

DISEÑO, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE UN EQUIPO DE
DECANTACIÓN PARA TAMBORES, QUE CUMPLA CON NORMAS DE
SEGURIDAD, SALUD Y AMBIENTE PARA LA ORGANIZACIÓN TERPEL S.A.

EDGAR ANDREY RAMÍREZ MORENO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2015

DISEÑO, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE UN EQUIPO DE
DECANTACIÓN PARA TAMBORES, QUE CUMPLA CON NORMAS DE
SEGURIDAD, SALUD Y AMBIENTE PARA LA ORGANIZACIÓN TERPEL S.A

EDGAR ANDREY RAMÍREZ MORENO

Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico

Director:
OCTAVIO ANDRÉS GONZÁLEZ ESTRADA.
Ingeniero Mecánico, PhD

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2015

DEDICATORIA.

A Dios por haberme acompañado y guiado durante toda mi carrera, y permitirme lograr esta meta tan importante en mi vida.

A mis padres Stela Moreno y Edgar Ramirez, luchadores incansables, infinitas gracias por el apoyo, comprensión y amor en este camino, no hay un día que no agradezca a Dios por tenerlos en mi vida.

A mi abuela Elcida Pérez por siempre tener la palabra adecuada para darme fuerzas en este arduo camino.

A todos y cada uno de los miembros de mi familia y amigos que aportaron a este logro.

Muchas gracias.

Edgar Andrey Ramírez Moreno.

AGRADECIMIENTOS.

A mis padres por haberme formado en el seno de una familia unida, enseñándome el valor del trabajo duro y la responsabilidad, mostrándome que hay cosas en la vida que solo se aprenden con la práctica.

A la gerencia de TK.ASME.API.INGENIERIA.EU por haberme dado la oportunidad y la confianza de aplicar mi formación como ingeniero en la toma de decisiones a la hora de desarrollar este proyecto.

A su equipo técnico y operarios por hacer más de lo que les corresponde y ser de gran ayuda en las decisiones que solo la experiencia puede tomar.

Al profesor Octavio Andrés González Estrada, director de esta tesis, por sus enseñanzas, asesorías y su tiempo dedicado al desarrollo de este gran trabajo.

A todos los profesores que me transmitieron sus conocimientos, no solo teóricos sino también de la vida diaria, durante todo el transcurso de la carrera.

A mis compañeros y amigos por su apoyo.

Edgar Andrey Ramírez Moreno.

RESUMEN

TITULO: DISEÑO, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE UN EQUIPO DE DECANTACIÓN PARA TAMBORES, QUE CUMPLA CON NORMAS DE SEGURIDAD, SALUD Y AMBIENTE PARA LA ORGANIZACIÓN TERPEL S.A*

AUTOR: RAMÍREZ MORENO Edgar Andrey **

PALABRAS CLAVES: Decantación, Tambores, Terpel, Skid petrolero.

DESCRIPCIÓN:

El presente trabajo de grado surge como una respuesta a la necesidad de la organización Terpel S.A de mejorar sus productos y servicios, apoyándose en la formación que la Universidad Industrial de Santander brinda a sus estudiantes de ingeniería, los cuales mediante el desarrollo de este proyecto dan solución a un problema recurrente en dicha industria. El proceso de vaciado de los tambores actualmente se hace de una manera rudimentaria y poco eficiente, poniendo en riesgo la integridad de los empleados.

En la industria nacional no se fabrica en masa un equipo específico que cumpla con este trabajo debido a su limitada demanda. Para ello se diseñará y construirá un equipo de decantación para tambores, que cumpla con normas de seguridad, salud y ambiente, con cuyo resultado adecuado se abrirá una posibilidad de mercado importante para TK.ASME.API.INGENIERIA.EU, haciéndola pionera en el servicio completo de fabricación, montaje y mantenimiento. La ejecución de este proyecto de pregrado, fomentará el desarrollo de nuevos profesionales que contribuyan a la misión de la universidad.

En el desarrollo de este proyecto no se especifican las condiciones de diseño y fabricación de este equipo, debido a los derechos de propiedad intelectual que ostentan la Empresa quienes son los desarrolladores del producto. Se brindará información que presenta de forma clara y entendible el diseño, montaje y puesta en marcha del equipo.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico -Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Octavio Andrés González Estrada, Ingeniero Mecánico.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN, ASSEMBLY AND START-UP OF A DECANTATION EQUIPMENT FOR DRUMS THAT COMPLIES WITH STANDARDS OF SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT FOR THE ORGANIZATION TERPEL S.A.*

AUTHOR: RAMÍREZ MORENO Edgar Andrey **1

KEY WORDS: Decantation, Drums Terpel, Oil Skid.

DESCRIPTION:

This degree work is a response to the need of the organization Terpel SA to improve its products and services, based on the formation that the Industrial University of Santander offers its engineering students, which by developing this project give solution to a recurring problem in the industry. The process of emptying drums currently rudimentary and inefficient, is putting at risk the integrity of employees.

In the domestic industry, a specific equipment that meets this work is not produced in mass due to limited demand. For this purpose will be designed and built an equipment of settling for drums, that meets standards of safety, health and environment. A successful output yields a competitive advantage in the market for TK.ASME.API.INGENIERIA.EU, making it a pioneer in the complete service line: manufacturing, installation and maintenance. The implementation of this undergraduate project encourages the development of new professionals to contribute to the mission of the university.

In the development of this project the conditions of design and manufacture of this equipment are not specified, due to the rights of intellectual property that are the company who are the developers of the product. However, the document present in a clear and understandable way the design, installation and commissioning of the equipment.

* Work Degree

** Faculty of Physico-Mechanics Engineering. School of of Mechanical Engineering. Director: Octavio Andrés González Estrada.

CONTENIDO.

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	16
1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA.....	17
2. JUSTIFICACIÓN PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....	18
3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO.....	19
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
3.1.1.Objetivos Específicos.....	19
4. REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR.....	21
4.1 ORGANIZACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS.....	21
4.2 MATRIZ CALIDAD (QFD).....	23
4.3 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS.....	23
4.3.1 Alternativa 1.....	23
4.3.2 Alternativa 2.....	24
4.3.3 Alternativa 3.....	25

4.4 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	26
4.5 ESPECIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA GANADORA.....	27
5. DISEÑO CONCEPTUAL.....	29
5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	29
5.2 SUBCONJUNTOS	30
5.2.1 Silo y base	30
5.2.2 Cuerpo	31
5.2.2.1 Aislante térmico	32
5.2.3 Banda transportadora.	33
5.2.3.1 Rodillos	33
5.2.4 Serpentes.....	34
5.2.5 Sistema de volteo	36
6. DISEÑO DE DETALLE	37
6.1 ANALISIS CAE	37
6.1.1 Análisis estático del sistema de volteo.....	37

6.1.2	Análisis estático del silo	43
6.1.3	Análisis estático de la banda transportadora	47
7.	PROCESO DECONSTRUCCIÓN Y MONTAJE	52
8.	PRESUPUESTO.....	61
9.	PROTOTIPOS Y PRUEBAS.....	63
9.1	PROTOTIPO PARA EL SISTEMA DE VOLTEO.....	63
9.2.	PRUEBAS APLICABLES SEGÚN REQUISITOS DEL CLIENTE	64
9.3	EXAMINACIÓN Y PRUEBAS DEL EQUIPO.....	64
9.3.1	Grado de inspección	64
9.3.2	Exámenes	65
9.4	DESARROLLO DE LAS PRUEBAS.....	65
9.4.1	Prueba de fugas.....	65
9.4.2	Prueba hidrostática	65
9.4.3	Prueba sistema de volteo.....	66
9.4.4	Prueba bandas transportadoras.....	67

9.5 RESULTADOS FINALES DE LAS PRUEBAS.....	68
10. CONCLUSIONES	69
BIBLIOGRAFÍA.....	71

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Silo fabricado en acero inoxidable	24
Ilustración 2. Equipo de decantación con sistema de volteo hidráulico	25
Ilustración 3. Sistema de decantación con fondo trapezoidal	26
Ilustración 4. Sistema de decantación con volteo mecánico	28
Ilustración 5. Equipo ensamblado en CAD	29
Ilustración 6. Explosión en CAD del equipo	30
Ilustración 7. Skid petrolero y silo del equipo	31
Ilustración 8. Estructura del cuerpo.....	31
Ilustración 9. Lámina de Insul Quick	32
Ilustración 10. Explosión del cuerpo	32
Ilustración 11. Explosión de la banda transportadora	33
Ilustración 12. Rodillo.....	34
Ilustración 13. Serpentín	34
Ilustración 14. Conexiones de las salidas de los serpentines	35
Ilustración 15. Línea de alimentación de los serpentines.....	35
Ilustración 16. Sistema de volteo	36
Ilustración 17. Mallado del sistema de volteo	39
Ilustración 18. Vista isométrica con las cargas	40
Ilustración 19. Valores de esfuerzos sobre el sistema de volteo.....	42
Ilustración 20. Análisis de desplazamiento	43
Ilustración 21. Mallado del silo	44
Ilustración 22. Cargas aplicadas sobre el recipiente.....	45
Ilustración 23. Valores de esfuerzos sobre el silo	46
Ilustración 24. Análisis de desplazamiento	46
Ilustración 25. Mallado del rodillo.....	48
Ilustración 26. Cargas aplicadas sobre el rodillo.....	49
Ilustración 27. Valores de esfuerzos sobre el rodillo.....	50
Ilustración 28. Analisis de desplazamientos del rodillo	51

Ilustración 29. Skid Petrolero	52
Ilustración 30. Construcción banda transportadora.....	53
Ilustración 31 Instalación de los sistemas de volteo	53
Ilustración 32. Trazado y corte de láminas	54
Ilustración 33. Montaje de las láminas laterales.....	54
Ilustración 34. Instalación de ménsulas para serpentines.....	55
Ilustración 35. Pintura del equipo.....	55
Ilustración 36. Instalación de aislante térmico.....	56
Ilustración 37. Láminas externas del equipo	56
Ilustración 38. Líneas de salida de los serpentines.....	57
Ilustración 39. Construcción del techo	58
Ilustración 40. Instalación de puertas.....	58
Ilustración 41. Resanes del equipo	59
Ilustración 42. Acabados internos	60
Ilustración 43. Acabados con esmalte uretano.	60
Ilustración 44. Prototipo del sistema de volteo.....	63
Ilustración 45. Manómetro y termómetro de la prueba hidrostática	66
Ilustración 46. Prueba del sistema de volteo	67
Ilustración 47. Desplazamiento de los tambores.....	68

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Organización de los requerimientos.....	22
Tabla 2. Matriz de calidad.....	23
Tabla 3. Evaluación de las opciones de diseño	27
Tabla 4. Información del mallado.....	39
Tabla 5. Propiedades mecánicas.....	40
Tabla 6. Cargas de la simulación.....	41
Tabla 7. Información del mallado.....	44
Tabla 8. Propiedades mecánicas.....	45
Tabla 9. Información del mallado.....	48
Tabla 10. Propiedades mecánicas.....	49
Tabla 11. Costos de los materiales utilizados.....	61
Tabla 12. Costos de los procesos de fabricación.....	62
Tabla 13. Costos totales del proyecto.....	62
Tabla 14. Resultados de las pruebas.....	68

INTRODUCCIÓN.

Debido al crecimiento de la industria, la demanda de mejores lubricantes para mantener en óptimas condiciones las máquinas herramientas, ha venido en aumento exigiendo a la industria nacional aumentar su capacidad de producción para lograr cubrir los requerimientos de acuerdo al volumen de maquinaria que se mueve diariamente.

La continua necesidad de productos de mejor calidad y fiables en el tiempo hace necesaria la aplicación de la teoría a la práctica. En este caso el conocimiento de ingeniería en el diseño mecánico y manufactura es de vital importancia en la fabricación de mejores productos

El proceso de decantación que actualmente se emplea es rudimentario y el equipo no es el adecuado. El problema radica en que el recipiente tiene fallas de diseño y fabricación, ya que presenta fugas, enclavamientos y daños que causan contaminación de los productos y serios problemas de desmontaje y funcionalidad.

El actual escenario de competitividad en el que se mueven las empresas de ingeniería demanda nuevos enfoques de producción y comercialización, donde las compañías deben brindar soluciones integrales, donde no es suficiente satisfacer con el servicio sino que también es muy importante ofrecer el producto, el cual sea representativo a nivel comercial, por su buena calidad y precio.

TK.ASME.API.INGENIERIA.EU es una empresa privada santandereana del sector manufacturero y de mantenimiento industrial con más de 20 años de experiencia a nivel andino en la industria del gas y del petróleo, que busca con este proyecto dar apoyo de ingeniería a una de sus líneas de montaje y mantenimiento.

1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

El vaciado de los tambores de aceite es un problema que actualmente preocupa a la Organización Terpel, debido a que cuentan con un equipo rudimentario que no cumple con los requisitos y demanda de la empresa. Este dispositivo tiene unas dimensiones muy pequeñas lo cual limita la cantidad de almacenamiento. A la hora de introducir los tambores dentro del mismo se debe hacer de forma manual perjudicando el bienestar del operario y la estética del tambor, debido a que este se deja caer al suelo desde su posición vertical; sin contar con la cantidad de aceite que cae al suelo y contamina el área. La ergonomía es crítica en este pequeño artefacto debido a que el lugar de trabajo, las herramientas y tareas, no coinciden con las características fisiológicas, anatómicas, psicológicas y las capacidades del trabajador incumpliendo con las normas de seguridad, salud y ambiente para la organización Terpel S.A

Actualmente el equipo de decantación de tambores no se construye en el mercado, debido a la baja demanda y su alto costo. De ahí que TK.Asme.API.Ingenieria.EU, una organización privada dedicada a la prestación de servicios en el área metalmecánica, tenga como interés el diseño, montaje y puesta en marcha de un equipo de decantación, teniendo en cuenta que el producto sea de calidad y que satisfaga las necesidades de operación y de costos de fabricación. TK.Asme.API.Ingenieria.EU se especializa en la fabricación, reparación, mantenimiento, inspección de espesores y prueba hidrostática de tanques, recipientes atmosféricos y a presión, construcción y reparación de redes de tuberías de conducción de hidrocarburos, gas y sus obras complementarias.

