 64. Diagrama de proceso



8. ESTUDIO AMBIENTAL

Realizar un estudio ambiental es un aspecto importante del diseño, ya que se estudia y determina la afectación y el potencial desarrollo de diversas variables negativas que pudiesen afectar ecosistemas, flora y fauna, entre otras. Del lugar en donde operara la máquina. Aún más con la preocupación creciente actual de la humanidad por el cuidado del planeta y la reducción de los efectos generados por los desechos, gases, fluidos, entre otras. Sobrantes de los diferentes procesos de diseño y manufactura.

Por estos motivos se hace relevante el presente estudio que en su totalidad tiene como objetivo aminorar de manera eficaz cualquier riesgo para el ambiente presentado por la manufactura, montaje y operación de la máquina. Además de contemplar el correcto uso, manipulación y operación del amoniaco, que pese a que es una sustancia que se encuentra en muchos ecosistemas naturalmente, genera consecuencias irreversibles en aquellos en donde no se contaba con la presencia de este.

8.1 IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Entre los factores ambientales se definen las características y condiciones del ambiente que son susceptibles a la operación de la máquina, son consecuencias, cambios o alteraciones del medio.

Evaluando a través del uso de la matriz de impactos ambientales, se podrán tomar las correspondientes acciones correctivas. Para dicho efecto se necesita de la parametrización de las variables analizadas, su importancia y/o potencial riesgo y por último la maniobra que se podría realizar para disminuir o erradicar totalmente este potencial peligro. Esta importancia y calificación de impacto se relaciona en el siguiente cuadro, siguiendo la metodología ya citada de evaluación de impactos.

Cuadro 7. Calificación de factores del impacto ambiental para el proyecto

Valoración	Calificación	Acción
Muy significativos	10 - 12	Se realizarán acciones correctivas drásticas, como suspender la actividad hasta que se haya solucionado y/o corregido la emisión negativa.
Significativos	7 - 9	Establecer métodos y/o programas que mejoren y reduzcan eficazmente la emisión negativa de forma permanente.
No significativos	4 - 6	Mantener las acciones, controles y medidas ya implementadas debido a que la actividad no está generando una emisión negativa significativa.

Para cumplir con el objetivo de evaluar el impacto que genera la construcción, ensamblaje y operación de la máquina, se deben definir cada uno de los parámetros anteriormente expuestos (construcción, ensamblaje, operación) según su aporte al diseño.

Cuadro 8. Matriz impactos ambientales del proyecto

Proceso	Actividad	Marco ambiental	Importancia ambiental
Corte	Lamina para la construcción del tanque.	Generación de residuos sólidos, ruido, consumo de energía, generación de calor, transformación de materias primas.	Contaminación de suelo, agua, generación de gases efecto invernadero.
	Perfil cuadrado acero A-36 para la construcción de las vigas, columnas, estructura en general.		
	Tubería en acero inoxidable 1/8 in para la construcción del equipo refrigerante por donde circulara amoniaco.		
	Del material aislante (poliuretano).		
Soldadura	Tanque, estructura, sistema de refrigeración.	Generación de gases nocivos, atmosferas particuladas contaminantes.	Contaminación del aire.
Transporte	Del amoniaco.	Generación de gases invernadero por combustible usado en transporte, contaminación general por escape del fluido de trabajo.	Contaminación del aire, agua, suelo.
Montaje	Instalación del sistema mecánico, eléctrico. Cargue del fluido refrigerante en el sistema.	Consumo de energía, generación de residuos sólidos, generación de gases tóxicos por escapes de fluido refrigerante durante el cargue al sistema.	Contaminación del suelo, aire, agotamiento de recursos naturales, generación de gases invernadero.
Operación	Operación de la máquina.	Transformaciones térmicas, uso de combustible (gas propano), circulación de fluidos peligrosos (amoniaco).	Foco de peligro, agotamiento del recurso natural.

8.2 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Se exponen los criterios que relacionaran los diferentes impactos ambientales anteriormente expuestos y su trascendencia en el ambiente, su recuperación, daño, reconstrucción, etc.

Cuadro 9. Criterios analizados para la selección del impacto

Criterio	Descripción	Valor	Calificación
1 Frecuencia del impacto	Número de veces que se genera el impacto (afectación)	1	Ocasional
		2	Intermitente
		3	Permanente
2 Magnitud del impacto	Limitación del alcance que tiene el impacto (afectación)	1	Baja
		2	Media
		3	Alta
3 Duración	Tiempo en el que perdura el impacto (afectación)	1	Baja
		2	Media
		3	Alta
4 Probabilidad	Posibilidad de que ocurra el impacto (afectación)	1	Baja
		2	Media
		3	Alta

Con estos criterios definidos, se procede a la construcción de la matriz comparativa donde se encontrará la evaluación ambiental, analizando su respectiva importancia y los métodos que se pudiesen usar para contener una eventual afectación.

Cuadro 10. Evaluación del impacto ambiental

Impacto ambiental	Criterio				Total	Grado de significancia	Solución y control
	1	2	3	4			
Contaminación del suelo	1	1	1	2	5	No significativo	Evitar vertimientos directamente al suelo, contar con programas eficaces de tratamientos de basuras/reciclaje.
contaminación del agua	1	2	1	2	6	No significativo	Evitar vertimientos directamente al agua de cualquiera de los fluidos, en el caso del amoniaco seguir la GTC-24 NTC-3853, 3971, guía ministerio de ambiente para la sustancia.

Continuación cuadro 10. Evaluación del impacto ambiental

Impacto ambiental	Criterio				Total	Grado de significancia	Solución y/o control
	1	2	3	4			
Generación gases efecto invernadero	1	1	1	2	5	No significativo	Generado por el uso de combustibles fósiles, presentes en el transporte de materia prima, no afecta directamente a la operación de la máquina. Seguir regulaciones de emisiones de gases, realizar uso adecuado de catalizadores y filtros que restringa la expulsión a la atmosfera.
Contaminación del aire	2	3	2	2	9	Significativo	Realizar cualquier proceso de manipulación, transporte, llenado, vaciado, etc. Del sistema de refrigeración estrictamente bajo las normas vigentes expuestas para tal fin como lo son: GTC-24 NTC-3853, 3971,5852, guía ministerio de ambiente para la sustancia. Usar estrictamente protocolos descritos en las anteriores normas incluyendo los equipos de seguridad mínima para cualquier labor relacionada con el fluido.
Agotamiento del recurso natural	2	1	1	2	6	No significativo	Control de energía eléctrica utilizada sobre todo en el proceso de manufactura, racionar lógicamente los diferentes recursos involucrados agua, energía, etc.

Como se muestra en la matriz, el impacto generado por la fabricación, montaje y operación de la maquina no conlleva a un impacto ambiental significativo e irreversible; sin embargo, al hacer uso de una sustancia peligrosa como el amoniaco se deben seguir todas las normas de seguridad tanto de manipulación, transporte, y uso. Además de su respectivo uso de equipo especializado.

Pese a que el equipo no incorpora cantidad considerable de dicha sustancia, es necesario que se mantenga bajo control en la operación del mismo, ya que este podría generar afectaciones a los seres humanos por intoxicación.

Estos requerimientos se plasmarán con sus debidas señales reglamentarias y dentro de las normas vigentes bien sean internacionales o nacionales[16].

Imagen 65. Elementos de protección y etiquetado de amoniaco

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guía para manejo seguro y gestión ambiental de 25 sustancias químicas. [En línea]. [Citado 16 de Jun, 2017]. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialy Urbana/pdf/sustancias_qu%C3%ADmicas_y_residuos_peligrosos/guia_25_sustancias.pdf

Como se muestra en la imagen 65 se referencia algunos de los avisos, logos, indicaciones y/o señales usados en equipos o sistemas que trabajan con amoniaco.

[16] MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guía para el manejo seguro de 25 sustancias químicas. Consejo Colombiano de Seguridad petroquímica. [En línea]. [Citado 13 de Jun. 2017]. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias_qu%C3%ADmicas_y_residuos_peligrosos/guia_25_sustancias.pdf. Pág. 97

9. EVALUACIÓN FINANCIERA

Durante el desarrollo de este capítulo se realiza el estudio financiero del proyecto con el objetivo de determinar su viabilidad, para esto se determinan los costos de diseño, construcción, montaje y posterior operación del equipo de refrigeración móvil y así poder realizar un estudio de la aceptación que el equipo de refrigeración tendrá en la población de un sector rural de la sabana de Bogotá D. C (Mosquera), en donde se aplicara un modelo de encuesta para determinar la capacidad de compra de estos pequeños productores y el beneficio que brindaría la adquisición de un equipo de las características expresadas en el proyecto para sus ingresos por la actividad lechera.

En la actualidad se presenta una problemática en los pequeños productores lecheros del país, tal como se expresó al inicio del documento, no existen sistemas de refrigeración enfocados a pequeños volúmenes de leche cruda, por lo que los productores que no están en capacidad de adquirir un sistema de refrigeración de gran capacidad ya sea por costos o porque simplemente resultaría innecesario, la calidad de la leche que estos producen se ve altamente afectada y por ende los ingresos que reciben por esta actividad, es por esto que la viabilidad de este proyecto será estudiada con respecto a la aceptación de los pequeños productores.

9.1 COSTOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Los costos de fabricación del equipo de refrigeración móvil están divididos así;

- ✓ Costos de ingeniería
- ✓ Costos de materiales
- ✓ Costos de fabricación

9.1.1 Costos de ingeniería. A continuación, se expresan los costos implícitos en el desarrollo del proyecto en cuanto a la parte de diseño.

