

**DISEÑO DE ELEMENTOS MECÁNICOS PARA USO ESTRUCTURAL Y
MAQUINARIA INDUSTRIAL PARA EL SECTOR AVÍCOLA FABRICADOS POR
SIMM S.A.S.**

JULIÁN CAMILO LONDOÑO ORDUZ

ID: 000322543



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2021

**DISEÑO DE ELEMENTOS MECÁNICOS PARA USO ESTRUCTURAL Y
MAQUINARIA INDUSTRIAL PARA EL SECTOR AVÍCOLA FABRICADOS POR
SIMM S.A.S.**

JULIÁN CAMILO LONDOÑO ORDUZ

**Trabajo de grado realizado en la Modalidad de Práctica Empresarial como
Requisito para Optar al Título de Ingeniero Mecánico**

Supervisor empresa:

Ing. JOHAN REYZEL CHAVARRO PEÑUELA

Supervisor universidad:

MSc. JUAN MANUEL ARGUELLO ESPINOSA D.I.

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2021

AGRADECIMIENTOS

Quiero aprovechar en este momento para agradecer a todas las personas y entidades quienes han aportado en mi formación profesional y me han dado la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos. Agradezco inmensamente a:

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, mi lugar de estudio durante años de esfuerzo, en donde encontré a grandes maestros a los cuales agradezco mucho la ayuda y los conocimientos que me proporcionaron, donde conocí amigos que me aportaron de muchas maneras y a la universidad en general por formarme como profesional y por brindarme oportunidades que son incomparables.

GRUPO EMPRESARIAL SIMM S.A.S, Gracias por la oportunidad que me brindaron al permitirme ser parte de su equipo de trabajo al realizar esta práctica empresarial. Ha sido de gran valor para mí el apoyo y la confianza que me han brindado y espero seguir aportando a la empresa para seguir siendo una gran organización. Adicionalmente, a mi amigo y compañero de trabajo Cristian Alejandro Cuervo quien me ha contribuido enormemente en el aumento de mis conocimientos y por lo tanto en estos proyectos.

DEDICATORIA

Son muchas las personas que han aportado de una u otra forma con su apoyo, amistad y ánimo para que lograra esta meta y sueño en mi vida, por ello quiero agradecerles a todas estas personas por su compañía a lo largo del desarrollo de mi carrera, en especial le dedico este libro a:

DIOS, por acompañarme en cada paso que doy y no abandonarme nunca; Gracias padre por ser tan bueno conmigo y guiarme por este camino.

MIS PADRES Y ABUELITA, no me alcanza la vida para agradecerles por todo lo que han hecho por mí para permitirme alcanzar mis metas; Quiero darles las gracias por todo el amor, el apoyo incondicional, la fortaleza que me han brindado y el ejemplo que es la más grande enseñanza. Los amo infinitamente. A todas las personas que me han acompañado durante mi vida aportándome energía positiva con sus buenos deseos y amor, les quiero agradecer por querer lo mejor para mí y apoyarme.

JULIÁN CAMILO LONDOÑO ORDUZ

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	14
1.1 RAZÓN SOCIAL.....	14
1.2 MISIÓN.....	15
1.3 VISIÓN	15
1.4 POLÍTICA.....	16
1.5 INFORMACIÓN GENERAL.....	16
1.6 INFORMACIÓN DEL SUPERVISOR DE LA PRÁCTICA	17
2. OBJETIVOS.....	18
2.1 OBJETIVO GENERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. JUSTIFICACIÓN.....	19
4. ALCANCE	21
5. MARCO REFERENCIAL.....	22
5.1 MARCO HISTÓRICO	22
5.2 MARCO CONCEPTUAL.....	23
5.2.1 Ingeniería Mecánica.....	23
5.2.2 Maquinaria Industrial.....	23
5.2.3 Resistencia de Materiales.....	24
5.2.4 Software Cad.....	24
5.2.5 Software Cae.....	24
5.2.6 Plano.....	24
5.2.7 Pieza.....	25
5.3 MARCO TEÓRICO.....	25

5.3.1 Teoría del Diseño.....	25
5.3.2 Factor de Seguridad.	26
5.3.3 Buenas Prácticas para el Diseño Asistido por Computador.....	28
5.3.4 Tensión.	28
5.3.5 Deformación Unitaria.	28
5.3.6 Curva Tensión-Deformación.	29
5.3.7 Simulación Numérica del Comportamiento Mecánico de Materiales.	31
5.3.8 Calidad Tecnológica de Equipos y Maquinaria.	32
5.3.9 Consideraciones de Diseño.	32
5.3.10 Grúa Tipo Pluma.....	34
5.3.11 Perfil Estructural.....	35
6. METODOLOGÍA	36
6.1 FASES DE LA METODOLOGÍA.....	36
7. RESULTADOS.....	39
7.1 GRÚA TIPO PLUMA	39
7.2 ESTRUCTURA INACTIVADOR DE FRIJOL SOYA	46
8. CONCLUSIONES	49
9. RECOMENDACIONES.....	50
10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	51
11. PRESUPUESTO.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	53
ANEXOS.....	56

