



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN MECATRÓNICA

TEMA:

“MÁQUINA PARA IZAJE Y VOLTEO DE CANTINAS DE LECHE DE 40 LITROS”

AUTOR: JUAN CARLOS CUSHCAGUA PINSAG

DIRECTOR: MSC. VÍCTOR ALFONSO ERAZO ARTEAGA

IBARRA - ECUADOR

2023

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003792981		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Cushcagua Pinsag Juan Carlos		
DIRECCIÓN:	Otavalo		
EMAIL:	jccushcaguap@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0982674515

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Máquina para izaje y volteo de cantinas de leche de 40 litros
AUTOR (ES):	Cushcagua Pinsag Juan Carlos
FECHA: DD/MM/AAAA	27 – 07 - 2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	Msc. Víctor Alfonso Erazo Arteaga

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 27 días del mes de Julio de 2023

EL AUTOR:



(Firma).....

Nombre: Juan Carlos Cushcagua Pinsag

CERTIFICACIÓN

Ibarra, 27 de Julio de 2023

MSC. VÍCTOR ALFONSO ERAZO ARTEAGA,
DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICA:

En calidad de tutor del trabajo de grado titulado: **“MÁQUINA PARA IZAJE Y VOLTEO DE CANTINAS DE LECHE DE 40 LITROS”** que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Juan Carlos Cushcagua Pinsag, bajo mi supervisión. Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.



Ing. Víctor Alfonso Erazo Arteaga, MSc

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Tribunal Examinador del trabajo de titulación “MÁQUINA PARA IZAJE Y VOLTEO DE CANTINAS DE LECHE DE 40 LITROS” elaborado por Juan Carlos Cuschcagua Pinsag, previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



Ing. Victor Erazo / MSc.
DOCENTE
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

.....
Ing. Victor Alfonso Erazo Arteaga, MSc
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



.....
MSc. Cosme Damián Mejía Echeverría
ASESOR DE TRABAJO DE GRADO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia y en especial a mi padre Luis y mi madre Matilde que me han brindado su apoyo incondicional en este proceso de formación.

Juan Cushcagua

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis compañeros y profesores, a mi tutor y asesor por su orientación, paciencia y dedicación a lo largo de todo el proceso, su conocimiento y retroalimentación fueron invaluable para mejorar el trabajo.

Juan Cushcagua

RESUMEN

En el centro de acopio de leche Urcusiqui se utilizan cantinas lecheras con capacidad para 40 litros de contenido y para realizar el proceso de vaciado se eleva y se voltea ejerciendo la fuerza del ser humano que a su vez dificulta realizar las tareas para el proceso de vaciado de la cantina de leche en el tanque de enfriamiento. En el marco teórico se describe acerca de la producción de leche en finca y formas de traslado de la materia prima hasta el centro de acopio de leche. En el diseño conceptual se realizó el despliegue de la función de calidad QFD que consta de la voz del cliente, la voz del ingeniero, el análisis modular y selección de una alternativa de solución. De este último se realizó el diseño estructural y sistema de control de la máquina, también se realizó simulaciones y cálculos analíticos de los elementos principales de la estructura que se validan con los resultados de la simulación con un error de hasta 11%. Finalmente se integra los planos de construcción de la máquina con la lista de las piezas y el diseño del sistema de potencia y control de la máquina.

ABSTRACT

At the Urcusiqui milk collection center, milk tanks with a capacity of 40 liters are used, and to carry out the emptying process, they are lifted and tipped using human force, which, in turn, makes it difficult to perform the tasks for emptying the milk tank into the cooling tank. The theoretical framework describes milk production on the farm and methods of transporting the raw material to the milk collection center. In the conceptual design, the Quality Function Deployment (QFD) was deployed, which consists of the voice of the customer, the voice of the engineer, modular analysis, and selection of a solution alternative. The structural design and control system of the machine were performed for the latter, as well as simulations and analytical calculations of the main elements of the structure, which were validated with simulation results with an error of up to 11%. Finally, the machine construction plans are integrated with the parts list and the design of the power and control system of the machine.

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE ANEXOS	XII
1 CAPITULO I	1
1.1 Problema.....	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo General	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Alcance.....	3
1.4 Justificación.....	3
2 CAPITULO II Marco Referencial	4
2.1 Antecedentes	4
2.2 Marco teórico	5
2.2.1 Leche	5
2.2.2 Obtención de la leche	5
2.2.3 Calidad de la leche	7
2.2.4 Almacenamiento y traslado de la leche.....	9
2.2.5 Centro de acopio de leche	10

2.2.6	Equipos del centro de acopio de leche	11
2.2.7	Equipos de aseo para equipos de ordeño.....	13
2.2.8	Riesgos por izaje de cargas	14
2.2.9	Enfermedades ocasionadas por izaje de cargas.....	14
2.2.10	Máquinas de Izaje y Volteo.....	15
2.2.11	Tipos de máquinas de izaje y volteo	16
2.2.12	Medidas de seguridad previas al inicio de izaje de cargas	16
2.2.13	Mantenimiento	16
2.2.14	Tipos de mantenimiento para máquinas de izaje	17
3	CAPITULO III. Metodología de la Investigación.....	18
3.1	Revisión bibliográfica	18
3.2	Metodología de Diseño	18
3.3	Diseño Máquina para izaje y volteo de cantinas de leche de 40 litros.....	18
4	CAPITULO IV. Resultados.....	20
4.1	Análisis QFD Para El Diseño de la Máquina.....	20
4.1.1	Requerimientos del cliente	20
4.1.2	La casa de la calidad (QFD).....	20
4.1.3	Voz del cliente.....	20
4.1.4	Voz del ingeniero	20
4.1.5	Requisitos para la máquina	20
4.1.6	Análisis funcional.....	21
4.1.7	Análisis modular	24
4.1.8	Alternativas de solución	32
4.2	Diseño para la manufactura y el ensamblaje (DFMA).....	46
4.2.1	Análisis Factores de Seguridad de los elementos.....	48

4.2.2	Sistema de potencia.....	67
4.2.3	Diseño del sistema de potencia.	69
5	V. Conclusiones Y Recomendaciones.....	71
5.1	Conclusiones	71
5.2	Recomendaciones.....	71
6	BIBLIOGRAFIA	72
7	ANEXOS	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Ordeño manual	6
Figura 2.2 Ordeño mecánico.....	7
Figura 2.3 Cantina de leche (capacidad 40 litros).....	10
Figura 2.4 Centro de acopio de leche.....	10
Figura 2.5 Tanque enfriador de leche	11
Figura 2.6 Partes de una enfriadora de leche (capacidad 1500 litros)	12
Figura 2.7 Filtro de leche aluminio.....	13
Figura 2.8 Remoción efectiva de los residuos de leche	13
Figura 2.9 Manejo de agentes y equipos de aseo.....	14
Figura 2.10 Máquina elevadora y de volteo.....	15
Figura 4.1 Análisis modular nivel cero.....	21
Figura 4.2 Análisis modular nivel uno.....	22
Figura 4.3 Análisis modular nivel dos	23
Figura 4.4 Partes de la máquina para izaje y volteo para cantinas de leche de 40 litros ..	47
Figura 4.5 Dimensiones de la cantina de leche.....	47
Figura 4.6 DCL asiento considerando la masa del bidón	48
Figura 4.7 DCL asiento considerando solo la masa de la estructura	50
Figura 4.8 Sistema de coordenadas.....	51
Figura 4.9 DCL tubo horizontal con reacciones principales.....	51
Figura 4.10 Diagrama de carga, corte y momento flector	52
Figura 4.11 Modelo para la simulación	54
Figura 4.12 Simulación Factor de seguridad	54
Figura 4.13 Posición punto A y Punto B	55

Figura 4.14 DCL Perfil tipo U	56
Figura 4.15 Diagrama de corte y momento flector	57
Figura 4.16 Simulación Factor de seguridad	58
Figura 4.17 DCL con las principales reacciones	59
Figura 4.18 Diagrama de carga, corte y momento flector	60
Figura 4.19 Simulación Factor de seguridad	61
Figura 4.20 Simulación factor de seguridad	64
Figura 4.21 Consideraciones para el análisis de estabilidad de la máquina [60].....	65
Figura 4.22 Datos para análisis de estabilidad de máquina	66
Figura 4.23 Principales reacciones de la máquina	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Valor nutricional de la leche (por cada 100gramos).....	5
Tabla 2.2 Participación por regiones en la producción diaria de leche (INEC)	6
Tabla 2.3 Tipos de prueba sensorial	8
Tabla 2.4 Parámetros de calidad de la leche	9
Tabla 4.1 Tabulación requisitos de la máquina según análisis QFD	21
Tabla 4.2 Alternativa de solución módulo 1	24
Tabla 4.3 Alternativa de solución módulo 2.....	27
Tabla 4.4 Alternativa de solución módulo 3.....	28
Tabla 4.5 Alternativa de solución módulo 4.....	30
Tabla 4.6 Alternativa de solución para el módulo uno	32
Tabla 4.7 Alternativa de solución para el módulo dos.....	33
Tabla 4.8 Alternativa de solución para el módulo tres	34
Tabla 4.9 Alternativa de solución para el módulo cuatro	35
Tabla 4.10 Análisis de criterios ponderados para requerimientos principales.....	36
Tabla 4.11 Análisis criterios ponderados módulo 1 – Materiales de calidad	36
Tabla 4.12 Análisis criterios ponderados módulo 1 – Normas industriales	37
Tabla 4.13 Análisis criterios ponderados módulo 1 –Estética y ergonomía.....	37
Tabla 4.14 Análisis criterios ponderados módulo 1 – Piezas fáciles de ensamblar.....	38
Tabla 4.15 Solución para el módulo 1	38
Tabla 4.16 Análisis criterios ponderados módulo 2 – Materiales de calidad	39
Tabla 4.17 Análisis criterios ponderados módulo 2 – Normas industriales	39
Tabla 4.18 Análisis criterios ponderados módulo 2 – Estética y ergonomía.....	40
Tabla 4.19 Análisis criterios ponderados módulo 2 – Piezas fáciles de ensamblar.....	40

Tabla 4.20 Solución para el módulo 2	41
Tabla 4.21 Análisis criterios ponderados módulo 3 – Materiales de calidad	41
Tabla 4.22 Análisis criterios ponderados módulo 3 – Normas industriales	42
Tabla 4.23 Análisis criterios ponderados módulo 3 – Estética y ergonomía.....	42
Tabla 4.24 Análisis criterios ponderados módulo 3 – Piezas fáciles de ensamblar.....	42
Tabla 4.25 Solución para el módulo 3	43
Tabla 4.26 Análisis criterios ponderados módulo 4 – Materiales de calidad	43
Tabla 4.27 Análisis criterios ponderados módulo 4 – Normas industriales	44
Tabla 4.28 Análisis criterios ponderados módulo 4 – Estética y ergonomía.....	44
Tabla 4.29 Análisis criterios ponderados módulo 4 – Piezas fáciles de ensamblar.....	45
Tabla 4.30 Solución para el módulo 4	45
Tabla 4.31 Tabulación de soluciones por módulo	46
Tabla 4.32 Datos aplicando solo la carga de la cantina de leche.....	49
Tabla 4.33 Resultados de las tensiones aplicando matrices.....	49
Tabla 4.34 Datos aplicando solo la carga de la estructura.....	50
Tabla 4.35 Resultados de las tensiones aplicando matrices.....	51
Tabla 4.36 Consideraciones para el análisis de esfuerzos	53
Tabla 4.37 Datos aplicando solo la carga de la estructura.....	55
Tabla 4.38 Consideraciones para el análisis de esfuerzos	57
Tabla 4.39 Datos aplicando solo la carga de la estructura.....	59
Tabla 4.40 Consideraciones para el análisis de esfuerzos	60
Tabla 4.41 Consideraciones para análisis proceso de volteo.....	62
Tabla 4.42 Datos para análisis de fuerza tangencial y fuerza centrípeta	62
Tabla 4.43 Consideraciones para cálculo del momento torsor	63
Tabla 4.44 Consideraciones para el análisis de esfuerzos	64

Tabla 4.45 Resultados de las secciones de los triángulos.....	66
Tabla 4.46 Tabla selección motor por revoluciones	68
Tabla 4.47 Entradas y salidas.....	69
Tabla 4.48 Tabla de verdad para el diseño del sistema de control	70

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A Encuesta dirigida al cliente.....	77
Anexo B Matriz QFD.....	78
Anexo C Tabulación requerimientos del cliente.....	79
Anexo D Tabulación requerimientos del ingeniero	79
Anexo E Selección de la inercia en el catálogo DIPAC para la barra horizontal	81
Anexo F Perfiles estructurales tipo U	81
Anexo G Tubo estructural cuadrado	82
Anexo H Concentrador de esfuerzos	82
Anexo I Flechas y armazones de motores Nema	83
Anexo J Esquemas electricos y planos mecánicos	83

1 CAPITULO I

1.1 Problema

En Ecuador, según el INEC, durante el 2019 se producía alrededor de siete millones de litros en el país cada día, de los cuales el 78% se produjo diariamente en la región andina con más de cinco millones de litros, a continuación, el litoral con un millón de litros 19% y por último la amazonía con apenas el 3% de la producción [1]. En Pichincha se concentra la mayor producción de leche con alrededor de 844.000 litros diarios, a continuación, sigue Azuay con 560 000 litros y por último Cotopaxi con una producción de 484.000 litros [1]. En Imbabura la actividad lechera se desarrolla en zonas rurales, generando empleos formales e informales, el 87% de los productores son pequeños, pertenecen a la tipología mercantil el 67%, mientras que el 33% son de tipología marginal, poseen de 30 a 100 litros por día [2]. Para tener un mayor control de calidad de la leche con los pequeños productores, el gobierno provincial ha impulsado en las zonas rurales plantas de almacenamiento de leche [3]. El almacenamiento según [4] debe ser inmediatamente después del ordeño para evitar el deterioro. Generalmente el ganadero debe depositar la materia prima en recipientes adecuados como los de aluminio hasta el traslado al centro de acopio.

Asimismo, durante la manipulación se puede generar riesgos y problemas para la salud debido a los “sobreesfuerzos por levantamiento inadecuado, transporte de carga excesiva, golpes y atrapamientos en manos y pies al desplazar bidones, cortes en manos con los bordes de la parte superior del bidón” [5]. Según la norma NTE INEN-ISO 11226 (Ergonomía, evaluación de posturas de trabajo estáticas) los sobreesfuerzos son una de las causas más constantes de accidente de trabajo [6].

Sin duda, la manera de evitar este tipo de lesiones es mediante el uso de equipos adecuados para el manejo mecánico de cargas [7]. En el centro de acopio Urcusiqui generalmente estas cantinas de almacenamiento sirven para transportar la materia prima desde el lugar del productor hasta el centro de acopio, las cantinas tienen un mismo diseño, son de aluminio endurecido térmicamente, tapa de caucho con seguridad, tienen una altura de 600 mm x 330 mm de diámetro, con una capacidad de 40 litros y una masa total de 5.39 kg cuando está vacío, mismo que con el contenido de la materia prima en su capacidad máxima alcanza una masa total de 46.59 kg [7], es por esta gran capacidad de almacenamiento que tiene este tipo de cantinas lecheras se hace complicado a la hora de ejecutar su maniobra y requiere de un gran esfuerzo físico, mismo que en

un tiempo puede generar lesiones. Según [5] reducir el esfuerzo físico se relaciona con algunos elementos de accionamiento manual pero dotado de un actuador ya sea mecánico o hidráulico que permita conservar en posición plana a la cantina lechera que facilite tanto vaciados totales o parciales. Asimismo, en un estudio reciente [7] menciona que la manipulación de cargas por izaje es una tarea común en muchos lugares de trabajo y lamentablemente es una de las principales causas de lesiones laborales, especialmente y es el origen de muchas lesiones laborales, tiene su máxima incidencia y gravedad en la parte inferior de la espalda. En resumen, las lesiones por sobreesfuerzo en la columna lumbar tienen una alta prevalencia es “debido a una reducida cultura de prevención, inapropiadas condiciones laborales y del medio ambiente del trabajo, mismos que evidencian grados de lesión desde casos de ausentismo por incidente laboral, hasta casos de incapacidad parcial o total por accidente” [8]. En un contexto [9] menciona que las lesiones más comunes son dorsolumbares misma que es consecuencia de malos hábitos durante las operaciones y transporte de cargas en pequeñas industrias, también existen otras lesiones que son generados por sobreesfuerzos que incluyen movimientos repetitivos y pueden causar hernia discal y cifosis dorsal.

Para afrontar esta situación en el centro de acopio Urcusiqui se propone diseñar una máquina de izaje y volteo para cantinas lecheras de 40 litros, mismo equipo que aún no dispone el centro de acopio. El diseño será enfocado para ayudar a reducir el esfuerzo físico y una mejor maniobrabilidad a las cantinas que llegan al centro de acopio.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar una Máquina para izaje y volteo de cantinas de leche de 40 litros para el sector lechero de Urcusiqui.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar las necesidades del centro de acopio de Urcusiqui.
- Modelar el sistema de izaje y volteo de la máquina.
- Simular el sistema de izaje y volteo.
- Realizar las especificaciones técnicas y planos.

1.3 Alcance

El presente trabajo, se relaciona con el sector productivo rural, tiene como fin, elaborar un diseño en software CAD de una máquina de izaje y volteo para cantinas de leche de 40 litros, mismo que busca reducir sobreesfuerzos durante la manipulación de las cantinas de leche.

Brindar al personal del centro de acopio información de funcionamiento y mantenimiento preventivo mediante un manual instructivo.

El trabajo incluirá los planos mecánicos de diseño, el modelado y la simulación de la máquina de izaje y volteo.

1.4 Justificación

El personal que labora en el centro de acopio está expuesto a sobrecargas, hasta el momento la manipulación de las cantinas con materia prima que llegan al centro de acopio se lo realiza de forma manual, debido a la falta de un diseño que se adapte al lugar.

El diseño CAD máquina de izaje y volteo de cantinas de leche es con el fin de que el personal del centro de acopio disminuya los esfuerzos que se realiza a la hora de manipular estas cantinas lecheras.

Por lo mencionado anteriormente se busca prevenir lesiones físicas del personal que trabaja en dicho centro de acopio.

2 CAPITULO II Marco Referencial

2.1 Antecedentes

Con las innovaciones tecnológicas que se han desarrollado a lo largo de las últimas décadas en la industria lechera, se puede observar que las diferentes invenciones aportan de alguna manera para que se agilicen las actividades y permitan maniobrar equipos de mejor manera, con lo mencionado anteriormente, muchos autores han desarrollado proyectos que a sus consideraciones ayudaran en el desenvolvimiento de las actividades diarias.

En el 2017 Xavier Rambla en su trabajo “Diseño de un volcador de contenedores de plástico para sector hortofrutícola” el diseño tiene como fin el vaciado automático de contenedores llenos de productos alimenticios de forma automática y continua, en el mismo ya se menciona averías que se tiene en el sistema eléctrico y en el sistema de izaje [10]. En la parte eléctrica presenta fallas debido a la humedad que se presenta en el lugar de trabajo, pero se propone sellos herméticos con el fin de que la humedad no afecte directamente al sistema eléctrico, por otro lado, en sistema hidráulico debido a la falta de un seguro de bloqueo que mantenga de forma estática durante el traslado de los productos, se ha propuesto mejorar el diseño del sistema mediante la implementación de un trinquete que asegure un bloqueo seguro.

Chicaiza Víctor en su proyecto “Diseño de un elevador volteador de contenedores de materia prima en la industria cárnica” desarrolla un diseño para acarrear el insumo hasta la zona de molienda al área de mezclado, en el mismo se describe los problemas que se tuvo como es la transmisión de potencia desde el motor hacia el soporte que contiene la materia prima pero se propone cambiar el suministro de potencia de bandas a un sistema de transmisión por cadenas de esta manera mejorando la eficiencia del equipo [11].

Héctor Bonilla en su trabajo “Diseño y Modelado Virtual de un Elevador Industrial de Carga por Tracción de Adherencia” desarrolla un diseño a partir del estudio y análisis de diferentes máquinas elevadores, el mismo autor menciona que una vez que conoce los elementos que componen la máquina, puede realizar la manufactura del equipo localmente, de esta manera comúnmente se busca economizar en los precios a la hora de adquirir dichos equipos. [12].

2.2 Marco teórico

2.2.1 Leche

Es un alimento de primera necesidad de alta demanda, por sus propiedades nutricionales que se refleja en su composición interna como se indica en la Tabla 2.1 y es considerada como un alimento indispensable en el plan nutricional de niños, ancianos, enfermos y en toda la población en general [13].