Tabla 16. Costos de ingeniería

Items	Unidad	Valor unidad	Cantidad	Total
Talento humano				
Ingenieros (2)	Horas H	$6.000	800	$9.600.000
Gastos maquinaria y equipos				
Computadora	Horas	$400	700	$280.000
Software NX 9.0	Licencia	$300.000	1	$100.000
Fungible				
Papel	Resma	$10.000	1	$10.000
Tinta	Cartucho	$40.000	2	$80.000
Costo total del proyecto				$10.070.000

9.2.2 Costos materiales. A continuación de especifica el precio de cada uno de los elementos necesarios para la construcción del equipo de refrigeración móvil, las cotizaciones se encuentran en el anexo J.

Tabla 17. Costos de materiales

Elemento	Unidad	Cantidad	Valor	Valor total
Tráiler	Unidad	1	$ 1.650.000	$1.650.000
Perfil en tubo cuadrado 1-1/2 Pulg Acero A36	M	12	$ 14.465	$173.580
Lamina de Acero inoxidable 304-3 mm espesor	m^2	3	$236.800	$710.400
Poliuretano para aislamiento	m^2	3,5	$14.821	$51.874
Fibra de vidrio 3 mm espesor	m^2			
Tornillos tanque-estructura 5/16-18 UNC-2 A Grado 5,2 ; L=3,75 in	Unidad	4	$700	$2.800
Tornillos estructura-tráiler 5/16-18 UNC-2 A Grado 5,2 ; L=2,5 in	Unidad	6	$700	$4.200
Quemador atmosférico radial	Unidad	1	$80.000	$80.000
Piloto modelo 77	Unidad	1	$45.000	$45.000
Termostato	Unidad	1	$57.300	$57.300
Condensador	Unidad	1	$215.000	$215.000
Tubería acero inoxidable 1/8 Pulg	M	5	$35.000	$175.000
Registro de salida drenaje 2,0 Pulg	Unidad	1	$94.258	$94.258
Registro de descarga 2,5 Pulg	Unidad	1	$137.500	$137.500
Cilindro de gas propano 10 lb	Unidad	1	$40.000	$40.000
Manguera para gas propano	M	2	$10.000	$20.000
Amoniaco	Kg	2	$2.500	$5.000
Tablero de control	Unidad	1	$47.000	$47.000
Accesorios adicionales	-------	--------	$50.000	$50.000
Total				$3.559.182

9.2.3 Costos fabricación. A continuación, se relacionan los costos por mano de obra técnica necesaria para el alistamiento, construcción y posterior ensamblaje del equipo de refrigeración móvil.

Tabla 18. Costos fabricación

Concepto	Valor
Soldadura	$680.000
Taladrado	$100.000
Montaje	$500.000
Dobladora	$250.000
Servicios públicos	$185.000
Total	$1.714.000

Tabla 19. Costos totales diseño y construcción

Costos	Valor total
Costos de ingeniería	$10.070.000
Costos de materiales	$3.559.182
Costos de fabricación	$1.714.000
Subtotal	$15.343.182
AIU (Administración, impuestos y utilidades) 16%	$2.454.909
Total	$17.798.091

Margen de utilidad. Teniendo en cuenta los gastos de ingeniería, materiales, y su posterior construcción, se le asigna un margen de utilidad del 10%.

$$Utilidad = Costo\ total * 10\%$$
$$Utilidad = 17.798.091 * 10\% = \$1.779.809$$
$$Precio\ de\ venta = Costo\ total\ + Utilidad = 17.798.091 + 1.779.034 = \$19.577.125$$

Se determina un precio de venta para el equipo de refrigeración móvil de leche cruda en $ 19.577.125.

9.2.4 Estudio de aceptación de la máquina. Teniendo en cuenta que en la actualidad no existen equipos de refrigeración móviles enfocados a los pequeños productores lecheros del país, los cuales su producción diaria no supera los 100 litros de leche y que resultaría inoficioso para ellos adquirir un equipo de gran capacidad, se realiza un estudio con el objetivo de cuantificar el nivel de aceptación que el equipo de refrigeración móvil tendría en una población de la sabana de Bogotá D. C (Mosquera), para esto se realizó un modelo de encuesta y se escogió una población de 30 productores a los cuales se les presentó el diseño y las características técnicas del equipo.

Habiendo realizado las encuestas y su posterior análisis y tabulación de los datos obtenido se tiene la siguiente tabla;

Tabla 20. Datos obtenidos por la encuesta

Pregunta	Opciones de respuesta				∑ Población
	A	B	C	D	
1	3	13	8	6	30
2	0	9	12	9	30
3	2	7	13	8	30
4	18	12	NA	NA	30
5	2	6	4	0	12
6	2	19	8	1	30
7	6	2	22	NA	30
8	26	4	NA	NA	30
9	5	16	8	1	30
10	27	3	NA	NA	30

ENCUESTA VIABILIDAD SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

La presente encuesta tiene como objetivo la fundamentación del estudio financiero para el proyecto de grado que lleva por título *"Diseño de un equipo móvil de refrigeración para el almacenamiento y transporte de leche cruda en zonas rurales"* los datos obtenidos se usaran para su tabulación y posterior análisis correspondiente a la aceptación del proyecto en los pequeños productores lecheros.

Preguntas:

1. ¿Qué cantidad de animales productores de leche tiene en la actualidad?

a. Menos de 3 ( )	b. De 3 a 6 ( )	c. De 6 a 9 ( )	d. Más de 9 ( )

2. ¿Qué cantidad máxima de animales productores de leche de vaca ha tenido?

a. Menos de 3 ( )	b. De 3 a 6 ( )	c. De 6 a 9 ( )	d. Más de 9 ( )

3. ¿Qué producción de litros de leche tiene a diario?

a. Menos de 15 L ( )	b. De 15 a 35 L ( )	c. De 35 a 55 L ()	d. Más de 55 L( )

4. ¿La producción de leche es recopilada por un tercero o tiene usted que transportarla algún sitio para su disposición?

a. Tercero ( )	b. Transportarla ( )

5. ¿Si tiene que transportar su producto, qué distancia aproximada recorre para la disposición final de su producto lácteo?

a. Menos de 2km( )	b. De 2 a 5 km ( )	c. De 5 a 10 km ( )	d. Más de 10 km ( )

6. ¿A qué precio le es pagado el litro de leche en pesos colombianos?

a. Menos de 600( )	b. 600 a 900 ( )	c. 900 a 1200 ( )	d. Más de 1200 ( )

7. ¿Cuál cree usted que es la cualidad más importante para obtener un precio adecuado por litro de leche?

a. Calidad organoléptica ( )	b. Raza de las vacas ( )	c. Evitar terceros y disponerla directamente en los sitios de acopio ( )

8. ¿Se ha visto afectado en sus ingresos alguna vez por no tener un sistema de refrigeración adecuado?

a. Si ( )	b. No ( )

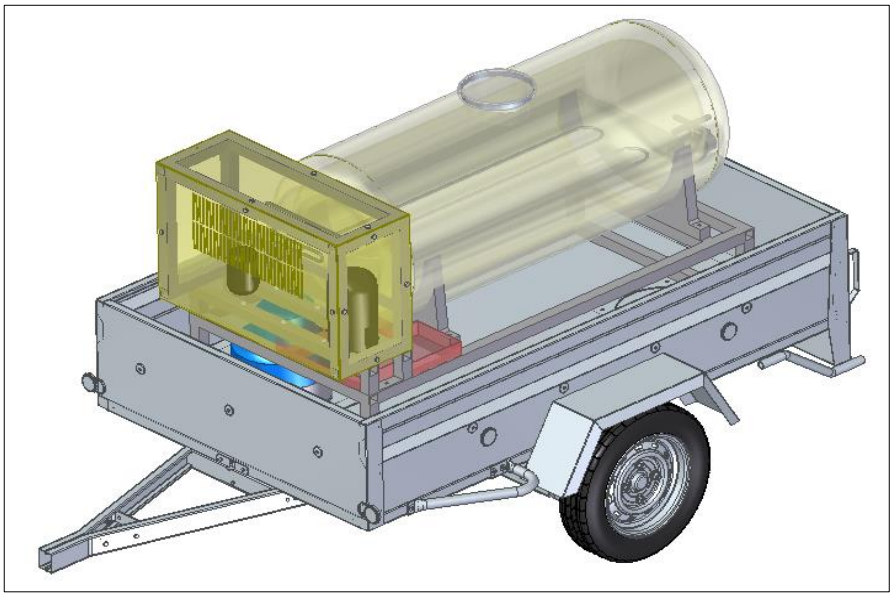
9. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar en pesos colombianos (COP) por un sistema de refrigeración móvil teniendo en cuenta las características técnicas mostradas en la imagen?

a. Entre 5.000.000 a 10.000.000 ( )	b. Entre 10.000.000 a 15.000.000 ( )
c. Entre 15.000.000 a 20.000.000 ( )	d. Entre 20.000.000 a 25.000.000 ( )