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Servicios que Ofrece la Empresa.	15
Figura 2. Cadena del Sector Avícola	19
Figura 3. Curva Esfuerzo Deformación Materiales	30
Figura 4. Curva Esfuerzo-Deformación por Zonas.....	30
Figura 5. Grúa Tipo Pluma.....	34
Figura 6. Perfil Estructural	35
Figura 7. Cartela	41
Figura 8. Estructura Pluma	41
Figura 9. Pivote.....	42
Figura 10. Pluma Estructura Anclaje Piso.....	42
Figura 11. Soportes Extremos	43
Figura 12. Soporte para Gancho.....	43
Figura 13. Soporte	44
Figura 14. Tapa IPE 160.....	44
Figura 15. Ensamblaje.....	45
Figura 16. Miembro Estructural.....	47

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Parámetros	40
Tabla 2. Elementos a Utilizar	40
Tabla 3. Definición de Medidas del proyecto	46
Tabla 4. Distribución Óptima para la Aplicación.....	47
Tabla 5. Cronograma de Actividades.....	51
Tabla 6. Presupuesto.....	52

LISTA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Factor de Seguridad.....	27
Ecuación 2. Tensión	28
Ecuación 3. Deformación Unitaria.....	29

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Informe Análisis Estático Grúa Tipo Pluma.....	56
ANEXO B. Planos de Fabricación Grúa Tipo Pluma.....	66
ANEXO C. Informe Análisis Estático Estructura Inactivador Frijol Soya	69
ANEXO D. Planos de Fabricación Estructura Inactivador Frijol Soya.....	87

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: Diseño de elementos mecánicos para uso estructural y maquinaria industrial para el sector avícola fabricados por SIMM S.A.S.

AUTOR(ES): Julián Camilo Londoño Orduz

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Mecánica

DIRECTOR(A): Juan Manuel Arguello Espinosa

RESUMEN

Este documento presenta el informe de práctica empresarial desarrollada en la empresa GRUPO EMPRESARIAL SERVICIOS DE METALMECÁNICA S.A.S. durante el periodo señalado en el cronograma de actividades, donde se desarrollaron diferentes proyectos dentro de los cuales podemos destacar los descritos en este documento. La función principal es apoyar el grupo de ingeniería en el diseño, desarrollo y análisis de elementos mecánicos destinados a la industria, donde se aplican conocimientos obtenidos en el proceso de formación académica y se adquiere experiencia al plasmarlo en lo práctico. Además de las habilidades desarrolladas descritas anteriormente se desarrollaron habilidades de comunicación ya que el proceso de diseño requiere una intensa comunicación de forma eficaz para trabajar con gente con formación en varias disciplinas. Al realizar una correcta selección de materiales, procesos y dimensiones garantizados por los análisis de elementos finitos para realizar una simulación del comportamiento del elemento diseñado al aplicarle la carga requerida se logra una confiabilidad específica de que el elemento no falla para la aplicación requerida. La práctica empresarial concluyó de manera satisfactoria para ambas partes, tanto para el estudiante al adquirir habilidades, reconocer sus destrezas y debilidades; como para la empresa al dejar un aporte a lo largo del tiempo de la práctica.

PALABRAS CLAVE:

Diseño, Elementos, Simulación, Análisis.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



TITLE: Design of mechanical elements for structural use and industrial machinery for the poultry sector manufactured by SIMM S.A.S.

AUTHOR(S): Julian Camilo Londoño Orduz

FACULTY: Facultad de Ingeniería Mecánica

DIRECTOR: Juan Manuel Arguello Espinosa

ABSTRACT

This document presents the business practice report developed in the company GRUPO EMPRESARIAL SERVICIOS DE METALMECÁNICA S.A.S. during the period indicated in the schedule of activities, where different projects were developed within which we can highlight those described in this document. The main function is to support the engineering group in the design, development and analysis of mechanical elements destined for the industry, where knowledge obtained in the academic training process is applied and experience is acquired by translating it into practice. In addition to the developed skills described above, communication skills were developed and the design process requires intense communication in an effective way to work with people with training in various disciplines. By making a correct selection of materials, processes and dimensions guaranteed by finite element analysis to simulate the behavior of the designed element when applying the required load, a specific reliability is achieved that the element does not fail for the required application. The business practice concluded in a satisfactory way for both parties, both for the student when acquiring skills, recognizing their skills and weaknesses; as for the company by leaving a contribution throughout the time of the practice.

KEYWORDS:

Design, Elements, Simulation, Analysis.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK



INTRODUCCIÓN

La empresa GRUPO EMPRESARIAL DE SERVICIOS DE INGENIERÍA Y METALMECÁNICA S.A.S., se constituyó con el objeto de prestar el servicio de fabricación y comercialización de elementos mecánicos destinados al uso estructural, y a la industria origen vegetal y animal.