Tabla 2.1

Valor nutricional de la leche (por cada 100gramos)

Tabla nutricional con los valores de la leche	
Calorías	65,4 mg
Proteínas	3,1 mg
Grasas	3,8 mg
Hidratos de carbono	4,7 mg
Colesterol	14 mg
Calcio	124 mg
Magnesio	11,6 mg
Potasio	157 mg
Fósforo	92 mg

Nota: [14]

2.2.2 Obtención de la leche

En el Ecuador se producen aproximadamente siete millones de litros de leche cada día [1], dicha producción se reparte por regiones como se indica en la Tabla 2.2, en Imbabura las actividades de producción lechera se desarrollan en la zona rural, generando empleos formales e informales, el 87% de los productores son pequeños mismos y pertenecen a la tipología mercantil el 67%, mientras que el 33% son tipología marginal, en la mayoría de los casos poseen de 20 a 80 litros diarios [15].

Tabla 2.2*Participación por regiones en la producción diaria de leche (INEC)*

Región	Total, litros de leche diarias	Total, de vacas ordeñadas	Porcentaje
Nacional	6 152 851	962 520	100%
Sierra	4 751 697	616 168	78%
Costa	1 103 319	291 375	19%
Amazonía	297 825	54 977	3%

Nota: [1]

Para la extracción de la materia prima los productores utilizan dos métodos de ordeño: el primer método es el manual como se muestra la Figura 2.1, el método es usado por el 92% de los pequeños productores que consiste en apretar simultáneamente la mano a la glándula mamaria de la vaca, imitando los movimientos que ejerce el becerro cuando amamanta. [16].

Figura 2.1*Ordeño manual*

Nota: [17]

El segundo es el método mecánico como se indica en Figura 2.2, mismo que es usado por el 7.1% de los grandes productores para optimizar el tiempo, el método se basa en extraer la leche de las vacas por medio de la creación de un ciclo de vacío (carece aire), seguida por otra etapa de presión atmosférica [18], el tiempo de rutina de ordeño oscila entre 5 a 10 minutos por vaca,

durante la etapa de ordeño intervienen algunos equipos; en el caso del método manual interviene un balde de aluminio, filtro de leche aluminio y una cantina lechera mismo que sirve para almacenamiento de la leche mientras que en el método mecánico intervienen una máquina ordeñadora mecánico móvil con todos los implementos necesarios para mantener los estándares del extracto lácteo hasta su retiro al centro de acopio [19]. Para controlar la calidad de leche en las fincas se toman muestras de leche según la norma INEN 9:2012 que establece tomar muestras en finca y llevar hasta el laboratorio de análisis bajo estrictos cuidados de refrigeración [19].

Figura 2.2

Ordeño mecánico



Nota: [20]

2.2.3 Calidad de la leche

Para empezar 2001, la creación de los centros de acopio de leche ha sido un evento de gran relevancia en el país, ya que marco el inicio de la comercialización de la leche cruda refrigerada por parte de los pequeños ganaderos [21].

Además, la evaluación de la calidad del producto primario que llega a estos centros implica una serie de pruebas que determinan si es pura, limpia y adecuada para su comercialización. Generalmente el recolector de la materia prima realiza pruebas sensoriales que se basan en la

percepción de cualidades específicas que garanticen la pureza de la materia prima, como se muestra en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3

Tipos de prueba sensorial

Tipo de prueba sensorial	Características leche normal	Características leche con síntomas
Olor	Suave y agradable	Olor ácido
Sabor	Dulce debido a la lactosa	El sabor se verá afectado por la acidez
Color	Blanco amarillento	Mastitis: gris amarillento Agua y descremada: blanco azulado Presencia de sangre: rosado

Nota: [22]

También se estableció el sistema de pago por calidad de leche, el motivo principal del sistema era verificar el grado de cumplimiento de los estándares que se establecen en las normativas de pago según el nivel de pureza de la leche [23]. Hoy en día, la UPS cuenta con los laboratorios para el análisis de leche que cumplen con la norma NTE INEN-ISO 17025 que es de especificaciones generales para la competencia de centros experimentales y calibración [24] y se encarga en su mayoría de llevar a cabo los estudios que garantizan la calidad de la leche. Las muestras provienen de las 3 regiones del Ecuador con una cantidad de muestras (n=103204) por quincena, donde se analizan los componentes que debe poseer la leche para la nutrición, bacterias totales (CBT), conteo de células somáticas (CCS) y las otras regulaciones ecuatorianas que impulsan la calidad y productividad de la leche [25], como se muestra en la Tabla 2.4 .

Tabla 2.4*Parámetros de calidad de la leche*

Factor	Excelente	Buena	Regular	Mala
Densidad (g/ml)	>1.029	>1.029	1.028 - 1.029	<1028
Crioscopía (°C)	-0.545 a - 0.531	-0.530 a -0.521	-0.520 a 0.501	<-0.500
Lactosa	>5.3	5.3 - 4.9	4.9 - 4.6	<4.6
Proteína	>3.2	3.2 - 2.8	2.8 - 2.6	<2.6
Grasa	>3.5	3.5 - 3.3	3.3 - 3.0	<3.0
Sólidos no grasos	>8.7	8.7 - 8.4	8.4 - 8.0	<8.0
Sólidos totales	>12.2	11.8 - 12.0	11.3 - 11.8	<11.3
Mesófilos uc/m				
10 ³	<50	50 - 100	100 - 300	>300
Células somáticas 10 ⁴	<100	100 - 200	200 - 400	>400

Nota: [25]

2.2.4 Almacenamiento y traslado de la leche

Para el mantenimiento de la leche en la finca por lo general se usan cantinas de leche de 40 litros como se manifiesta en la Figura 2.3, el modelo predomina en los centros de acopio que sirven también para transportar la materia prima conservando la calidad, desde el lugar del productor hasta el centro de acopio, las cantinas son de aluminio endurecido térmicamente, tapa de caucho con seguridad, tienen una altura de 600 mm x 330 mm de diámetro, con una capacidad de 40 litros con una masa total cuando está vacío de 5.39 kg y con el contenido de la leche en su capacidad máxima alcanza una masa total de 46.59 kg [26].

Figura 2.3

Cantina de leche (capacidad 40 litros)



Nota: [27]

2.2.5 Centro de acopio de leche

Son lugares que integran un sistema de recolección donde la leche es obtenida directamente de los productores, la infraestructura desde la perspectiva sanitaria debe contar con accesos y estar alejados de la zona de contaminación [28]. Para el levantamiento de la infraestructura del centro de almacenamiento de leche se debe tener en cuenta que tenga: excelente flujo de aire por el interior de la infraestructura, la iluminación debe ser adecuada para realizar las labores, de fácil desinfección, como se muestra en la Figura 2.4 [29].

Figura 2.4

Centro de acopio de leche



Nota: Fuente propia

2.2.6 Equipos del centro de acopio de leche

Los equipos deben estar bien ubicados y deben ser elaborados en acero inoxidable y que permitan una fácil manipulación a la hora de su uso, a continuación, se detallan los equipos que se emplean de manera habitual en el centro de recolección:

Cantinas de leche. Son recipientes para transportar leche como se muestra en la Figura 2.3, con cierre hermético ya sea con tapa de aluminio o de caucho, se presentan en variedad de formas y tamaño. Los materiales con los que se fabrica son en acero inoxidable de alta pureza, mismas que cumple con la norma técnica ecuatoriana INEN (NTE INEN 9:2008) misma que controla la leche cruda, ICONTEC (NTC 4979) que determina el contenido de los sólidos en la industria láctea y por último la norma British estándar (ISO 3103) [27], [30], [31] .

Tanque enfriamiento de leche. En la Figura 2.5 se puede ver un modelo de una máquina de enfriamiento de leche, mismo que conserva la materia prima a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ [32]. Estos equipos son contruidos en acero inoxidable para conservar la leche en óptimas condiciones hasta que sea retirada por un camión de recolección. El equipo cumple con las normas de fabricación de tanques de leche Standard INEN-ISO 5708:2015 de tanques para la refrigeración de leche, misma que es una traducción de la norma ISO 5708:1983 (Refrigerated bulk milk tanks) [33].

Figura 2.5

Tanque enfriador de leche

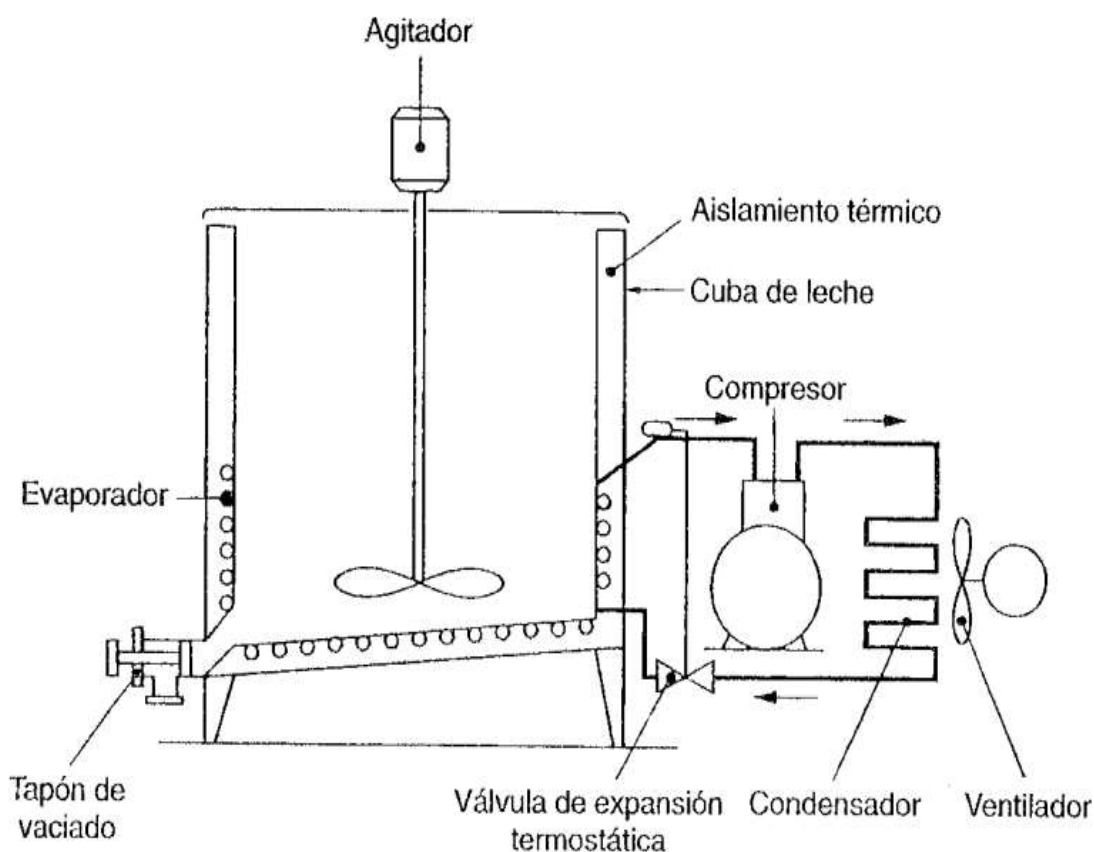


Nota: [34]

La capacidad de los tanques de enfriadora varía, desde 150 litros a 10 mil litros, generalmente están formados por una cuba térmicamente aislada que es la destinada de almacenar la leche, un equipo de refrigeración de la leche que está compuesto por los mandos eléctricos y el condensador, un agitador que asegura la homogeneidad de la temperatura en la leche durante el enfriamiento de la leche además posee otras partes importantes, la cual se visualiza en la Figura 2.6.

Figura 2.6

Partes de una enfriadora de leche (capacidad 1500 litros)



Nota: [34]

Filtro de leche aluminio. Es aquella que filtra y elimina de forma segura partículas contenidas en la leche garantizando su calidad e higiene. Figura 2.7. En este proceso es muy importante destacar los paños de filtros, los elementos mencionados deben ser sustituidos con regularidad para evitar que la suciedad se convierta en un medio para transmitir microorganismos a la leche [35].

Figura 2.7*Filtro de leche aluminio*

Nota: [36]

2.2.7 Equipos de aseo para equipos de ordeño

La eliminación de los residuos de los equipos de manejo de leche está estrechamente vinculada a la temperatura del detergente, ya que por debajo a 35°C hacen que la grasa se solidifique, además el detergente debe tener un nivel adecuado de alcalinidad (PH) para descomponer los glóbulos de gras y otros residuos [37].

Una buena eliminación de los restos de la materia prima en los equipos de ordeño se logra mediante una combinación de acciones mecánicas y químicas como se observa en la Figura 2.8, la acción química depende mucho del tipo de detergente que se usa y el potencial de alterar convertir los residuos inquebrantables en quebrantables [38].

Figura 2.8*Remoción efectiva de los residuos de leche*

Nota: [39]

La normativa vigente para tratamiento de tanques y refrigeración de leche permite 3 tipos de agentes de limpieza que son:

Alcalinos. permiten remover los compuestos orgánicos.

Ácidos. permite remover los factores inorgánicos.

Desinfectantes. ayudan a reducir la contaminación bacteriana entre los ordeños.

Al finalizar la etapa de aseo los agentes y equipos de limpieza deben ser colocados en un espacio seco como se destaca en la Figura 2.9, esto con el fin de eliminar la humedad existente en los equipos y garantizar un correcto manejo [40].

Figura 2.9

Manejo de agentes y equipos de aseo



Nota: Fuente propia

2.2.8 *Riesgos por izaje de cargas*

Los riesgos más importantes asociados al manipular de cantinas lecheras son:

- Esfuerzo excesivo debido a un levantamiento o transporte inadecuado de carga.
- Riesgo de golpes y atrapamientos al desplazar cantinas lecheras.
- Cortes en manos con los bordes del bidón [41].

2.2.9 *Enfermedades ocasionadas por izaje de cargas*

Las principales enfermedades que se generan por izaje de cargas son:

Lesiones y hernias discales. Este tipo de daño se distingue por una afección en el disco de cartílago que se encuentra entre los huesos de la columna vertebral y requiere tratamientos de fisioterapia y en otros casos cirugía [42] .

Lumbalgias. Son lesiones que se producen en algún músculo o ligamento, generalmente es producido por la mala manipulación de cargas, su tratamiento requiere de masajes y ejercicios de estiramiento.

Dolores musculares. Los dolores musculares son aquellos que se producen por los sobreesfuerzos y carga excesiva, los tratamientos más usados para este tipo de lesiones son acupuntura, termoterapia, masajes entre otros [43].

Protrusiones discales. Es la rotura de un disco son producidos por el incremento brusco de la presión, su tratamiento requiere de cirugías y masajes.

2.2.10 Máquinas de Izaje y Volteo

Son máquinas diseñadas para elevar cargas verticales a las que será sometida durante la operación y están compuestas por dos brazos inferiores, un dispositivo de volteo y posee ruedas, mismas que permite circular al equipo mientras transporta, eleva y voltea bidones con contenido líquido a una determinada altura [44] como se indica en la Figura 2.10. El principal beneficio que tiene el operador al operar este tipo de equipo es reducir el esfuerzo físico por el mecanismo elevador, de esta manera evitando lesiones por sobreesfuerzos.

Figura 2.10

Máquina elevadora y de volteo



Nota: [45]

2.2.11 Tipos de máquinas de izaje y volteo

Las máquinas de izaje pueden ser clasificados de acuerdo a las características de los sistemas que los componen:

Máquina de izaje y volteo mecánico. Mediante un sistema biela manivela, permite que el operador manipule a la máquina, la rapidez de operación aumenta en proporción directa a la fuerza aplicada por el operador en la manivela [46] .

Máquina de izaje y volteo eléctrico. Como su nombre lo indica, este sistema funciona con un motor mismo que transmite la potencia mediante una cadena o un cable al elemento elevador, posee un sistema de mando automatizado misma que permite realizar los movimientos más importantes [47].

Máquina de izaje y volteo hidráulico. En este tipo de equipos, la fuerza ejercida sobre el pistón hace que la plataforma se deslice hacia arriba, pero presenta una desventaja: es que no pueden alcanzar distancias largas ni velocidades considerables en comparación con los sistemas eléctricos [48].

2.2.12 Medidas de seguridad previas al inicio de izaje de cargas

El encargado del plan de izaje preparará lo zona de trabajo para las siguientes actividades [49]:

- Determinará las áreas más seguras por donde circulará la máquina.
- De lo mencionado anteriormente si se requiere algún tipo de aislamiento, para que el equipo cumpla con las medidas de seguridad y una correcta estabilización del equipo.
- Verificar que el análisis de riesgo y demás información sea difundida entre los ocupantes del equipo.
- Verificar que el personal cumpla con los elementos de protección personal y en buen estado, los cuáles deben cumplir con la normativa vigente.
- Verificar que no existan interferencias en las redes de servicio eléctrico.

2.2.13 Mantenimiento

El mantenimiento son un conjunto de técnicas que son utilizados para mantener el correcto funcionamiento de una máquina y garantizando la funcionalidad.

Las máquinas de izaje y volteo ocupan por lo general un mantenimiento preventivo y un mantenimiento correctivo [50].

2.2.14 Tipos de mantenimiento para máquinas de izaje

Los mantenimientos permiten prolongar y optimizar la vida útil de las máquinas, generalmente este tipo de equipos necesitan dos modalidades de cuidado:

Mantenimiento Preventivo. Es aquella que trata de anticipar la aparición de las fallas es decir permite evitar averías ocasionadas por el desgaste [51].

Mantenimiento correctivo. Conjunto de acciones técnicas llevadas a cabo para corregir defectos o problemas, por lo general se basa en la pronta reparación de la falla del equipo, el objetivo principal del mantenimiento es aumentar los niveles de productividad del equipo [51].

3 CAPITULO III. Metodología de la Investigación

3.1 Revisión bibliográfica

Para el diseño de la máquina para izaje y volteo de cantinas de leche, la investigación se basa en la etapa de adquisición de la leche desde el lugar del productor hasta el momento en que llega al centro de acopio. La investigación también se enfoca en la manipulación adecuada de los utensilios de leche tanto en finca como en el centro de acopio mismas que requieren de tratos y cuidados especiales ya que persuade sin mediación en los estándares de la leche. Además, se describen parámetros de obtención de la materia prima, modalidades de ordeño, parámetros de calidad de leche, método de transporte, almacenaje de leche en cantinas lecheras, equipos para el buen manejo de leche en centro de acopio, el izaje de cargas que produce diversas lesiones y finalmente se menciona diferentes máquinas de izaje existentes en el mercado local mismo que sirve como objeto de estudio para el desarrollo del diseño actual.

3.2 Metodología de Diseño

La concepción inicial diseño de la máquina para izaje y volteo de cantinas de leche de 40 se inicia con el desarrollo del despliegue de la función de calidad, mismo que permite identificar requerimientos esenciales que debe tener la máquina, para llegar a obtener los requerimientos se realiza una encuesta al cliente. El resultado final de este análisis es llegar a dar una solución con requerimientos preexistentes.

En el análisis modular, se describe cada función que se va a implementar, se consideran los materiales disponibles en la localidad, los mecanismos que intervienen en cada etapa, el tipo de energía con el que se cuenta para su funcionamiento y el tipo de materia prima para el cual se está analizando y finalmente se plantea las alternativas de solución para cada módulo.

Como último mediante diseño asistido por computador CAD y siguiendo la metodología DFMA se obtiene un prototipo que cumple con normas industriales, estética y ergonomía, materiales de calidad y piezas fáciles de ensamblar.

3.3 Diseño Máquina para izaje y volteo de cantinas de leche de 40 litros

Para el diseño de la máquina se considera la masa total de la cantina de leche y la fuerza que se ejerce a la cantina manualmente para el proceso de volteo, el sistema de volteo consta de una base donde se asienta la cantina de leche y posee un sistema de seguridad mediante un piñón con traba para mantener estático el sistema durante el proceso de montaje de la cantina. Para el

proceso de volteo del sistema será accionada mediante un volante misma que se adapta al eje donde se apoya el sistema de volteo en una chumacera, al estar apoyado en la chumacera el sistema para el proceso de volteo no requerirá mayor esfuerzo debido a que no existe fricción en el sistema. Por otro lado, para la validación de la estructura se realiza los cálculos analíticos y simulación con un error máximo del 12% obteniendo resultados aptos para el proceso de diseño. Finalmente, para el sistema de elevación se analiza mediante la tabla de verdad el sistema de control de la cual se realiza la simulación en el software CADESIMU obteniendo un mando que consta de 2 botones SUBIR y BAJAR.