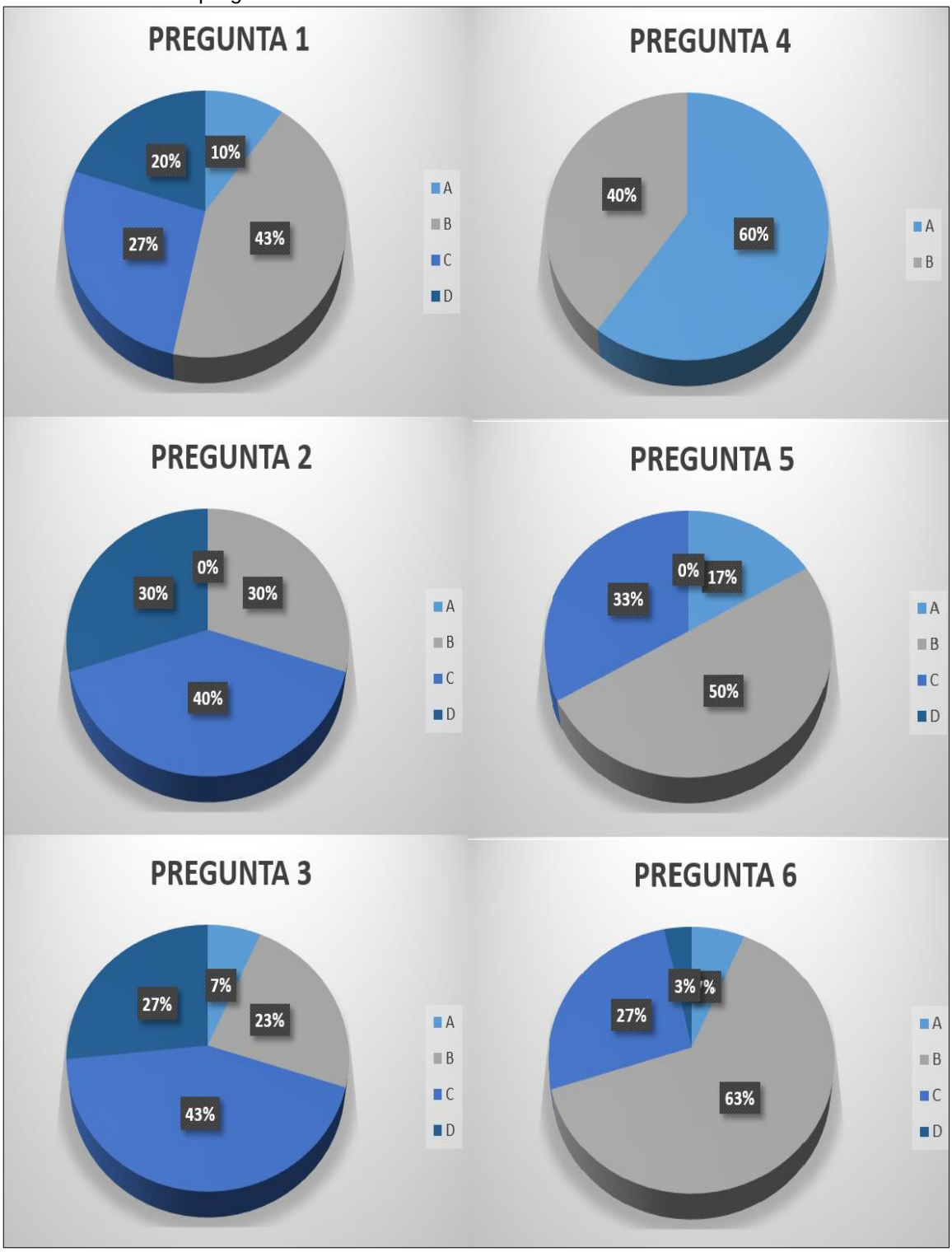
10. ¿Estaría dispuesto usted a asociarse con otros productores para la adquisición de un equipo de estas características?

a. Si ( )	b. No ( )

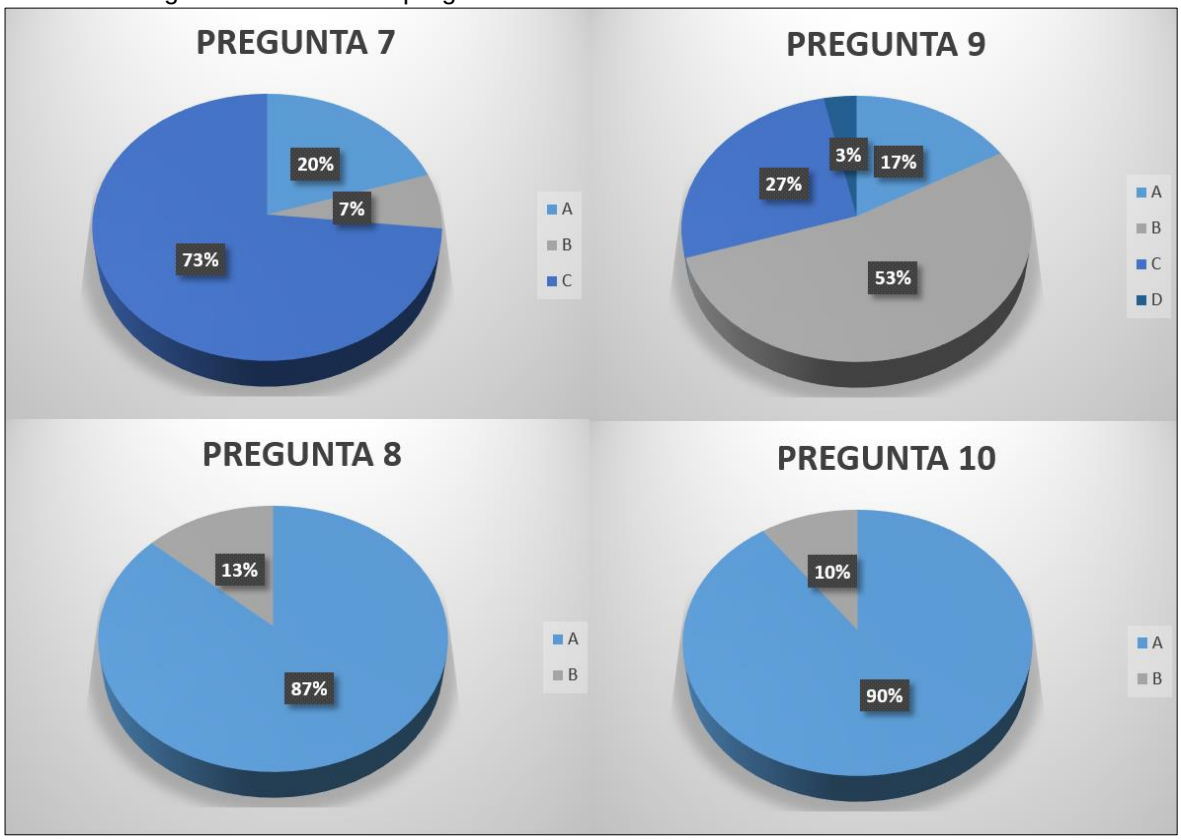
Sistema de refrigeración	Sistema por absorción
Volumen maximo de refrigeración	200 litros
Fuente energetica	Gas propano (GLP)
Tamaño cilindro Gas propano	10 lb
Dimensiones trailer	200*100*30 cm
Altura suelo-abertura superior del tanque	130 cm
Tamaño del Rin	Rin 13
Sistema de encendido Quemador	Electrodo Piezoelectrico



Grafica 19. Gráficos preguntas de encuesta



Continuación grafica 19. Gráficos preguntas de encuesta



Realizando el análisis de los datos obtenidos y con la ayuda de los gráficos circulares se tiene;

- ✓ De la totalidad de la población encuestada se tiene que el 43% posee entre 3 y 6 animales productores de leche de vaca en la actualidad, seguido por un 27% que tiene entre 6 a 9 animales productores.
- ✓ De la totalidad de la población encuestada un 40% ha tenido máximo entre 6 a 9 animales productores alguna vez, lo cual nos indica que el promedio de animales por productor se ubica entre un rango de 3 a 9, con un promedio de 6 vacas por productor para cálculos de producción láctea.
- ✓ Observando el grafico de la pregunta 3 se tiene con un 43% que el rango de producción en litros de leche se ubica entre 35 a 55 litros diarios, seguido con un 27% para más de 55 litros.
- ✓ De la totalidad de la población encuestada se tiene que un 60% tiene actualmente relación con agentes recolectores (terceros) y 40% está directamente enlazado con los centros de acopio.
- ✓ Observando el grafico 5 se tiene que un 40% de los productores deben trasportar su producción hasta algún centro de acopio y un 50% de esta población debe recorrer un rango de 2 a 5 km.

- ✓ De la totalidad de la población encuestada se tiene que un 63% le es pagado el litro de leche en un rango de 600 a 900 COP, fluctuando estos valores dependiendo de la calidad, condiciones de transporte y otros factores discriminados en el método de pago a productores estudiado en el inicio del proyecto.
- ✓ Los productores opinan con un 73% que un factor determinante en el precio pagado por litro de leche es la inclusión de terceros en la cadena productiva y que esto podría solucionarse con un sistema que les permitiera eliminar estos terceros, refrigerando y transportando de manera adecuada su producción de leche y así poder vincularse directamente con los centros de acopio.
- ✓ Un 87% de los productores encuestados afirma que alguna vez se han visto afectados por no poseer un sistema adecuado de refrigeración que les permitiera mantener la cadena de frio en situaciones donde se les requirió.
- ✓ Observando el grafico 9 se tiene que un 53% de los productores encuestados estaría dispuesto a pagar un valor máximo de 10.000.000 a 15.000.000 COP conociendo las características técnicas del equipo de refrigeración sobre el cual se hace la estimación.
- ✓ De la totalidad de la población encuestada un 90% estaría dispuesta a asociarse con otros productores para la adquisición del equipo de refrigeración móvil, tal y como se puede observar en la gráfica de la pregunta 10.