Se diseñará y construirá un equipo de decantación para tambores, que cumpla con normas de seguridad, salud y ambiente para la organización Terpel S.A, en cuyo resultado adecuado se abrirá una posibilidad de mercado importante para TK.Asme.API.Ingenieria.EU, haciéndola pionera en el servicio completo de fabricación, montaje y mantenimiento.

2. JUSTIFICACIÓN PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

El objetivo básico del Sistema General de Riesgos Laborales es la promoción de la salud ocupacional y la prevención de los riesgos laborales, para evitar accidentes de trabajo y enfermedades laborales. En ciertas ocasiones, en el diseño de máquinas no se tienen en cuenta las características anatómicas, fisiológicas y biomecánicas del usuario, deteriorando la calidad de la salud con malas posturas de trabajo, sobreesfuerzos, manejo manual inadecuado de materiales, movimientos repetitivos; provocando lesiones temporales o permanentes.

En vista de que el equipo actual no genera el rendimiento deseado por la empresa, será remplazado por uno de mayor capacidad reduciendo el impacto al medio ambiente y mejorando la calidad de vida de sus operarios.

Teniendo en cuenta el equipo previo, se determinará la forma que genere la mejor ergonomía física y mayor desempeño, se seleccionará una forma que cumpla con la capacidad de almacenamiento estimada, con el fin de garantizar su durabilidad y resistencia durante la operación. En cuanto a la funcionalidad del diseño y construcción del equipo de decantación se evaluará la opción más apropiada cuyo fin sea un montaje y mantenimiento sencillo.

Finalmente, de acuerdo a todo lo anteriormente mencionado se requiere el diseño del recipiente con una capacidad de 1000 galones, un skid petrolero y un sistema semiautomático que permita hacer el volteo de los tambores dentro del recipiente con los más altos grados de calidad y funcionalidad en cada uno de los parámetros involucrados.

3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

3.1 OBJETIVO GENERAL

Contribuir con la misión de la Universidad Industrial de Santander en la formación de profesionales con capacidad de investigación e innovación, proporcionando un avance académico integral de los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica por medio del desarrollo de nuevas tecnologías dentro de la práctica empresarial, enfocándose en la solución de problemas reales, con la intención de liderar procesos de cambio por el progreso y mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad.

3.1.1. Objetivos Específicos

- Construir un equipo de decantación con capacidad de 1.000 galones, el cual va montado sobre un skid tipo petrolero que permita su movilización en caso de requerirse. El fondo del decantador se hará con una pendiente considerable que permita la fluidez del producto con mayor rapidez y no se quede almacenado. Además, contará con un sistema de lavado el cual evitará residuos que perjudiquen la producción de lubricantes de la Organización Terpel S.A.
- Diseñar e implementar un sistema semiautomático que permita hacer el volteo de los tambores dentro del recipiente, el cual cumpla con las normas de seguridad, salud y ambiente. Este sistema quedará adherido a la estructura del equipo para facilitar su operación en caso de un posible traslado.
- Determinar el costo de construcción del equipo de decantación a partir de los siguientes ítems: materiales, elementos y mano de obra empleados para la fabricación del mismo.

- Dirigir el montaje, y puesta en marcha del equipo de decantación construido por Tk.Asme.api.Ingeniería.EU para la Organización Terpel S.A ubicada en la Zona Industrial vía Chimitá, Km. 4 vía Girón-Café Madrid en Bucaramanga.

4. REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR

A continuación se establecen las demandas básicas de la Organización Terpel S.A interesada en el desarrollo del equipo:

- Dimensiones: 260mm de ancho x 450mm de largo
- Tiempo de fabricación.
- Fácil mantenimiento.
- Transporte: El equipo va montado sobre un Skid tipo petrolero que permita su movilización en caso de requerirse.
- Resistente.
- Acabados.
- Capacidad de 1000 galones.
- Serpentín en tubo de dos pulgadas (2in), cédula cuarenta (40)
- Aislante térmico alrededor del equipo (marca y referencia por definir por Terpel)
- Sistema de lavado en tubo de una pulgada (1in)
- Chimenea de doce pulgadas(12 in) para extracción de vapores
- Cargue y descargue de tambores por la misma puerta.
- Banda transportadora por rodillos (Todos deben ser móviles).
- Resistente a la corrosión.

4.1 ORGANIZACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS

Los requerimientos del equipo se ordenaron en subgrupos de acuerdo a sus relaciones:

Tabla 1. Organización de los requerimientos

CONSTRUCCIÓN	SENCILLA ECONÓMICA BUEN ASPECTO
OPERACIÓN	SEGURA RESISTENTE LIVIANA
PROLONGADO SERVICIO	DURABLE FÁCIL MANTENIMIENTO RESISTENTE A LA CORROSIÓN

El resultado de esta organización constituye las necesidades o requerimientos del cliente y deben introducirse en la matriz de calidad en las celdas verticales.

A estas necesidades se les ha asignado un valor que estima la importancia para el consumidor, además se establecieron los requisitos previos del proyecto como características de ingeniería medibles.

Estos requisitos se introducen en la parte superior de la matriz de calidad y se establece una relación entre las necesidades del consumidor y los requisitos del proyecto, asignándole valores en las casillas de la matriz de calidad.

4.2 MATRIZ CALIDAD (QFD)

Tabla 2. Matriz de calidad

		Tolerancias (buen sello)	Pocas piezas	Seguridad	Resistente	Montaje	Piezas estándar	Ergonomía	Materiales económicos	Fácil Construcción	Hojas de cálculo y Planos
Resistente	8	24 3	72 9	72 9	72 9	48 6	72 9	8 1	72 9	48 6	72 9
Resistente a la corrosión	8	24 3	24 3	72 9	72 9	24 3	48 6	8 1	72 9	48 6	72 9
Económica	8	24 3	72 9	72 9	72 9	24 3	48 6	48 6	72 9	72 9	8 1
Planos	5	45 9	45 9	45 9	5 1	45 9	45 9	45 9	5 1	45 9	45 9
Fácil Mantenimiento	4	24 6	36 9	24 6	12 3	36 9	36 9	24 6	12 3	36 9	36 9
Seguro	3	3 1	3 1	27 9	27 9	9 3	3 1	27 9	27 9	27 9	27 9
Peso	2	18 9	12 6	2 1	18 9	2 1	6 3	2 1	6 3	12 6	18 9
Ergonómica	1	3 3	1 1	9 9	1 1	6 6	1 1	9 9	1 1	6 6	9 9
TOTAL		185	285	323	279	194	259	171	267	294	287

4.3 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

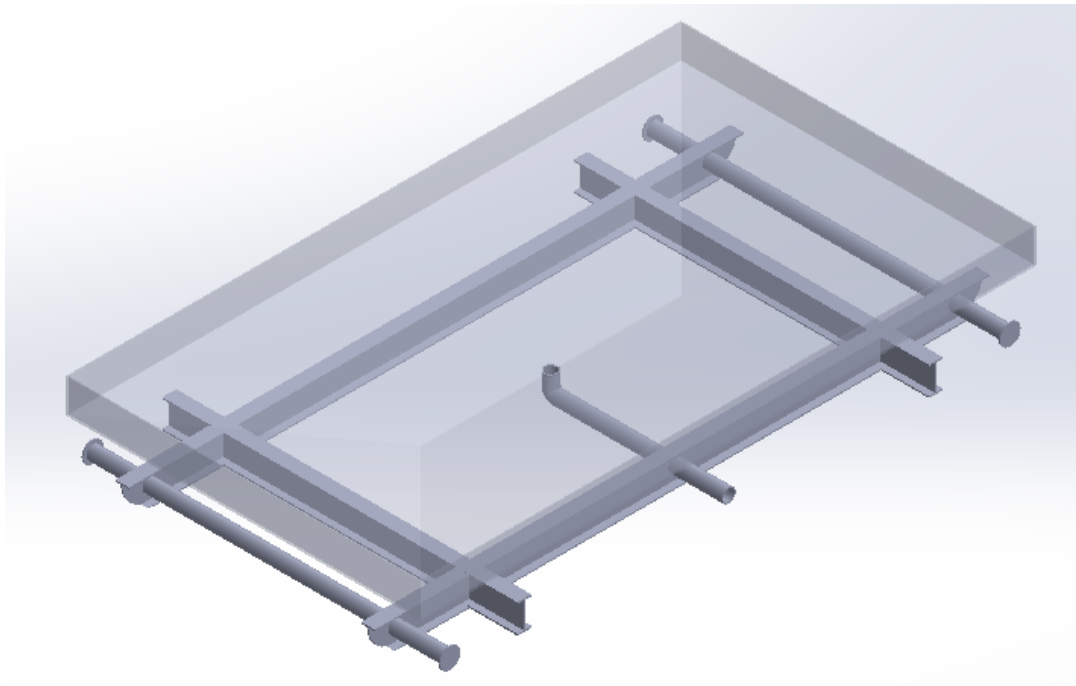
Una vez enunciados los requerimientos del interesado en el desarrollo del equipo se realizará la selección de la solución considerando los más altos grados de calidad y funcionalidad en cada uno de los parámetros involucrados.

4.3.1 Alternativa 1: Equipo de decantación fabricado en acero inoxidable y sistema de volteo hidráulico para los tambores.

Este posee una estructura en acero inoxidable en dos diferentes calibres de lámina, 7/16 in para el fondo del recipiente e 1/8 in para el resto del equipo. Gracias a este material se puede emplear para decantar cualquier tipo de aceite

o derivado del petróleo, debido a que no produce contaminación o mancha después de usarse; teniendo en cuenta que se debe hacer un lavado entre un producto y otro. Este es un material de alto costo lo cual genera una desventaja debido a las grandes dimensiones del equipo, elevando el presupuesto para la compra de materia prima. A su vez lleva un sistema completo de cilindros hidráulicos para efectuar el volteo de los recipientes dentro del equipo

Ilustración 1. Silo fabricado en acero inoxidable

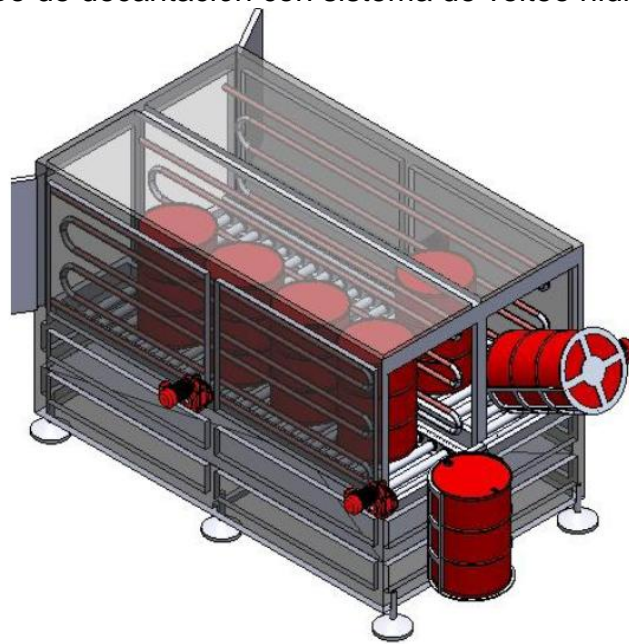


4.3.2 Alternativa 2: Equipo de decantación con fondo piramidal en lámina A-283 y sistema de volteo hidráulico independiente.

Este fondo piramidal produce un pendiente considerable lo cual permita la fluidez del producto con mayor rapidez y evita que quede almacenado. Siendo fabricado en lámina A-283 de 3/16 in. reduce costos comparado con el acero inoxidable. Por poseer un fondo piramidal con diferente pendiente, produce una pérdida de material considerable y un aumento en la altura del equipo, la cual

sobrepasa la altura de ergonomía física para su operación. El equipo consta de dos entradas. En una de las entradas se encuentra un sistema semiautomático para volteo de tambor sin control de contenido y en la otra un sistema de volteo con control de contenido que posibilita el descargue parcial del tambor Para facilitar la manipulación de los tambores se suministra un carro ergonómicamente diseñado y dotado de sistemas hidráulicos manuales para ganancia de fuerza, que permiten el fácil desplazamiento de los mismos.