4 CAPITULO IV. Resultados

4.1 Análisis QFD Para El Diseño de la Máquina

4.1.1 *Requerimientos del cliente*

Las estipulaciones del diseño de la máquina emergen de la necesidad del consumidor y la peculiaridad que precisa la adecuación. Para tener noción del desempeño que requiere el diseño se realiza un análisis de percepciones dirigida al cliente que se puede observar en Anexo A , misma que contiene preguntas de funcionalidad y características que requiere el diseño.

4.1.2 *La casa de la calidad (QFD)*

Como se sabe el despliegue de función de la calidad (QFD) supone un enfoque que posibilita organizar la información recabada del cliente hasta definir las características específicas de calidad del servicio, adaptándolo a las demandas y expectativas identificadas. Como resultado, se obtiene una comprensión clara de las particularidades del servicio, qué componentes deben ser mejorados y cómo llevar a cabo dichas mejoras. [52], de esta manera permitiendo acercar a las aspiraciones del cliente.

4.1.3 *Voz del cliente*

Se refiere a los requerimientos, presunciones, fortalezas o criterios expresadas por el consumidor con relación a su vínculo con un producto [53], se puede observar en Anexo C, los requerimientos que necesita el diseño para gratificar la necesidad del cliente.

4.1.4 *Voz del ingeniero*

Son respuestas las condiciones del cliente mediante la aplicación de detalles técnicos [53]. En el Anexo D se puede observar las diferentes soluciones de ingeniería a las peticiones del cliente para el desarrollo del prototipado.

4.1.5 *Requisitos para la máquina*

Como se sabe una máquina es una agrupación de mecanismos y sistemas capaces de evolucionar una labor y envolver una necesidad práctica [53]. A partir del desarrollo del despliegue de función de la calidad, se llega a obtener las propuestas para la condición funcional [54] que se precisa en la Tabla 4.1. Cada uno de los detalles de la tabla son sistemas y mecanismos que conforman el nuevo diseño.

Tabla 4.1*Tabulación requisitos de la máquina según análisis QFD*

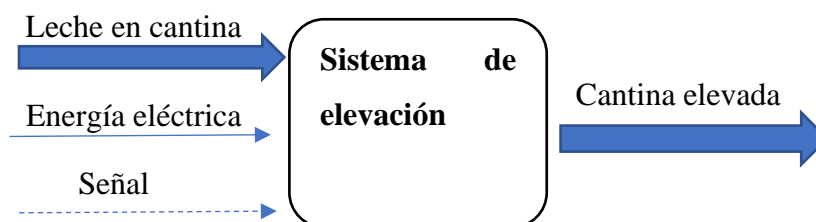
Condiciones de funcionamiento	Grado de relevancia
Velocidad de elevación 1m/10s	5%
Velocidad de volteo control manual	6%
Capacidad de carga 50kg	7%
Exista el 80% de repuestos en el mercado local	7%
Cumplir con las normas INEN 11228	19%
Control de intensidad del motor	8%
Calidad de los materiales	16 %
Sistema de control lógica cableada	7 %
Cumplir con el 80% de las normas industriales	15%
Fabricación a partir de planos según Normas ISO	10 %

Nota: Fuente propia

4.1.6 Análisis funcional

El apartado describe cómo actúa el producto, el procedimiento de manejo del producto, por lo general se agrupa de forma organizada las funciones del sistema en diagramas de flujo en niveles diferentes [55], la flecha con fondo representa a la cantina de leche, la flecha simple al trabajo manual y la flecha interrumpida al trabajo del sistema de mando de la máquina.

El nivel cero representa la idea central de la máquina, misma que se indica la Figura 4.1, se considera como materia la cantina de leche y lo relaciona con las funciones relevantes más básicas, la forma de energía requerida para hacer funcionar la máquina y las señales necesarias para activarla.

Figura 4.1*Análisis modular nivel cero*

Nota: Fuente propia

El nivel uno permite analizar funciones básicas a partir de la idea principal sin especificación detallada como se puede ver en la Figura 4.2, en cada ciclo se detalla los distintos mecanismos, señales y energías que actúan.

Función 1: Sistema de encendido del sistema de elevación.

Función 2: Sujeción de la cantina de leche

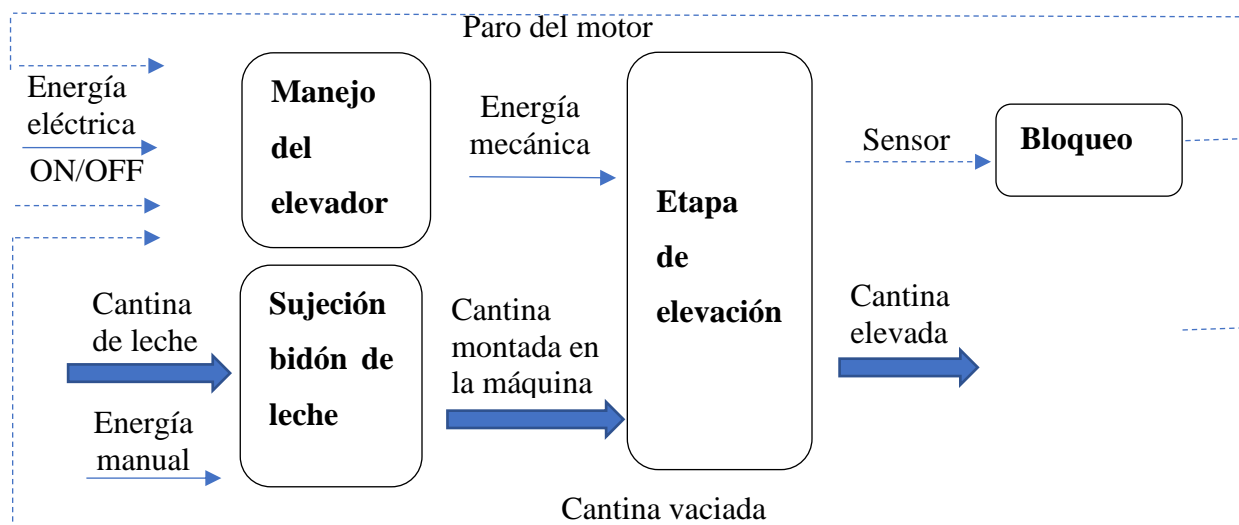
Función 3: Etapa de elevación.

Función 4: Etapa de bloqueo de la elevación (cuando el elevador supera la altura establecida).

Función 5: Etapa de volteo de la cantina de leche.

Figura 4.2

Análisis modular nivel uno



Nota: Fuente propia

Como se puede ver en la Figura 4.3, el análisis modular nivel dos permite dividir las funciones en detalles más pequeños para poder obtener una comprensión más nítida del ciclo de operación, de esta manera permitiendo saber las cualidades del sistema, para ello se separa en módulos cada una de las funciones del nivel dos como se muestra a continuación:

Módulo 1: Sistema de control de la máquina.

Modulo 2: Sistema de transmisión de potencia

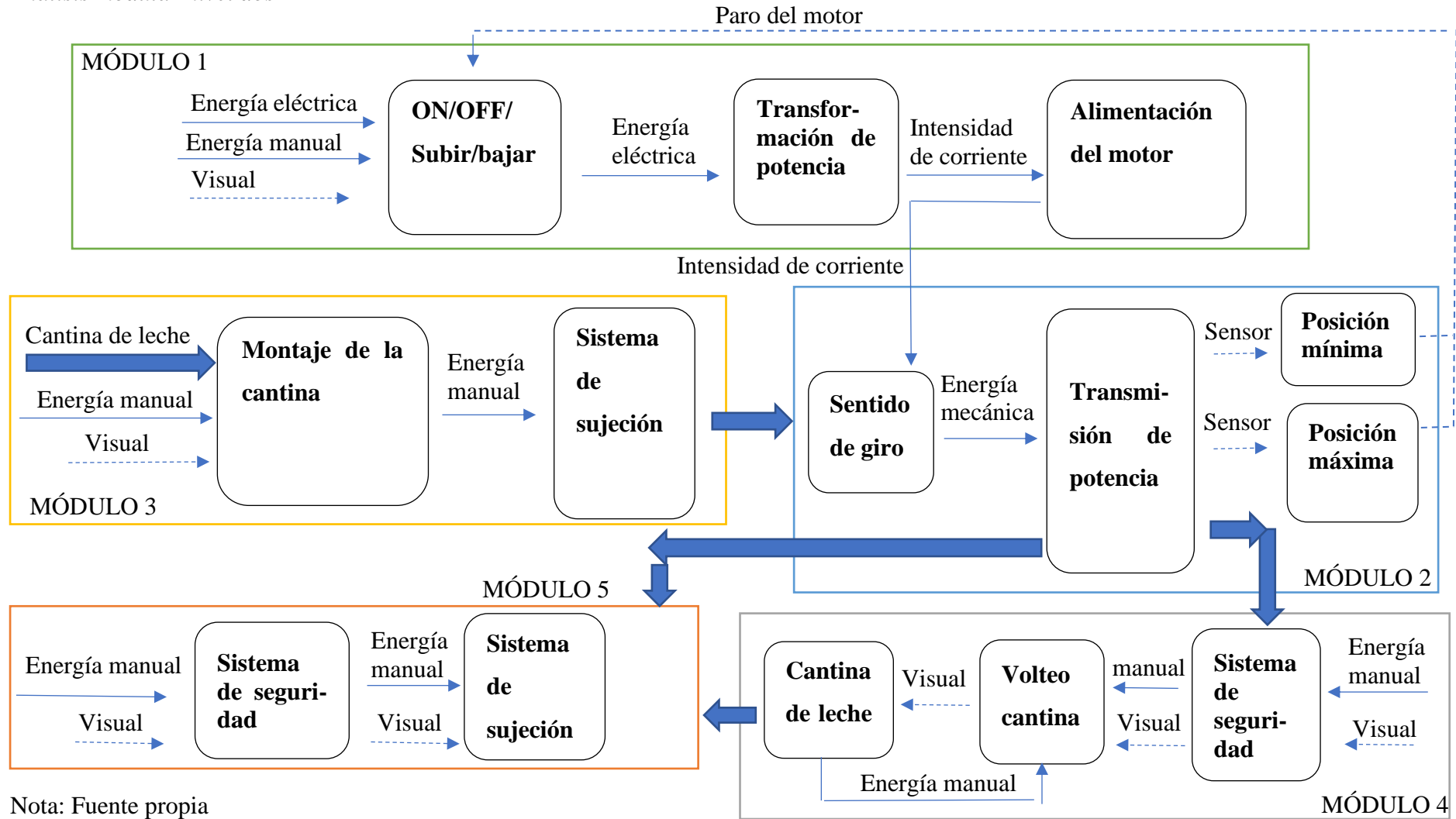
Módulo 3: Sistema de sujeción de la cantina.

Módulo 4: Etapa volteo de la cantina de leche.

Módulo 5: Desacople de la cantina y posicionamiento.

Figura 4.3

Análisis modular nivel dos




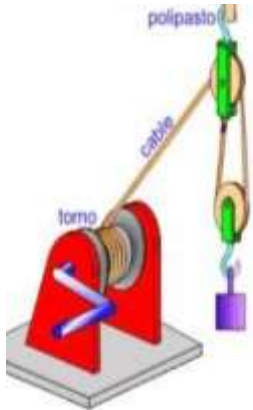
Nota: Fuente propia

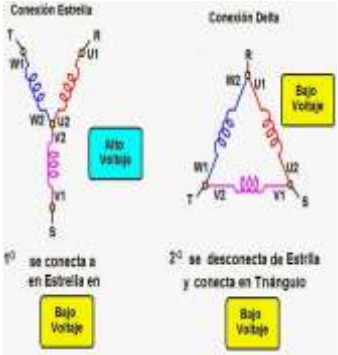

4.1.7 Análisis modular




En la Figura 4.3 se puede ver que los módulos describen las exigencias establecidas por el cliente y orientan a las posibles soluciones para llegar al diseño del producto final. En la Tabla 4.2 se señala las diferentes resoluciones que se adaptan al módulo 1, en cada alternativa de solución se describen el principio de funcionamiento, ventajas y sus desventajas.

Tabla 4.2

Alternativa de solución módulo 1

N°	Misión	Solución	Detalle	Ventajas	Desventajas	Ilustración
		Sensores y actuadores	Empleo de dispositivos físicos para la activación y manejo del equipo.	-Bajo costo -Estables -Precisos	-Dependencia a un operario	
	ON/OFF/BAJA R / SUBIR Se refiere a la fase desde donde se controla a la máquina	Sistema mecánico (biela-manivela)	Convierte una acción circular en un movimiento lineal o viceversa.	Bajo costo	-Dependencia de un operario -Esfuerzo físico	

N°	Misión	Solución	Detalle	Ventajas	Desventajas	Ilustración
	<p>TRANSFORMACIÓN DE POTENCIA</p> <p>Se refiere con que elementos se va a controlar la intensidad de corriente</p>	<p>Conexión estrella triángulo</p> <p>Variador de frecuencia</p>	<p>Arranque a tensión reducida del motor.</p> <p>Regula la energía hacia el motor y ajusta la frecuencia permitiendo regular la velocidad de giro.</p>	<p>-Facilidad manejo</p> <p>-Económico</p> <p>-Bajo consumo de energía eléctrica.</p> <p>-Simplicidad en la conexión</p> <p>-Reduce la tensión y aumenta corriente.</p> <p>-Reduce las revoluciones sin afectar el par.</p> <p>-Mayor seguridad</p>	<p>-Posible caída de tensión en la red</p> <p>-Picos de corriente</p> <p>-Alto costo-Dificultad de instalación</p> <p>-Dificultad en mantenimiento</p>	 




N°	Misión	Solución	Detalle	Ventajas	Desventajas	Ilustración
		Reductor de velocidad	Varían las revoluciones por minuto de los motores.	-Baja las revoluciones por minuto y aumenta el par. -fácil instalación	-Baja seguridad -Disminución de eficiencia del motor -Picos de corriente	
	ALIMENTACIÓN MOTOR	Alimentación AC	Corriente eléctrica más empleado domésticamente	-Permite aumentar y disminuir potencia	-Necesita aislamiento -No se puede almacenar	
	Se refiere al tipo de alimentación de corriente para la máquina	Fuente de alimentación DC	Corriente que circula en un solo sentido	-Pueden ser recargables -Permite uso a voltajes más bajos	-Alto costo -No se puede convertir a tensiones más altas.	


Nota: Fuente propia

En la Tabla 4.3 se puede ver las opciones de solución que se adaptan con el módulo 2.

Tabla 4.3

Alternativa de solución módulo 2

N°	Misión	Solución	Detalle	Ventajas	Desventajas	Ilustración
1	<p>TRANSMISIÓN DE POTENCIA</p> <p>Es la fase donde se transmite el movimiento</p> <p>Generado por el motor hacia el elemento de elevación.</p>	Cadena y piñón	Elementos que proporcionan potencia mecánica de un lugar a otro	<ul style="list-style-type: none"> -Elevada eficiencia, sin deslizamiento -Fácil instalación -Larga vida útil 	<ul style="list-style-type: none"> -Lubricación y mantenimiento frecuentes -Alto ruido -Alto costo 	
		Correa y polea	Permite conocer la posición de un elemento que gira	<ul style="list-style-type: none"> -Fácil instalación -Bajo ruido -Bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> -Baja eficiencia, deslizamientos -Baja vida útil 	
		Cable acero y polea	Son elementos resistentes que ayudan a transportar cargas.	<ul style="list-style-type: none"> -Fácil instalación -Bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> -Ruido 	


N°	Misión	Solución	Detalle	Ventajas	Desventajas	Ilustración
2	<p>POSICIÓN MÁXIMO Y MÍNIMO</p> <p>Fase donde detecta la posición actual.</p>	Sensor contacto magnético	Produce una señal al acercarse un campo magnético.	-fácil instalación -Bajo costo	Magnetización de piezas metálicas ocasionando problemas de falsa señal.	




Nota: Fuente propia


En la Tabla 4.4 se puede ver las opciones de solución para el módulo 3.

Tabla 4.4

Alternativa de solución módulo 3

N°	Misión	Solución	Detalle	Ventajas	Desventajas	Ilustración
1	<p>MONTAJE DE LA CANTINA</p> <p>Eta para el montaje de la cantina en la máquina</p>	Montaje manual	Cualquier operador puede colocar las cantinas	-Fácil acceso -Sin costo -Ahorro energía eléctrica	-Esfuerzo físico	

N°	Misión	Solución	Detalle	Ventajas	Desventajas	Ilustración
1		Brazo robótico	El ingreso de la cantina lo realiza un brazo robótico	-Ejecutan tareas que presentan un alto riesgo de lesiones -Eficiencia y productividad -Movimientos precisos	-Alto costo -Difícil implementación	
		Pinzas para tanques	Implemento para sujeción de elementos cilíndricos en un elevador.	-Larga vida útil- Sujeción de grandes cargas	-Alto precio -Mantenimiento frecuente	
2	SUJECCIÓN DE LA CANTINA Tipos de sujeción para la cantina de leche	Cinta de amarre	Es una cinta que envuelve la carga proporcionando estabilidad al sistema durante el movimiento.	-Bajo precio -Se adapta al diámetro del cilindro. -Larga vida útil	-Uso de equipos adicional -Sujeción de bajas cargas.	


N°	Misión	Solución	Detalle	Ventajas	Desventajas	Ilustración
2		Correa de amarre de palanca de tensión	El sistema de agarre por cadena tiene un regulador de presión de agarre, misma que proporciona estabilidad.	-Bajo precio -se adapta al diámetro del cilindro -Mantenimiento preventivo	-Puede deformar a la materia que sostiene.	




Nota: Fuente propia

En la Tabla 4.5 se puede observar las opciones de solución que se adaptan al módulo 4.

Tabla 4.5

Alternativa de solución módulo 4

N°	Misión	Solución	Detalle	Ventajas	Desventajas	Ilustración
1	SISTEMA DE SEGURIDAD Se refiere al elemento que mantiene estático el sistema de volteo	Pasador	Es un elemento de seguridad que bloquea movimientos en una máquina	-Mayor seguridad -Bajo costo -Fácil de implementar	-Atascamiento	

N°	Misión	Solución	Detalle	Ventajas	Desventajas	Ilustración
2	SISTEMA DE VOLTEO Esta etapa es cuando el elevador alcanza el punto máximo y empieza el ciclo de vaciado de la cantina con el sistema de volteo	Sensores y actuadores	Uso de dispositivos físicos para puesta en marcha y mando del equipo.	-Alto costo -Estables -Precisos	-Dependencia a un operario -Costos de mantenimiento	
		Volante	Volante para facilitar la descarga de la materia prima.	-bajo precio -Fácil instalación -seguro para diferentes posiciones	-Lubricación frecuente -dependencia de un operador	
		Cilindro neumático	Transforma la energía del aire comprimido en fuerza.	-Sin intervención de operario	-Alto precio -Uso de equipos adicionales -Problemas de instalación	

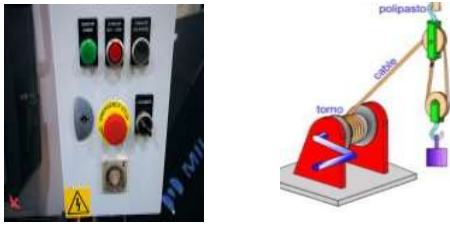

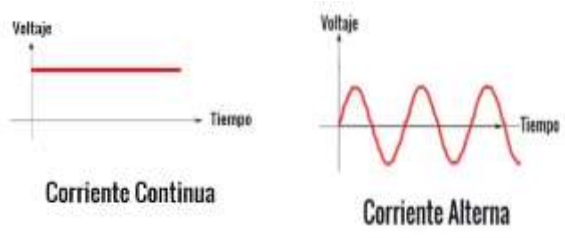
Nota: Fuente propia

4.1.8 Alternativas de solución

Como se puede ver en la sección anterior, cada uno de los módulos presenta varias opciones de solución y se sincroniza cualitativamente a los módulos para analizar los diferentes requisitos del diseño. En la Tabla 4.6 se puede ver las opciones de solución para el módulo uno.