Actualmente la empresa tiene como objetivo ser reconocida por su innovación y eficiencia en proporcionar soluciones para la industria nacional debido a su gran experiencia y conocimiento en el campo. Por lo que se requiere de un equipo de trabajo capacitado tanto en el área de ingeniería como en el área de producción para cumplir la labor de la mejor manera y así poder alcanzar los objetivos.

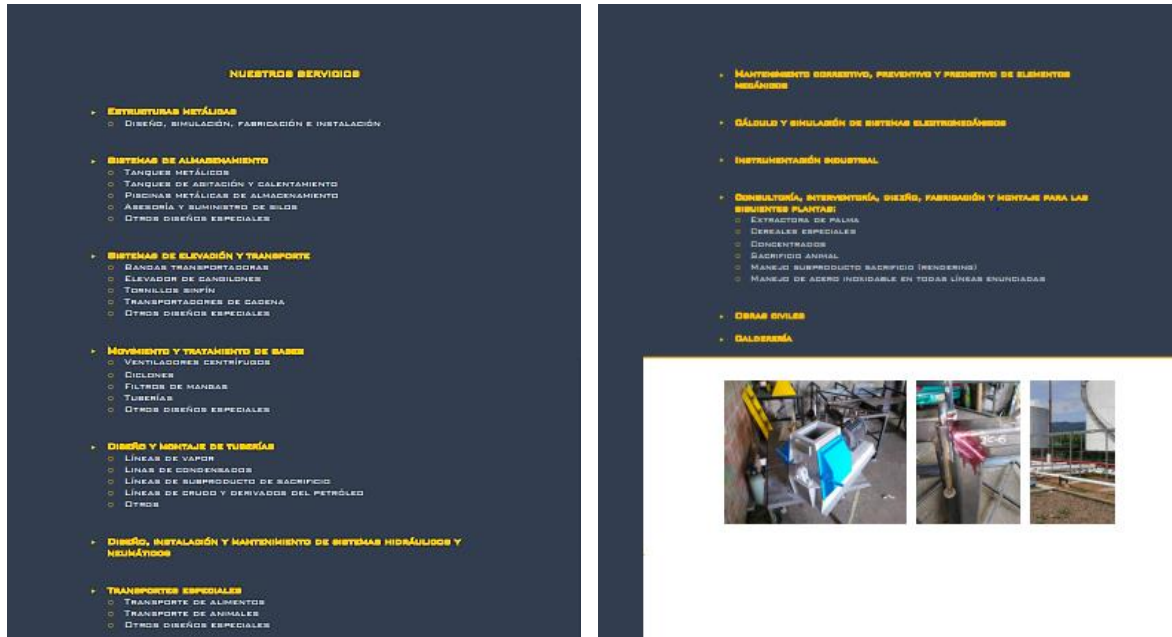
La presente práctica se enfocó en brindar un apoyo a la fase de diseño de elementos mecánicos ya sea para uso estructural o para maquinaria industrial, por medio de herramientas y recursos de diseño que permiten solucionar problemas de diseños, al permitir diseñar, analizar y simular el comportamiento de componentes mecánicos. Se presentan proyectos que no tienen la necesidad de ser simulados sus comportamientos ya que no presentan esfuerzos considerables, por lo tanto, no requieren una resistencia considerable. Sin embargo, se presentan proyectos para los cuales fue requerido un análisis y simulación del elemento con fin de conocer su comportamiento y evaluar su confiabilidad.

1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.1 RAZÓN SOCIAL

GRUPO EMPRESARIAL DE SERVICIOS DE INGENIERÍA Y METALMECÁNICA S.A.S, es una sociedad por acciones simplificadas matriculada el jueves 19 de enero de 2017 con domicilio registrado en la ciudad de Girón, con operaciones a nivel nacional, con sede principal en la TRANSVERSAL 24 - 54 A 53 BRR ALTOS DE CARRIZAL, GIRÓN, SANTANDER, COLOMBIA, y se dedica principalmente a fabricación de productos metálicos para uso estructural, identificada con la sigla SIMM, y tiene como objeto, y tiene las siguientes acciones económicas, así: 2511 – Fabricacion de productos metalicos para uso estructural; 3311 – Mantenimiento y reparacion especializado de productos elaborados en metal; 2592 – Tratamiento y revestimiento de metales; mecanizado y 7730 – Alquiler y arrendamiento de otros tipos de maquinaria, equipo y bienes tangibles n.c.p.

Figura 1. Servicios que Ofrece la Empresa



Fuente: SIMM SAS. Servicios. 29 abril, 2021. Disponible en: <https://www.lasempresas.com.co/bucaramanga/simm-sas/>

1.2 MISIÓN

La razón de ser es brindar soluciones y acompañamiento a la industria colombiana, integrando investigación y desarrollo en diversas áreas de la ingeniería, referente al diseño, fabricación, montaje y mantenimiento.

1.3 VISIÓN

SIMM S.A.S., en el año 2025 será reconocida como una de las empresas más innovadoras y eficientes en proporcionar soluciones a toda la industria nacional. Conociendo a la marca por su continuo avance, producto de metodologías o

técnicas de trabajo simultaneo desde las fases de diseño hasta entrega final de proyectos.