Ilustración 2. Equipo de decantación con sistema de volteo hidráulico

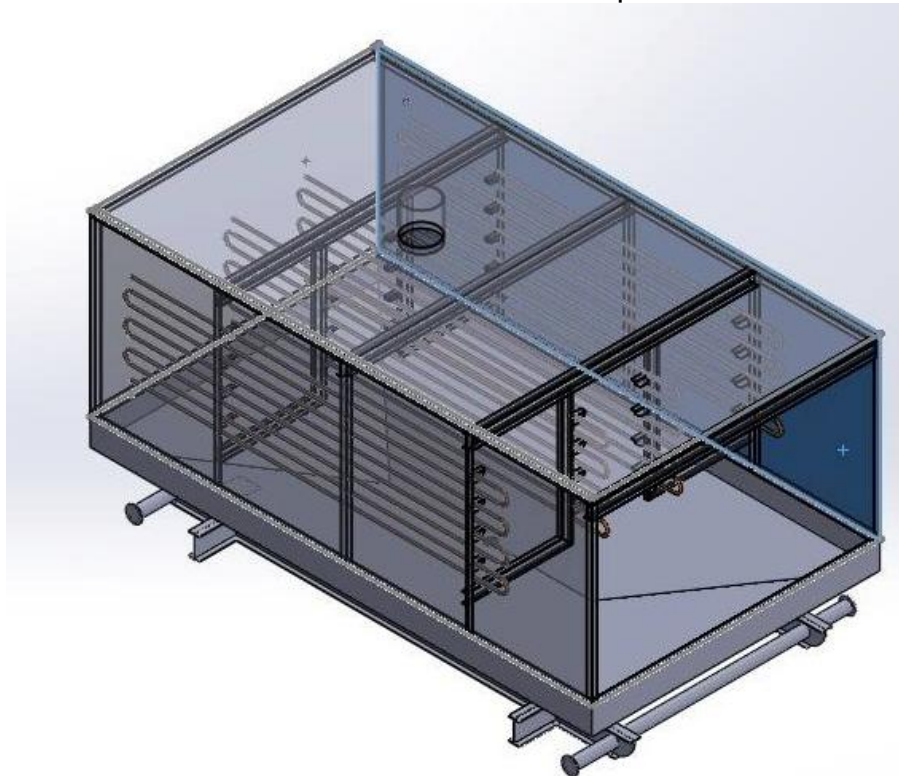


4.3.3 Alternativa 3: Equipo de decantación con fondo trapezoidal en lámina A-283 y sistema mecánico de volteo.

Este fondo nos permite una fluidez considerable del aceite debido a que todas las pendientes son iguales, beneficiándonos de una menor altura para la obtención de la capacidad deseada, cumpliendo con las normas de seguridad, salud y ambiente. A su vez se obtienen bajos costos de producción a la hora de fabricarlo en este tipo de lámina”; agregando que se obtienen características semejantes al acero inoxidable gracias a los procesos de pintura aplicados. . El equipo consta de una entrada; en la entrada se encuentra un sistema

semiautomático para volteo de tambor con control de contenido que posibilita el descargue parcial del tambor. Para facilitar la manipulación de los tambores se suministra un sistema ergonómicamente diseñado y dotado de un sistema mecánico por cadena y moto reductores dobles independientes en cada línea para ganancia de fuerza.

Ilustración 3. Sistema de decantación con fondo trapezoidal



4.4 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Para decidir cuál de las opciones anteriormente mencionadas es la más adecuada, para cada una de las alternativas se hace una ponderación final que está de acuerdo a los requerimientos.

Tabla 3. Evaluación de las opciones de diseño

			EQUIPO						
			ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3		
CRITERIOS	PARÁMETROS	PONDERACIÓN	NOTA	PONDERACIÓN	NOTA	PONDERACIÓN	NOTA	PONDERACIÓN	
Fácil construcción	0,46	Tiempo de fabricación	0,024	3	0,072	3	0,072	3	0,072
		Costos	0,27	1	0,27	3	0,81	4	1,08
		Acabados	0,166	5	0,83	4	0,664	4	0,664
Seguridad	0,05	Seguro	0,05	4	0,2	4	0,2	4	0,2
Montaje	0,24	Tipo de montaje	0,144	3	0,432	2	0,288	4	0,576
		Fácil mantenimiento	0,096	4	0,384	3	0,288	3	0,288
Geometría	0,25	Velocidad de fluidez	0,175	4	0,7	5	0,875	4	0,7
		Tipo de fondo	0,075	3	0,225	4	0,3	4	0,3
TOTAL				3,113		3,497		3,88	

Para el análisis de la anterior tabla se debe tener en cuenta que la mejor calificación es cinco (5) siendo más óptimo y uno (1) deficiente.

Notas	1	Deficiente
	5	Optimo

4.5 ESPECIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA GANADORA

La solución que se tomará para el equipo de decantación se obtuvo del análisis de las opciones más factibles para cada aspecto del proyecto:

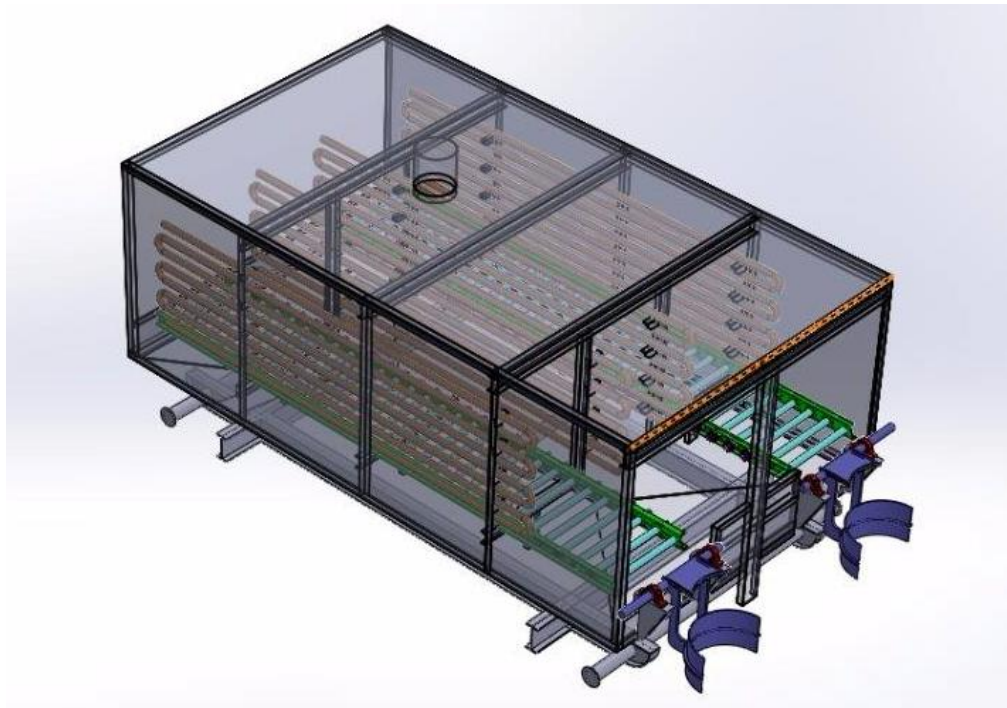
El equipo de decantación será fabricado en lámina A-36 de 3/16 in para el fondo y de 1/8 in para el resto del equipo. Su fondo será en forma trapezoidal con una pendiente considerable lo cual permita la fluidez del producto con mayor rapidez y no quede almacenado. Por otra parte, se facilitará la manipulación del operario, para así cumplir con las normas de seguridad, salud y ambiente. El equipo irá sobre un skid tipo petrolero construido en IPE 200, el cual permitirá su movilización en caso de requerirse.

El sistema de volteo será por transmisión de cadena ya que este dispone de las mejores características de seguridad, ofreciendo una construcción más compacta y de fácil mantenimiento. Este tipo de equipo presenta un grado de dificultad mayor a la hora de construir comparada con la segunda propuesta debido a su geometría en forma de trapecoide, pero podemos utilizar dicha

geometría para dar mayor capacidad, ya que al final es la característica más importante que el cliente busca.

Por otra parte, el sistema de volteo adherido al equipo nos facilita la operación del mismo en cualquier lugar, creando un sistema de independencia a cualquier otra máquina, facilitándole al operario poder hacer el volteo desde el suelo, además que se puede asegurar mucho mejor cada tambor por medio del sistema de sujeción, pues éste ofrece un mejor apriete.

Ilustración 4. Sistema de decantación con volteo mecánico



5. DISEÑO CONCEPTUAL

5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

El equipo de decantación para tambores logra el vaciado de las canecas en su recipiente principal, el cual cuenta con una capacidad de 1000 galones con el fin de evitar trabajo excesivo debido a la cantidad de producto transportado, para de esta forma reducir gastos inadecuados a la hora del bombeo del producto.

Ilustración 5. Equipo ensamblado en CAD

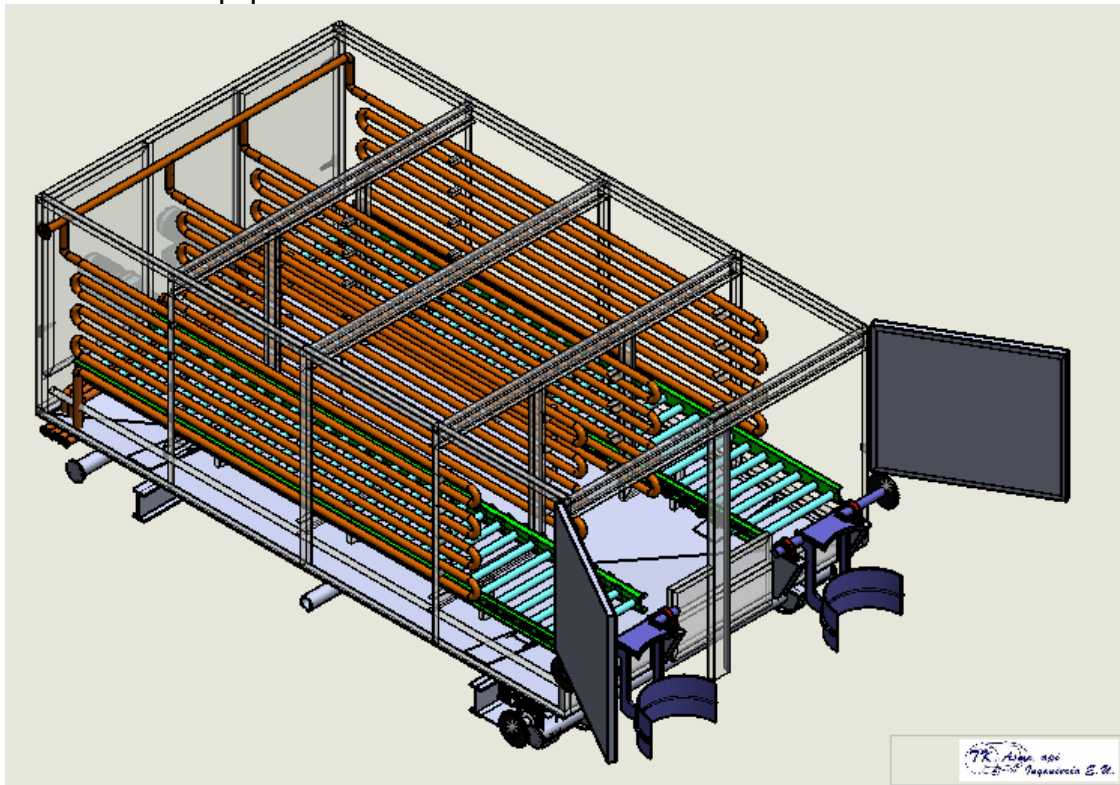
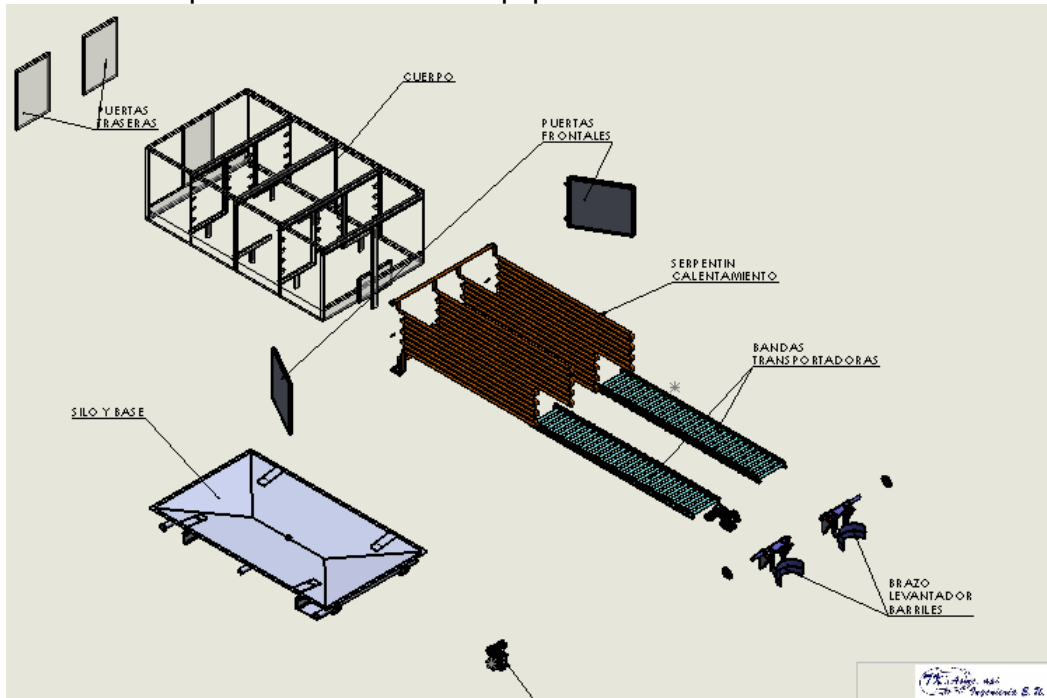