Tabla 4.6

Alternativa de solución para el módulo uno

N°	ACTIVIDAD	ELEMENTO
1	ON/OFF/BAJAR SUBIR	
2	TRANSFORMACIÓN DE POTENCIA	
3	ALIMENTACIÓN MOTOR	

Nota: Fuente propia



- **Solución 1:** ON/OFF SUBIR/BAJAR por sensores y actuadores, la transformación de potencia mediante conexión estrella triángulo y la alimentación del motor por corriente alterna

- **Solución 2:** ON/OFF SUBIR/BAJAR por sensores y actuadores, la transformación de potencia con variador de frecuencia y la alimentación del motor por corriente alterna
- **Solución 3:** ON/OFF SUBIR/BAJAR por sensores y actuadores, la transformación de potencia con una caja reductor de velocidad y la alimentación del motor por corriente continua.

En la Tabla 4.7 se puede ver las opciones de solución para el módulo dos.

Tabla 4.7

Alternativa de solución para el módulo dos

Nº	ACTIVIDAD	ELEMENTO
1	TRANSMISIÓN DE POTENCIA	
2	POSICIÓN MÁXIMO Y MÍNIMO	



Nota: Fuente propia

- **Solución 1:** Transmisión de potencia por piñón con cadena y para detectar la posición máxima y mínima con sensor contacto magnético.
- **Solución 2:** Transmisión de potencia por polea con banda y para detectar la posición máxima y mínima con sensor magnético.
- **Solución 3:** Transmisión de potencia por cable de acero con polea y para detectar la posición máxima y mínima con sensor contacto magnético.

En la Tabla 4.8 se puede ver las opciones de solución para el módulo tres.

Tabla 4.8

Alternativa de solución para el módulo 3

N°	ACTIVIDAD	ELEMENTO
1	MONTAJE DE LA CANTINA	
2	SISTEMA DE SUJECIÓN DE LA CANTINA	



Nota: Fuente propia

- **Solución 1:** El montaje de la cantina sea de forma manual y el sistema de sujeción de la cantina sea con cinta de amarre.
- **Solución 2:** El montaje de la cantina sea de forma manual y el sistema de sujeción de la cantina sea con correa de amarre de palanca de tensión.
- **Solución 3:** El montaje de la cantina sea con un brazo robótico y el sistema de sujeción de la cantina sea con pinzas para tanques.

En la Tabla 4.9 se puede ver las opciones de solución para el módulo cuatro.

Tabla 4.9

Alternativa de solución para el módulo 4

N°	ACTIVIDAD	ELEMENTO
1	SISTEMA DE SEGURIDAD	
2	SISTEMA DE VOLTEO	

Nota: Fuente propia

- **Solución 1:** Bloqueo de seguridad un pasador y el sistema de volteo de la cantina sea con un volante.
- **Solución 2:** Bloqueo de seguridad un pasador y el sistema de volteo de la cantina sea con un cilindro neumático de doble efecto.
- **Solución 3:** Bloqueo de seguridad un pasador y el sistema de volteo de la cantina sea con sensores y actuadores.

La elección de opciones implica utilizar el enfoque de criterios ponderados, que vincula los requisitos obtenidos con la metodología QFD. Luego se organizan en filas y columnas para llevar a cabo un estudio comparativo de importancia relativa.

- Materiales de calidad
- Normas industriales
- Estética y ergonomía
- Piezas fáciles de ensamblar

En la Tabla 4.10 se puede ver la selección de los métodos a las exigencias principales para el modelado de la máquina de izaje y volteo de cantinas de leche de 40 litros.

Tabla 4.10*Análisis de criterios ponderados para requerimientos principales*

CRITERIOS	Materiales de calidad	Normas industriales	Estética y ergonomía	Piezas fáciles de ensamblar	$\Sigma+1$	Ponderación
Materiales de calidad		1	0,5	1	3,5	0,35
Normas industriales	0		0,5	1	2,5	0,25
Estética y ergonomía	0,5	0,5		0,5	2,5	0,25
Piezas fáciles de ensamblar	0	0	0,5		1,5	0,15
Total					10	1

Nota: Fuente propia

Según el análisis de criterios ponderados se adquiere el siguiente nivel de importancia de las exigencias: Materiales de calidad > Normas industriales = Estética y ergonomía > Piezas fáciles de ensamblar

Análisis de alternativas de solución para el módulo 1. Para encontrar la opción de respuesta de cada uno de los módulos se aplica el método de análisis ponderados con los enfoques sugeridos en la sección 4.1.8 alternativas de solución y con los datos de los criterios ponderados de la Tabla 4.10, mismas que definen las necesidades de la máquina. En la Tabla 4.11, se señala que mediante el análisis de criterios ponderados obteniendo como solución la alternativa 1 siendo el más apto el diseño del módulo 1.

Tabla 4.11*Análisis criterios ponderados módulo 1 – Materiales de calidad*

MATERIALES DE CALIDAD	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	0,5	2,5	0,41
Solución 2	0		0,5	1,5	0,25
Solución 3	0,5	0,5		2	0,33
Total				6	1

Nota: Fuente propia

Solución 1 > Solución 3 > Solución 2

En la Tabla 4.12, mediante la indagación de criterios ponderados para normas industriales se observa que la solución 1 tiene mayor importancia para el diseño de la máquina.

Tabla 4.12

Análisis criterios ponderados módulo 1 – Normas industriales

NORMAS INDUSTRIALES	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0,5	1	2,5	0,41
Solución 2	0,5		0	1,5	0,25
Solución 3	0	1		2	0,33
Total				6	1

Nota: Fuente propia

Solución 1 > Solución 3 > Solución 2

Como se puede ver la Tabla 4.13, la solución 1 y la solución 2 tienen igual de importancia para el diseño de la máquina de izaje y volteo.

Tabla 4.13

Análisis criterios ponderados módulo 1 –Estética y ergonomía

ESTÉTICA Y ERGONOMÍA	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0,5	1	2,5	0,5
Solución 2	0,5		1	2,5	0,5
Solución 3	0	0		0	0
Total				5	1

Nota: Fuente propia

Solución 1 = Solución 2 > Solución 3

En la Tabla 4.14, se puede observar que todas las soluciones tienen el mismo nivel de importancia para el diseño de la máquina de izaje y volteo.

Tabla 4.14

Análisis criterios ponderados módulo 1 – Piezas fáciles de ensamblar

PIEZAS FÁCILES DE ENSAMBLAR	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0,5	0,5	2	0,333
Solución 2	0,5		0,5	2	0,333
Solución 3	0,5	0,5		2	0,333
Total				6	1

Nota: Fuente propia

Solución 1 = Solución 2 = Solución 3

Como se puede ver la Tabla 4.15, con la indagación de criterios ponderados se obtiene una opción de respuesta para el módulo 1, teniendo como resultado la alternativa de solución 1, mismo que tiene ON/OFF por sensores y actuadores, la transformación de potencia mediante conexión estrella triángulo y la alimentación del motor por corriente alterna.

Tabla 4.15

Solución para el módulo 1

Criterios	Materiales de calidad	Normas industriales	Estética y ergonomía	Piezas fáciles de ensamblar	Σ	Ponderación
Solución 1	0,1435	0,1025	0,125	0,0495	0,4205	1
Solución 2	0,0875	0,0625	0,125	0,0495	0,3245	2
Solución 3	0,1155	0,0825	0	0,0495	0,2475	3
Total						Solución 1

Nota: Fuente propia

Análisis de alternativas de solución para el módulo 2. Cómo se puede observar en la Tabla 4.16, mediante la indagación de criterios ponderados se puede ver que la solución 3 se adapta a las exigencias del diseño.

Tabla 4.16

Análisis criterios ponderados módulo 2 – Materiales de calidad

MATERIALES DE CALIDAD	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0,5	0	1,5	0,25
Solución 2	0,5		0,5	2	0,33
Solución 3	1	0,5		2,5	0,41
Total				6	1

Nota: Fuente propia

Solución 3 > Solución 2 > Solución 1

Mediante el análisis de criterios ponderados para normas industriales del módulo 2, se puede ver en la Tabla 4.17, que las soluciones tienen la misma importancia en cuanto al diseño de la máquina de izaje y volteo.

Tabla 4.17

Análisis criterios ponderados módulo 2 – Normas industriales

NORMAS INDUSTRIALES	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0,5	0,5	2	0,33
Solución 2	0,5		0,5	2	0,33
Solución 3	0,5	0,5		2	0,33
Total				6	1

Nota: Fuente propia

Solución 1 = Solución 2 = Solución 3

La Tabla 4.18 se indica la indagación de criterios ponderados para estética y ergonomía del módulo 2 donde se puede ver que todas las soluciones mantienen el mismo nivel de importancia para el diseño.

Tabla 4.18

Análisis criterios ponderados módulo 2 – Estética y ergonomía

ESTÉTICA Y ERGONOMÍA	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0,5	0,5	2	0,33
Solución 2	0,5		0,5	2	0,33
Solución 3	0,5	0,5		2	0,33
Total				6	1

Nota: Fuente propia

$$\text{Solución 1} = \text{Solución 2} = \text{Solución 3}$$

La Tabla 4.19 se indica la indagación de criterios ponderados para piezas fáciles de ensamblar del módulo 2 donde se puede ver que la solución 3 es la más apto para el diseño.

Tabla 4.19

Análisis criterios ponderados módulo 2 – Piezas fáciles de ensamblar

PIEZAS FÁCILES DE ENSAMBLAR	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0,5	0	1,5	0,25
Solución 2	0,5		0	1,5	0,25
Solución 3	1	1		3	0,5
Total				6	1

Nota: Fuente propia

$$\text{Solución 3} > \text{Solución 2} = \text{Solución 1}$$

Como se puede ver la Tabla 4.20, con la indagación de criterios ponderados la solución 3 es óptima para el módulo 2, mismo que tiene como solución la transmisión de potencia por

cable de acero con polea y para detectar la posición máxima y mínima con sensor contacto magnético.

Tabla 4.20

Solución para el módulo 2

Criterios	Materiales de calidad	Normas industriales	Estética y ergonomía	Piezas fáciles de ensamblar	Σ	Ponderación
Solución 1	0,0875	0,0825	0,0825	0,0375	0,29	3
Solución 2	0,1155	0,0825	0,0825	0,0375	0,318	2
Solución 3	0,1435	0,0825	0,0825	0,075	0,3835	1
Total						Solución 3

Nota: Fuente propia

Análisis de alternativas de solución para el módulo 3. Cómo se puede observar en la Tabla 4.21, mediante el análisis de criterios ponderados se puede ver que la solución 2 es apto para el modelado de la máquina de izaje y volteo.

Tabla 4.21

Análisis criterios ponderados módulo 3 – Materiales de calidad

MATERIALES DE CALIDAD	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0	0,5	1,5	0,25
Solución 2	1		0,5	2,5	0,41
Solución 3	0,5	0,5		2	0,33
Total				6	1

Nota: Fuente propia

Solución 2 > Solución 3 > Solución 1

Cómo se puede observar en la Tabla 4.22, mediante el estudio análisis de criterios ponderados se puede ver que todas las soluciones tienen el mismo nivel de importancia para el diseño de la máquina de izaje y volteo.

Tabla 4.22*Análisis criterios ponderados módulo 3 – Normas industriales*

NORMAS INDUSTRIALES	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0,5	0,5	2	0,33
Solución 2	0,5		0,5	2	0,33
Solución 3	0,5	0,5		2	0,33
Total				6	1

Nota: Fuente propia

$$\text{Solución 1} = \text{Solución 2} = \text{Solución 3}$$

Cómo se puede observar en la Tabla 4.23, mediante el análisis de criterios ponderados se puede ver que la solución 1 es el óptimo para el diseño de la máquina de izaje y volteo.

Tabla 4.23*Análisis criterios ponderados módulo 3 – Estética y ergonomía*

ESTÉTICA Y ERGONOMÍA	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,5
Solución 2	0		0,5	1,5	0,25
Solución 3	0	0,5		1,5	0,25
Total				6	1

Nota: Fuente propia

$$\text{Solución 1} > \text{Solución 2} = \text{Solución 3}$$

Cómo se puede observar en la Tabla 4.24, mediante el análisis de criterios ponderados se puede ver que la solución 1 es el más apto para el diseño de la máquina de izaje y volteo.

Tabla 4.24*Análisis criterios ponderados módulo 3 – Piezas fáciles de ensamblar*

PIEZAS FÁCILES DE ENSAMBLAR	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0,5	1	2,5	0,41
Solución 2	0,5		0,5	2	0,33
Solución 3	0	0,5		1,5	0,25
Total				6	1

Nota: Fuente propia

Solución 1 > Solución 2 > Solución 3

Cómo se señala en la Tabla 4.25, con la indagación de criterios ponderados se obtiene la solución 1 siendo la óptima para el módulo 3, mismo que tiene como solución el montaje de la cantina sea de forma manual y el sistema de sujeción sea con correa de amarre de tensión.

Tabla 4.25*Solución para el módulo 3*

Criterios	Materiales de calidad	Normas industriales	Estética y ergonomía	P fáciles de ensamblar	Σ	Ponderación
Solución 1	0,0875	0,0825	0,125	0,0615	0,3565	1
Solución 2	0,1435	0,0825	0,0625	0,0495	0,338	2
Solución 3	0,1155	0,0825	0,0625	0,0375	0,298	3
Total						Solución 1

Nota: Fuente propia

Análisis de alternativas de solución para el módulo 4. Cómo se puede observar en la Tabla 4.26, mediante el análisis de criterios ponderados se puede ver que todas las soluciones tienen el mismo nivel de importancia para el diseño de la máquina de izaje y volteo.

Tabla 4.26*Análisis criterios ponderados módulo 4 – Materiales de calidad*

MATERIALES DE CALIDAD	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0,5	0,5	2	0,33
Solución 2	0,5		0,5	2	0,33
Solución 3	0,5	0,5		2	0,33
Total				6	1

Nota: Fuente propia

Solución 1 = Solución 2 = Solución 3

Cómo se señala en la Tabla 4.27, mediante el estudio de criterios ponderados se puede ver que todas las soluciones tienen el mismo nivel de importancia para el diseño de la máquina de izaje y volteo.

Tabla 4.27*Análisis criterios ponderados módulo 4 – Normas industriales*

NORMAS INDUSTRIALES	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0,5	0,5	2	0,33
Solución 2	0,5		0,5	2	0,33
Solución 3	0,5	0,5		2	0,33
Total				6	1

Nota: Fuente propia

Solución 1 > Solución 3 > Solución 2

Cómo se señala en la Tabla 4.28, mediante el análisis de criterios ponderados se puede ver que la solución 1 tiene mayor importancia para el diseño de la máquina de izaje y volteo.

Tabla 4.28*Análisis criterios ponderados módulo 4 – Estética y ergonomía*

ESTÉTICA Y ERGONOMÍA	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,5
Solución 2	0		0,5	1,5	0,25
Solución 3	0	0,5		1,5	0,25
Total				6	1

Nota: Fuente propia

Solución 1 > Solución 2 = Solución 3

Cómo se señala en la Tabla 4.29, mediante el análisis de criterios ponderados se tiene como resultado la solución 1 mismo es el más apto para el diseño de la máquina de izaje y volteo.

Tabla 4.29*Análisis criterios ponderados módulo 4 – Piezas fáciles de ensamblar*

PIEZAS FÁCILES DE ENSAMBLAR	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0,5	1	2,5	0,41
Solución 2	0,5		0,5	2	0,33
Solución 3	0	0,5		1,5	0,25
Total				6	1

Nota: Fuente propia

Solución 1 > Solución 2 > Solución 3

Cómo se puede ver la Tabla 4.30, con la indagación de criterios ponderados se obtiene una solución para el módulo 4 dando como resultado la alternativa de solución 1, mismo que tiene como solución el bloqueo de seguridad un pasador y el sistema de volteo de la cantina con un volante.





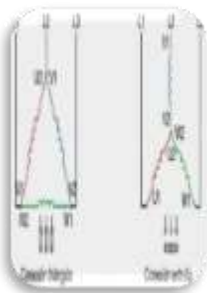



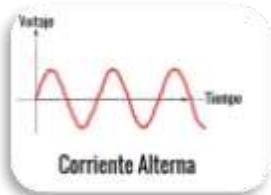
Tabla 4.30*Solución para el módulo 4*

Criterios	Materiales de calidad	Normas industriales	Estética y ergonomía	P fáciles de ensamblar	Σ	Ponderación
Solución 1	0,1155	0,0825	0,125	0,0615	0,384	1
Solución 2	0,1155	0,0825	0,0625	0,0495	0,31	2
Solución 3	0,1155	0,0825	0,0625	0,0375	0,298	3
Total						Solución 1

Nota: Fuente propia

En la Tabla 4.31 se designa el mejor método de solución que se obtiene mediante el QFD.

Tabla 4.31*Tabulación de soluciones por módulo*

MÓDULO 1 Solución 1	MÓDULO 2 Solución 3	MÓDULO 3 Solución 1	MÓDULO 4 Solución 1
			
			
			

Nota: Fuente propia

4.2 Diseño para la manufactura y el ensamblaje (DFMA)

DFMA consiste en la compilación de técnicas y procesos para mejorar el modelado o rediseño de un producto final, tiene como idea central optimizar los detalles de fabricación, montaje, seguridad, factores ergonómicos, y costes respetando las funciones esenciales del producto [56].

El modelado de la máquina de izaje y volteo para cantinas de leche de 40 litros, se basa en el diseño asistido por computador debido a que se aplica directrices de DFMA, el ensamble consta del bastidor, una parte móvil del elevador y la estructura de volteo que se muestra en la Figura 4.4.

Figura 4.4

Partes de la máquina para izaje y volteo para cantinas de leche de 40 litros



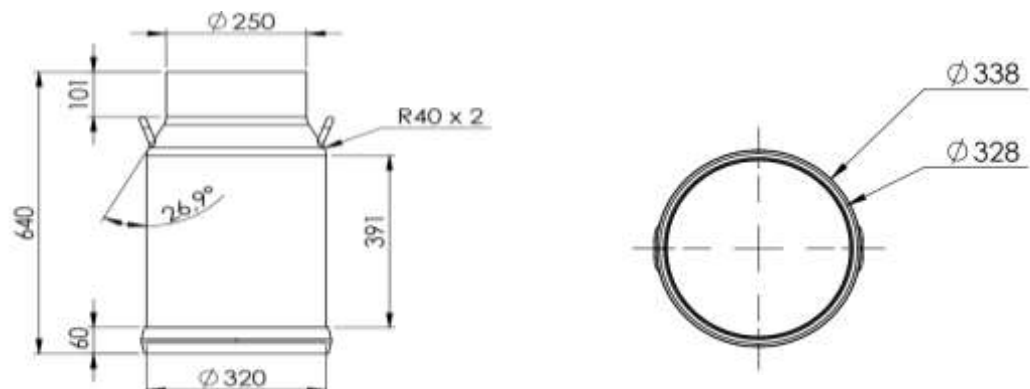
Nota: Fuente propia

Los materiales para el diseño de la máquina de izaje y volteo son seleccionados de acuerdo a la disponibilidad en el mercado local mismos que son detallados en los planos de dibujo mecánico que se adjuntan al final del documento.

Para el análisis se toma en cuenta las dimensiones de la cantina de leche que muestra en la Figura 4.5, además contempla los requerimientos de la Voz del cliente y la Voz del ingeniero que son las condiciones para el cual la máquina debe ser diseñada.

Figura 4.5

Dimensiones de la cantina de leche



Nota: Fuente propia

El diseño de la máquina para izaje y volteo de cantinas de leche de 40 litros se basa en la norma NTE INEN-ISO 1421-1 de seguridad en el uso de maquinaria, evaluación de riesgos, que menciona en el literal a) normas de tipo A (normas de seguridad fundamentales) que requieren conocimientos básicos de modelado y aspectos fundamentales, también en el inciso b) la normas de tipo B (normas de seguridad relativas a una materia) que trata de aspectos de fiabilidad o más tipos de protecciones, también en la norma tipo B1 que trata detalles específicos de la seguridad (distancias, temperatura superficial ruido).