1.4 POLÍTICA

En SIMM se da un servicio cercano a nuestros clientes, cuando entregamos un proyecto de nuestra empresa, damos una parte de nosotros y la imagen que queremos representar hacia los demás. El logotipo nos representa como marca distintiva, la presentación de nuestros trabajos hace que nos diferenciamos de nuestra competencia, y nuestros diseños están para mostrar este reconocimiento.

1.5 INFORMACIÓN GENERAL

- **Nombre de la Empresa:** GRUPO EMPRESARIAL SERVICIOS DE INGENIERÍA Y METALMECÁNICA S.A.S.
- **Nit:** 901.044.336-7
- **Fecha de Constitución:** 16/01/2017
- **Fecha de Inicio de actividad:** 17/01/2017
- **Dirección:** Calle 21 N° 13-43
- **Correo (E-mail):** simmgrupoempresarial@gmail.com
- **Representante Legal:** SANTIAGO DUEÑAS BÁEZ
- **Número de Teléfono:** 698 9970 - 316 678 25 95

1.6 INFORMACIÓN DEL SUPERVISOR DE LA PRÁCTICA

- **Nombre:** Johan Reyzel Chavarro Peñuela
- **Número Telefónico:** (+57) (7) 604 18 78
- **Celular:** (+57) 316 678 25 95
- **Correo (E-mail):** johanreyzel@gmail.co

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar elementos mecánicos para uso estructural y maquinaria industrial, aplicando conceptos de ingeniería mecánica, soportados en el software CAD SolidWorks y validados en el software CAE SolidWorks Simulation, que contribuya al desarrollo de proyectos enfocados en necesidades de la industria alimentaria fabricados en el departamento de ingeniería del grupo empresarial SIMM S.A.S.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información necesaria que permita el establecimiento de las especificaciones preliminares de diseño como línea base de la construcción de prototipos. **Resultado:** Análisis de parámetros. **Indicador:** Tabla de Excel que exhibe los parámetros de estudio a considerar para realizar el proyecto.
- Diseñar elementos mecánicos asignados por la empresa GRUPO EMPRESARIAL SIMM S.A.S en el software CAD SolidWorks. **Resultado:** Modelos preliminares para su validación posterior. **Indicador:** Modelos en el software CAD SolidWorks.
- Comprobar el funcionamiento de acuerdo con los parámetros establecidos por medio de un software de análisis basado en elementos finitos (CAE) SolidWorks Simulation. **Resultado:** Informe de resultado del análisis por elementos finitos. **Indicador:** Planos de detalle con las especificaciones de fabricación.

3. JUSTIFICACIÓN

Desde una visión del sector avícola, esta práctica se justifica dado que la cadena industrial del sector avícola cuenta con una ventaja debido a que el país está liberado de la enfermedad denominada Influenza Aviar (AI). Según Romo de la Hoz ¹ dado que iniciativas tales como el Plan Nacional Anti pandemia, subastas, convenios, entre otras, se conserva el medio ambiente y la salud pública en beneficio de la comunidad dado a la importancia de los productos de consumo humano. La cadena además incluye los tres sectores de la economía, a saber:

Figura 2. Cadena del Sector Avícola



Fuente: CORREA DÍAZ, Ana María; OCAMPO GARCÍA, Alexander. Sector Avícola Colombiano y sus estrategias de Internacionalización. Revista CIES – ISSN 22116-0167. Volumen 3. Número 02. Año 2012. 30-36pp. Dirección de Investigaciones – Institución Universitaria Escolme (Medellín, Colombia). Disponible en <https://www.escolme.edu.co/revista/index.php/cies/article/viewFile/106/101>

¹ ROMO DE LA HOZ, Yira. Sector Avícola colombiano y sus estrategias internacionales. 2012. Disponible en: <https://www.escolme.edu.co/revista/index.php/cies/article/viewFile/106/101>

Dado lo anterior, en la empresa GRUPO EMPRESARIAL SERVICIOS DE INGENIERÍA METAL MECÁNICA S.A.S., ha avanzado en procesos de diseño por medio de la aplicación de sistemas de información para el diseño, y por ello la participación de un ingeniero mecánico resulta necesaria para el desarrollo de proyectos, dado que se necesita alta precisión y calidad en la fase de formulación de proyectos que atiendan necesidades específicas que generalmente termina con la producción de un elemento mecánico, lo que demanda de conocimientos que permitan un diseño funcional de elementos mecánicos validados en aspectos de seguridad, confiabilidad y utilidad².

Dado lo anterior, es indispensable que el personal tenga capacidad para comprender la síntesis y análisis de elementos mecanismos³, dominar el funcionamiento de distintos softwares que permitan generar los planos de construcción, modelar piezas y ensamblajes en 3D, al mismo tiempo teniendo en cuenta las consideraciones necesarias para una situación de diseño dada, entre las más importantes se mencionan: resistencia/esfuerzo, materiales, medidas, herramientas, distorsión/deflexión/rigidez, desgaste, funcionalidad, corrosión, seguridad, confiabilidad y facilidad de manufactura.