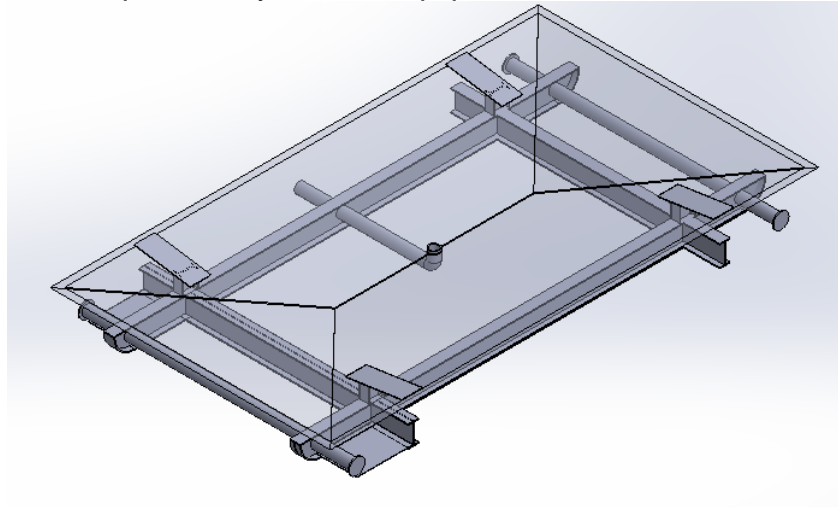
Ilustración 6. Explosión en CAD del equipo



5.2 SUBCONJUNTOS

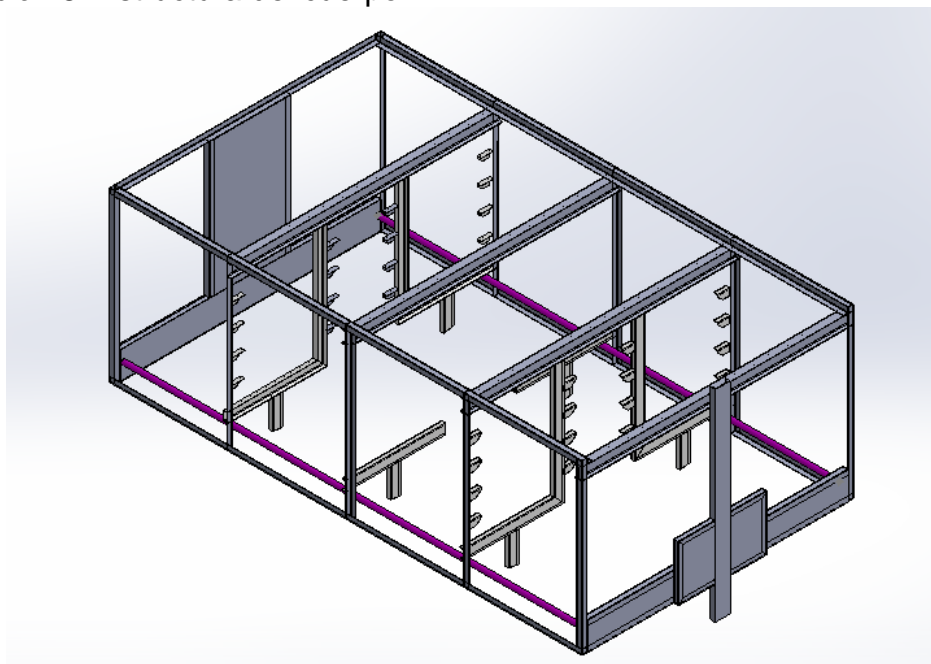
5.2.1 Silo y base. El silo y base está conformado por un recipiente de almacenamiento de 1000 galones en lámina de acero A36 de debido a su gran resistencia a la corrosión con un espesor de lámina de 1/8 in. Cada una de las partes que la conforman se cortó de una lámina por medio de corte plasma y fueron soldadas una a una hasta construir la figura trapezoidal, debido a que de esta manera resultó más conveniente la fabricación del mismo. Con respecto al skid tipo petrolero para hacer el desplazamiento del equipo está construido en perfil IPE200 unido por soldadura, y una salida de 6 in con brida para unión de accesorios para la extracción del producto. Este subconjunto es el encargado de acumular el producto decantado de los tambores durante el proceso y de ahí se empiezan a montar los demás subconjuntos.

Ilustración 7. Skid petrolero y silo del equipo



5.2.2 Cuerpo. El bastidor es el que da el cuerpo al equipo para el montaje de cada uno de los conjuntos que la conforma. La estructura del bastidor se fabricó en ángulos debido a su gran resistencia. Cada una de las partes que la conforman se cortó de tal manera que se pudieran ensamblar de una forma sencilla y rápida; y fueron soldadas sección por sección hasta conformar el bastidor total, debido a que de esta manera resultó más conveniente la fabricación del mismo.

Ilustración 8. Estructura del cuerpo



5.2.2.1 Aislante térmico. Es un aislamiento de bajo peso, compuesto por fibras de vidrio aglutinadas en forma de láminas semirrígidas, con un binder especial para alta temperatura que le proporciona excepcional estabilidad dimensional. Este va ubicado por todo el equipo entre la estructura que se fabricó para el mismo.

Ilustración 9. Lámina de Insul Quick

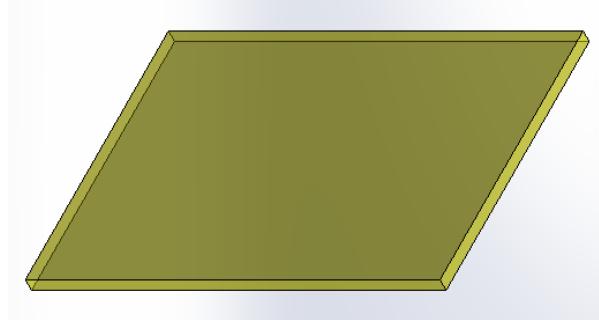
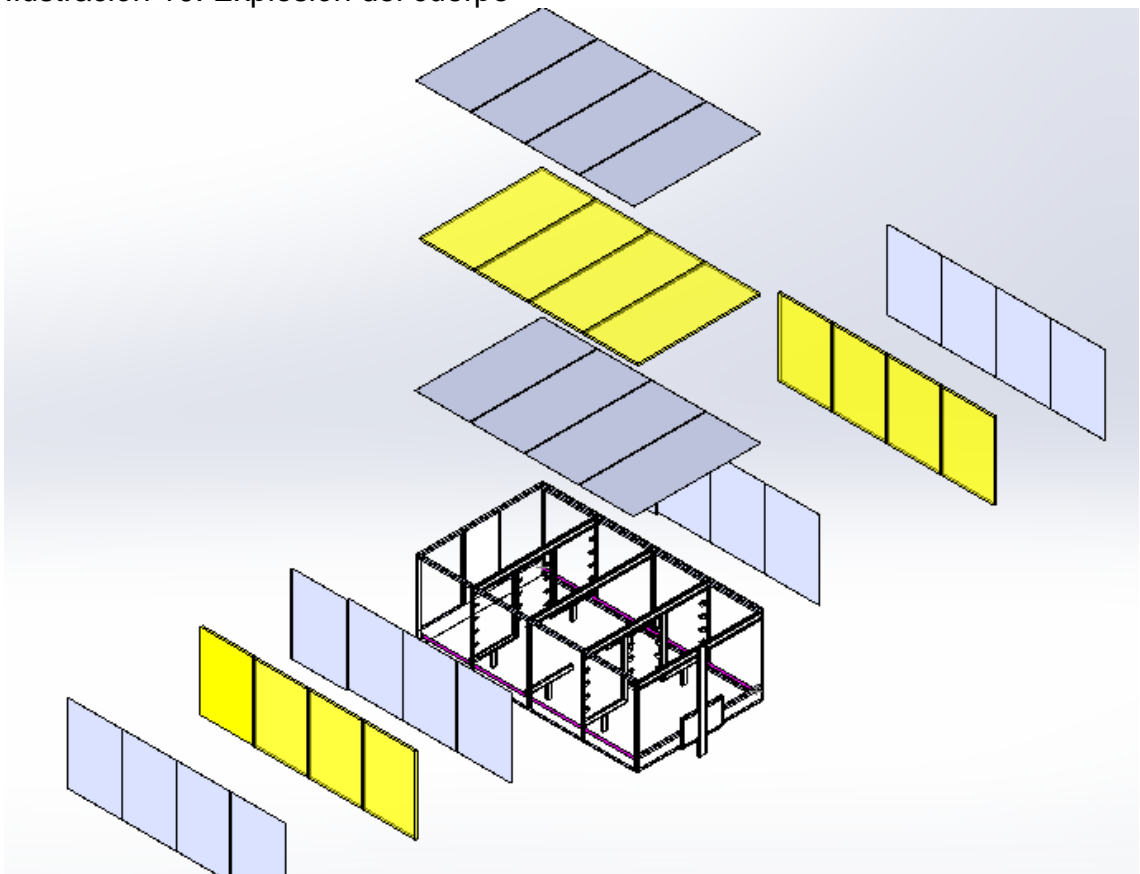
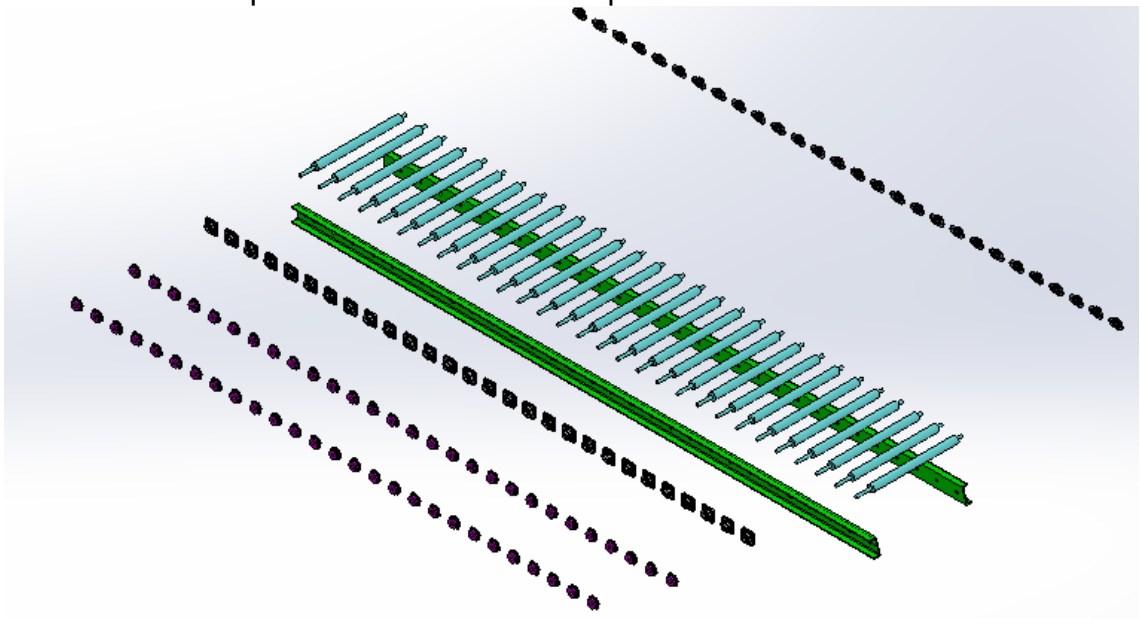


Ilustración 10. Explosión del cuerpo



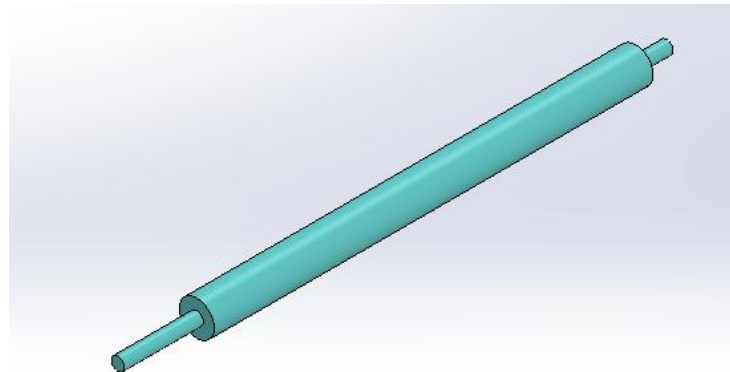
5.2.3 Banda transportadora. Es la encargada del desplazamiento de las canecas al interior del equipo, está constituido por dos perfiles tipo C que soportan las chumaceras y a su vez los rodillos. Uno de sus lados es fijo y otros es desarmable lo cual contribuye con el mantenimiento del equipo. El mecanismo de transmisión es por cadenas el cual es impulsado por un motor de un caballo situado en la parte posterior del equipo. El equipo cuenta con dos bandas transportadoras con una capacidad total de 20 canecas al interior del mismo.

Ilustración 11. Explosión de la banda transportadora



5.2.3.1 Rodillos. Son tubos de 2 pulgadas con dos rodamientos en sus extremos; dentro de este rodillo va una varilla calibrada de 21mm la cual desempeña el papel de eje de cada rodillo. Cada banda transportadora tiene 19 rodillos a los cuales se les implemento un proceso de moleteado para aumentar el coeficiente de fricción y pudiesen desplazar mejor las canecas. Para realizar el desplazamiento cada rodillo tiene dos engranajes 40B16 en un extremo, unidos mediante cadena número 40 en pequeñas secciones

Ilustración 12. Rodillo



5.2.4 Serpentes. Son 4 secciones de tubos de 2 pulgadas que están a lo largo del equipo, los cuales se encuentran a lado y lado de la banda transportadora. Estos están alimentados por un tubo principal y cada línea tiene una salida independiente con brida y válvula. Estos serpentines fueron proporcionados por la Organización Terpel.