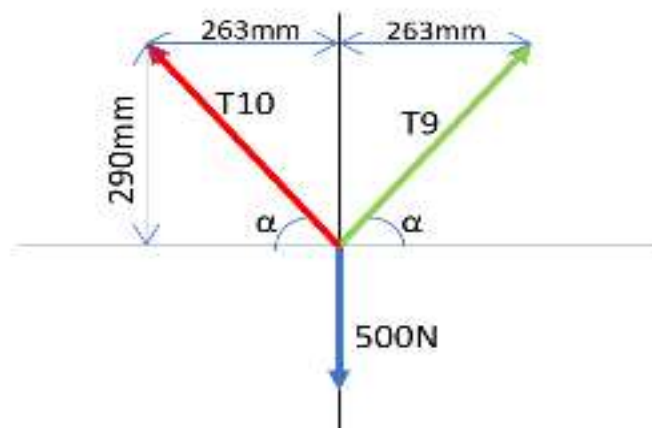
4.2.1 Análisis Factores de Seguridad de los elementos

Como se sabe el elevador es diseñado para albergar una cantina de leche con 40 litros de acuerdo a los requerimientos del cliente, como se puede ver en la Figura 4.4, la base donde se asienta el bidón también cumple el procedimiento de giro y medidas de resguardo de la cantina de leche. La dimensión del asiento donde se asienta la base posee la altura mínima que permite alojar la cantina de leche de 40 litros.

Análisis Asiento Considerando Solo La Masa de la Cantina. Para el análisis en este caso se trabaja únicamente con la carga generada por la cantina de leche de 40 litros. Para determinar las tensiones se puede describir mediante un DCL que se pueden visualizar en la Figura 4.6, donde se puede ver las principales respuestas que llevan a cabo en el asiento del sistema de volteo.

Figura 4.6

DCL asiento considerando la masa del bidón



Nota: Fuente propia

Para el análisis de las tensiones solo con la masa de la estructura se debe tener algunas consideraciones que se detallan en la Tabla 4.32.

Tabla 4.32*Datos aplicando solo la carga de la cantina de leche*

Datos análisis	
Tubo estructural cuadrado	30 x 1.5 mm
Masa de la estructura (Me)	7.57 Kg
Carga de la cantina (Cb)	500N
Carga de la estructura (Ce)	64.45 N

Nota: Fuente propia

Considerando el ángulo $\alpha = \text{atan}\left(\frac{290}{263}\right)$ finalmente, se aplica el método de las matrices obteniendo el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{cases} T9 * \cos(\alpha) - T10 * \cos(\alpha) = 0 \\ T9 * \sin(\alpha) + T10 * \sin(\alpha) = Cb \end{cases}$$

Donde $T9$ y $T10$ son las tensiones a encontrar del sientto cuando se considera solo la carga de la cantina de 40 litros para este análisis.

Desarrollando el sistema de ecuaciones se obtiene como resultado las tensiones en los tres ejes se detallan en la Tabla 4.33.

Tabla 4.33*Resultados de las tensiones aplicando matrices*

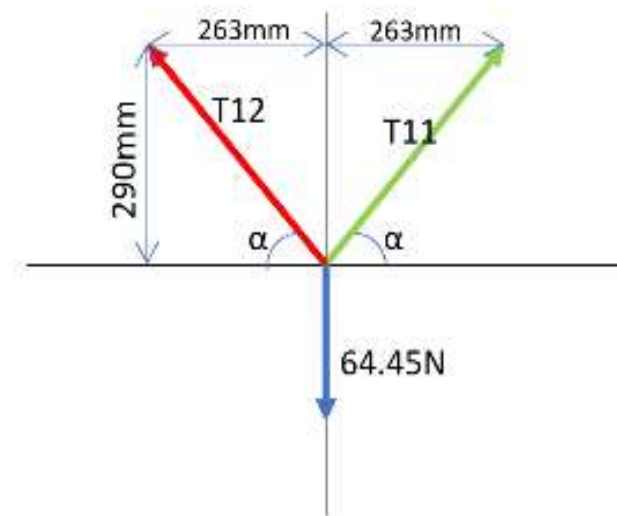
Coordenadas	x	y	z
Tensiones			
T9	226.724 N	250 N	337.496 N
T10	226.724 N	250 N	337.496 N

Nota: Fuente propia

Análisis Asiento Considerando Solo La Masa de la Estructura. Para el análisis de tensiones en este caso se usa únicamente solo la carga generada por la estructura sin considerar la masa de la cantina de leche de 40 litros, se puede representar las principales reacciones que actúan en el asiento como exhibe en la Figura 4.7.

Figura 4.7

DCL asiento considerando solo la masa de la estructura



Nota: Fuente propia

Para el análisis de las tensiones solo con la masa de la estructura se debe tener algunas consideraciones que se detallan en la Tabla 4.34, cabe mencionar que los datos son obtenidos mediante el software de diseño.

Tabla 4.34

Datos aplicando solo la carga de la estructura

Datos análisis	
Tubo estructural cuadrado	30 x 1,5 mm
Masa de la estructura (Me)	7,57 Kg
Carga de la estructura (Ce)	64,45 N

Nota: Fuente propia

Para encontrar las reacciones faltantes, también se considera la carga de la estructura $Ce1 = 74,262$ y el ángulo $\alpha1 = \text{atan}\left(\frac{290}{263}\right)$ y se aplica el método de las matrices obteniendo el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{cases} T12 * \cos(\alpha1) - T11 * \cos(\alpha1) = 0 \\ T12 * \sin(\alpha1) + T11 * \sin(\alpha1) = Ce1 \end{cases}$$

Donde $T11$ y $T12$ son las tensiones a encontrar del asiento cuando se considera solo la carga de la estructura.

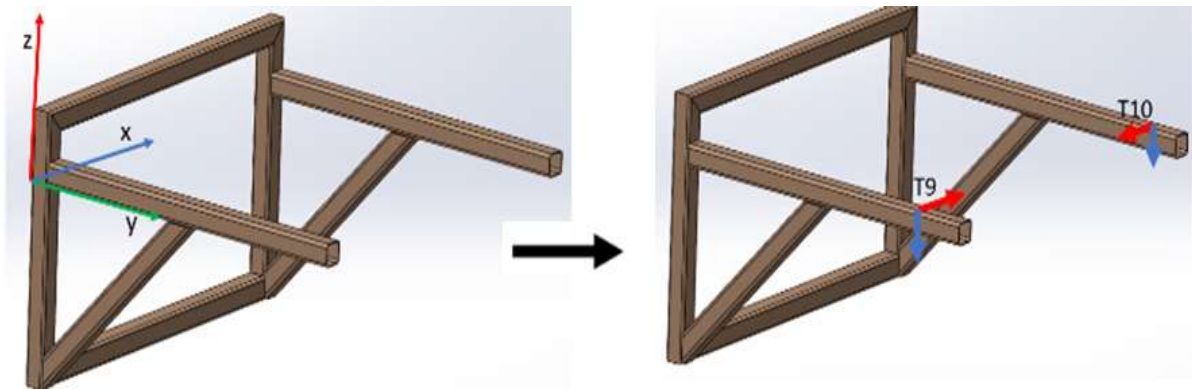
Desarrollando el conjunto de ecuaciones se obtiene como resultado las siguientes tensiones en los tres ejes que se describen la Tabla 4.35.

Tabla 4.35*Resultados de las tensiones aplicando matrices*

Tensiones	Coordenadas	x	y	z
T9		260.394 N	-	287.16 N
T11		33.67 N	37.126 N	50.12 N
T12		33.67 N	37.126 N	-

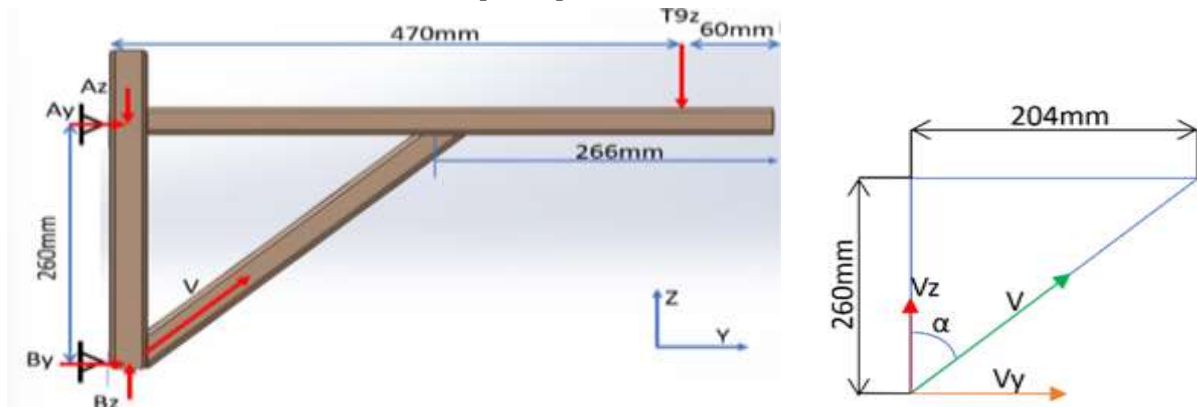
Nota: Fuente propia

Análisis tubo horizontal. Para analizar el tubo horizontal del elevador se rempazan los elementos por las tensiones obtenidas anteriormente como se señala en la Figura 4.8.

Figura 4.8*Sistema de coordenadas*

Nota: Fuente propia

En la Figura 4.9, se puede ver el DCL en el plano YZ con sus respectivas reacciones de las cuales se compone el elemento a analizar.

Figura 4.9*DCL tubo horizontal con reacciones principales*

Nota: Fuente propia

Al ser el elemento una parte simétrica solo se analiza las reacciones en un lado del elemento como se puede ver en la Figura 4.9, para encontrar las reacciones faltantes en el tubo horizontal se calculan mediante las ecuaciones de equilibrio (1) y (2) que posteriormente permiten el análisis del momento flector y cortante:

$$+\sum F = 0 \quad (1)$$

$$+\sum M = 0 \quad (2)$$

Al desarrollar el conjunto de ecuaciones de equilibrio se obtienen las reacciones faltantes en el plano YZ y se tiene $A_z = -374,433 \text{ N}$ y aplicando momento en el punto A se obtiene:

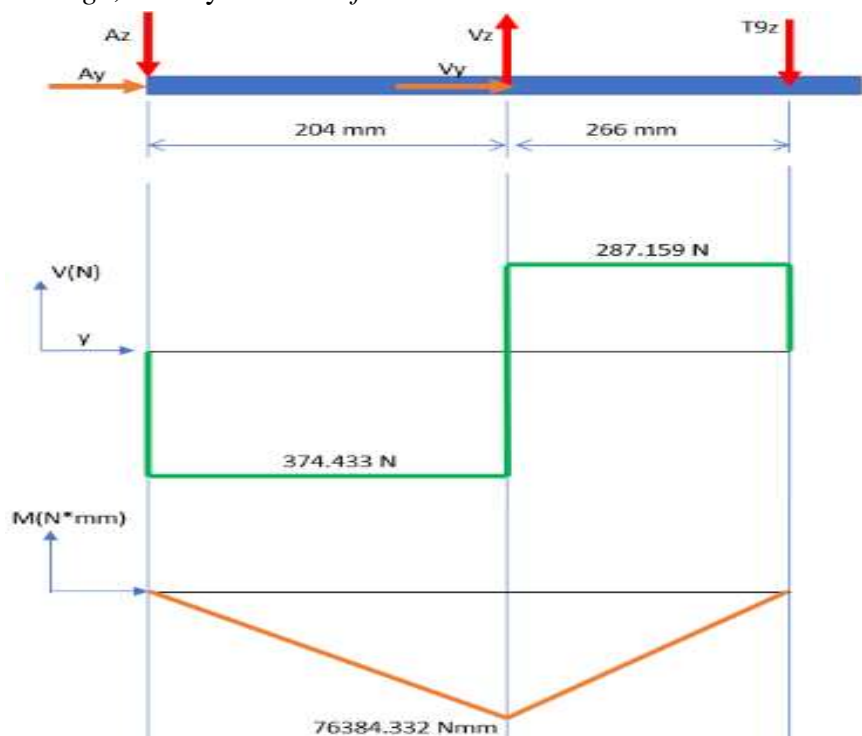
$$V_z = 661,517 \text{ N}$$

$$V = 1071,659 \text{ N}$$

Las reacciones obtenidas se remplazan en el diagrama de cargas que se puede ver en la Figura 4.10 y también se grafican las distribuciones correspondientes del diagrama de corte y momento que siempre se refieren a secciones donde la fuerza cortante es constante y el momento flector es nulo [57] y son obtenidas luego de desarrollar la parte analítica y se grafican como se muestra en la Figura 4.10.

Figura 4.10

Diagrama de carga, corte y momento flector



Nota: Fuente propia

Para determinar el esfuerzo en este elemento se considera la información proporcionada en la Tabla 4.36, también mencionar que la inercia se tiene a partir del catálogo DIPAC que tiene un valor de $I = 2,19 \text{ cm}^4$.

Tabla 4.36

Consideraciones para el análisis de esfuerzos

Datos	
Tubo estructural cuadrado	30 x 1.5 mm
Material	SAE J 403 1008
Limite a la fluencia	285 Mpa
Limite a la tracción	340 Mpa
Momento flector (M)	76375.516 N.mm
Distancia desde el centroide hasta donde se +determina el esfuerzo (c)	$\frac{30}{2} \text{ mm}$

Nota: Fuente propia

El esfuerzo se determina a partir del momento flector máximo, analíticamente se tiene como esfuerzo último de $\delta p = 312,5 \text{ MPa}$ y un esfuerzo admisible de $\delta n = 52,312 \text{ MPa}$. Para estimar el factor de seguridad analítico se usa la ecuación (3):

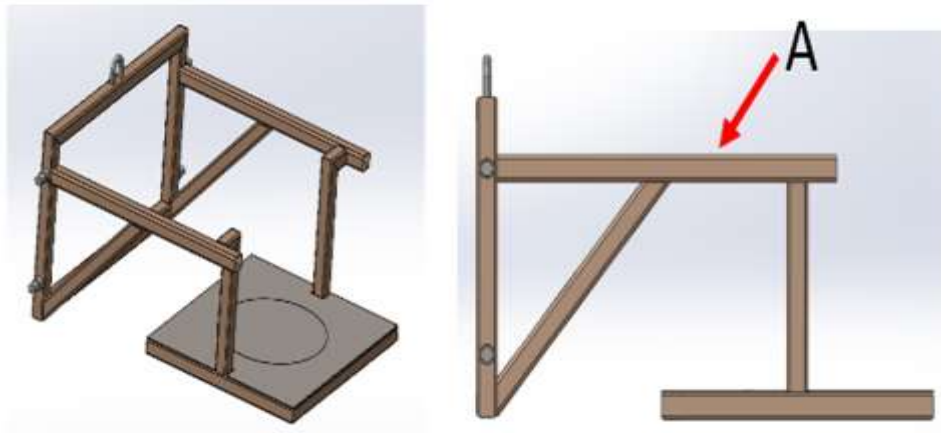
$$F_s = \frac{\delta p}{\delta n} \quad (3)$$

δp Donde esfuerzo último

δn Esfuerzo admisible

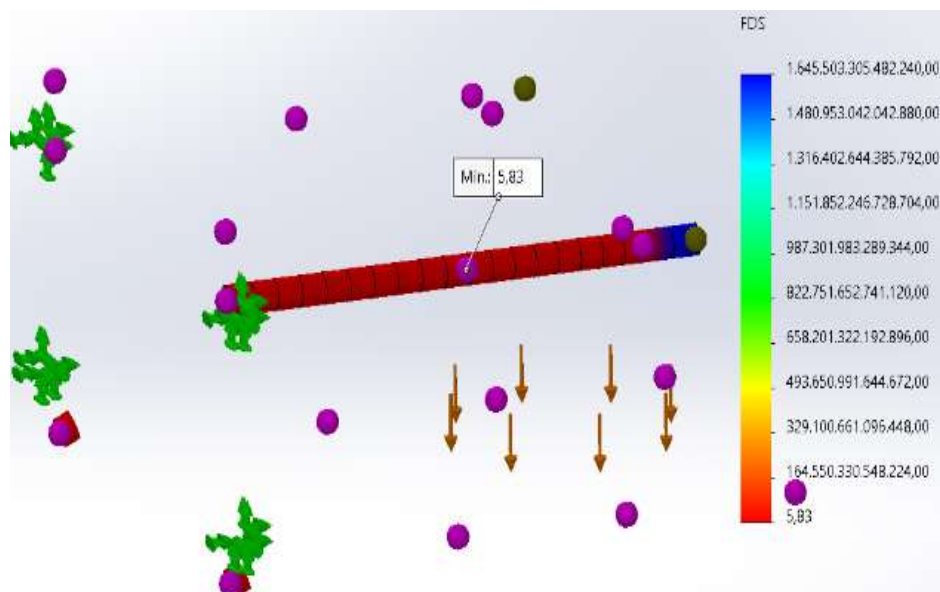
El factor de seguridad analítico se obtiene desarrollando la ecuación (3) y se tiene un valor de 5,974.

Para obtener el factor de seguridad de simulación se basa en base al siguiente modelo que se muestra en la Figura 4.11, donde se determinan los esfuerzos de los componentes señalados cuyos valores obtenidos por proceso analítico.

Figura 4.11*Modelo para la simulación*

Nota: Fuente propia

También se obtiene el factor de seguridad de simulación obtenida desde el modelado en software obteniendo un valor de 5,83 como se proporciona en la Figura 4.12.

Figura 4.12*Simulación Factor de seguridad*

Nota: Fuente propia

Para calcular el error entre factor de seguridad analítico y factor de seguridad de la simulación se usa la ecuación:

$$Error = \left| \frac{Fsa * Fss}{Fss} \right| * 100 \quad (4)$$

Donde

F_{sa} es el factor de seguridad analítico

F_{ss} es el factor de seguridad de simulación

Aplicando la ecuación (4) se obtiene un error de 2.466 % que es un valor admisible para el diseño del elemento.

Análisis perfil tipo U. Para el análisis de las reacciones en este perfil se considera la información proporcionada en la Tabla 4.37.

Tabla 4.37

Datos aplicando solo la carga de la estructura

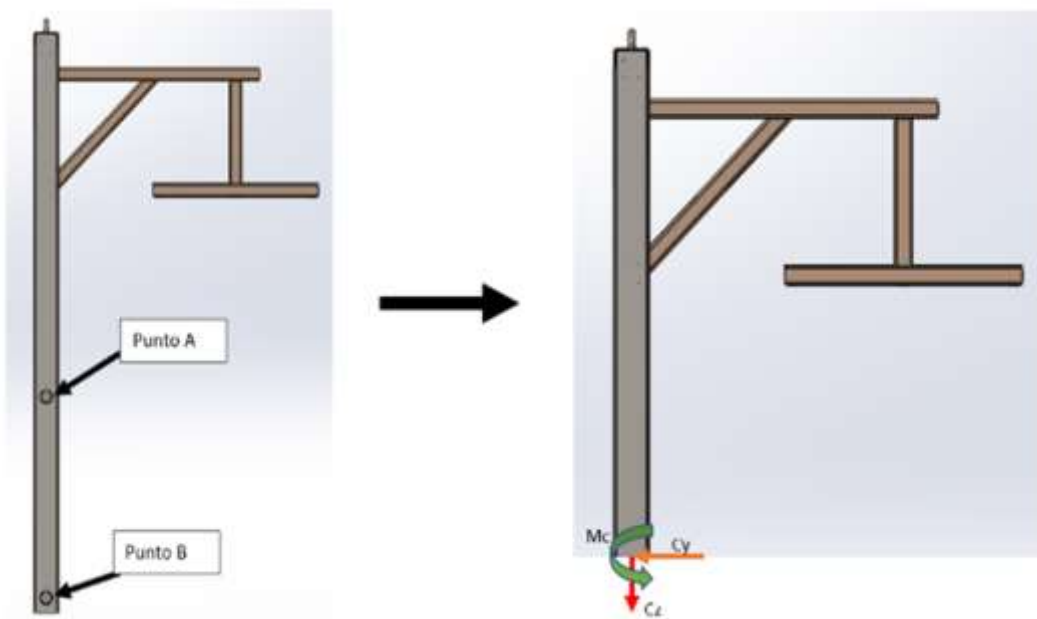
Datos análisis	
Tubo estructural tipo U	60 x 30 x 3mm
Carga del bidón	500N
Carga de la estructura (Ce)	64.45 N

Nota: Fuente propia

También se descarta la sección AB y se considera que hay un apoyo tipo empotrado en el punto A como se exhibe en la Figura 4.13, para evaluar se desprecia la masa de la estructura y se trabaja solo con la masa de la cantina de leche de 40 litros.