Metodología de pago a productores de leche[17]

$$PPLC = PC + BOV - CT$$

$PPLC = Pago\ al\ productor\ de\ leche\ cruda$
$PC = Precio\ competitivo$
$BOV = Bonificaciones\ obligatorias\ y\ voluntarias$
$CT = Costos\ de\ transporte$

Teniendo en cuenta la metodología de pago a productores se establece que los beneficios que el productor recibiría por tener un equipo que le permita refrigerar y transportar la leche desde el sitio de producción a los centros de acopio serian considerables, debido a que podría optar por las bonificaciones obligatorias que los centros de acopio están obligados a pagar a los productores que obtengan leche de buena calidad, así como bonificaciones voluntarias que estos mismos centros entregan a productores dependiendo de sus intereses comerciales y por último eliminar ese factor de costos de transporte que les es restado al precio total pagado por litro de leche, lo que generaría un aumento considerable en sus ingresos por esta actividad.

[17] MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Resolución 00012 de 2007. Sistema de pago de la leche cruda al productor. [En línea]. 2007 Disponible: http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/norma1.jsp?i=22767

9.2.5 Determinación costo/beneficio por adquirir el equipo.

Estado actual de utilidades con el precio actual pagado al productor;

$$Precio\ por\ litro\ de\ leche\ actualmente\ \text{sin}\ bonificaciones\ (PC) = \ 850\ \frac{pesos}{litro}$$

$$Precio\ pagado\ al\ productor\ menos\ costos\ de\ transporte\ y\ \text{sin}\ bonificaciones$$
$$(PPLC) = 850\ \frac{pesos}{litro} + \cancel{BOV} - 105{,}22\ \frac{pesos}{litro} = 744{,}75\ \frac{pesos}{litro}$$

El precio del transporte de leche se toma como 105,22 pesos/litro debido a que es el precio para vehículos de dos ejes o menores a 3,5 Ton, con una distancia no mayor a 25 km como lo es el caso del enfoque del proyecto (Ver tabla 22).

$$Cantidad\ de\ leche\ en\ promedio\ producida\ por\ productor = 45\ \frac{litros}{dia}$$

$$Utilidad = \left(45\frac{litros}{dia} * 30\frac{dias}{mes} * 12\ meses\right) * 744{,}75\frac{pesos}{litro} = \$\ 12.064.950$$

Eliminando los descuentos por transporte de leche en la metodología de pago a productores y teniendo en cuenta las bonificaciones otorgadas por la adecuada refrigeración del producto y por ende mejoras en la calidad organoléptica se tiene un aumento en el precio pagado por litro de leche así;

$$PPLC = PC + BOV - \cancel{CT}$$

$$BOV = 1059\ - 961 = 98\ pesos\ (Ver\ tabla\ 21)$$

$$PPLC = 850\ \frac{pesos}{litro} + 98\ \frac{pesos}{litro} - \cancel{105{,}22\ \frac{pesos}{litro}} = 948\ \frac{pesos}{litro}$$

Como se puede observar se tiene un aumento por beneficios de adquirir el equipo en aproximadamente $ 200, estos representados en bonificaciones y gastos por transporte.

Tabla 21. Precios pagados por litro de leche

Precio por litro de leche pagado al productor sin bonificación voluntaria a nivel nacional y regional Enero 2011 - Marzo 2017

Periodo	Región		Nacional	TRM	Equivalencia en US$
Periodo	R 1	R 2	Nacional		
ene-16	$ 873	$ 745	$ 848	3.284	0,26
feb-16	$ 872	$ 767	$ 853	3.145	0,27
mar-16	$ 919	$ 775	$ 893	3.145	0,28
abr-16	$ 922	$ 788	$ 899	2.999	0,30
may-16	$ 913	$ 794	$ 891	2.988	0,30
jun-16	$ 926	$ 817	$ 905	2.992	0,30
jul-16	$ 936	$ 803	$ 908	2.964	0,31
ago-16	$ 934	$ 806	$ 907	2.964	0,31
sep-16	$ 936	$ 814	$ 909	2.921	0,31
oct-16	$ 941	$ 806	$ 911	2.933	0,31
nov-16	$ 936	$ 826	$ 913	3.106	0,29
dic-16	$ 942	$ 816	$ 918	3.010	0,31
ene-17	$ 941	$ 806	$ 917	2.945	0,31
feb-17	$ 941	$ 815	$ 919	2.882	0,32
mar-17	$ 992	$ 831	$ 961	2.943	0,33

Precio por litro de leche pagado al productor a nivel nacional y regional Enero 2011 - Marzo 2017

Periodo	Región		Nacional	TRM	Equivalencia en US$
Periodo	R 1	R 2	Nacional		
dic-15	$ 965	$ 896	$ 951	$ 3.245	0,29
ene-16	$ 995	$ 935	$ 983	$ 3.284	0,30
feb-16	$ 1.012	$ 957	$ 1.002	$ 3.145	0,32
mar-16	$ 1.027	$ 955	$ 1.014	$ 3.145	0,32
abr-16	$ 1.033	$ 984	$ 1.024	$ 2.999	0,34
may-16	$ 1.027	$ 992	$ 1.021	$ 2.988	0,34
jun-16	$ 1.033	$ 1.013	$ 1.029	$ 2.992	0,34
jul-16	$ 1.035	$ 1.000	$ 1.028	$ 2.964	0,35
ago-16	$ 1.037	$ 1.006	$ 1.030	$ 2.964	0,35
sep-16	$ 1.041	$ 1.001	$ 1.032	$ 2.921	0,35
oct-16	$ 1.047	$ 978	$ 1.032	$ 2.933	0,35
nov-16	$ 1.045	$ 989	$ 1.033	$ 3.106	0,33
dic-16	$ 1.037	$ 988	$ 1.028	$ 3.010	0,34
ene-17	$ 1.037	$ 983	$ 1.027	$ 2.945	0,35
feb-17	$ 1.038	$ 995	$ 1.030	$ 2.882	0,36
mar-17	$ 1.067	$ 1.009	$ 1.059	$ 2.943	0,36

Fuente: CNL, Consejo nacional lácteo. Estadísticas del sector. [En línea]. 2016. [Citado 12 de Jun, 2017]. Disponible en: http://www.cnl.org.co/produccion-y-comercializacion-de-leche-fresca-2/.leche-fresca-2/.

Tabla 22. Costos de transporte por litro de leche

RANGO DE DISTANCIA Km	COSTO DE TRANSPORTE $/Litro				
	DOS EJES - 3,5 Ton	DOS EJES + 3,5 Ton	DOS EJES >5000 Litros	TRES EJES	TRACTO-CAMION
0-25	105,22	66,65	21,13	18,40	15,69
26 -50	131,53	83,31	26,41	23,00	19,62
51 - 75	157,83	99,97	31,69	27,61	23,54
76 - 100	184,14	116,63	36,97	32,21	27,47
101 -125	210,45	133,29	42,25	36,81	31,39
126 -150	236,75	149,96	47,53	41,41	35,31
151-175	263,06	166,62	52,81	46,01	39,24
176 - 200	289,36	183,28	58,10	50,61	43,16
201 - 225	315,67	199,94	63,38	55,21	47,08
226 - 250	341,97	216,60	68,66	59,81	51,01
251 - 275	368,28	233,27	73,94	64,41	54,93
276 - 300	394,59	249,93	79,22	69,01	58,86
301 - 325	420,89	266,59	84,50	73,61	62,78

Fuente: CNL, Consejo nacional lácteo. Estadísticas del sector. Costos de transporte. [En línea]. 2016. [Citado 12 de Mar, 2017]. Disponible en: http://www.cnl.org.co/produccion-y-comercializacion-de-leche-fresca-2/.leche-fresca-2/.

$$Precio\ promedio\ pagado\ en\ la\ actualidad\ al\ productor\ (PPLC) = 850\ \frac{pesos}{litro}$$

$$Precio\ con\ aumento = 750\frac{pesos}{litro} + 200\frac{pesos}{litro} = 950\frac{pesos}{litro}$$

$$Cantidad\ de\ leche\ en\ promedio\ producida\ por\ productor = 45\ \frac{litros}{dia}$$

$$Utilidad_{Aumento} = \left(45\frac{litros}{dia} * 30\frac{dias}{mes} * 12\ meses\right) * 950\frac{pesos}{litro} = \$15.390.000$$

Se tiene que la utilidad por productor anualmente de adquirir un equipo que le brinde la posibilidad de refrigerar y transportar la leche cruda hasta los centros de acopio es de;

$$Utilidad_{neta} = Utilidad - Utilidad_{aumento}$$

$$Utilidad_{neta} = \$15.390.000 - \$12.064.950 = \$3.325.050$$

Es importante tomar en cuenta que aunque una utilidad de $\$3.325.050$ anualmente no sea representativa para un productor que invirtiera $19.577.125 en un equipo de refrigeración, dado que la recuperación de la inversión se estaría dando en un plazo no menor a 5 años, se debe considerar que el productor no estaría aprovechando el 100% de la capacidad del equipo, por ende se tiene

$$Capacidad\ del\ tanque\ 200\ litros$$

$$Produccion\ de\ leche\ 45\frac{litros}{dia}$$

$$Porcentaje\ utilizado\ de\ la\ capacidad\ total\ del\ tanque = 22{,}5\%$$

Realizando los cálculos de utilidad para 4 productores asociados y utilizando el 90% de la capacidad del equipo de refrigeración con el precio actual por litro de leche pagado al productor se tiene;