² BUDYNAS, Richard G.; NISBETT, J. Keith. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. Novena edición. 2009. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. ISBN 978-607-15-0771-6.

³ GERE, J. y GOODNO, B. Mecánica de materiales. Séptima Edición. 2009. S.l.: s.n. ISBN 978-970-830-040-7.

4. ALCANCE

Diseño de elementos mecánicos para uso estructural y maquinaria industrial, aplicando conceptos de ingeniería mecánica, soportados en el software CAD SolidWorks y validados en el software CAE SolidWorks Simulation, que contribuya al desarrollo de proyectos enfocados en necesidades del sector avícola fabricados en el departamento de ingeniería del grupo empresarial SIMM S.A.S., lo cual se evidencia por medio de planos de construcción e informe de resultado de análisis de elementos finitos realizado en software de ingeniería asistida por computador, requeridos por la empresa GRUPO EMPRESARIAL SERVICIOS DE INGENIERÍA METAL MECÁNICA S.A.S., para su posterior comercialización.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO HISTÓRICO

La caracterización del ingeniero tiene sus fuentes en el papel que desempeña en la sociedad moderna. Se trata de una sociedad impregnada de tecnología, en la cual esta última se ha convertido en el instrumento de todas las actividades sociales. La palabra tecnología es una de las más utilizadas en la sociedad contemporánea, pero esto no significa que se haga de manera correcta, con exactitud y sin dualismo. ¿Qué es realmente la tecnología? ¿La habilidad para resolver cualquier problema? ¿La fuente de todos los males? ¿La manifestación física del genio inventivo de la humanidad?⁴

Luego, debido al desarrollo de las distintas ciencias, particularmente “la física”, se ha producido un alto progreso en el área del diseño de elementos mecánicos, debido a los descubrimientos científicos, formulación de leyes, teorías de otras ciencias que han sido útiles para su perfeccionamiento. Según Bunge⁵ es por esto que para hablar de los antecedentes del diseño de elementos mecánicos se debe saber que la evolución de esta ciencia se ha llevado a cabo de la mano con el desarrollo de la física.

Complementario a lo anterior, a partir de la edad antigua se comenzó a estudiar y a practicar tanto de la física como de la arquitectura las cuales podemos encontrar evidencia en obras arquitectónicas, ingenios para poder construir las mismas y estudios realizados. Las cuales se fueron perfeccionando y obteniendo relevancia,

⁴ VALENCIA, Asdrúbal. La relación entre la Ingeniería y la Ciencia. 2004. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/430/43003113.pdf>, Medellín.

⁵ BUNGE, Mario Augusto. El planteamiento científico. 2017. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662017000300016

a medida que se fue profundizando en esta a lo largo del tiempo por medio de una gran cantidad de científicos, físicos, fabricantes, ingenieros y técnicos que han contribuido al desarrollo del diseño de elementos mecánicos. Originando un movimiento de investigación relevante para dicha ciencia.⁶ Lo que podemos destacar de las últimas décadas es que gracias al desarrollo del diseño de elementos mecánicos, ha dejado como resultado varias propuestas para representarlo, realizarlo, entenderlo y automatizarlo, además de una gran cantidad de ayudas para asistirlo de una forma altamente calificada gracias a la integración de los sistemas computarizados CAD-CAE-CAM que permiten el diseño óptimo, cálculo de elementos finitos y la selección adecuada de materiales, con un ahorro en su elaboración.⁷

5.2 MARCO CONCEPTUAL

5.2.1 Ingeniería Mecánica. Es la rama que estudia y desarrolla las máquinas, equipos e instalaciones, considerando siempre los aspectos ecológicos y económicos para el beneficio de la sociedad.⁸

5.2.2 Maquinaria Industrial. Las máquinas industriales son artefactos que se utilizan en el subsector de la industria. La mayoría de los fabricantes de maquinaria se llaman fábricas de máquinas. La industria de la maquinaria llegó a existir durante la revolución industrial.

⁶ BUNGE, Mario Augusto. El planteamiento Científico. 2017. Scielo. 1-13pp

⁷ REYMEN, Isabella. Improving design processes through structured reflection: a domain-independent approach. 2010.

⁸ ACIEM. Ingenierías. 2016. Disponible en: <https://aciem.org/home/>

A principios del siglo XX varios fabricantes de automóviles y motocicletas comenzaron sus propias fábricas de máquinas; los tipos de maquinaria industrial según la energía que emplean, según su uso o dependiendo de otras características, tipos de maquinaria industrial según la energía que emplean: La maquinaria industrial eléctrica, la maquinaria industrial hidráulica, la maquinaria industrial de tipo térmico y maquinaria industrial de brazo robótico.⁹

5.2.3 Resistencia de Materiales. Estudio de la distribución interna de esfuerzos que produce un sistema de fuerzas exteriores aplicadas sobre los cuerpos deformables, por lo tanto, depende de cada tipo de material.¹⁰

5.2.4 Software Cad. El diseño asistido por computadora (CAD) es una disciplina que estudia el uso de sistemas informáticos como herramienta que apoya todos los procesos involucrados en el diseño de cualquier tipo de producto.¹¹

5.2.5 Software Cae. En ingeniería asistida por computadora (CAE) la técnica más aplicada es la del análisis de elementos finitos (FEA), es usada industrialmente desde el diseño hasta la fabricación consiguiendo optimizar costos, calidad, tiempo, seguridad, etc.¹²

5.2.6 Plano. Un plano es una representación gráfica de determinado proyecto y comprende los esquemas, dibujos, figuras, perspectivas con sus determinadas dimensiones necesarias para llegar a la comprensión visual del proyecto.