Figura 4.13

Posición punto A y Punto B

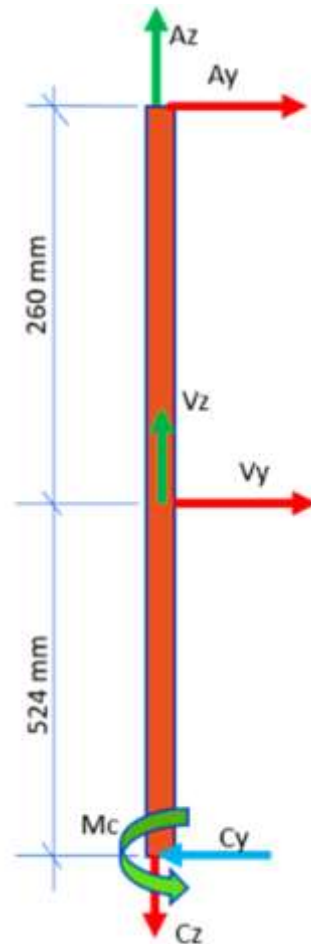


Nota: Fuente propia

Podemos reformular tomando en cuenta los aspectos mencionados anteriormente obteniendo el modelo simplificado que se puede ver la Figura 4.14.

Figura 4.14

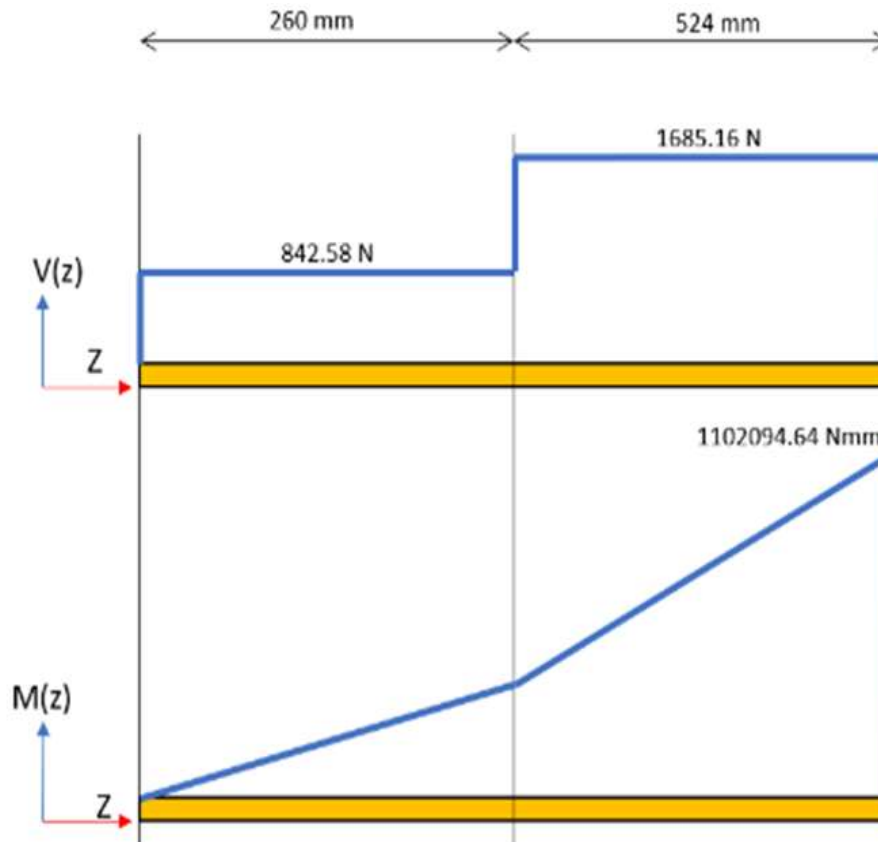
DCL Perfil tipo U



Nota: Fuente propia

Para el análisis de las reacciones restantes en este caso se sabe que se tiene las reacciones A_z, A_y, V_z, V_y , para las reacciones faltantes se usa la ecuación (1) de donde se obtiene $C_y = 1685,16$ N. Finalmente, se aplica la ecuación (2) de momento en el punto C obteniendo $M_c = 11020994,64$ N.mm.

Las reacciones obtenidas se remplazan en el diagrama de cargas que se puede ver en la Figura 4.15 y también se grafican las distribuciones correspondientes del diagrama de corte y momento que siempre se refieren a secciones donde la fuerza cortante es constante y el momento flector es nulo [57] y son obtenidas luego de desarrollar la parte analítica y se grafican como se muestra en la Figura 4.15.

Figura 4.15*Diagrama de corte y momento flector*

Nota: Fuente propia

Para evaluar el esfuerzo se las considera la información proporcionada en la Tabla 4.38, además la inercia se tiene a partir del catálogo Anexo F que tiene un valor de $I = 17,5 \text{ cm}^4$.

Tabla 4.38*Consideraciones para el análisis de esfuerzos*

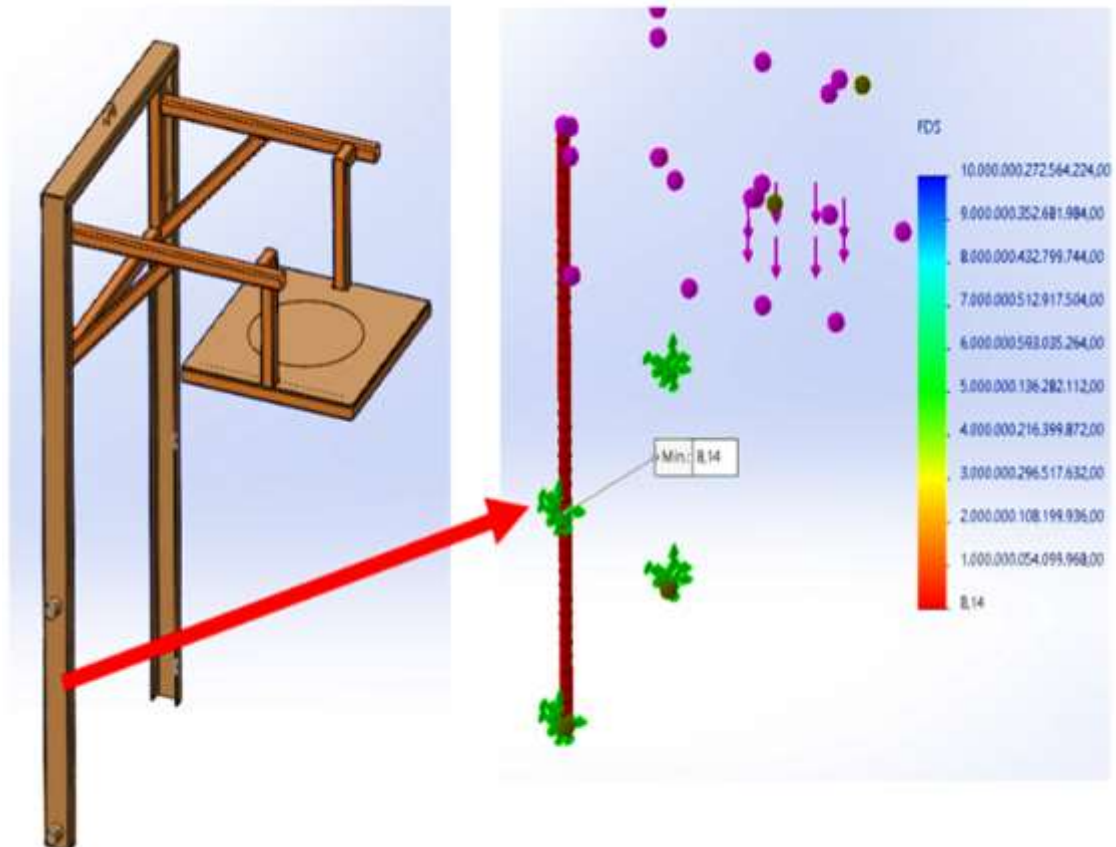
Datos	
Material	ASTM A36
Limite a la fluencia	250 Mpa
Limite a la tracción	340 Mpa
Momento flector (M)	1102094,64 N.mm
Distancia desde el centroide hasta donde se +determina el esfuerzo (c)	6,1 mm

Nota: Fuente propia

El esfuerzo se determina a partir del momento flector máximo, analíticamente se tiene como esfuerzo último de $\delta p = 280 \text{ MPa}$ y un esfuerzo admisible de $\delta n = 38,416 \text{ MPa}$ obteniendo con estos datos un factor de seguridad analítico de 7,28. Finalmente se procede con la simulación y se obtiene un factor de seguridad de simulación de 8,14 que se puede visualizar en la Figura 4.16.

Figura 4.16

Simulación Factor de seguridad



Nota: Fuente propia

Para calcular el error entre factor de seguridad analítico y factor de seguridad de la simulación se puede usar la ecuación (4) se obtiene un error de 10.459 % que es un valor admisible para el diseño del elemento.

Análisis asiento de la cantina de leche. Para el análisis del asiento se considera en cuenta algunos datos que se proporcionan en la Tabla 4.39, además se considera el concepto que el material SAE 1008 se utiliza en fabricación de partes de maquinaria que no se sujetan a grandes esfuerzos.

Tabla 4.39

Datos aplicando solo la carga de la estructura

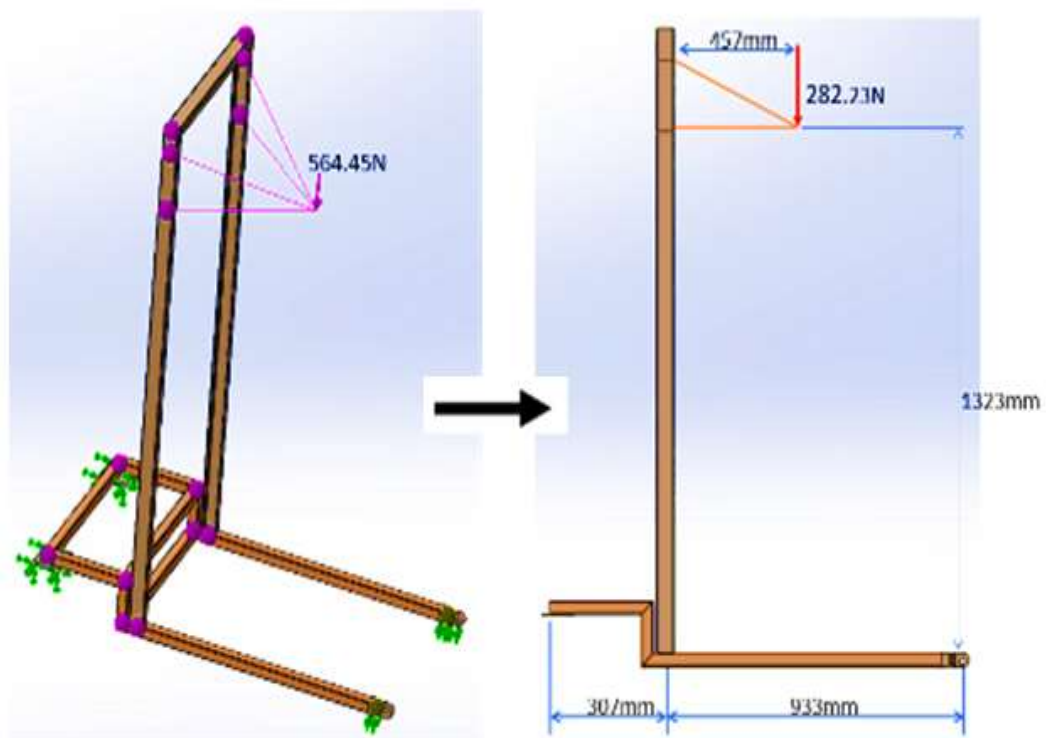
Datos análisis	
Tubo estructural cuadrado	40 x 2mm
Carga del asiento	64,45 N
Carga de la cantina	500 N
Material	SAE 1008

Nota: Fuente propia

Se desarrolla el DCL para el elemento como se ver en la Figura 4.17, donde se puede ver las principales reacciones que actúan en el elemento.

Figura 4.17

DCL con las principales reacciones

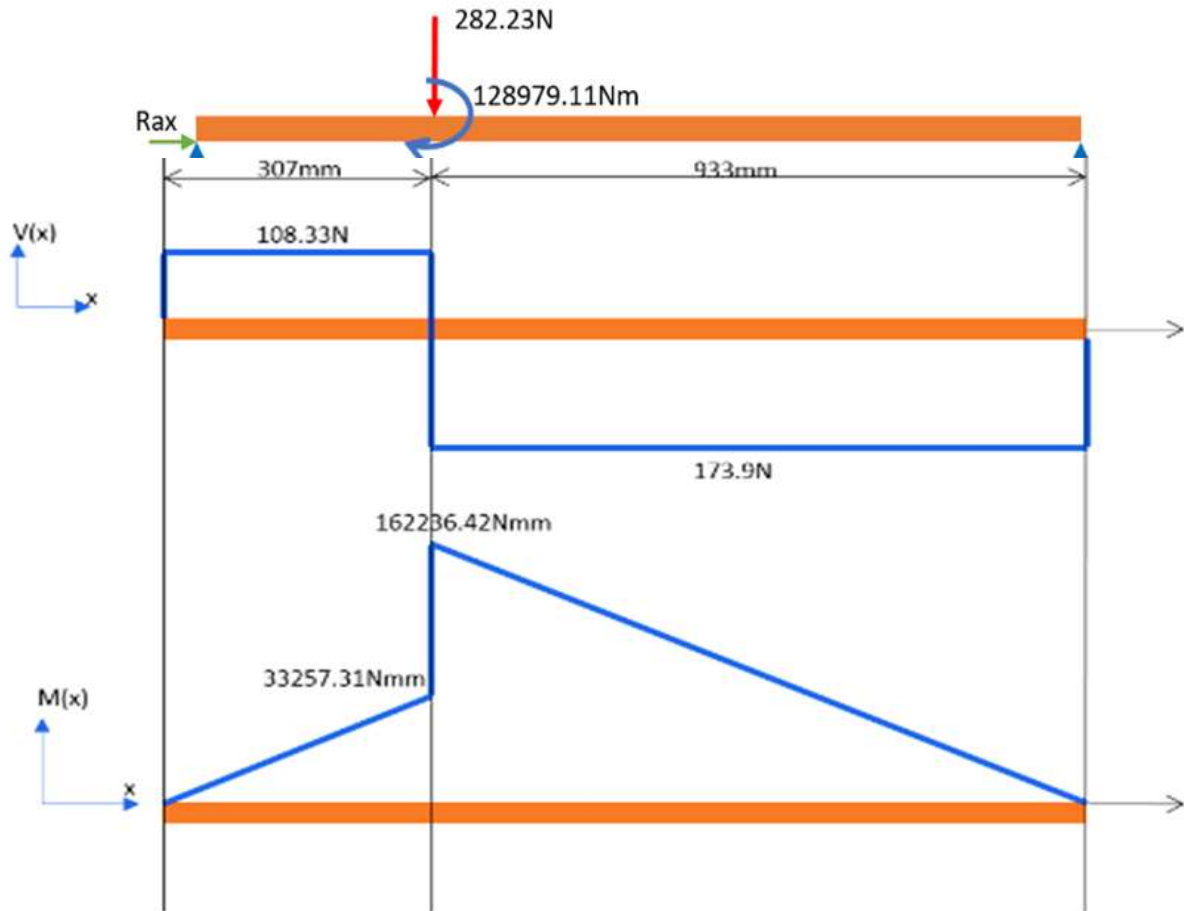


Nota: Fuente propia

Las respuestas obtenidas se remplazan en el esquema de cargas que se puede ver en la Figura 4.18 y también se grafican las distribuciones correspondientes del diagrama de corte y el momento que siempre se refieren a secciones donde la fuerza cortante es constante y el momento flector es nulo [57] y son obtenidas luego de desarrollar la parte analítica y se grafican como se muestra en la Figura 4.18.

Figura 4.18

Diagrama de carga, corte y momento flector



Nota: Fuente propia

Para calcular el esfuerzo se considera los datos que se proporcionan en la Tabla 4.40, además la inercia se tiene a partir del catálogo Anexo F que tiene un valor de $I = 6,93 \text{ cm}^4$.

Tabla 4.40

Consideraciones para el análisis de esfuerzos

Datos	
Material	SAE 1008
Limite a la fluencia	46,82 Mpa
Limite a la tracción	330 Mpa
Momento flector (M)	162236,46 N.mm
Distancia desde el centroide hasta donde se +determina el esfuerzo (c)	20 mm

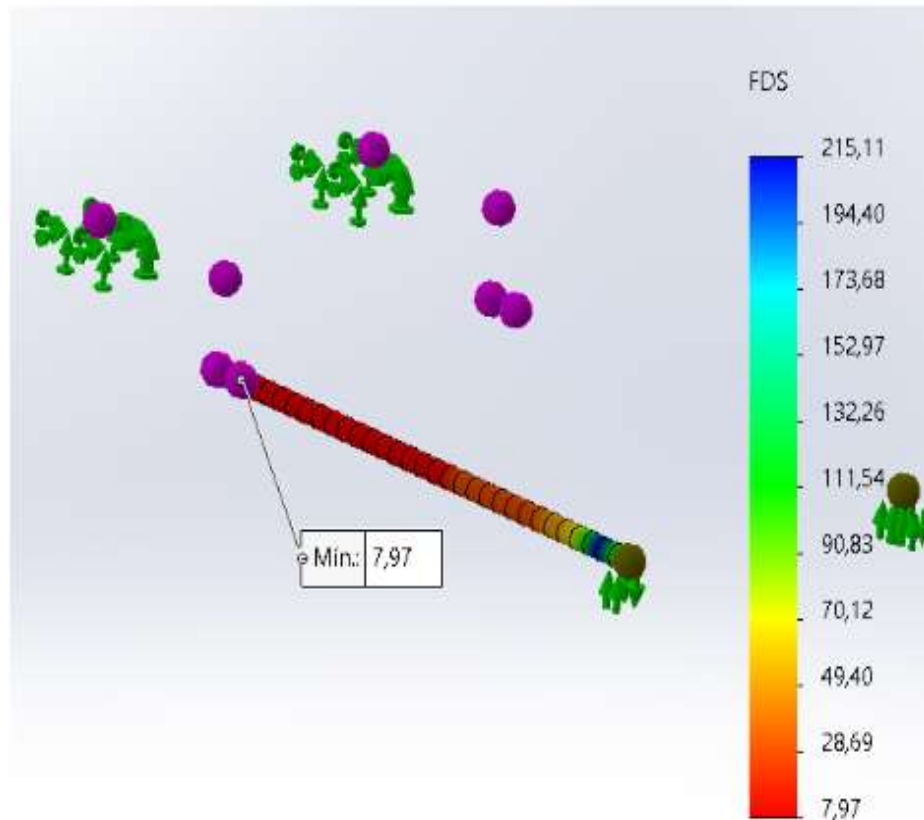
Nota: Fuente propia

El esfuerzo se determina a partir del momento flector máximo, analíticamente se tiene como esfuerzo último de $\delta p = 330 \text{ MPa}$ y un esfuerzo último de $\delta n = 46,82 \text{ MPa}$.

También se obtiene el factor de seguridad de simulación obtenida desde el software de modelado y se tiene un valor de 7.97 como se puede ver en la Figura 4.19Figura 4.12.

Figura 4.19

Simulación Factor de seguridad



Nota: Fuente propia

Para definir el error entre factor de seguridad analítico y factor de seguridad de la simulación se puede usar la ecuación (4) se obtiene un error de 11.568 % que es un valor admisible para el diseño del elemento.

Análisis fuerza requerida para volteo de la cantina de leche. Como se sabe el diseño de la máquina para izaje y volteo de cantinas de leche de 40 litros se basa en dos fases de funcionamiento, la primera fase es la elevación de la cantina de leche y la segunda es permitir el proceso de volteo para el vaciado del contenido de la cantina, para analizar la fuerza requerida para esta última fase de volteo se considera los datos que se proporcionan en la Tabla 4.41.

Tabla 4.41*Consideraciones para análisis proceso de volteo*

Nominación	Datos
Diámetro de volante	20cm
Masa cantina de leche (M)	500 N
Aceleración de rotación	0.5 <i>rad/s</i> ²

Nota: Fuente propia

Además, se considera dos datos secundarios: el primer dato es considerar a la cantina de leche como un cilindro ideal y el segundo dato es tener en cuenta que no habrá fricción por parte de los rodamientos durante el proceso de volteo. Para el proceso de volteo es necesario calcular el momento de inercia que representa la cuantificación de la capacidad de resistencia de un objeto ante cambios en su movimiento [58], la ecuación del momento de inercia consta de dos datos fundamentales la masa y el radio de la cantina de leche como se describe en la ecuación (5).

$$I = \frac{1}{2} M \cdot R^2 \quad (5)$$

Aplicando la ecuación (5) se obtiene un momento de inercia de 0,653 *kg.m*².