Ilustración 13. Serpentin

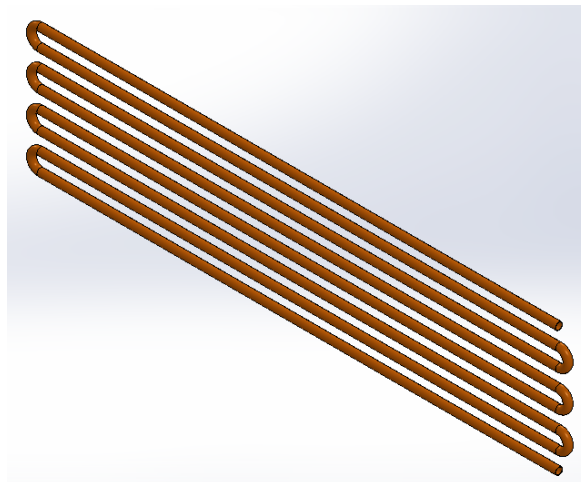


Ilustración 14. Conexiones de las salidas de los serpentines

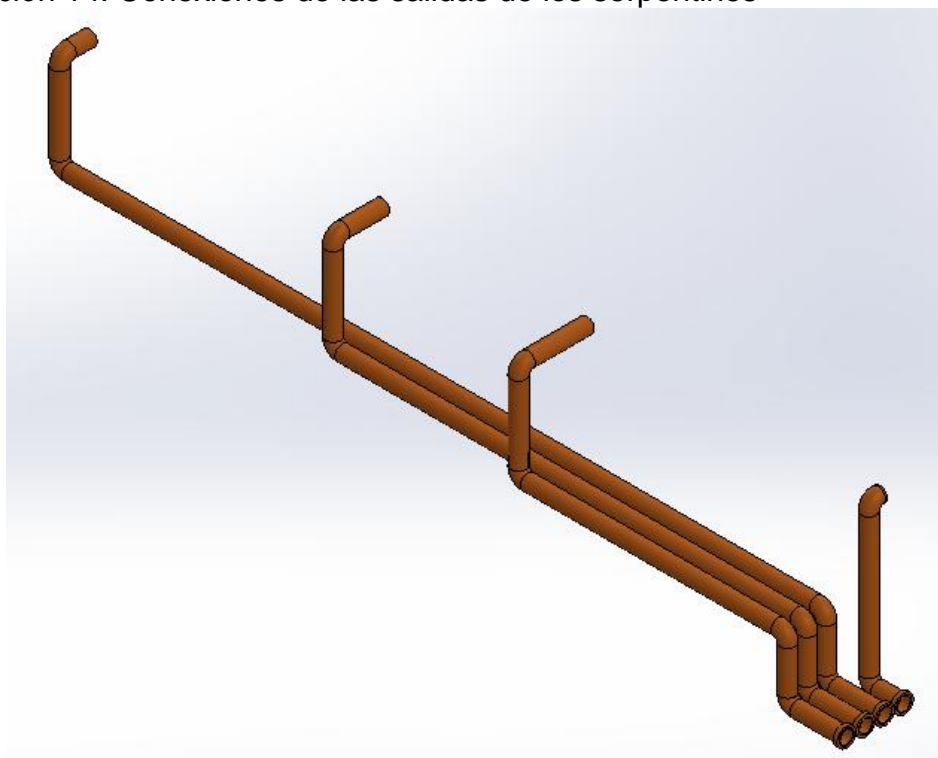
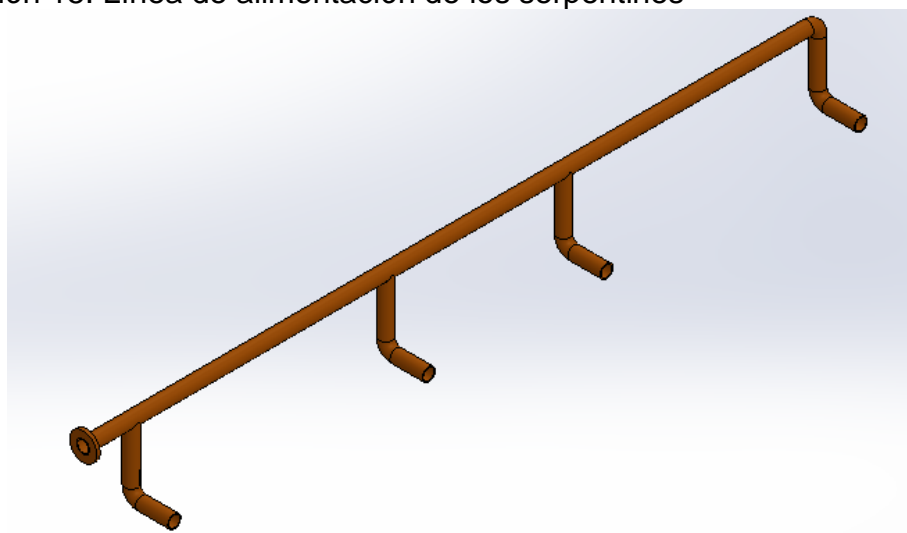
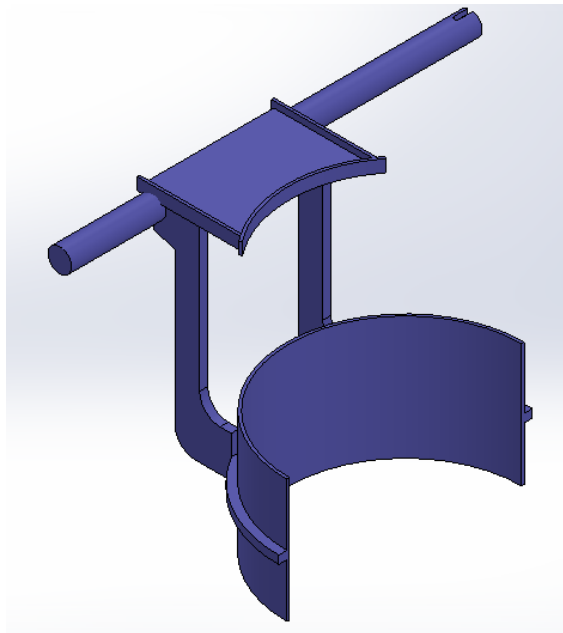


Ilustración 15. Línea de alimentación de los serpentines



5.2.5 Sistema de volteo. El sistema de volteo es el encargado de ingresar las canecas al interior del equipo desde el suelo de una forma segura y efectiva. Consiste en un eje de acero calibrado 4140, el cual se eligió por su alta resistencia a la fatiga, abrasión e impacto. Con un diámetro de 2 ½ in. Este eje es sostenido por medio de dos chumaceras tipo pedestal del diámetro correspondiente; en uno de sus extremos tiene un piñón 80B32 el cual se une a un motorreductor doble de 3 HP por medio de una cadena número 80. Adicional al eje se encuentra una estructura que tiene como finalidad sujetar el tambor, este permanece sujeto mediante un cadena que se ajusta por medio de una palanca; esta estructura fue soldada al eje para conformar una pieza única de fácil montaje.

Ilustración 16. Sistema de volteo



Las láminas curvadas se hicieron por rolado de acero A36 de 3/16 in de espesor reforzado con una varilla cuadrada de ½ in de tal forma que tengan soporte el peso del tambor.

A este sistema se adiciona unas guías para evitar que el fluido caiga al suelo y exista contaminación del espacio de trabajo, contribuyendo de esta forma con las normas de salud y ambiente.

6. DISEÑO DE DETALLE.

6.1 ANALISIS CAE

Un proceso típico de CAE incluyen pasos de pre-procesado, solución y post-procesado. En la fase de pre-procesado, los ingenieros modelan la geometría y las propiedades físicas del diseño, así como el ambiente en forma de cargas y restricciones aplicadas. En la fase de post-procesado, los resultados obtenidos mediante el uso SolidWorks se presentan al ingeniero para su revisión.

6.1.1 Análisis estático del sistema de volteo Se cuenta con un motor de 3 HP, 1800 rpm, acoplado a una caja reductora doble con una relación 50:1, respectivamente.

El motorreductor está entregando una potencia menor porque tiene pérdidas mecánicas, se asume el rendimiento del sistema reductor como 0.90.

Luego la potencia de salida el eje del reductor sería del orden de:

$$0.90 \times 3 = 2.7 \text{ HP.} = 2 \text{ KWatts approx.}$$

La velocidad del eje de salida se puede sacar de:

$$\frac{N_{sal_1}}{1800} = \frac{1}{50} \quad N_{sal_1} = 36 \text{ RPM}$$

$$\frac{N_{sal.}}{N_{sal_1}} = \frac{1}{50} \quad N_{sal.} = 0.72 \text{ RPM}$$

La relación entre potencia y torque, se da de la forma:

$$\text{Potencia} = \text{Torque} * \text{velocidad angular eje de salida.}$$

Velocidad angular:

$$w = \text{velocidad angular} = \frac{2\pi}{60} \times 0.72 \text{ RPM} = 0.075 \text{ Rad/seg.}$$

Luego, la fórmula del torque da:

$$\text{Torque} = \frac{2000 \text{ Watts}}{0.075 \text{ rad/seg}} = 26667 \text{ Nm.}$$

Se emplea un engranaje de $R=124.06 \text{ mm. (0.12406 m)}$. La fuerza disponible sobre el borde de la misma sería de:

$$\text{Fuerza} = \frac{\text{Torque}}{\text{Radio del engranaje}}$$

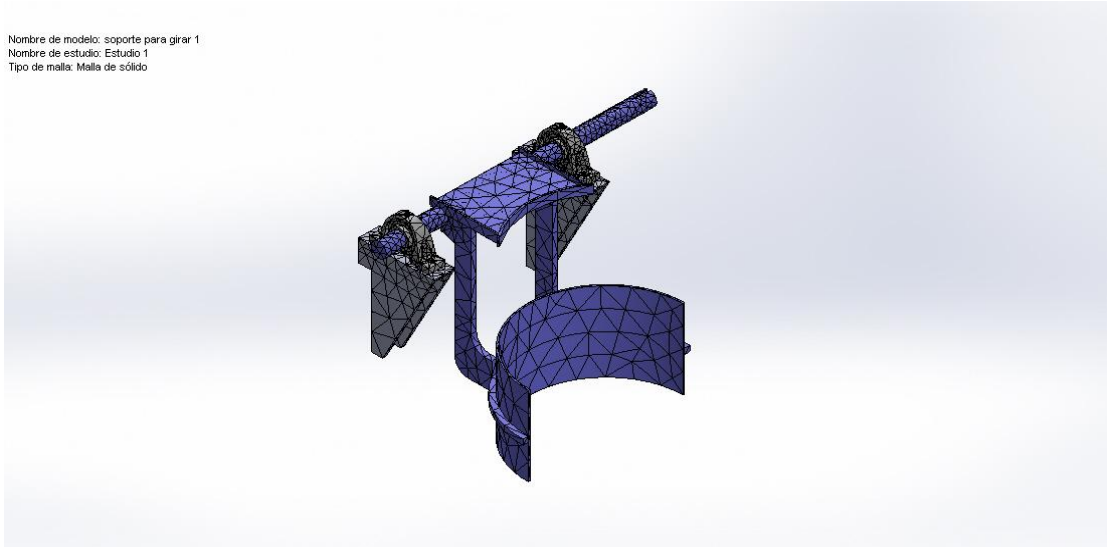
$$\text{Fuerza} = \frac{26667 \text{ Nm.}}{0,12406 \text{ m}} = 214953 \text{ N} = 21495 \text{ Kg. fuerza.}$$

En el análisis estático se realiza el análisis de tensión de Von Mises, desplazamiento y de factor de seguridad con las cargas halladas en los cálculos de fuerzas.

En este análisis se evaluó el comportamiento del eje del sistema de volteo elaborado en material AISI /SAE 4140 adicionando el peso de la estructura completa, la fuerza del motorreductor y la carga del tambor.

Ilustración 17. Mallado del sistema de volteo

Nombre de modelo: soporte para girar 1
Nombre de estudio: Estudio 1
Tipo de malla: Malla de sólido

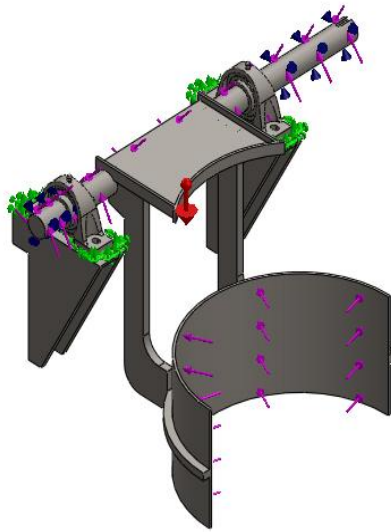


Para realizar este análisis, se procede primero a realizar el mallado de la pieza para poder conocer datos unitarios de cada punto que las conforman.

Tabla 4. Información del mallado.

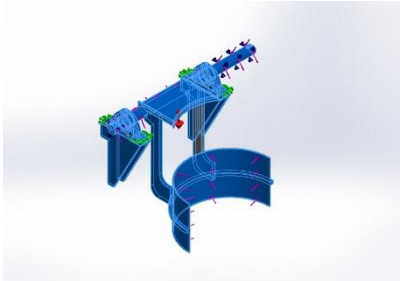
Número total de nodos	16594
Número total de elementos	8725
Cociente máximo de aspecto	84.334
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	64.4
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	8.05
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:05
Nombre de computadora:	ANDREYRAMIREZ

Ilustración 18. Vista isométrica con las cargas



Realizado lo anterior se procede a definir las cargas y el material del modelo.