Estado actual sin aumento;

$$Precio\ pagado\ al\ productor\ menos\ costos\ de\ transporte\ y\ \text{sin}\ bonificaciones$$
$$(PPLC) = 850\ \frac{pesos}{litro} + \cancel{BOV} - 105{,}22\ \frac{pesos}{litro} = 744{,}75\ \frac{pesos}{litro}$$

$$Cantidad\ de\ leche\ en\ promedio\ producida\ por\ productor = 45\ \frac{litros}{dia} * 4$$

$$Cantidad\ de\ leche\ producida\ en\ asocio = 180\ \frac{litros}{dia}$$

$$Utilidad = \left(180\frac{litros}{dia} * 30\frac{dias}{mes} * 12\ meses\right) * 744{,}75\ \frac{pesos}{litro} = \$48.259.800$$

Teniendo un aumento de 200 COP en el precio pagado al productor lechero, mediante el análisis realizado en la metodología de pago se tiene que la utilidad para una asociación de 4 productores es;

$$Precio\ pagado\ al\ productor\ \text{sin}\ descuentos\ por\ transporte\ \ (PPLC) = 850\ \frac{pesos}{litro}$$

$$Precio\ con\ aumento = 850\frac{pesos}{litro} + 98\frac{pesos}{litro} = 948\frac{pesos}{litro}$$

$$Cantidad\ de\ leche\ en\ promedio\ producida\ por\ productor = 45\ \frac{litros}{dia} * 4$$

$$Cantidad\ de\ leche\ producida\ en\ asociación = 180\ \frac{litros}{dia}$$

$$Porcentaje\ utilizado\ de\ la\ totalidad\ de\ la\ capacidad\ del\ tanque\ 90\%$$

$$Utilidad_{Aumento} = \left(180\frac{litros}{dia} * 30\frac{dias}{mes} * 12\ meses\right) * 950\frac{pesos}{litro} = \$61.650.000$$

Obteniendo las utilidades para una asociación de 4 productores tanto con el precio actual promedio pagado al productor por litro de leche y el precio con aumento por la adquisición de un equipo de refrigeración móvil adecuado para el transporte y almacenamiento de leche cruda, se tiene que la utilidad para la asociación es de;

$$Utilidad_{neta} = Utilidad - Utilidad_{aumento}$$

$$Utilidad_{neta} = \$61.650.000 - \$48.259.800 = \$13.390.200$$

Observando la utilidad para 4 productores que decidieran asociarse para la compra del equipo de refrigeración móvil para leche cruda con capacidad de 200 litros, se tiene que aproximadamente en 18 meses se obtendría la recuperación de la inversión del equipo aprovechando un 90% de la capacidad del mismo.

10. CONCLUSÍONES

- ✓ De ser implementado el diseño del equipo de refrigeración móvil en los pequeños productores lecheros del país, se podría incentivar un aumento en la capacidad de producción de estos, debido al aumento en el precio por litro de leche producido estimado en 200 COP lo que a su vez generaría un aumento en las ganancias que reciben por esta actividad fortaleciendo el sector indirectamente.

- ✓ El diseño del equipo de refrigeración con un sistema por absorción es altamente viable, debido a la problemática que aún presentan muchos de los sectores rurales del país, donde la disponibilidad eléctrica es intermitente o en algunos casos inexistente.

- ✓ Los costos por fabricación y materiales son bajos y representan uno de los enfoques del proyecto que es brindar una solución económica y eficiente a este sector del agro colombiano, los costos por ingeniería son los más altos ya que representan un 66% aproximadamente del costo total del proyecto.

- ✓ Teniendo en cuenta la evaluación financiera y el estudio de aceptación del equipo de refrigeración entre un grupo de pequeños productores en la sabana de Bogotá D. C, se tiene que la mejor forma para la adquisición del mismo seria atraves de una asociación entre un número determinado de ellos, ya que debido a los volúmenes manejados individualmente aproximadamente 45 litros/día, la capacidad utilizada del sistema seria de un 23% apenas y no justificaría la inversión en un equipo de estas características, por ende se tiene que un adecuado aprovechamiento de la capacidad de este estaría por encima del 90% lo que nos indica un numero de 4 productores asociados dependiendo de la producción de cada uno de ellos.

11. RECOMENDACIONES

- ✓ Simular el comportamiento termodinámico cuando el quemador se encuentra en operación y el equipo de refrigeración en movimiento, debido a los flujos de aire del ambiente que pueden afectar la adecuada transferencia de calor hacía el generador, lo que repercutiría negativamente en el adecuado funcionamiento del sistema de refrigeración por absorción y por ende se haría necesario el diseño de un sistema que brinde la estabilidad necesaria para realizar el ciclo apropiadamente.

- ✓ Realizar el diseño del equipo de refrigeración móvil, con materiales estructurales que reduzcan su peso y hagan más fácil el manejo de éste para los productores.

- ✓ Analizar el fenómeno de transferencia de calor al interior del tanque cuando este se encuentra estático a distintos volúmenes de llenado, esto para identificar si la ausencia de un agitador al interior del mismo afecta la adecuada refrigeración de la leche cruda en esta condición.

BIBLIOGRAFÍA

ACAIRE. Guía de buenas prácticas de ingeniería. Cadena de frio en perecederos. [En línea]. Disponible en <http://acaire.org/acaire/wpcontent/uploads/2016/03/BPI-05-Cadena-de-frio-en-perecederos.pdf>.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. NTC. Documentación, presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Bogotá D.C.: ICONTEC. 2008. (NTC 1486).

_____. Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. Bogotá D.C ICONTEC, 2008. (NTC 5613).

_____. Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. Bogotá D.C.: ICONTEC, 1998. (NTC 4490).

LUIS ALBERTO VEGA IRIARTE. Diseño y construcción de equipo de refrigeración de leche cruda en sitio de producción. [En línea]. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/3365/1/17648117.pdf>.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Acuerdo de competitividad de la cadena láctea colombiana. [En línea]. Disponible en http://www.cnl.org.co/wpcontent/files/AcuerdodeCompetitividadCadenaLactea2010.pdf.

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto número 616 de 2006. [En línea]. Disponible en. <http://www.ica.gov.co/getattachment/15425e0f-81fb-4111-b215-63e61e9e9130/2006D616.aspx>.

MOTT. Robert L. Resistencia de materiales. Quinta edición. México. Editorial Pearson educación, S.A. 2009. 776 páginas.

NORTON. Robert. Diseño de máquinas. Cuarta edición. México. Prentice Hall, 1992, 1056p.

PROEXPORT COLOMBIA. Sector lácteo en Colombia. [En línea]. Disponible en. < http://portugalcolombia.com/media/Perfil-Lacteo-Colombia.pdf>.

PNUMA. Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. [En línea]. Disponible en. <http://www.pnuma.org/ozono/Documentos/DiaOzono/tratados%20internacionales%20ozono.pdf>.

SHIGLEY. Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición. México. Editorial McGraw-Hill. 2008. 1059 páginas.

Anexos

ANEXO A
FACTORES K PARA ESFUERZOS EN RECIPIENTES HORIZONTALES

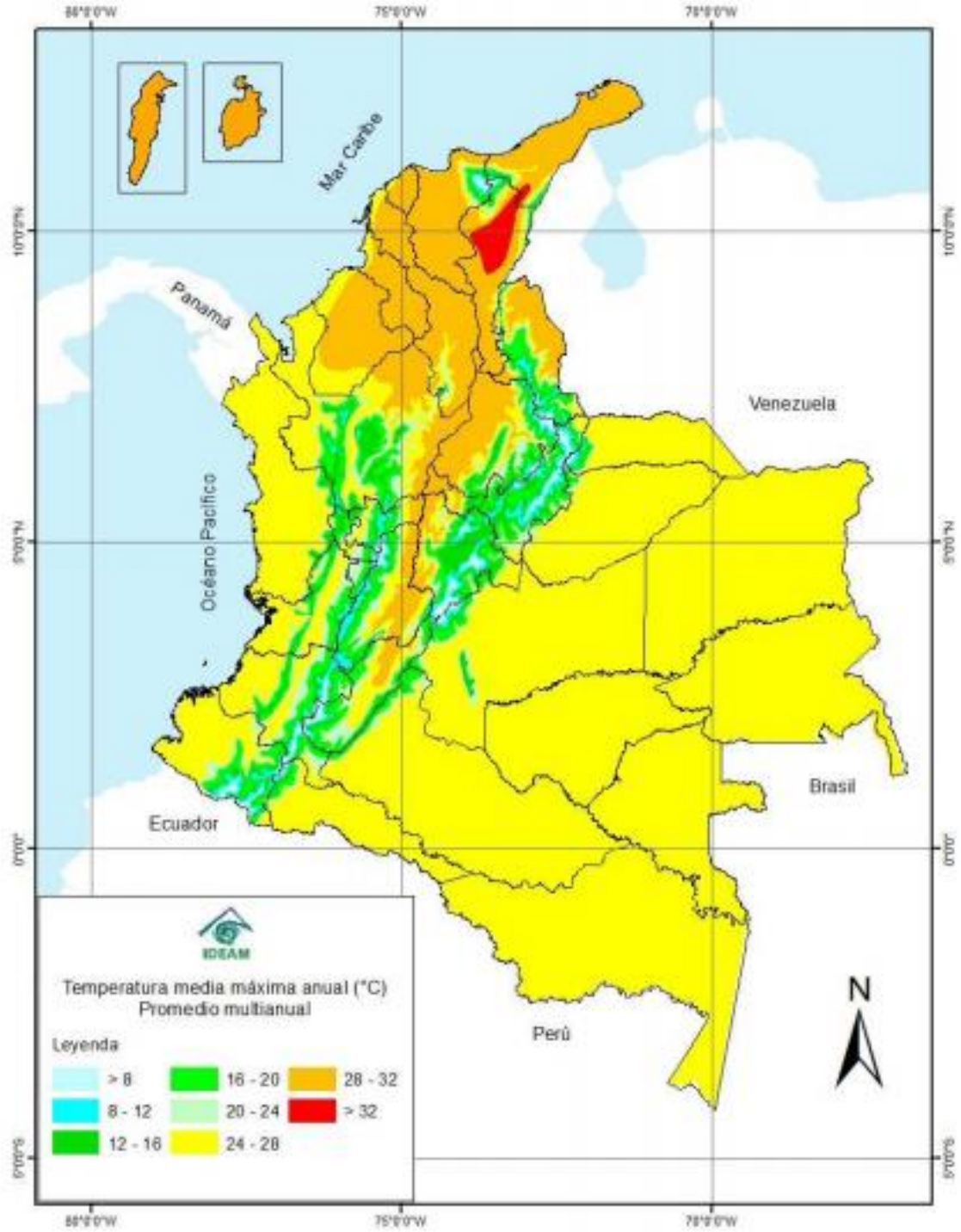
ESFUERZOS EN RECIPIENTES HORIZONTALES APOYADOS EN DOS SILLETAS

VALORES DE LA CONSTANTE K
(Para valores intermedios es necesario interpolar)