⁹ MAQUICLICK. Tipos de maquinaria industrial, fabricantes. 2015

¹⁰ PYTEL, Andrew; SINGER, Ferdinand L. Resistencia de materiales. Oxford.

¹¹ DÍAZ, Francisco. Uso de las Herramientas de Diseño CAD en el Área de Tecnología. Colombia. 2013

¹² ROJAS, Oswaldo & ROJAS, Luis. Diseño asistido por computador. 2006. En: Revista Redaly, Perú.

En los planos se encuentran implícitos los resultados de los cálculos, las hipótesis, las comprobaciones, las estimaciones y los objetivos marcados. En conclusión, los planos indican lo que se debe construir, montar, instalar, etc.¹³

5.2.7 Pieza. Una pieza es un componente móvil o fijo de un sistema. Cada una de las piezas que conforman un sistema tiene su determinada función específica dentro del conjunto, por lo tanto, resulta importante su correcto funcionamiento. Conforme a su diseño y objetivo, cada una de las piezas realizarán una función específica, aunque en algunos casos puede cumplir más de una función.¹⁴

5.3 MARCO TEÓRICO

5.3.1 Teoría del Diseño. El término diseño que se menciona hace referencia a toda la actividad de desarrollo de una idea de producto, de tal manera se acerca al concepto de “proyecto”, entendido como el grupo de planteamientos y acciones necesarias para llevar a cabo y realizar una idea.¹⁵

Las diferentes definiciones de diseño que están en literatura evidencian el concepto antes explicado. Por ejemplo, Guiliano¹⁶ propone la siguiente definición “El diseño en la ingeniería es la generación y evaluación sistemática e inteligente de especificaciones para artefactos cuya forma y función alcanzan los objetivos establecidos y satisfacen las restricciones especificadas” En el campo del diseño de elementos mecánicos lo define como:

¹³ PLUGINFIL. Planos. Colombia. 2008. Disponible en: <https://ocw.bib.upct.es/>

¹⁴ QUIMINET. Impida movimientos indeseados de piezas mecánicas. 2016. Disponible en: <https://www.quiminet.com/>

¹⁵ BERNAL, Chaur. Ingeniería del diseño. 2011

¹⁶ GUILIANO, Héctor Gustavo. La teoría crítica de la tecnología: una aproximación desde la ingeniería. En: Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS, vol. 8, núm. 24, septiembre-, 2013, Buenos Aires, Argentina. 63-74pp.

El diseño es un proceso innovador e iterativo, en el cual se realiza un plan con el fin de cubrir una necesidad específica o resolver un problema particular de forma analítica. El producto debe cumplir con los requerimientos de ser funcional, confiable, seguro, útil, competitivo, que pueda fabricarse y comercializarse.¹⁷

Se podría seguir mencionando definiciones de diseño. Sin embargo, las expuestas son una muestra del significado moderno del término. De este modo se entiende que la disciplina del diseño mecánico se encarga de diseñar objetos y sistemas de naturaleza mecánica como maquinas, estructuras, instrumentos y dispositivos. Para lograr este objetivo se utilizan conocimientos de ciencias puras como matemáticas, física y en algunos casos química.

Específicamente el diseño en la ingeniería mecánica abarca el diseño mecánico, con el dibujo técnico como lenguaje gráfico (planos), de una manera bastante específica donde se aplican las disciplinas que requiera propias de la ingeniería mecánica. En este se aplican técnicas alcanzadas por el estudio, la experiencia y la práctica, lo que permite utilizar eficazmente los materiales y el uso correcto de información sobre condiciones, demandas, necesidades, exigencias y requisitos, en la descripción de una estructura capaz de satisfacer unos requerimientos planteados, que puede incluir no solo los deseos del cliente, sino también requisitos de todo el ciclo de vida. De igual forma se logra una optimización de los recursos materiales y financieros para llevar a cabo la tarea.¹⁸

5.3.2 Factor de Seguridad. Para el factor de seguridad (F_s) hay varias definiciones y cálculos a los que se puede hacer referencia.

¹⁷ ACEVEDO BORREGO, Adolfo. El proceso de innovación dentro del diseño estratégico de las organizaciones, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 2008.

¹⁸ REYMEN, Óp. Cit.

El concepto básico de factor de seguridad para el diseño y la ingeniería es que el factor de seguridad es el cociente resultante entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real al que estará sometido, que nos permite cubrir cierta incertidumbre que se puede producir en el diseño debido a errores en el modelo matemático, teorías de falla utilizadas y características de los materiales utilizados.