Tabla 5. Propiedades mecánicas

Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: AISI 4140 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión máxima de von Mises Límite elástico: 460 N/mm² Límite de tracción: 731 N/mm² Módulo elástico: 205000 N/mm² Coeficiente de Poisson: 0.285 Densidad: 7850 g/cm³ Módulo cortante: 80000 N/mm²</p>

Se somete el eje a tres cargas para hacer de la simulación lo más exacta posible, y obtener resultados confiables

Tabla 6. Cargas de la simulación

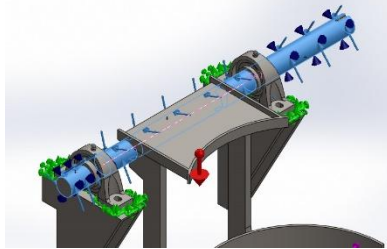
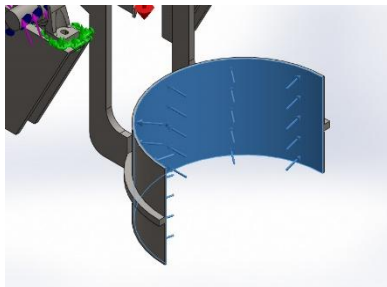
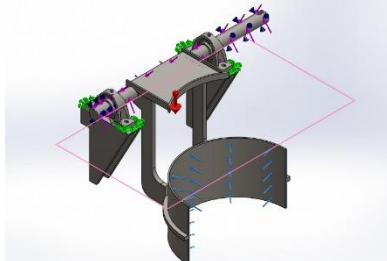
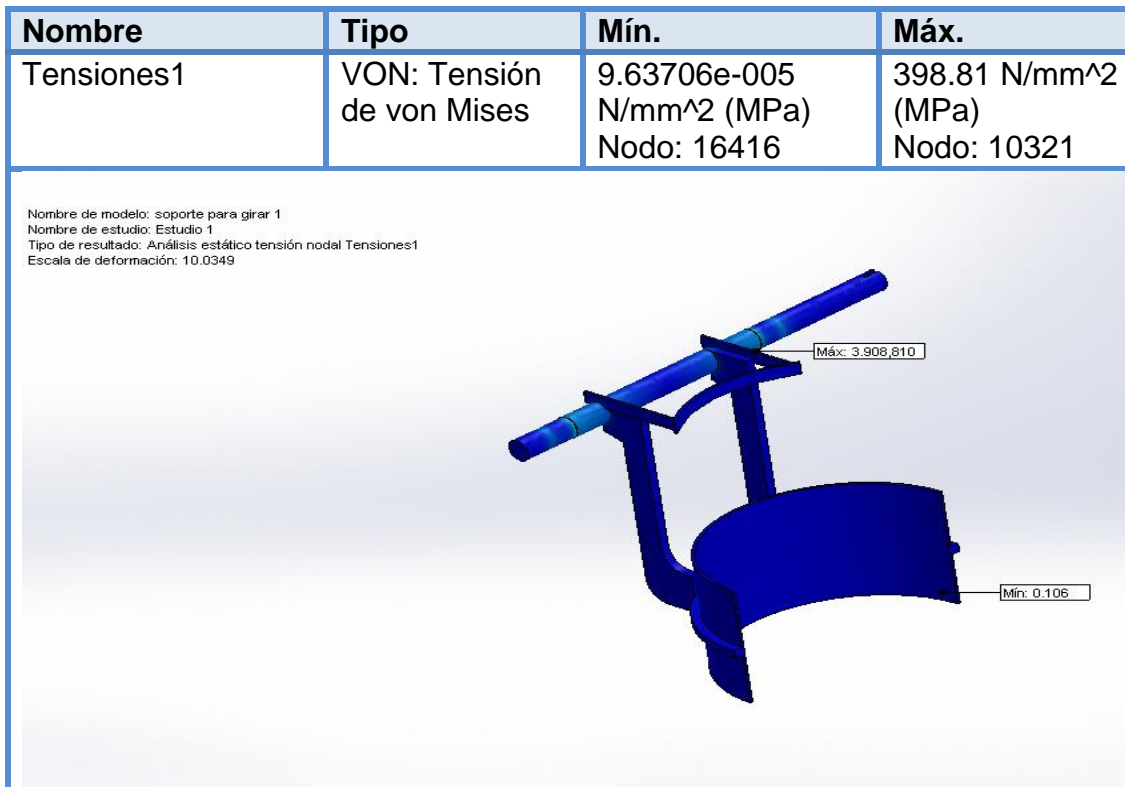
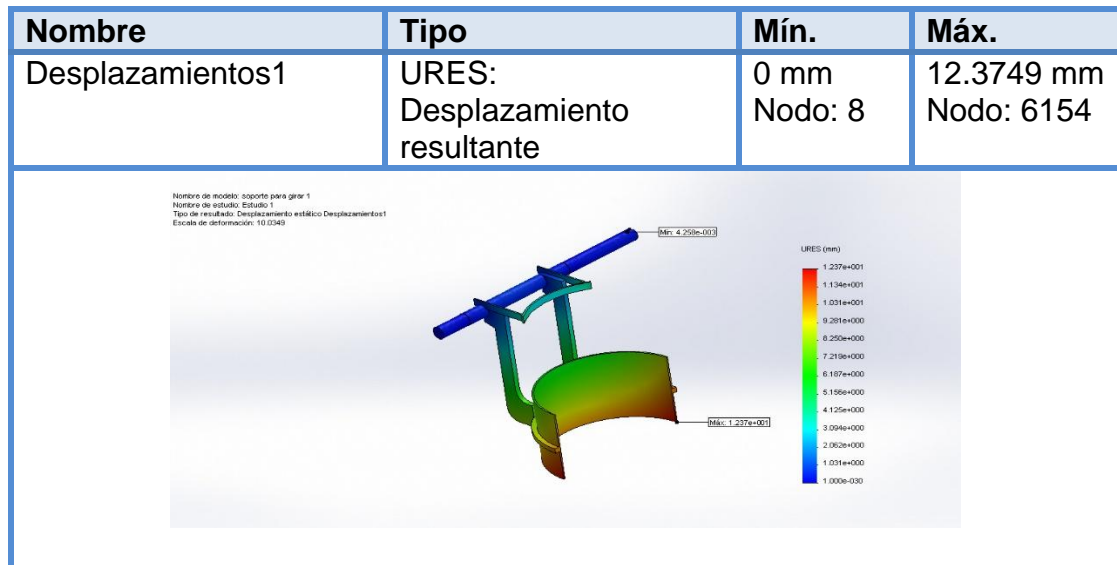
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Torsión-1		<p>Entidades: 3 cara(s) Referencia: Eje1 Tipo: Aplicar momento torsor Valor: 26667 N·m</p>
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 250 kgf</p>
Gravedad-1		<p>Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: SI</p>

Ilustración 19. Valores de esfuerzos sobre el sistema de volteo



Observando los resultados del análisis de tensión de Von Mises, se puede ver que el eje no van a fallar con las cargas que se le aplican en el trabajo que está realizando bajo condiciones estáticas, puesto que el valor máximo de esfuerzo que están soportando es de 398.81 [MPa] y el que puede resistir es de 731 [MPa].

Ilustración 20. Análisis de desplazamiento



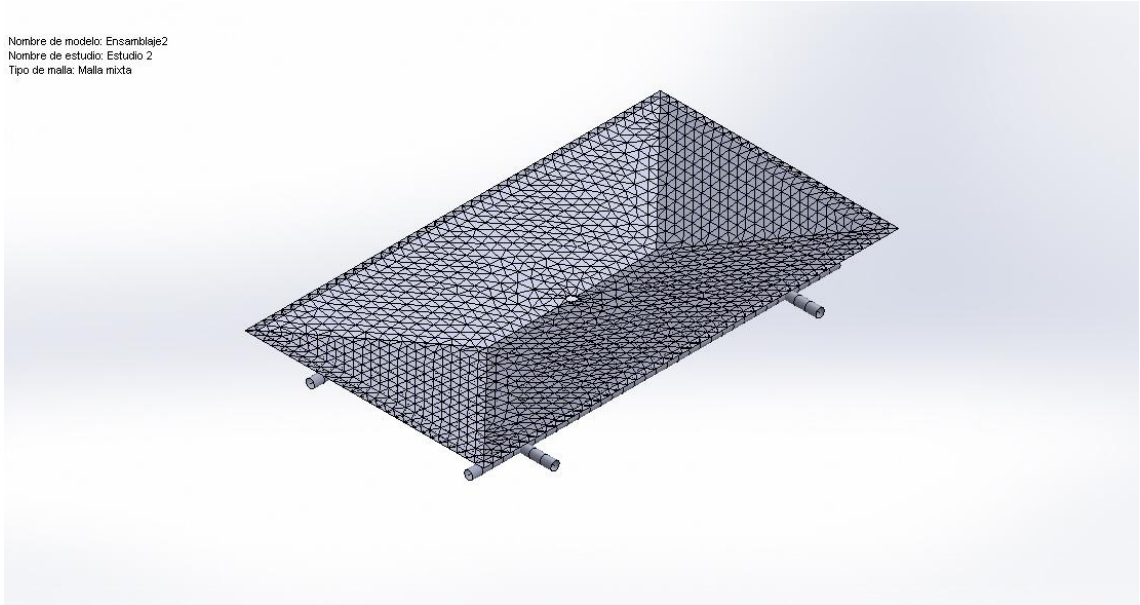
Observando los resultados de desplazamiento que presentan las matrices con la carga que soporta, se observa que el máximo desplazamiento es de 12.3749 mm, siendo éste un valor pequeño y aceptable por encontrarse en el sistema de sujeción del tambor.

6.1.2 Análisis estático del silo. En el análisis estático se realiza análisis de tensión de Von Mises, desplazamiento y de factor de seguridad con las cargas halladas en los cálculos de fuerzas.

En este análisis se evaluó el comportamiento del depósito, elaborado en material A36, al ser aplicada la fuerza de los 1000 galones de producto.

Ilustración 21. Mallado del silo

Nombre de modelo: Ensamblaje2
Nombre de estudio: Estudio 2
Tipo de malla: Malla mixta



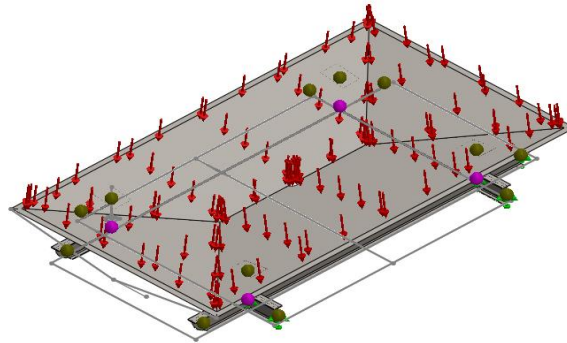
Para realizar este análisis, se procede primero a realizar el mallado de la pieza para poder conocer datos unitarios de cada punto que las conforman.

Número total de nodos	19021
Número total de elementos	9241
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:16
Nombre de computadora:	ANDREYRAMIREZ

Tabla 7. Información del mallado

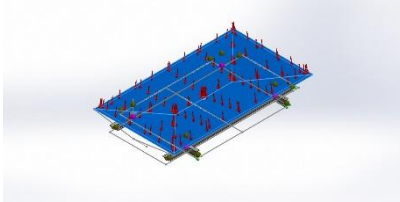
Se procede a definir las cargas y el material del modelo.

Ilustración 22. Cargas aplicadas sobre el recipiente



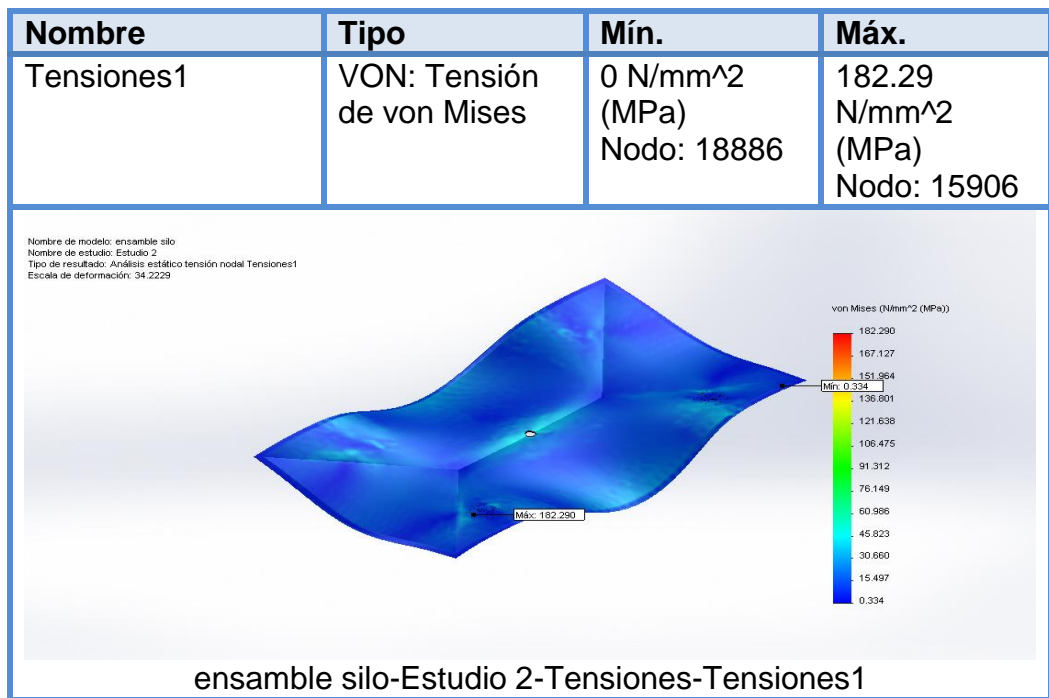
El modelo es sometido a las cargas que se producen durante la decantación de los tambores, las cuales tienden a empujar las caras del recipiente. Definido esto ya se puede realizar los análisis.

Tabla 8. Propiedades mecánicas

Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: ASTM A36 Acero Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión máxima de von Mises Límite elástico: 250 N/mm² Límite de tracción: 400 N/mm² Módulo elástico: 200000 N/mm² Coeficiente de Poisson: 0.26 Densidad: 7850 g/cm³ Módulo cortante: 79300 N/mm²</p>

Se somete el recipiente a unas fuerzas ejercidas por la presión de 0.0318123 kgf/cm² producida por los 3785.5 litros, o sea 1000 galones de producto.