*K_1 = 3.14 si el casco está atiesado por anillo o cabecera (A < R/2)

ANGULO DE CONTACTO θ	K_1*	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8
120	0.335	1.171		0.880	0.401		0.760	0.603
122	0.345	1.139		0.846	0.393		0.753	0.618
124	0.355	1.108		0.813	0.385		0.746	0.634
126	0.366	1.078		0.781	0.377		0.739	0.651
128	0.376	1.050		0.751	0.369		0.732	0.669
130	0.387	1.022		0.722	0.362		0.726	0.689
132	0.398	0.996		0.694	0.355		0.720	0.705
134	0.409	0.971		0.667	0.347		0.714	0.722
136	0.420	0.946		0.641	0.340		0.708	0.740
138	0.432	0.923		0.616	0.334		0.702	0.759
140	0.443	0.900	0.319	0.592	0.327		0.697	0.780
142	0.455	0.879	Para	0.569	0.320	Ver la	0.692	0.796
144	0.467	0.858	cual-	0.547	0.314	gráfica	0.687	0.813
146	0.480	0.837	quier	0.526	0.308	de la	0.682	0.831
148	0.492	0.818	ángulo	0.505	0.301	página	0.678	0.853
150	0.505	0.799	de con-	0.485	0.295	89	0.673	0.876
152	0.518	0.781	tacto	0.466	0.289		0.669	0.894
154	0.531	0.763	θ	0.448	0.283		0.665	0.913
156	0.544	0.746		0.430	0.278		0.661	0.933
158	0.557	0.729		0.413	0.272		0.657	0.954
160	0.571	0.713		0.396	0.266		0.654	0.976
162	0.585	0.698		0.380	0.261		0.650	0.994
164	0.599	0.683		0.365	0.256		0.647	1.013
166	0.613	0.668		0.350	0.250		0.643	1.033
168	0.627	0.654		0.336	0.245		0.640	1.054
170	0.642	0.640		0.322	0.240		0.637	1.079
172	0.657	0.627		0.309	0.235		0.635	1.097
174	0.672	0.614		0.296	0.230		0.632	1.116
176	0.687	0.601		0.283	0.225		0.629	1.137
178	0.702	0.589		0.271	0.220		0.627	1.158
180	0.718	0.577		0.260	0.216		0.624	1.183

ANEXO B
TEMPERATURAS MÁXIMAS REGISTRADAS EN COLOMBIA IDEAM

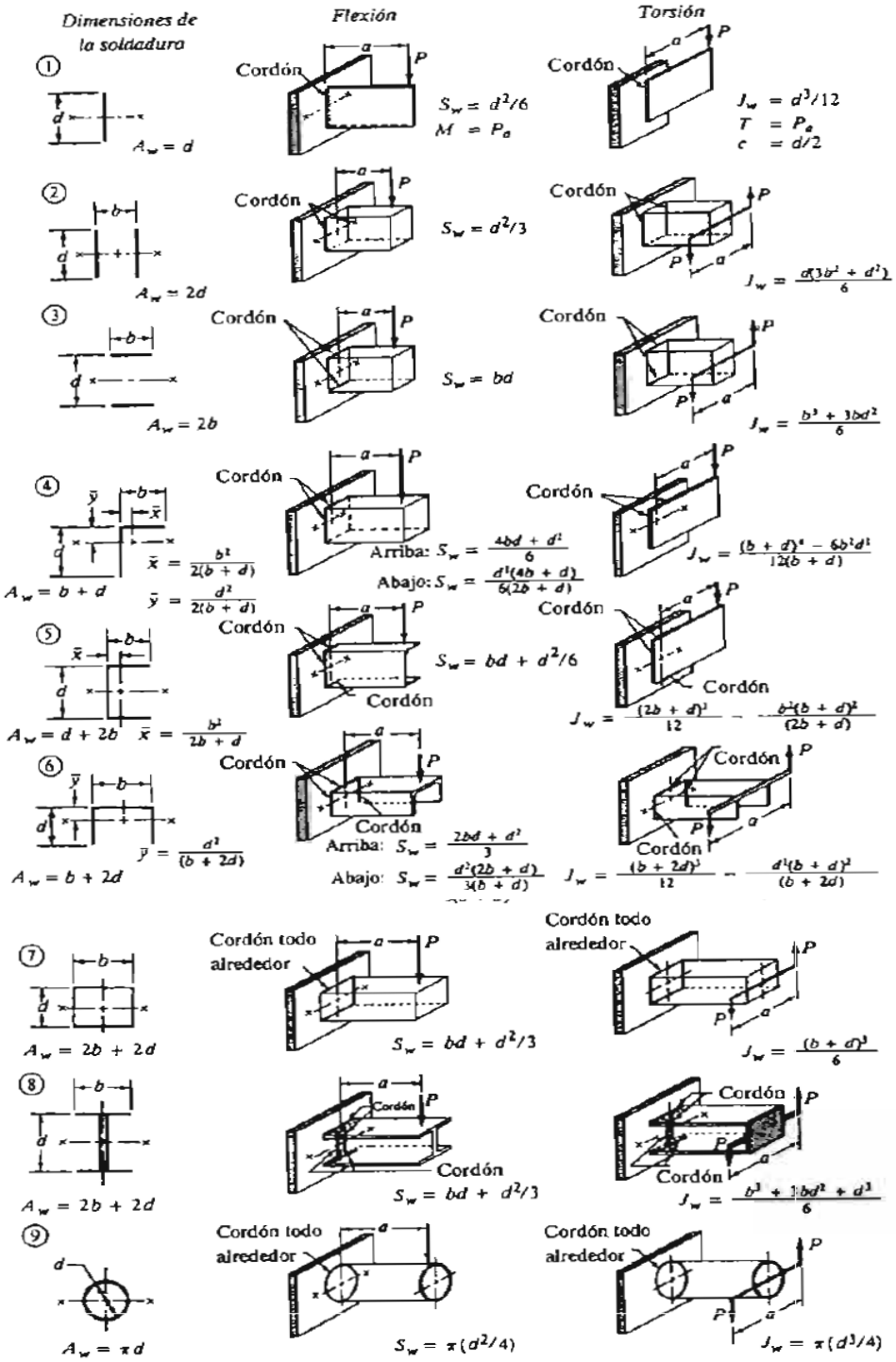


ANEXO C
PROPIEDADES FISCAS DE DISTINTOS MATERIALES

Material *[Unidad]*	Densidad *Kg/m³*	CalorEsp. *J/Kg °C*	Conduct. *W/m °C*	Capacidad *MJ/m³ °C*	Difusividad *mm²/s*
Alfombras y moquetas	1000	1350	0.05	1.35	0.04
Caucho vulcanizado (80% caucho)	1120	2000	0.15	2.24	0.07
Tablero aglomerado de partículas	650	1215	0.08	0.79	0.10
Pintura bituminosa	1200	1460	0.20	1.75	0.11
Agua (sin convección)	1000	4184	0.60	4.18	0.14
Corcho expandido con resinas +/-50kg	200	1460	0.05	0.29	0.16
Madera conífera	600	1380	0.14	0.83	0.17
Tablero fibra madera normal	625	1340	0.16	0.84	0.19
Madera frondosa	800	1255	0.21	1.00	0.21
Carton-yeso	900	920	0.18	0.83	0.22
Bloque hormigón ligero macizo	1000	1050	0.33	1.05	0.31
Poliuretano expandido	40	1590	0.02	0.06	0.36
Asfalto puro	2100	920	0.70	1.93	0.36
Ladrillo macizo	1800	1330	0.87	2.39	0.36
Fibrocemento P +/-200kg	2000	1250	0.93	2.50	0.37
Hormigón ligero	1000	1050	0.40	1.05	0.38
Bloque hormigón ligero	1400	1050	0.56	1.47	0.38
Guarnecido de yeso	800	920	0.30	0.74	0.41
Vidrio plano	2500	836	0.95	2.09	0.45
Fábrica ladrillo cerámico macizo	1800	878	0.87	1.58	0.55
Alicatado	2000	920	1.05	1.84	0.57
Adobe	1600	920	0.95	1.47	0.65
Hormigón armado	2400	1050	1.63	2.52	0.65
Mortero de cemento	2000	1050	1.40	2.10	0.67
Grava	1700	920	1.21	1.56	0.77
Terreno coherente humedad natural	1800	1460	2.10	2.63	0.80
Poliestireno	25	1590	0.03	0.04	0.83
Hormigón en masa vibrado	2400	805	1.63	1.93	0.84
Arena	1500	920	1.28	1.38	0.93
Mampostería granito	2800	920	2.50	2.58	0.97
Tierra vegetal	1800	920	1.80	1.66	1.09
Hielo 0ºC	917	2035	2.25	1.87	1.21
Rocas compactas	2750	880	3.50	2.42	1.45
Acero y fundición	7600	502	54.00	3.82	14.15
Aluminio	2700	920	232.00	2.48	93.40

ANEXO D

FACTORES GEOMÉTRICOS PARA EL ANÁLISIS DE SOLDADURAS



ANEXO E
PROPIEDADES ACERO INOXIDABLE AISI 304

ACERO INOXIDABLE 304
(UNS S30400)

1. Descripción: éste es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidables de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas. La resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos incluyendo productos de petróleo calientes o con vapores de combustión de gases. Tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870 °C y en servicio continuo hasta 925°C. No se recomienda para uso continuo entre 425 - 860°C pero se desempeña muy bien por debajo y por encima de ese rango.