Ecuación 1. Factor de Seguridad

$$F_s = \frac{\textit{Tensión \acute{u}ltia}}{\textit{Tensi3n de trabajo}}$$

Un factor de seguridad de 1 significa que una estructura o componente fallará exactamente cundolo alcance la carga de diseño y no podrá soportar ninguna otra carga adicional. Por este motivo un componente con un $F_s < 1$ no son viables, 1 es el mínimo, un factor de seguridad de 2 significa que un componente fallará al doble de la carga de diseño, y así sucesivamente. Cada aplicaci3n tiene un factor de seguridad estipulado dependiendo de si las consecuencias de la falla son significativas, como la pérdida de vidas, daños personales o perdida de propiedad se requerirá un F_s más alto. Otra consideraci3n es el costo para lograr determinado F_s o viabilidad para un determinado negocio. Al evaluar los componentes con la mayor precisi3n posible de trabajo teniendo en cuenta las condiciones del mundo real se puede lograr la creaci3n de un buen producto que satisfaga la necesidad de manera segura.¹⁹

¹⁹ CREATIVE MECHANISMS STAFF. Factor of Safety in Design and Engineering: The Basics. 2016. Disponible en: <https://www.creativemechanisms.com/>

5.3.3 Buenas Prácticas para el Diseño Asistido por Computador. La introducción del ordenador dentro del proceso constructivo ha contribuido a mejorar notablemente la fase de diseño. Según Juan Carrasco²⁰ se han reducido los costes y tiempos de diseño, y también ha disminuido el tiempo de respuesta ante los cambios de producción; Respecto a sus ventajas son: No deja restos del material de impresión, evita extravío de modelos, mayor exactitud, se pueden enviar datos a laboratorios en forma remota e inalámbrica.

5.3.4 Tensión. El concepto de tensión es introducido en la resistencia de materiales, para explicar el comportamiento de los cuerpos sometidos a esfuerzos en su interior. Es decir, la tensión es la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie de la sección transversal de determinado componente sometido a la acción de fuerzas externas.

Ecuación 2. Tensión

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

$$\sigma = \textit{tensión}$$

$$F = \textit{Fuerza aplicada}$$

$$A_0 = \textit{Sección inicial}$$

5.3.5 Deformación Unitaria. Como sabemos los cuerpos totalmente rígidos no existen. Por lo cual todo elemento se deforma ante la presencia de cargas sobre él.

²⁰ CARRASCO, Juan. Tecnología avanzada del diseño y manufactura asistidos por computador - CAD/CAM, 2016. Universidad Autónoma del Caribe, Colombia. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496251107012.pdf>

El cuerpo se deforma hacia la dirección que se aplica la carga. Por lo tanto, se utiliza el termino alargamiento al cambio de longitud que experimenta un cuerpo debido a una carga aplicada sobre el mismo. Es decir, la deformación unitaria es la relación entre la deformación total y la longitud inicial de elemento.²¹

Ecuación 3. Deformación Unitaria

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L_0} = \frac{L_f - L_0}{L_0}$$

$\varepsilon =$ Deformación unitaria

$\delta =$ Deformación total

$L_0 =$ Longitud inicial

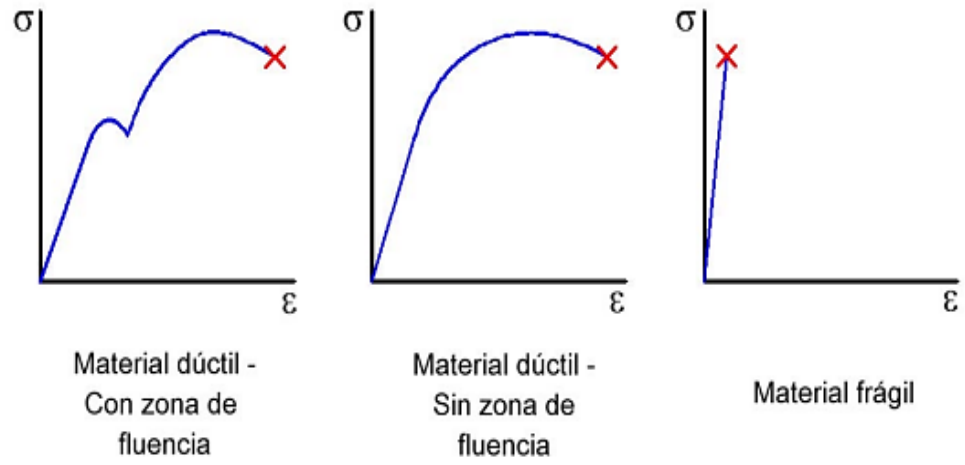
$L_f =$ Longitud final

5.3.6 Curva Tensión-Deformación. La curva de esfuerzo-deformación se obtiene por medio del ensayo de tracción, la cual a través de una máquina de ensayos se deforma una probeta del material a estudiar aplicando fuerzas axiales en el sentido del eje de la muestra hasta que la probeta se rompa. por medio de este se obtiene información acerca del comportamiento mecánico de los distintos materiales que dependiendo de la aplicación para la que se vaya a utilizar se pueden necesitar ciertas propiedades o tener claro las fases de los materiales al ser sometidos a estas deformaciones. A través de una máquina de ensayos se deforma una probeta del material a estudiar aplicando fuerzas axiales en el sentido del eje de la muestra.²²