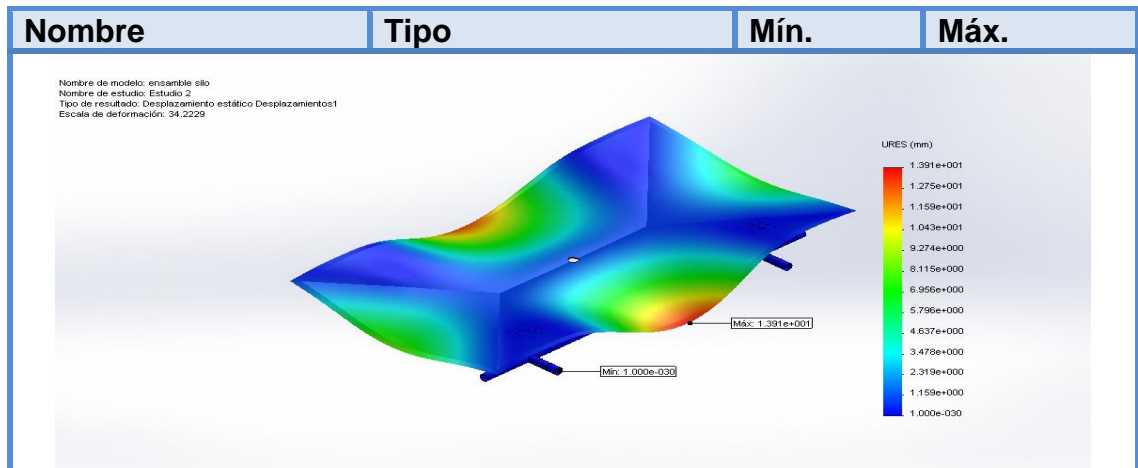
Ilustración 23. Valores de esfuerzos sobre el silo



Observando los resultados del análisis de tensión de Von Mises, se puede ver que el silo no va a fallar con las cargas que se le aplican en el trabajo que está realizando bajo condiciones estáticas, puesto que el valor máximo de esfuerzo que están soportando es de 182.29 [MPa] y el que puede resistir es de 250 [MPa].

Ilustración 24. Análisis de desplazamiento

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 18889	13.9115 mm Nodo: 555



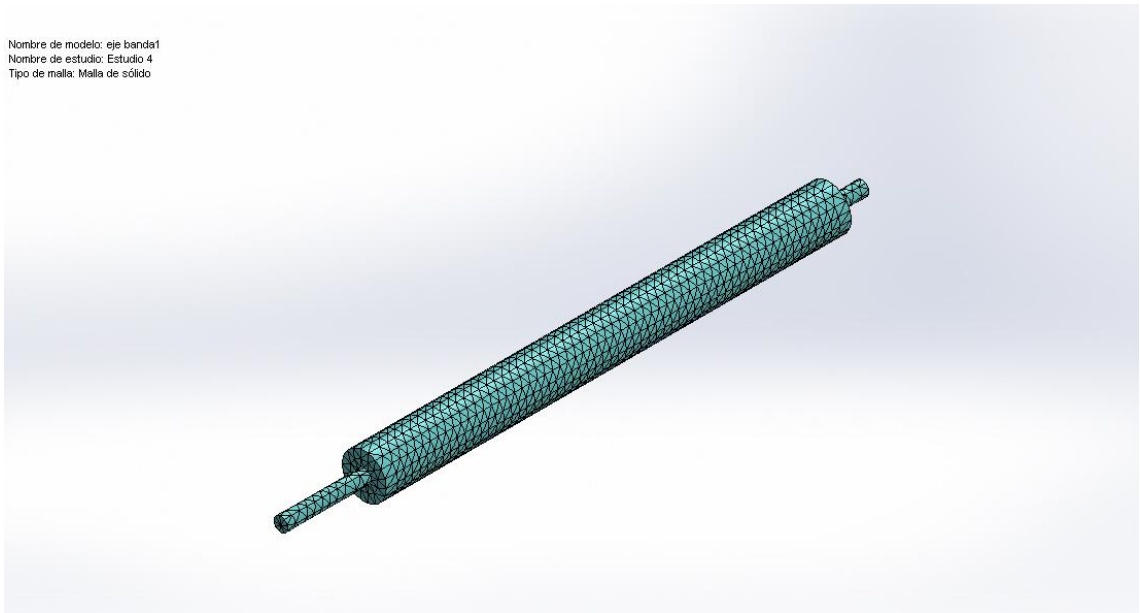
Observando los resultados de desplazamiento que presenta el silo con la carga soportada, podemos notar que el máximo desplazamiento es de 13.911 mm, el cual se da en la parte superior de las secciones más grandes pero que se reduce debido a los refuerzos que brinda la estructura del cuerpo.

6.1.3 Análisis estático de la banda transportadora. En el análisis estático se realiza análisis de tensión de Von Mises, desplazamiento con las cargas halladas en los cálculos de fuerzas.

En este análisis se evaluó el comportamiento de los rodillos de la banda transportadora elaborados en material AISI 1045, bajo la acción de la fuerza que ejercen los tambores sobre estos en el momento que se mueven de un lugar a otro.

Ilustración 25. Mallado del rodillo

Nombre de modelo: eje banda1
Nombre de estudio: Estudio 4
Tipo de malla: Malla de sólido



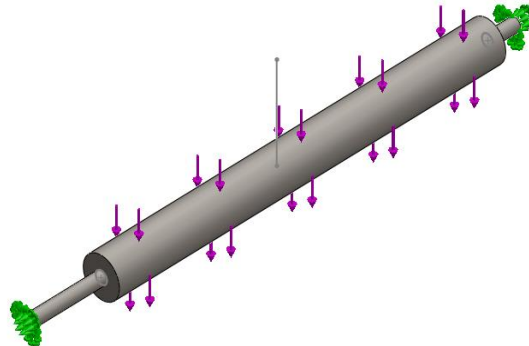
Para realizar este análisis, se procede primero a realizar el mallado de la pieza para poder conocer datos unitarios de cada punto que las conforman.

Tabla 9. Información del mallado

Número total de nodos	15928
Número total de elementos	7985
Cociente máximo de aspecto	7.5022
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	67.4
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh;mm;ss):	00:00:03
Nombre de computadora:	ANDREYRAMIREZ

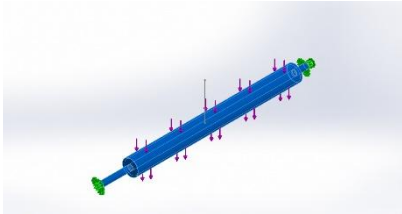
Se procede a definir las cargas y el material del modelo.

Ilustración 26. Cargas aplicadas sobre el rodillo



El modelo se somete a las cargas que se producen durante la decantación de los tambores, las cuales tienden a comprimir los rodillos. Por lo tanto, se somete a una fuerza de 35 kgf. Definido esto ya se puede realizar los análisis.

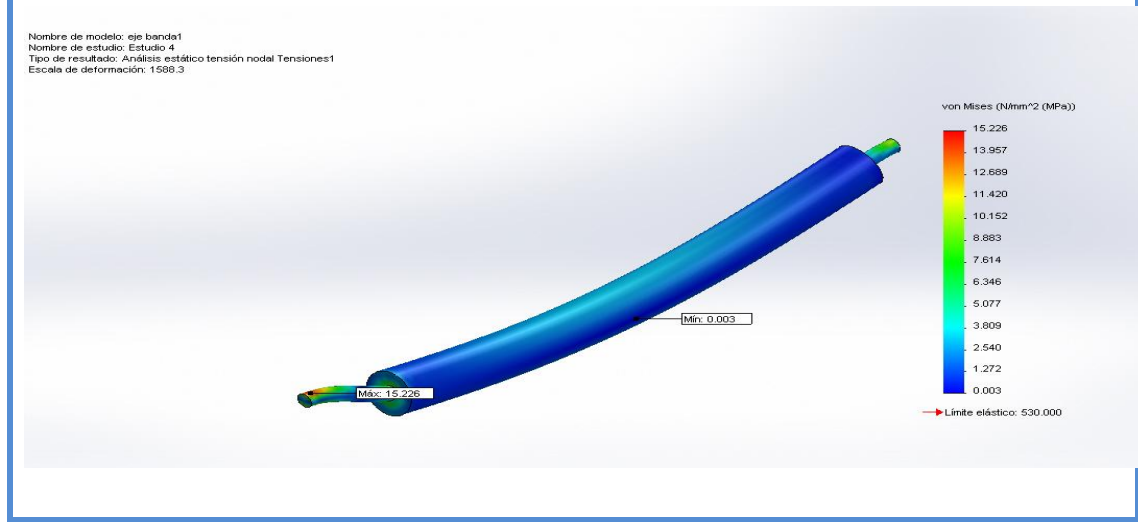
Tabla 10. Propiedades mecánicas

Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: AISI 1045 Acero estirado en frío</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión máxima de von Mises</p> <p>Límite elástico: 530 N/mm²</p> <p>Límite de tracción: 625 N/mm²</p> <p>Módulo elástico: 205000 N/mm²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7850 g/cm³</p> <p>Módulo cortante: 80000 N/mm²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.15e-005 /Kelvin</p>

Los 35 Kg a los que se somete el rodillo se debe al peso del tambor, cuando este contiene los 55 galones de producto.

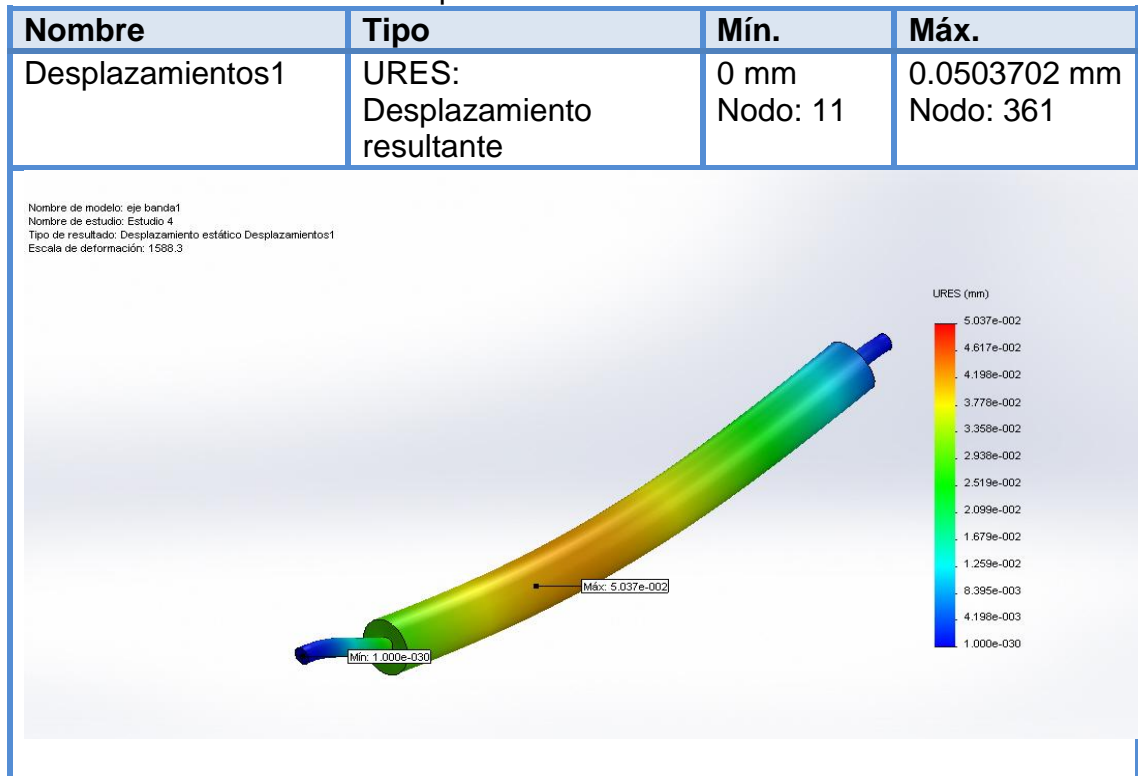
Ilustración 27. Valores de esfuerzos sobre el rodillo.

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.00297761 N/mm ² (MPa) Nodo: 9009	15.2259 N/mm ² (MPa) Nodo: 2745



Observando los resultados del análisis de tensión de Von Mises, se puede ver que los platos de sellado no van a fallar con las cargas que se le aplican en el trabajo que está realizando bajo condiciones estáticas, puesto que el valor máximo de esfuerzo que están soportando es de 15.225 [MPa] y el que puede resistir es de 530 [MPa].

Ilustración 28. Analisis de desplazamientos del rodillo



Analizando los resultados de desplazamiento que presenta los rodillos con la carga que soporta, se observa que el máximo desplazamiento es de 0.0503702 mm, siendo este un valor muy pequeño y aceptable.

7. PROCESO DECONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

Luego de la etapa de diseño, donde se realizaron los cálculos y selección de los materiales para la fabricación del equipo, se utilizará la ayuda CAD de SOLIDWORKS para la elaboración de los planos de cada pieza que lo conforma y de esta manera llevar a cabo los diferentes procesos de fabricación. Los planos completos de todas las piezas se pueden ver en los anexos.

En la construcción del equipo se llevó a cabo una serie de pasos de vital importancia, los cuales se describirán brevemente a continuación.