2. Normas involucradas: ASTM A 276

3. Propiedades mecánicas:
Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI)
Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI)
Elongación 30 % (en 50mm)
Reducción de área 40 %
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

4. Propiedades físicas: Densidad 7.8 g/cm^3 (0.28 lb/in^3)

5. Propiedades químicas:
0.08 % C mín
2.00 % Mn
1.00 % Si
18.0 – 20.0 % Cr
8.0 – 10.5 % Ni
0.045 % P
0.03 % S

6. Usos: sus usos son muy variados, se destacan los equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

7. Tratamientos térmicos: éste acero inoxidable no puede ser endurecido por tratamiento térmico. Para el recocido, caliente entre 1010 y 1120°C y enfríe rápidamente

NOTA:
Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

ACERO INOXIDABLE- AISI 304

ANEXO F
PROPIEDADES ELECTRODO CROMARCO 308L-15

CROMARCO 308L-15

IDENTIFICACIÓN: WEST ARCO E308L-15
CLASIFICACIÓN: AWS E308L-15
ESPECIFICACIÓN: AWS A5.4, NTC 2290, ASME SFA5.4

CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES

El revestimiento es de tipo básico, lo que permite al electrodo soldar en todas las posiciones con corriente continua, polaridad (+). Acción suave del arco con bajas pérdidas por salpicaduras. Cordones finos y suaves con un contorno relativamente plano. El metal depositado tiene magníficas propiedades mecánicas y metalúrgicas y excelente calidad radiográfica.

APLICACIONES TÍPICAS

El CROMARCO 308L-15 se usa para soldar aceros de las clases AISI 304 y 304L, en todas las posiciones, en especial en vertical ascendente.

RECOMENDACIONES PARA SU APLICACIÓN

Uno de los factores más importantes para la aplicación correcta del CROMARCO 308L-15 es la adecuada preparación de la unión:

- Los bordes del metal deben cortarse correctamente para producir un buen ajuste.
- Se debe evitar la contaminación de partículas de acero dulce, carbón, azufre y zinc.

El acero inoxidable austenítico tiene un coeficiente de expansión 50% mayor que el del acero común y tiene una conductividad térmica del 50% menor. Por este motivo, la distorsión puede ser un problema serio y para evitarlo se recomienda:

- Usar el menor amperaje posible.
- Se pueden usar barras de cobre como respaldo para conducir rápidamente el calor fuera de la junta.

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS DEL METAL DEPOSITADO

Resistencia a la tracción:	52 - 63 kg/mm² (75 - 90 ksi)
Elongación:	40 - 60%

NOTA: Ensayos realizados según AWS A5.4

COMPOSICIÓN QUÍMICA TÍPICA DEL METAL DEPOSITADO

Carbono	0.04 % máx.	Manganeso	1.0 - 2.0 % máx.
Silicio	0.75 % máx.	Cromo	18.0 - 21.0%
Níquel	9.0 - 11.0 %		

DIMENSIÓN	AMPERAJES RECOMENDADOS
3.2 X 350 mm (1/8")	70 - 100 A
4.0 X 350 mm (5/32")	100 - 135 A
4.8 X 350 mm (3/16")	130 - 180 A

EMPAQUE: Caja de 5 Kg peso neto para 1/8", 5/32", 2Kg peso neto para 3/32".
Ver recomendaciones de almacenamiento al final del catálogo.
Nota: Este producto se fabrica bajo pedido.

75

ANEXO G
PROPIEDADES ACERO ESTRUCTURAL ASTM A 36

Ferrocortes Soluciones con el acero S.A.S

LAMINA CALIDAD ESTRUCTURAL ASTM A36 (A1011-10 SS36-2)

Características: Producto de la más avanzada ingeniería, es fabricado con un punto mínimo de cedencia de 36,000PSI. Más resistente que la placa A-283, la placa de acero - calidad estructural A-36 es ampliamente recomendable para diseñar y construir estructuras y equipo menos pesado.

El acero estructural A36 se produce bajo la especificación ASTM A36. Abrigando los perfiles moldeados en acero al carbono, placas y barras de calidad estructural para clavados, atornillados, o soldados de la construcción de puentes, edificios, y estructuras de diferente propósitos.

El acero estructural A36 o acero estructural con carbono, es hasta hace poco tiempo, el acero estructural básico utilizado más comúnmente en construcciones de edificios y puentes.

Composición Química:

PRODUCTO	VIGAS*	PLACAS**					BARRAS			
ESPESOR (in)	TODAS	¾ "	¾ " - 1 ½"	1 ½" - 2 ½"	2 ½" – 4"	Sobre 4"	¾"	¾ - 1 ½"	1 ½" - 4"	Sobre 4"
(mm)		Hasta 20mm	20mm a 40mm	40mm a 65mm	65mm a 100mm	Sobre 100mm	Hasta 20mm	20mm a 40mm	40mm a 100mm	Sobre 100mm
%C – máx.	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29	0.26	0.27	0.28	0.29
%Mn – máx.	...	...	...	0.80-1.20	0.80-1.20	0.85-1.20	...	0.60-0.90	0.60-0.90	0.60-0.90
%P – máx.	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
%S	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
%Si	0.40 Max	0.40 Max	0.40 Max	0.15-0.40	0.15-0.40	0.15-0.40	0.40 Max	0.40 Max	0.40 Max	0.40 Max
% Cu – min. cuando el cobre es especificado en el acero	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

*El contenido de manganeso de 0.85 a 1.35%, y el contenido de silicio de 0.15 a 0.40% es requerido en vigas por encima de 426lb/ft o 634kg/m. ** por cada reducción de 0,01% por debajo del máximo de carbono especificado, un aumento del 0,06% de manganeso por encima del máximo especificado se permitirá hasta un máximo de 1,35%

Soldabilidad:
Según la norma ASTM A36/A36M-8, cuando el acero vaya a ser soldado, tiene que ser utilizado un procedimiento de soldado adecuado para el grado de acero y el uso o servicio previsto. Por lo que se recomienda consultar el Apéndice X3 de la Especificación A 6/A 6M para obtener información sobre soldabilidad.

No obstante el acero A36 es conocido como un acero de fácil soldabilidad, por lo que se recomienda utilizar las siguientes tipos de soldaduras Lincoln Electric disponibles en Aceros Carazo: 6010, 6011, 6013, 7018, 7024, 308, 309, 312, 316, ER70S-6, ER70S-3, E71T-1.

NOTAS: Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

Ferrocortes Soluciones con el acero S.A.S

LAMINA CALIDAD ESTRUCTURAL ASTM A36 (A1011-10 SS36-2)

Requerimientos de tensión:

El acero A- 36 tiene como esfuerzo de fluencia mínimo de 36ksi. Además, es el único acero que puede obtenerse en espesores mayores a 8 pulgadas, aunque estas placas como excepción, solo están disponibles con esfuerzo de fluencia mínimo inferior especificado, siendo este 32ksi.

Normalmente, el material de conexión se especifica como A-36, sin importar el grado de sus propios componentes primarios. El esfuerzo último de tensión de este acero varía de 58ksi a 80 ksi; para cálculos de diseño se utiliza el valor mínimo especificado.

Propiedades mecánicas:

Requerimientos a tensión*		
Láminas, Vigas* y barras	Ksi (Mpa)	*ver orientación del espécimen bajo la prueba a tensión según especificación A6.para la gama formas de brida sobre 426lb/ft (634kg / m), el 80 KSI (550Mpa) resistencia a la tensión máxima no se aplica una elongación mínimo en 2in (50mm) de 19% se aplica.
Esfuerzo último	50-80 (400-550)	*** Punto de fluencia 32 KSI (220 MPa) para las placas de más de 8in (200mm) de espesor. Alargamiento de que no es obligatorio determinarle para placa de piso. Las placas de más de 24 en (600 mm) el requisito de elongación se reduce dos puntos porcentuales. Ver los ajustes de elongación en la sección de ensayo de tracción de la especificación A6
Esfuerzo de fluencia	36 (250)	
Esfuerzo de fluencia	36 (250)	
Láminas y Barras,,***		
Elongación en 8in. (200mm), min, %	20	
Elongación en 2in. (50mm), min, %	23	
Dureza	120-135 HB	HB: Dureza Brinell

Requerimientos a tensión para Aceros ASTM A36

Aplicaciones:

Las aplicaciones comunes del acero estructural A-36 es en la construcción, y es moldeado en perfiles y láminas, usadas en edificios e instalaciones industriales; cables para puentes colgantes, atirantados y concreto reforzado; varillas y mallas electrosoldada para el concreto reforzado; láminas plegadas usadas para techos y pisos.