Para hallar la fuerza total necesaria para girar al volante se debe tener en cuenta de dos componentes: la fuerza tangencial que describe el movimiento circular no uniforme y la fuerza centrípeta que es aquella que mantiene al tanque en movimiento circular [59]. Las ecuaciones (6) y (7) permiten calcular las fuerzas tangencial y centrípeta respectivamente.

Tabla 4.42*Datos para análisis de fuerza tangencial y fuerza centrípeta*

Datos	
Masa de la cantina (<i>M</i>)	50.986 <i>cm</i>
Radio de la cantina de leche (<i>r</i>)	20 <i>cm</i>
Aceleración angular (<i>a</i>)	0.5 $\frac{rad}{s^2}$
Momento de inercia (<i>I</i>)	0.653 <i>kg.m</i> ²

Nota: Fuente propia

Para analizar las fuerzas mencionadas anteriormente se consideran los datos que se pueden ver en la Tabla 4.42, para el análisis de la fuerza tangencial se usa la ecuación (6).

$$F_t = I \cdot \frac{a}{r} \quad (6)$$

Al desarrollar la ecuación (6) se obtiene una fuerza tangencial de 1.632 N.

Para calcular la fuerza centrípeta se usa la ecuación (7) y se considera también los datos de la Tabla 4.42.

$$F_c = M \cdot r \cdot a \quad (7)$$

Desarrollando la ecuación (7) se obtiene como resultado una fuerza centrípeta de 5.099 N.

La fuerza total para el proceso de volteo se obtiene al realizar la sumatoria entre la fuerza tangencial y la fuerza centrípeta obteniendo una fuerza de 6.73 N que se debe ejercer al volante.

Cálculo momento torsor. Para calcular el momento torsor se considera algunos datos que muestra en la Tabla 4.43.

Tabla 4.43

Consideraciones para cálculo del momento torsor

Magnitud	Valor
Radio volante (r)	15 cm
Fuerza tangencial (Ft)	2.2 N
Fuerza centrípeta (Fc)	3.8 N
Vector unitario (n)	-1

Nota: Fuente propia

Para este análisis se supone que la fuerza neta (Fn) es perpendicular al vector posición (90°), para calcular Fn se procede a la sumatoria de la fuerza tangencial y la fuerza centrípeta que se mencionó anteriormente.

Para calcular el momento torsor se usa la ecuación (8)

$$T = r \cdot F \quad (8)$$

Donde

r es el radio del eje

F es la fuerza neta

Aplicando la ecuación (8) se obtiene un momento torsor de -0.9 N.m.

Para calcular el coeficiente de concentrador de esfuerzos K_t se considera el diámetro externo $D = 17\text{mm}$, diámetro interno de 14,3 mm y los datos que muestran en el anexo y se usa la ecuación (9).

$$K_t = A\left(\frac{r}{d}\right)^b \quad (9)$$

Al desarrollar la ecuación (9) se obtiene un valor K_t de 1,307 mismo que posteriormente se usa para el estudio del esfuerzo cortante promedio τ . Para evaluar el esfuerzo se considera los datos que se proporcionan en la Tabla 4.44.

Tabla 4.44

Consideraciones para el análisis de esfuerzos

Datos	
Torque	-0.9 N.m
Momento polar de inercia (J)	$4.105 \cdot 10^4 \text{ m}^4$.
Factor concentrador de esfuerzos (Kt)	1.307

Nota: Fuente propia

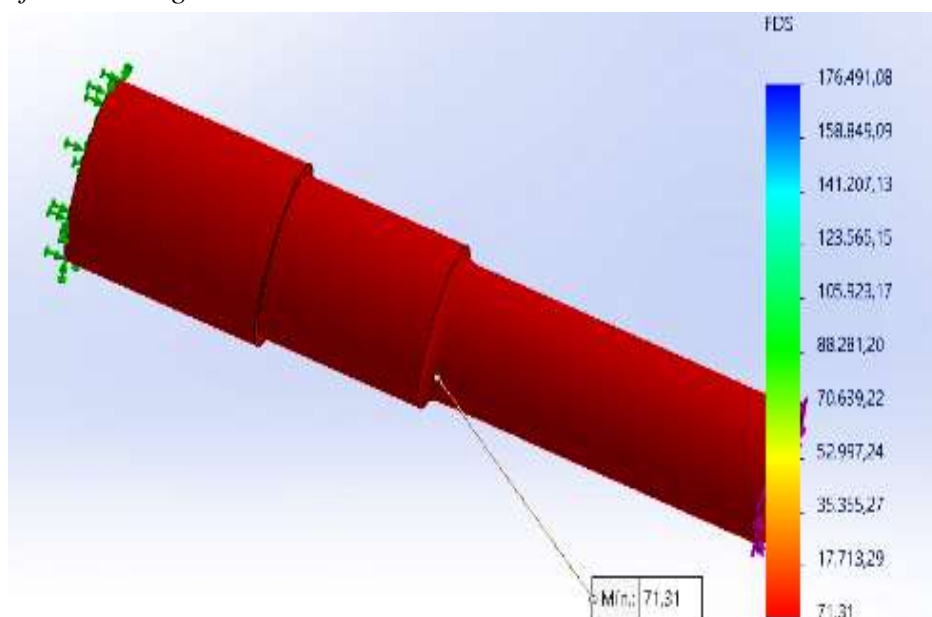
Para calcular el esfuerzo cortante promedio τ se usa la ecuación (10)

$$\tau = \frac{16 \cdot Tl \cdot K_t}{\pi \cdot d^3} \quad (10)$$

Al desarrollar la ecuación (10) se obtiene un esfuerzo cortante promedio de 2,048 MPa que posteriormente realizando operaciones se obtiene analíticamente un factor de seguridad de 67,654, También se adquiere el factor de seguridad de simulación obtenida desde el software que tiene un valor de 71,31 que indica en la Figura 4.20.

Figura 4.20

Simulación factor de seguridad



Nota: Fuente propia

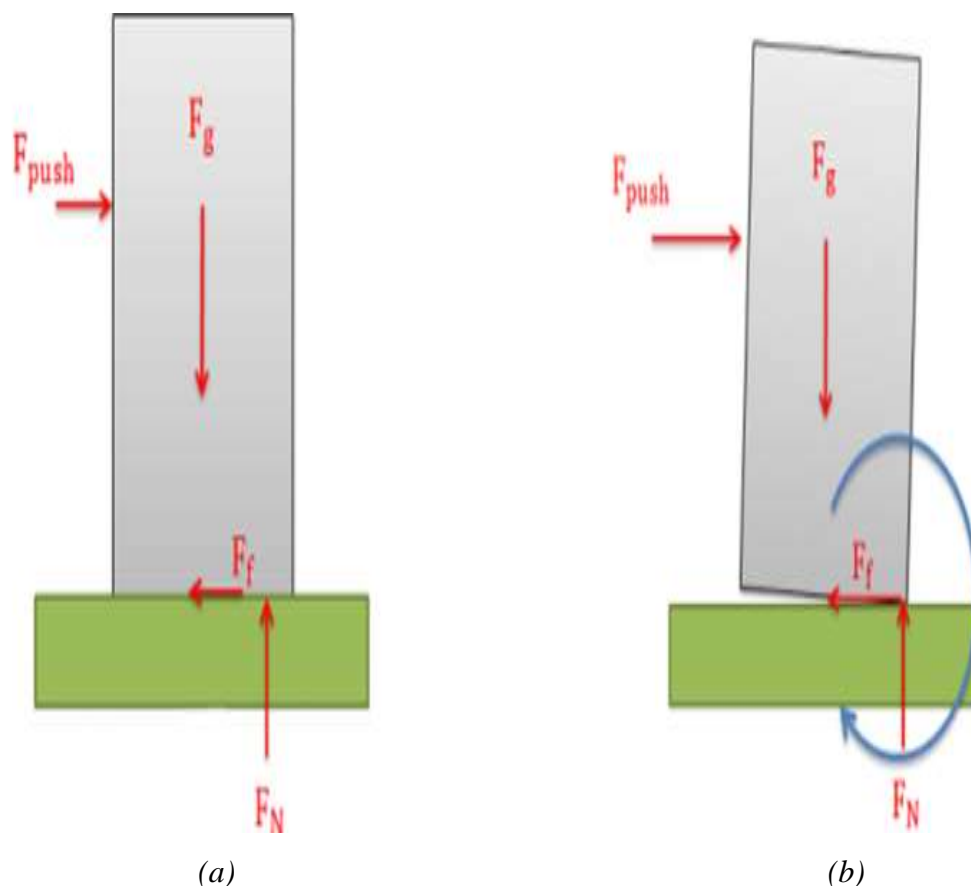
Para calcular el error entre factor de seguridad analítico y factor de seguridad de simulación se usa la ecuación (4) se obtiene un error de 5,127 % que es un valor admisible para el diseño del elemento.

Análisis estabilidad de la máquina. Para demostrar que la máquina no vuelque cuando está con el contenido se debe tener en cuenta que puede ocurrir dos escenarios con el sistema; el primer escenario cuando el sistema se desplaza y el segundo cuando se voltea. Esto ocurre por dos razones el primero debido a la posición en la que se encuentra la carga y segundo debido a la posición en la que se aplica una carga externa [60].

Para el análisis se supone un sistema con dos apoyos cuando comience la inclinación o volteo como se puede ver en la Figura 4.21 (b) a causa de las razones previamente mencionadas solo se tendrá un apoyo y un volteo inminente ocurre cuando $\sum M \geq 0$.

Figura 4.21

Consideraciones para el análisis de estabilidad de la máquina [60]

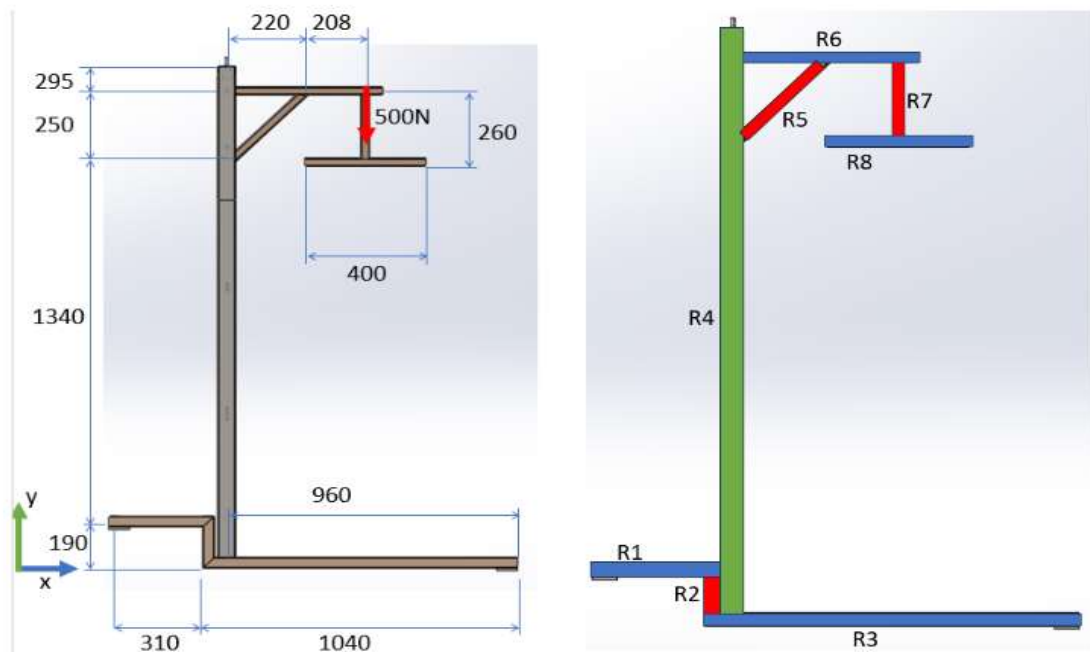


Nota: Fuente propia

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente para simplificar el sistema se lo divide a la máquina en rectángulos como se puede ver en la Figura 4.22.

Figura 4.22

Datos para análisis de estabilidad de máquina



Nota: Fuente propia

También se considera la masa total de la cantina de leche de 500 N y también las dimensiones de la cantina como el diámetro de 320 mm y una altura de 550 mm. Para calcular los centros de gravedad en cada uno de los ejes x e y se usan los datos que se proporcionan en la tabla Tabla 4.45.

Tabla 4.45

Resultados de las secciones de los triángulos

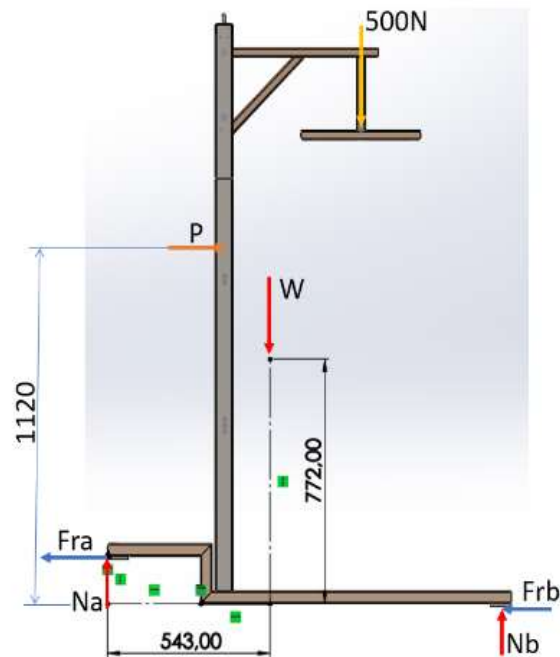
	m (kg)	x (mm)	y (mm)
Rectángulo 1	0.84	175	210
Rectángulo 2	0.11	330	115
Rectángulo 3	2.51	830	20
Rectángulo 4	4.58	390	934
Rectángulo 5	0.47	500	1630
Rectángulo 6	0.675	655	1737
Rectángulo 7	0.31	847	1607
Rectángulo 8	0.54	847	1477

Nota: Fuente propia

Realizando operaciones se obtiene los centros de gravedad en cada una de las coordenadas: centro de gravedad en el eje x 0,543 m y en el eje y 0,772 m respectivamente como se indica en la Figura 4.23. Finalmente, se evalúa w total, que se obtiene de la sumatoria de todos los rectángulos obteniendo un $w = 105,569$ N.

Figura 4.23

Principales reacciones de la máquina



Nota: Fuente propia

A continuación, se hace una sumatoria de momento en el punto Frb y se obtiene la siguiente ecuación.

$$-(P)(1120) + W(807) + (500)(503) = 0$$

Realizando operaciones a la ecuación se obtiene un momento $M = -341$ N.m que al ser un valor negativo indica que no existe riesgo de volteo de la máquina para izaje y volteo de cantinas de leche de 40 litros.

4.2.2 Sistema de potencia

La máquina para izaje y volteo consta de un solo motor, para seleccionar el motor se debe tener en cuenta la masa de la estructura a elevar ($E_v = 291,36$ N + 10%, se estima una carga generada por la cantina lechera $G_v = 500$ N y una altura de elevación $h = 1,5$ m con un tiempo de elevación de 5 s. Para calcular el torque necesario depende del radio del eje del motor y de la fuerza de empuje, se supone que el motor cuenta con un armazón 145 T, cuyo diámetro

de flecha D_f es de 7/8, tomada de la tabla Anexo I, para calcular el torque para el motor (T_n) se usa la ecuación (11)

$$T_n = R_f \cdot C_t \quad (11)$$

Donde

R_f es el módulo radiofrecuencia

C_t es la suma de la estructura a elevar más la carga generada por los bidones

Desarrollando la ecuación (11) se tiene $T_n = 8.794 J$

Para evaluar la velocidad angular del motor se usa la ecuación (12)

$$\omega = \frac{V}{R_f} \quad (12)$$

Donde

V es la velocidad lineal mismo que se obtiene entre la altura a elevar y tiempo a elevar.

Al desarrollar la ecuación (12) se tiene $\omega = 1620 \text{ rpm}$

Al no tener un valor exacto se selecciona un valor cercano superior que es 1800 RPM como indica en la Tabla 4.46.

Tabla 4.46

Tabla selección motor por revoluciones

Motor	Rotación sincrónica	
	60 Hz	50 Hz
2 polos	3600 rpm	3000 rpm
4 polos	1800 rpm	1500 rpm
6 polos	1200 rpm	1000 rpm
8 polos	900 rpm	750 rpm

Nota: [61]

Para hallar la potencia (P) del motor se usa la ecuación (13)

$$P = T_n \cdot \omega \quad (13)$$

Desarrollando la ecuación (13) se tiene una potencia $P = 237,408 \text{ W}$ que es equivalente a $0,318 \text{ hp}$

Al haber trabajado de manera conservadora con los datos se puede seleccionar un motor de $\frac{1}{2} \text{ hp}$ para el proceso de elevación de la cantina de leche.

4.2.3 *Diseño del sistema de potencia.*

El modelado del conjunto parte del análisis y funcionalidad empezando por entradas y salidas, las entradas son aquellas que habilitan el cumplimiento del mecanismo es decir que trasladan las señales y las salidas a los actuadores, cada uno de los elementos que componen el sistema cuenta con una función específica como se puede ver en la Tabla 4.47, las etiquetas posteriormente serán usadas para realizar la tabla de verdad.

Tabla 4.47

Entradas y salidas

Etiqueta	Elemento	Descripción
-Q	Disyuntor monofásico	Protege a las personas de sufrir un choque eléctrico.
-Q1	Disyuntor trifásico	
-F	Relé térmico 1	Protección contra sobre corrientes
-F1	Relé térmico 2	
-K1	Relé 1	Se enciende cuando -S3 se activa
-K2	Relé 2	Se enciende cuando -S4 se activa.
-K3	Relé 3	Controla el encendido/apagado del freno electromagnético
-S1	Pulsador 1	Activa al motor en el sentido de giro 1
-S2	Pulsador 2	Activa al motor en el sentido de giro 2
-S3	Final de carrera 1	Límite de subida del elevador
-S4	Final de carrera 2	Límite de bajada del elevador
-KM1	Contactador 1	Controlan el sentido de giro del motor
-KM2	Contactador 2	
-H1	Freno electromagnético	Se enciende cuando -K3 se activa
-M1	Motor eléctrico	Eleva/Baja los bidones.

Para el modelado del sistema de control se ha implementado el estudio por medio de tabla de verdad con sus respectivas etiquetas como se puede ver en la Tabla 4.48, los de color rojo son las combinaciones que no pueden coexistir y teniendo en cuenta que S3 y S4 son los finales de carrera que no se activaran a la vez debido a que el elevador siempre estará en un punto específico ya sea al inicio o al final.

Tabla 4.48

Tabla de verdad para el diseño del sistema de control

S1	S2	S3	S4	H1	M
1	1	1	1		
1	1	1	0		
1	1	0	1		
1	1	0	0		
1	0	1	1		
1	0	1	0	1	0
1	0	0	1		
1	0	0	0	1	1
0	1	1	1		
0	1	1	0		
0	1	0	1	1	0
0	1	0	0	0	1
0	0	1	1		
0	0	1	0	1	0
0	0	0	1	1	0
0	0	0	0	1	0

Nota: Fuente propia

A partir del análisis con la tabla de verdad se puede llegar a un diseño final para el modelado del sistema de control como se puede ver en Anexo J.

5 V. Conclusiones Y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

El estudio de la obtención de la leche y su traslado hacia el centro de acopio de leche Urcusiqui permitió conocer acerca del uso y tipo de maniobras a la que se somete la cantina de leche.

La metodología del diseño QFD determinó que las exigencias principales del mecanismo en su conjunto fuesen materiales de calidad, normas industriales, piezas fáciles de ensamblar y estética y ergonomía

Los modelos 3D son diseñados de acuerdo a la disponibilidad de los componentes en la localidad.

Se validan cada una de las partes de la máquina con un error del 11%, mediante cálculos analíticos que evalúan el factor de seguridad y esfuerzo máximo y también mediante las simulaciones a los elementos.

Para este tipo de diseños de máquinas es mejor aplicar lógica cableada debido a la asequibilidad de los componentes que integran el sistema.

5.2 Recomendaciones

En caso de construcción de la máquina se recomienda un mantenimiento preventivo realizando limpiezas profundas cada año para su correcto funcionamiento.

Para trabajos futuros se recomienda que el sistema de volteo de la máquina sea automatizado, con el fin de reducir lesiones físicas en sus operarios y obtener precisión durante la etapa de volteo de la cantina lechera.