El skid petrolero se utilizó para poder sostener y mover el equipo de un lugar a otro. Consta principalmente de dos perfiles IPE 200 y dos tubos de 4 pulgadas unidos mediante soldadura. Se realizaron también dos perforaciones en cada perfil para montarlo los tubos y formar un rectángulo. Adicionalmente un perfil lleva un hueco que permite que salga el tubo de 4 pulgadas de descarga. Este skid lleva refuerzos a un tercio de la longitud media del skid medida desde sus extremos para soportar la carga.

Ilustración 29. Skid Petrolero



Una vez construido el skid petrolero y el silo de almacenamiento se llevó a cabo la construcción de la banda transportadora como pieza, es decir se hizo el prefabricado de la misma para posteriormente ser montado sobre los apoyos construidos.

Ilustración 30. Construcción banda transportadora



Después de obtener la banda transportadora se hace el montaje sobre la base ya construida, para de esta manera hacer la toma de medidas de la posición exacta de los sistemas de volteo para cada línea.

Ilustración 31. Instalación de los sistemas de volteo



Se ejecuta la construcción de la estructura principal del equipo, es decir, el esqueleto en perfiles simultáneamente con el trazado de las láminas para hacer el montaje posteriormente.

Ilustración 32. Trazado y corte de láminas



Se realiza el corte de las láminas por medio de plasma con las dimensiones resultantes de cada sección y se hace el montaje.

Ilustración 33. Montaje de las láminas laterales



Adicional al ensamble de las láminas que desempeñan el papel de pared interna, se instalan las ménsulas donde irá soportado cada serpentín.

Ilustración 34. Instalación de ménsulas para serpentines



Una vez se obtiene la estructura completa, se procede hacer la limpieza del equipo por medio de Sandblasting y se aplican las diferentes barreras de pintura

Ilustración 35. Pintura del equipo



Luego de que el equipo se encuentra con la barrera pertinente, se realiza el corte de las secciones de aislante térmico, para empezar a ser adicionado en la estructura que se fabricó para este.

Ilustración 36. Instalación de aislante térmico



Para sellar el aislante térmico de la estructura se coloca una lámina para tapar todo y hacer un acabado más estético. A las láminas se les hace el proceso de sandblasting y pintura como piezas independientes para después agregarlas al montaje.

Ilustración 37. Láminas externas del equipo



Las conexiones de entrada y salida de los serpentines se prefabricaron para facilitar las soldaduras de las juntas debido al reducido espacio. Las bridas se soldaron después de haber terminado con todas las uniones.

Ilustración 38. Líneas de salida de los serpentines



Después de tener ya listas todas las piezas que conforman el equipo, se procedió a realizar el ensamble del techo. En primer lugar se soldó todo el conjunto de piezas que conforma la primera capa.

Se realizó la soldadura de cada una de las láminas que conforma la parte superior; además de agregar la salida de gases, que es una chimenea de 12 pulgadas de diámetro. En este proceso de soldadura se debe tener en cuenta que el cordón no es continuo para evitar que no quede ningún tipo de curvatura que pueda dar lugar a deformaciones. Cabe aclarar que cada una de las secciones de la parte inferior del techo se soldó por ambas partes mientras que para la tapa se realizó por la parte externa.

Ilustración 39. Construcción del techo



Para la fabricación de las puertas se hizo el proceso de entamborado en el suelo y se procedió a soldar los goznes para poder adicionarlos al equipo. Este proceso fue muy similar al de las guardas de las cadenas de los sistemas de volteo

Ilustración 40. Instalación de puertas



Habiendo terminado con la construcción y ensamble de todas las piezas que constituyen el equipo de decantación, se procede a hacer los respectivos resanes de pintura para lograr un acabado uniforme, eliminar imperfecciones y lograr un toque estético que consiga la satisfacción

Ilustración 41. Resanes del equipo



Después de conseguir una superficie lisa se aplicó serie 100 y esmalte uretano en el cuerpo según los requerimiento del cliente.

Ilustración 42. Acabados internos



Ilustración 43. Acabados con esmalte uretano.



8. PRESUPUESTO

A continuación se presentan los costos de diseño que se generaron en la construcción del equipo. Este se construyó en el taller de la empresa Tk.Asme.api.Ingeniería.EU, en donde se dispuso de diferentes máquinas y ayuda técnica por parte de algunos operarios, que con su experiencia hicieron varios aportes.

Tabla 11. Costos de los materiales utilizados

COSTOS DE MATERIALES			
COMPONENTE	UNIDAD (\$)	CANTIDAD	TOTAL
Lámina 3/16	1750	1860 Kg	3'225.000
Lámina 1/8	1750	1260Kg	2'205.000
Perfil	2150	142.5Kg	306.375
Tubo de acero	2150	85Kg	182.750
IPE 200	2150	220Kg	473.000
IPE 100	2150	98Kg	210.700
Eje de acero 1045 Ø 20mm	9051	58	524.998
Eje de acero 4140 Ø 2 1/4" L=1500mm	164000	2	328.000
Tornillería	324	310	100.440
Cadena N° 40	26400	7	184.800
Cadena N° 80	30000	3	90.000
Aislante térmico INSUL -QUICK	145888	9	1'313.000
Chumacera cuadrada 20mm	10344	58	600.000
Chumacera ovalada 20mm	10344	58	600.000
Piñón 40B16	9827	116	1'140.000
Piñón 80B32	82000	4	328.000
Motorreductor 1 Hp 60:1	1425000	2	2'850.000
Motorreductor doble 3 Hp 50:1	2850000	2	5'700.000
TOTAL			\$20'362.063

Tabla 12. Costos de los procesos de fabricación

COSTOS DE PROCESOS	
COMPONENTE	TOTAL (\$)
Torneado, Taladrado, Rectificado, Fresado, Moleteado	1'882.000
Corte y soldadura	9'250.000
Sandblasting y pintura	2'570.000
Transporte	680.000
TOTAL	\$14'382.000

Tabla 13. Costos totales del proyecto

COSTOS TOTALES	
REFERENCIA	TOTAL (\$)
Costos de materiales	20'362.063
Costos de procesos	14'382.000
Papelería	300.000
TOTAL	\$35'044.063

9. PROTOTIPOS Y PRUEBAS

9.1 PROTOTIPO PARA EL SISTEMA DE VOLTEO.

Para la probar la efectividad del sistema de volteo se construyó un prototipo con piezas que estaban en el taller, simulando el plano original, Se quería ver que efectivamente volteaba el tambor desde el suelo hasta el interior del equipo. Este prototipo sirvió para mejorar el sistema, observar pequeñas falencias y replantear medidas.

Ilustración 44. Prototipo del sistema de volteo



9.2. PRUEBAS APLICABLES SEGÚN REQUISITOS DEL CLIENTE

La Organización Terpel presente requisitos de inspección como, examinar, visualizar, y realizar pruebas de presión en los serpentines.

Los requisitos de inspección se refieren a exámenes y pruebas complementarios que el comprador exige en la planta del fabricante del equipo, los requisitos de ensayo cubren tanto pruebas fijas como pruebas de presión.

Las siguientes pruebas y exámenes están especificados de esta forma:

- Prueba del sistema de volteo
- Prueba de sellado
- Prueba de presión en serpentines
- Examen visual

9.3 EXAMINACIÓN Y PRUEBAS DEL EQUIPO

9.3.1 Grado de inspección. El comprador especifico en la orden de compra la intención de mirar el proceso de fabricación del equipo y evaluar las pruebas que a ésta se le hacen en la planta. Esto se podrá aplicar siempre y cuando los procesos visibles no sean claves en la fabricación a fin de evitar plagio por parte de otros fabricantes.

- Inspección de equipo durante el ensamblado para asegurar conformidad con las especificaciones de la orden de compra, la inspección puede incluir pruebas no destructivas.
- Prueba de presión de operación y examen
- Informe de las pruebas no destructivas.

9.3.2 Exámenes El examen visual debe ser realizado por el fabricante de la válvula sobre todo el cuerpo de ésta, juntas soldadas, cuerpo, y accesorios. Todos los exámenes deben ser realizados en concordancia con los procedimientos escritos que cumplen con lo pactado.

9.4 DESARROLLO DE LAS PRUEBAS

9.4.1 Prueba de fugas Para la prueba del silo, una inspección visual donde no se evidencie fugas es permitida siempre y cuando el fluido de prueba sea líquido bajo las condiciones permitidas viscosidad y temperatura, se debe garantizar que no hay evidencia de fugas visibles ni de formación de humedad en las superficies externas (Ninguna fuga visible a través del depósito). Para la prueba de presión, evidencia visual de fugas a través de los tubos, en ningún caso es permitida, ni tampoco daño estructural como deformación plástica.

9.4.2 Prueba hidrostática. Es una prueba no destructiva mediante la cual se verifica la integridad de la tubería, en donde se bombea agua a una presión más alta que la presión de operación y se mantiene a esa presión durante un tiempo establecido previamente, el cual varía dependiendo el diámetro de la tubería. Se procedió a llenar la tubería con una manguera hasta que se llenó por completo, posteriormente se cebó la válvula para eliminar completamente el aire que pueda estar atrapado en ella. Después de realizados estos pasos, se realizó la prueba hidrostática

Se le aplicó una presión de 100 psi en la tubería con los extremos sellados durante 24 horas y no se observaron fugas durante el tiempo que se realizó la prueba.

Ilustración 45. Manómetro y termómetro de la prueba hidrostática



9.4.3 Prueba sistema de volteo. Es una prueba mediante la cual se verifica el correcto funcionamiento del sistema, en donde se llena un tambor de 55 galones de agua y se mantiene suspendido en el aire durante un tiempo establecido.

Se procedió a levantar la caneca hasta una altura prudente, posteriormente se dejó quieta. Lo que se quería obtener con esta prueba era observar si el equipo tenía algún movimiento o permanencia estática con la carga de 250 kilos; comprobar su efectividad y el cumplimiento de la seguridad exigida por el fabricante.

Ilustración 46. Prueba del sistema de volteo



9.4.4 Prueba bandas transportadoras. Es una prueba mediante la cual se corrobora el correcto funcionamiento de las bandas transportadoras, en donde se llena la línea de tambores y se mueven de un extremo a otro.

Se ubican las canecas sobre la banda transportadora llenas de agua hasta el primer anillo y se pone a funcionar el motor de 1 Hp que se encarga de hacer mover los rodillos. Lo que se quería obtener con esta prueba era observar si efectivamente los tambores se desplazaban y los rodillos cumplían con su papel.

Ilustración 47. Desplazamiento de los tambores



9.5 RESULTADOS FINALES DE LAS PRUEBAS.

Tabla 14. Resultados de las pruebas

PRUEBA	RESULTADO
Fugas.	No se observaron fugas en el recipiente
Hidrostática.	La presión permaneció proporcional a la temperatura.
Sistema de volteo.	El tambor quedó suspendido sin presentar ningún movimiento
Bandas transportadoras.	Hacen el correcto desplazamiento de los tambores.

10. CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un equipo de decantación para tambores con una capacidad de 1000 galones, con normas de seguridad, salud y ambiente para la Organización Terpel S.A, el cual gracias a su diseño y a los materiales utilizados en su construcción, permiten obtener excelentes resultados en operación.
- Se diseñaron y construyeron los rodillos necesarios para el transporte de los tambores. Se utilizó acero AISI 1045, obteniéndose una gran resistencia a las fuerzas de compresión generadas durante su operación.
- Se determinó que el sistema de volteo mecánico es el más óptimo para introducir los tambores al equipo, ya que éste tuvo un excelente desempeño con un bajo costo.
- Se construyó un prototipo de sistema de volteo, en donde se pudo determinar si el diseño cumplía a cabalidad su función.
- Se construyó un sistema de volteo adherido al equipo de decantación, con los requerimientos establecidos por la industria interesada, un equipo de calidad, reparable, que cumple con normas de seguridad, salud y ambiente
- Para el diseño del sistema de volteo y las piezas bajo carga, se consideró la teoría de falla de Von Mises, justificada por medio de un análisis de simulación en software CAD-CAE. Los resultados obtenidos permiten comprender el comportamiento de las piezas bajo la carga actuante, estimar su deformación y factor de seguridad, aportando una valiosa información antes de incurrir en costos de fabricación.

- Los aportes realizados por el gerente y los operarios con experiencia de Tk.Asme.api.Ingeniería.EU fueron de gran valor, debido a que, por sus conocimientos e ideas aportadas a este proyecto permitieron facilitar la construcción, disminuir costos y mejorar procesos.
- La realización de este proyecto permitió la aplicación integral de los conocimientos adquiridos durante la formación académica, dando como resultado un diseño óptimo y un excelente desempeño, así como un menor costo de fabricación
- La experiencia adquirida durante la realización de este proyecto mejoró los criterios en cuanto a diseño y procesos de manufactura adquiridos en la academia, lo cual permitirá en futuros proyectos reducir errores y costos.
- La recopilación de toda la información que se necesitó y los resultados que se obtuvieron son consecuencia del trabajo en equipo, encabezado por el gerente de la empresa y el director del proyecto

BIBLIOGRAFÍA

ASKELAND, Donald R. Ciencia e ingeniería de los materiales. México: International Thomson editors, 1998.

COMPAÑÍA GENERAL DE ACEROS. Propiedades mecánicas de los materiales. Catálogo virtual. [En línea] C.G.A., 2015. [Bogotá: Colombia] [Citado 2 Febrero 2015] Disponible en Internet: <http://www.cga.com.co/productos-y-servicios/catalogo-virtual#>

FAIRES, V. M. Diseño de elementos de máquinas. Barcelona: Montaner y Simón S.A, 1977.

GROOVER, Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna: Materiales, procesos y sistemas. México: McGraw Hill, 2007.

HAMROCK, Bernard J. Elementos de máquinas. México: McGraw Hill, 2000.

MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas. México: Pearson, 2006.

NORTON, Robert L. Diseño de máquinas. Mexico: Prentice hall, 1999.