NOTAS: Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

ANEXO H
CARACTERÍSTICAS QUEMADOR ATMOSFÉRICO RADIAL

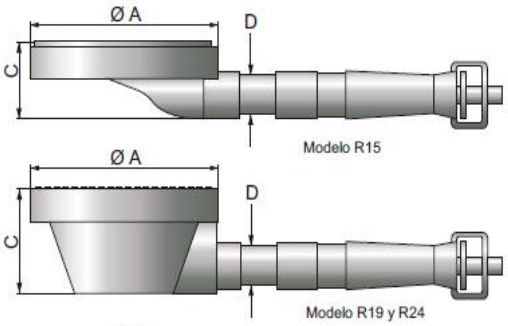
QUEMADORES ATMOSFERICOS RADIALES
EQA "R"

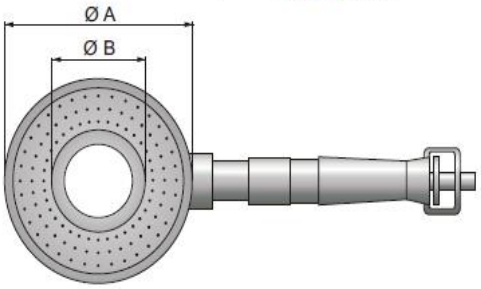
Los quemadores radiales EQA R son ideales para ser utilizados en bateas, calentamiento de líquidos, frituradoras, intercambiadores de calor, crisoles de fundición de metales de bajo punto de fusión, calderas, cocinas, anafes industriales, hogares, estufas de secado, etc.

Pueden contar con encendido manual o automático, válvula de seguridad por falta de llama y válvula solenoide para trabajar con controles de temperatura, presión, etc.

También pueden estar equipados con un control electrónico de llama que se adapta a las normas de combustión vigentes.

Están construídos sobre modelos de fundición de hierro, aptos para soportar altas temperaturas y cuentan con válvula esférica, venturi y registro de aire.





DIMENSIONES Y CAPACIDADES

Modelo	Dimensiones (mm.) A	B	C	Rosca D	Capacidad (Kcal/hora) GN (0.02 bar)	GLP (0.028 bar)
R15	155	88	86	1" bsp	12.000	8.000
R19	190	90	90	1" bsp	18.000	13.000
R24	235	90	83	1" bsp	30.000	15.000

DNV ISO-9001 REGISTERED FIRM

EQA SAIC
EQUIPOS QUEMADORES AUTOMATICOS

ANEXO I
CARACTERÍSTICAS PILOTO 77

PILOTO 77

DESCRIPCION

Los pilotos modelo 77 fueron diseñados para el encendido de quemadores de tipo atmosférico, con baja presión de gas, ya sea natural o licuado (GLP).
Las presiones de trabajo normales son 20 mbar (gas natural) y 30 mbar (GLP).
Son aptos para ser encendidos por medio de dispositivo eléctrico de alta tensión o piezoeléctrico.
La detección de llama puede realizarse a través de termocupla o bien con electrodo de ionización.

MATERIALES

Inyector:	Bronce
Tubo principal:	Hierro
Puntera de retención:	Inoxidable (AISI 304)
Electrodo:	Kanthal

EQA
EQUIPOS QUEMADORES AUTOMATICOS

ANEXO J
COTIZACIONES

REMOLQUE DE CARGA LIMITED EDITION 200 (200X134X40 CM)

499,00€

PVP más IVA

LA MEJOR OPCIÓN! Para el pequeño emprendedor.

- PEQUEÑA INVERSIÓN, GRAN RESULTADO
- ENVÍO A DOMICILIO DESDE 60€
- FINÁNCIALO DESDE 36€ AL MES

[/fusion_builder_column]

LAS CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES

MEDIDAS ÚTILES REMOLQUE: *194 x 128 x 39 cm*

DIMENSIÓN RUEDAS: *155 70 R13*

RESISTENCIA EJE: *750 kg*

HOMOLOGACIÓN: *750 kg*

PESO DEL REMOLQUE: *167 kg*

TIPO DE CAJA: *Chapa galvanizada*

TIPO DE SUELO: *Madera fenólica*

CONEXIÓN REMOLQUE: *Piña de 7 polos*

LATERALES: *Fijos*

HOMECENTER
SODIMAC corona

5 mm 6 x 6 cm x 6 metros Tubo cuadrado

Precio corresponde a la ubicación de
CUNDINAMARCA
El precio puede cambiar al modificar la zona de envío o retiro.

$ **86.850** UND

Acumulas: 86 CMR Puntos

Características del producto

FICHA TÉCNICA

Atributo	Detalle
Tipo	Perfiles
Características	Tubo cuadrado con estructura laminada en frío; por su bajo contenido de carbono es altamente soldable y presenta una buena maleabilidad permitiendo hacer trabajos de doblez o de deformación plástica en frío.
Alto	6 cm
Material	Acero
Uso	Cubiertas, estructuras de almacenamiento, puertas de garaje, cerramientos
Ancho	6 cm
Largo	6 metros
Espesor	5 mm

GoodFellow

Todos los materiales para Investigacíon Cientifica y Fabricación

Acero Inoxidable - AISI 304L - Hoja

Fe/Cr18/Ni10

Espesor : 3,0 mm

Código pedido	Tamaño	1 Pza	2 Pzas	3 Pzas	5 Pzas	10 Pzas
022-251-02	25x25 mm	EUR 106,00	EUR 116,00	EUR 123,00	EUR 137,00	EUR 163,00
122-266-32	50x50 mm	EUR 125,00	EUR 142,00	EUR 156,00	EUR 179,00	EUR 223,00
418-178-54	75x75 mm	EUR 144,00	EUR 169,00	EUR 189,00	EUR 221,00	
333-171-31	100x100 mm	EUR 163,00	EUR 196,00	EUR 222,00		

Embalaje Embalajes incluidos en el precio

Condiciones de envío

Material Acero Inoxidable - AISI 304L Hoja

Análisis Típico : (ppm) Not applicable

Tolerancias

Espesor:	<0,010 mm	±25 %
	0,01-0,05mm	±15 %
	>0,050 mm	±10 %
Tamaño (dimensiones lineales):	<100 mm	±1 mm
	>100 mm	+2 % / -1 %

ZFM010 **m²** **Sistema de aislamiento por el exterior en medianeras mediante proyección de espuma de poliuretano.** $ 43.312,25

Rehabilitación energética de medianera, mediante aislamiento por el exterior con espuma rígida de poliuretano, **de 45 mm de espesor mínimo, 45 kg/m³ de densidad mínima**, aplicada mediante proyección mecánica y protegida con **elastómero de poliuretano proyectado "in situ", densidad 1000 kg/m³, de 1,5 a 3 mm de espesor medio, color a elegir**.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt16pop010J	m²	Espuma rígida de poliuretano proyectado "in situ", densidad mínima 45 kg/m³, espesor medio mínimo 45 mm.	1,050	14.115,58	14.821,36
mt16pop100a	m²	Elastómero de poliuretano proyectado "in situ", densidad 1000 kg/m³, de 1,5 a 3 mm de espesor medio, color a elegir, para aplicar desde el exterior en cerramientos de fachadas y medianeras.	1,050	11.322,65	11.888,78
mq08mpa030	h	Maquinaria para proyección de productos aislantes.	0,282	27.254,34	7.685,72
mo030	h	Oficial 1ª aplicador de productos impermeabilizantes.	0,393	10.338,73	4.063,12
mo065	h	Ayudante aplicador de productos impermeabilizantes.	0,393	7.041,29	2.767,23
	%	Medios auxiliares	2,000	41.226,21	824,52
	%	Costes indirectos	3,000	42.050,73	1.261,52
Coste de mantenimiento decenal: $ 6.063,72 en los primeros 10 años.				Total:	43.312,25

HIDROEQUIPOS
Soluciones Agrícolas en Sistemas de Riego

VALVULA BOLA CROMADA		
CODIGO	MEDIDA	PRECIO
VB0101	1/2"	$ 9.280
VB0102	3/4"	$ 12.962
VB0103	1"	$ 22.682
VB0105	1 1/2"	$ 58.912
VB0106	2"	$ 94.258
VB0107	2 1/2"	$ 137.500
VB0108	3"	$ 259.206

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES

Nosotros JEFFERSON DUBAN CRUZ RINCON y SERGIO ANDRES ALARCON FONSECA en calidad de titulares de la obra: *Diseño de un equipo móvil de refrigeración para el almacenamiento y transporte de leche cruda en zonas rurales,* elaborada en el año 2017, autorizamos al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que nos corresponden y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autores manifestamos conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.

- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.

- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).

- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.

- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.

- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.

- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autor(es) establezco (establecemos) las siguientes condiciones de uso de mí (nuestra) obra de acuerdo con la ***licencia Creative Commons*** que se señala a continuación:

Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	X
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	

Licencias completas: http://co.creativecommons.org/?page_id=13

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a su(s) autor(es).

De igual forma como autor (es) autorizo (amos) la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	X	
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	X	

	SI	NO
Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaremos, en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.		X

Para constancia se firma el presente documento en la ciudad de Bogotá D.C, a los 08 días del mes de Agosto del año 2017.

LOS AUTORES:

Autor 1

Nombres	Apellidos
SERGIO ANDRES	ALARCON FONSECA
Documento de identificación No	**Firma**
1.015.450.357 Bogotá D.C	

Autor 2

Nombres	Apellidos
JEFFERSON DUBAN	CRUZ RINCON
Documento de identificación No	**Firma**
1.018.481.091 Bogotá D.C	