Para el proceso de implementación de la máquina en el centro de acopio se debe tener en cuenta que durante el proceso de manufactura se aplique las BPM de las leches para evitar la contaminación entre máquina y alimento.

6 BIBLIOGRAFIA

- [1] D. Salazar and J. César Muñoz, “Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC),” 2022.
- [2] GPI, “CONTRATACIÓN DEL SERVICIO DE CONSULTORÍA DE LA AGENDA PRODUCTIVA DE LA PROVINCIA DE IMBABURA,” 2020.
- [3] “Centros de acopio de leche del MAGAP cuentan con acuerdo comercial – Ministerio de Agricultura y Ganadería.” <https://www.agricultura.gob.ec/centros-de-acopio-de-leche-del-magap-cuentan-con-acuerdo-comercial/>
- [4] B. Prácticas De Ordeño, “Producción de la leche”.
- [5] “Guía para la selección de ayudas a la manipulación de cargas”.
- [6] INEN, “ERGONOMÍA. EVALUACIÓN DE POSTURAS DE TRABAJO ESTÁTICAS,” 2000.
- [7] L. Ruiz Ruiz, M. Félix, and V. Fernández, “Guía para la selección de ayudas a la manipulación de cargas”.
- [8] G. Colombia, “Normativa aplicable a la seguridad y salud en el trabajo,” 627.
- [9] “Lesiones más comunes causadas por sobreesfuerzo muscular.” <https://blogs.imf-formacion.com/blog/prevencion-riesgos-laborales/sin-categoria/lesiones-sobreesfuerzo-muscular/>
- [10] X. Rambla Alegre, “Diseño de un volcador de contenedores de plástico para el sector hortofrutícola,” 2018, [Online]. Available: <https://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/180210>
- [11] V. A. Chicaiza Pita and Espol, “Diseño de un elevador-volteador de contenedores de materia prima en la industria cárnica,” Jul. 2018, Accessed: May 14, 2023. [Online]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/44402>
- [12] H. I. Bonilla Choca, “Diseño y modelado virtual de un elevador industrial de carga por tracción de adherencia,” Oct. 2015, [Online]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/30656>
- [13] A. Colombia, A. ; Gómez, and O. Bedoya Mejía, “Revista Lasallista de Investigación,” *Rev Lasallista Investig*, vol. 2, no. 1, pp. 38–42, 2005, Accessed: May 14, 2023. [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69520107>

- [14] A. Colombia, A. ; Gómez, and O. Bedoya Mejía, “Composición nutricional de la leche de ganado vacuno,” *Rev Lasallista Investig*, vol. 2, no. 1, pp. 38–42, 2005, [Online]. Available: <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/31684>
- [15] GPI, “CONTRATACIÓN DEL SERVICIO DE CONSULTORÍA DE LA AGENDA PRODUCTIVA DE LA PROVINCIA DE IMBABURA,” 2021.
- [16] L. Molina, “ORDEÑO MANUAL CAPACITACION CAMPESINA.,” 1985. <https://docplayer.es/81481756-Ordeno-manual-capacitacion-campesina-cartilla-1-division-de-formacion-a-distancia-division-agropecuaria-division-p-p-p-r.html>
- [17] “Ordeño manual. Imagen de trabajadora.,” 2021. <https://es.dreamstime.com/im%C3%A1genes-de-archivo-libres-de-regal%C3%ADas-orde%C3%B1o-manual-manualmente-image25071739>
- [18] U. Politécnica, S. Ecuador, B. García, N. ; Requelme, and N. De Jesús, “Buenas prácticas de Ordeño y la Calidad higiénica de la Leche en el Ecuador,” vol. 14, no. 2, pp. 45–57, 2011, [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047398005>
- [19] J. Flores, P. García, C. Campos, C. Moreno, and Agrocalidad, “INSTRUCTIVO PARA “TOMA DE MUESTRAS DE LECHE CRUDA Y SUERO DE LECHE,” 2020.
- [20] “Ordeño Mecánico | Intagri S.C.” <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/orde%C3%B1o-mecanico>
- [21] D. G. Ferraro, “CONCEPTO DE CALIDAD DE LECHE. SU IMPORTANCIA PARA LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL Y PARA LA SALUD DEL CUNSUMIDOR”.
- [22] “Microlab Industrial - Análisis para control de calidad de leche y sus derivados.” <https://www.microlabindustrial.com/blog/analisis-para-control-de-calidad-de-leche-y-sus-derivados>
- [23] R. Contero *et al.*, “CALIDAD DE LA LECHE CRUDA Y SISTEMA DE PAGO POR CALIDAD EN EL ECUADOR,” *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida* , vol. 33, no. 1, pp. 31–43, Feb. 2021, doi: 10.17163/LGR.N33.2021.03.
- [24] E. Norma, “REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYO Y CALIBRACIÓN (ISO/IEC 17025:2017, IDT),” 2018, Accessed: May 14, 2023. [Online]. Available: www.iso.org
- [25] “INDICADORES DE CALIDAD DE LECHE CRUDAS EN DIFERENTES REGIONES DE COLOMBIA.”

- http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682006000100006
- [26] “Bidón lechero 40 litros ganadería tapa caucho industria - La Cobacha.” <https://www.lacobacha.com.ec/producto/bidon-lechero-40-litros-ganaderia-tapa-caucho-industria/>
- [27] “BIDÓN LECHERO CON TAPA UMCO | Umcoecuador.com.” <https://agrosopio.com/producto/bidon-lechero-con-tapa-en-acero-inoxidable-umco/>
- [28] M. De Usuario *et al.*, “AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO”, [Online]. Available: <https://guia.agrocalidad.gob.ec>
- [29] “Centros de acopio de leche del MAGAP cuentan con acuerdo comercial – Ministerio de Agricultura y Ganadería.” <https://www.agricultura.gob.ec/centros-de-acopio-de-leche-del-magap-cuentan-con-acuerdo-comercial/>
- [30] Q. -Ecuador, “INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 9: 2008 Cuarta Revisión”.
- [31] “Norma Técnica Colombiana NTC 4979: Leche y productos lácteos. Determinación ... - Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) - Google Libros.” https://books.google.com.ec/books/about/Norma_T%C3%A9cnica_Colombiana_NTC_4979.html?id=X-srswEACAAJ&redir_esc=y
- [32] FAO, “Buenas prácticas de ordeño,” 2011.
- [33] E. Norma, “TANQUES PARA LA REFRIGERACIÓN DE LECHE A GRANEL (ISO 5708:1983, IDT),” 2016.
- [34] “TANQUE ENFRIADOR DE LECHE VERTICAL CARACTERISTICAS.” <https://cesaroperu.com/shop/equipos-proceso-lacteo/tanques-de-enfriamiento/tanque-enfriador-vertical/>
- [35] D. José, Z. Murillo, D. Oviedo, C. Andrade, and C. Membreño, “Manual de procesamiento lácteo”.
- [36] LHAURA, “Filtro de Aluminio de leche”.
- [37] Admin, “Limpieza y desinfección de equipos de ordeño y tanques de enfriamiento,” *Pure Water*, 2022.
- [38] “Limpieza y desinfección del equipo de ordeño – DAIReXNET.” <https://dairy-cattle.extension.org/limpieza-y-desinfeccion-del-equipo-de-ordeno/>

- [39] “DeLaval.” https://www.ganaderia.com/micrositio/DeLaval/%C2%BFPor-que-de-la-refrigeracion-de-la-Leche_
- [40] DeLaval, “Productos desinfectantes para equipos de ordeño - Proquimia,” 2021. <https://www.proquimia.com/desinfectantes-equipos-ordeno/>
- [41] RIMAC, “SEGURIDAD EN IZAJE DE CARGAS,” 2015. <https://prevencionlaboralrimac.com/articulo/Seguridad-en-izaje-de-cargas>.
- [42] Seguridad minera, “3 causas principales de los accidentes en el izaje de carga,” 2020. <https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/3-causas-principales-de-los-accidentes-en-el-izaje-de-carga/>
- [43] UGI, “Manipulación manual de cargas – Riesgos Laborales,” 2021. <https://riesgoslaborales.saludlaboral.org/portal-preventivo/riesgos-laborales/riesgos-relacionados-con-la-seguridad-en-el-trabajo/manipulacion-manual-de-cargas/>
- [44] G. Abonir, “Apilador Manual Volteador de Bidones de 400Kg a 1.350mm,” 2020. <https://www.abonirgrupo.com/producto/apilador-manual-volteador-de-bidones/>
- [45] SITECRAFT, “Drum Handling Equipment,” *Materials Handling Equipment*.
- [46] MAQ DEPOT PERÚ, “Volteador de Cilindro BS-80A |,” 2022. <https://maq.com.pe/producto/volteador-de-cilindro-bs-80a/>.
- [47] AGV, “AGV apilador con contenedor volteador AXTER FRED SYSTEM G6 RL,” 2022. <https://www.industic.es/prod/agv-apilador-contenedor-volteador-axter-1341>
- [48] AGV, “Apilador Manual Hidráulico Volteador De Tambos. Excelente Calidad,” 2022. <https://www.montacargasypatinesengualajara.com/producto/apilador-manual-hidraulico-volteador-de-tambos/>.
- [49] ROCESAN, “Procedimiento de izado de cargas | Transportes Rocesan ®,” 2022. <https://www.rocesan.com/blog/procedimiento-de-izado-de-cargas>.
- [50] UPRL, “Mantenimiento de máquinas y equipos de trabajo | Unidad de Prevención de Riesgos Laborales,” 2019. <https://uprl.unizar.es/seguridad-laboral/mantenimiento-de-maquinas-y-equipos-de-trabajo>
- [51] I. Uribe, “Mantenimiento industrial: correctivo, preventivo y predictivo - SecmotiC,” 2022. <https://secmotiC.com/mantenimiento-industrial-correctivo-preventivo-y-predictivo/#gref>
- [52] A. Falcó, “Despliegue de la Función de Calidad (QFD),” 2009.
- [53] E. Yacuzzi, “QFD: CONCEPTOS, APLICACIONES Y NUEVOS DESARROLLOS”.

- [54] V. Erazo, F. Valencia, C. Mejía, and D. Terán, “Aplicación de ingeniería simultánea en la construcción de máquinas por parte de mipymes metalmecánicas del Ecuador,” 2017. https://scholar.google.es/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=jAzpoowAAAJ&citation_for_view=jAzpoowAAAAJ:YsMSGLbcyi4C
- [55] G. García, “Una teoría general de análisis en el diseño de elementos de máquinas,” 2015.
- [56] D. Y. Para Fabricación Ensamblaje, F. Prodintec, J. Fernández García Víctor López García Rubén Sánchez Lamas Rosa Maria Antuña Nuño Consultor, and C. Riba Romeva Huascar Paz Bernales Elena Blanco Romero, “GUÍA METODOLÓGICA DFMA Edición: Equipo de proyecto, redacción y coordinación”, Accessed: Jul. 09, 2023. [Online]. Available: www.mglab.es
- [57] Estatica, “(PDF) Diagrama de corte y momento,” 2018. <https://dokumen.tips/engineering/diagrama-de-corte-y-momento-55b0b98e2ad6f.html>
- [58] Barcelona, “GEOMETRÍA DE MASAS Geometría de Masas: Definiciones y expresiones de cálculo,” 2021.
- [59] R. Bravo, “FUERZA CENTRÍPETA CENTRÍFUGA Y FUERZA CENTRÍPETA Y FUERZA CENTRÍFUGA”.
- [60] J. Moore, “Deslizamiento vs vuelco.” https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingenier%C3%ADa_Mec%C3%A1nica/Mapa_Mec%C3%A1nico_%28Moore_et_al.%29/06:_Fricci%C3%B3n_y_Fricci%C3%B3n_Aplicaciones/6.02:_Deslizamiento_vs_vuelco
- [61] “Los criterios para seleccionar un motor eléctrico asíncrono.” <https://www.roydisa.es/archivos/3012>

7 ANEXOS

Anexo A

Encuesta dirigida al cliente

Pregunta	Alternativa de solución	Respuesta
¿Qué tiempo de elevación considera conveniente?	Inferior a 10 segundos Superior a 10 segundos	Menor a 10 segundos
En el caso de que la máquina sea mecánica se utilizará un sistema de poleas y cables, ¿está de acuerdo?	Si No	Si
En el caso que la máquina sea eléctrica se empleará un sistema de paro automático del motor, ¿está de acuerdo?	Si No	si
¿Está de acuerdo que la carga máxima del elevador sea la del bidón lleno de leche?	Si No	si
¿Está de acuerdo en que la velocidad de elevación sea fija?	Si No	si
¿Está de acuerdo con que el elevador sea desmontable?	Si No	si
Seleccione la opción más conveniente	Uso de materiales inoxidables Uso de recubrimientos que disminuya la oxidación del material.	Opción 2

Anexo C

Tabulación requerimientos del cliente

Deseos del cliente	Descripción
Dimensiones	La máquina debe permitir su fácil movilización.
Resistente a la corrosión	La máquina debe soportar las condiciones a la que será sometida.
Eléctrico	La máquina debe funcionar con electricidad, evaluar la dependencia de baterías.
Mecánico	La máquina debe funcionar con un sistema de poleas
Carga	La máquina debe soportar la carga generada por la leche y la cantina que la contiene.
Bajo costo	La máquina no sobrepasará el precio de productos similares en el mercado.
Fácil mantenimiento	Se requiere que la máquina emplee elementos estandarizados en caso de que sea necesario el reemplazo de uno de ellos.
Seguridad	Se requiere el uso de protecciones en los elementos que presenten peligro para el usuario.
Acto para uso de usuarios locales	El control de las funciones sea simple

Anexo D

Tabulación requerimientos del ingeniero

Requerimientos del ingeniero	Descripción
Eléctrico	La máquina debe funcionar con 220V
Carga	Capacidad 40 litros (tomar en cuenta densidad de leche y masa del bidón) = masa total o también puede ser para manipular por 80 litros.
Mecánico	El sistema de volteo del bidón debe ser por accionamiento manual por medio de volante

Requerimientos del ingeniero	Descripción
Dimensiones	La máquina debe permitir una elevación del bidón de 2 m y volteo, así como permitir su fácil movilización.
Resistencia a la corrosión	Por motivo de que será empleada en una empresa alimenticia se requiere que se emplee un material que higiénico, duradero en el tiempo y resistente a la corrosión o un recubrimiento que evite la corrosión.
Anclaje	Por motivo de las dimensiones de la máquina se requiere que se emplee un sistema de anclaje para asegurar la estabilidad de la máquina durante el volteo del bidón de leche.
Velocidad de elevación	La velocidad de elevación deberá igualar o superar a la misma desarrollada manualmente.
Ergonómico	Se requiere que sea cómodo el manejo del equipo.
Desmontable	Se requiere de un chasis en el cual se monten los diferentes elementos que conforman a la máquina.

Anexo E

Selección de la inercia en el catálogo DIPAC para la barra horizontal

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o Galvanizado
Largo Normal:	6.00m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm a 100mm
Espesores:	Desde 1.20mm a 5.00mm





Dimensiones			Area	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Area cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm ³
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,33	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	8,93	3,49	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,46	5,61	21,20	4,48	1,91

Anexo F

Perfiles estructurales tipo U

PERFILES ESTRUCTURALES CANAL "U"

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 1623
Calidad:	ASTM A36 - SAE J 403 1008
Largo Normal:	6.00m y medidas especiales
Espesores:	Desde 2mm - 12mm
Acabado:	Acero negro y galvanizado



PERFILES

Designación	Dimensiones (mm)			Masa Kg/m	A cm ²	d1 cm	Momento de inercia		Módulo resistente		Radio de giro	
	h	b	s				I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _x cm ³	W _y cm ³	i _x cm	i _y cm
	mm	mm	mm				cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm
C 50 x 25 x 2	50	25	2	1,45	1,87	0,72	7,06	1,13	2,83	0,63	1,94	0,72
C 50 x 25 x 3	50	25	3	2,09	2,7	0,77	9,7	1,57	3,88	0,91	1,89	0,76
C 50 x 30 x 2	60	30	2	1,77	2,26	0,85	12,5	2,00	4,16	0,83	2,35	0,94
C 60 x 30 x 3	60	30	3	2,56	3,3	0,89	17,5	2,84	5,85	1,34	2,31	0,93
C 60 x 30 x 4	60	30	4	3,30	4,2	0,95	21,1	3,51	7,03	1,72	2,24	0,91

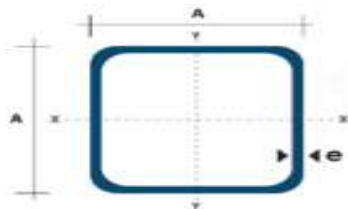
Anexo G

Tubo estructural cuadrado

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales:

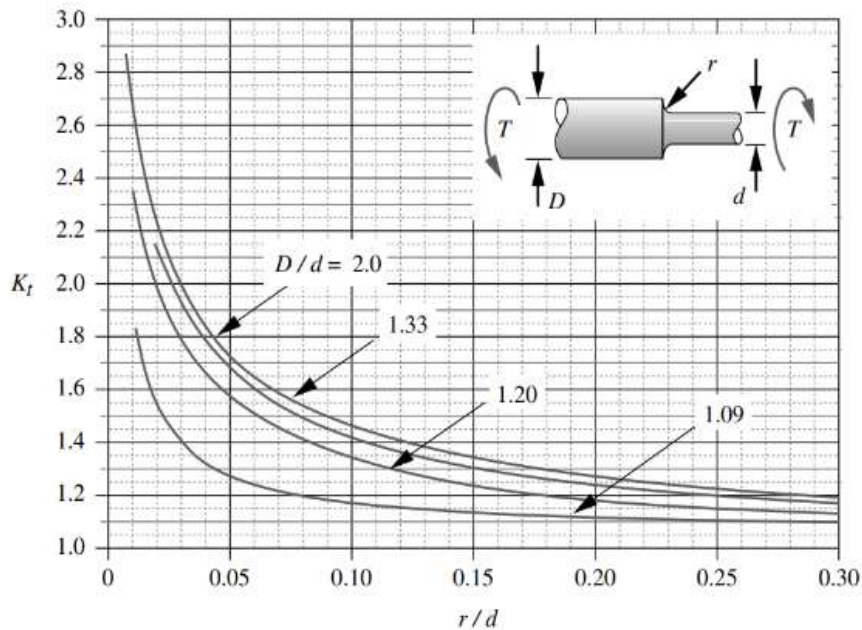
Norma:	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o Galvanizado
Largo Normal:	6.00m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm a 100mm
Espesores:	Desde 1,20mm a 5,00mm



Dimensiones			Area	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,06	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,26	1,18
30	1,5	1,35	1,85	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,78	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	3,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,05	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	4,48	1,91

Anexo H

Concentrador de esfuerzos



$$K_t \cong A \left(\frac{r}{d} \right)^b$$

donde:

D/d	A	b
2.00	0.863 31	-0.238 65
1.33	0.848 97	-0.231 61
1.20	0.834 25	-0.216 49
1.09	0.903 37	-0.126 92

Anexo I

Flechas y armazones de motores Nema

HP a velocidad sincrónica						
Armazón	Diámetro Flecha "	Flecha	3600(3450)	1800(1750)	1200(1160)	900(870)
56	0.625	5/8	.75 - 1	.33 - 1	.125 - .5	---
143T	0.875	5/8	1.5	1	0.75	0.5
145T	0.875	7/8	2 - 3	1.5 - 2	1	0.75
182T	1.125	1-1/8	3 - 5	3	1.5	1
184T	1.125	1-1/8	5 - 7.5	5	2	1.5
213T	1.375	1-3/8	7.5 - 10.0	7.5	3	2
215T	1.375	1-3/8	10 - 15	10	5	3
254T	1.625	1-5/8	15 - 20	15	7.5	5
256T	1.625	1-5/8	20 - 25	20	10	7.5
284T	1.875	1-7/8	---	25	15	10
286T	1.875	1-7/8	---	30	20	15
324T	2.125	2-1/8	---	40	25	20
326T	2.125	2-1/8	---	50	30	25
364T	2.375	2-3/8	---	60	40	30
365T	2.375	2-3/8	---	75	50	40
404T	2.875	2-7/8	---	100	60	50
405T	2.875	2-7/8	---	100 - 125	75	60
444T	3.375	3-3/8	---	125 - 150	100	75
445T	3.375	3-3/8	---	150 - 200	125	100

Anexo J

Esquemas eléctricos y planos mecánicos