²¹ UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Curva Esfuerzo de Formación Materiales. Bogotá, Colombia. 2018. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/>

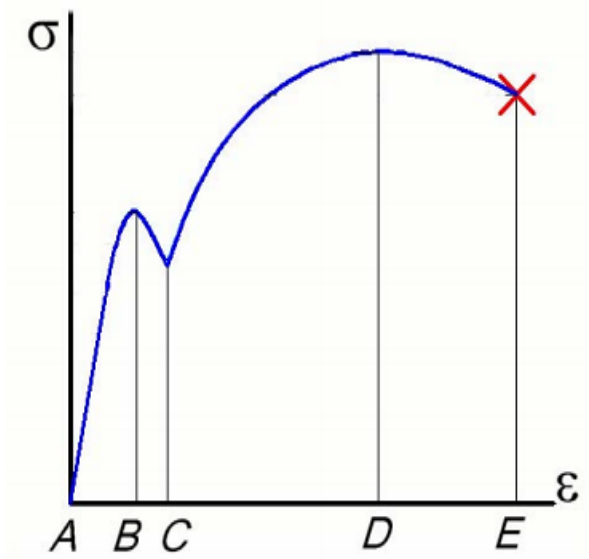
²² Ibid. 16pp

Figura 3. Curva Esfuerzo Deformación Materiales



Fuente: UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Repositorio. Disponible en:
<https://repositorio.uniandes.edu.co/>

Figura 4. Curva Esfuerzo-Deformación por Zonas



Fuente: UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Repositorio. Disponible en:
<https://repositorio.uniandes.edu.co/>

Para entender la gráfica podemos dividir la curva en dos zonas:

- La zona elástica (AB) se caracteriza porque las deformaciones producidas en esta etapa son de carácter elástico.
- La zona plástica (BE) las deformaciones producidas por la tensión son permanentes.

En la zona plástica ocurren tres fenómenos:

- Fluencia (tramo BC)
- Endurecimiento por deformación (tramo CD)
- Formación de cuello o estricción (tramo DE).

La elección de los materiales con los que se van a fabricar los elementos es una decisión muy importante que se debe tomar, debido a que afecta a la hora del diseño el tamaño de la pieza, su espesor, forma, proceso de fabricación y por lo tanto su precio. Dependiendo de las características concretas de cada proyecto, se utilizan materiales dependiendo forma de fallar el material (dúctil o frágil).

5.3.7 Simulación Numérica del Comportamiento Mecánico de Materiales. El empleo de materiales compuestos en el diseño de estructuras se ha visto más frecuentemente en los últimos años. Esto se debe al hecho de la posibilidad de diseñar el material con ciertas propiedades específicas y con ellos se consiguen cualidades mecánicas que no es posible obtener de los acetos tradicionales.

Estos materiales presentan una muy favorable relación resistencia-peso y rigidez-peso, son resistentes a la corrosión, térmicamente estables y resultan especialmente adecuados para estructuras en las que el peso constituye una variable fundamental en el proceso de diseño. Los componentes estructurales que requieren gran rigidez, resistencia a los impactos, formas complejas y considerable

volumen de producción resultan ideales para ser fabricados a partir de materiales compuestos.²³

5.3.8 Calidad Tecnológica de Equipos y Maquinaria. En el modelo²⁴ se aprecian especificaciones de detalle de las siguientes características estructurales del modelo: focos de análisis, variables a usar en el análisis, análisis de las variables.

La industria considera tres tipos de aspectos para la fabricación de elementos mecánicos, primero, la tecnología de proceso; esta comprende el conocimiento básico acerca del tema de estudio, es decir la teoría relacionada al proceso de transformación, segundo la tecnología de Operación, se refiere a la experiencia y consideraciones de diseño es un elemento decisivo en la competitividad de la organización, ya que la teoría y la practica deben trabajar de la mano para lograr resultados realmente óptimos , la tecnología de equipo, la parte física del diseño de transformación se efectúa en diversos activos, cuyas características dependen del mercado, del proceso y de la experiencia.²⁵

5.3.9 Consideraciones de Diseño. Es necesario tener en cuenta varias consideraciones que influyen directamente en el diseño del elemento, factores importantes para determinar la geometría, dimensiones, el material, el procesamiento y la unión de los elementos del sistema.

²³ OLLER, S. Simulación numérica del comportamiento mecánico de los materiales compuestos. 2003. Disponible en: OP-CU260-Trabajo-Investigacion.foc (core.ac.uk).

²⁴ ZUTA, Juan Manuel. Diseño de un modelo de evaluación de la calidad de la tecnología de equipos y maquinaria. 2019. En: Revista; Ciencia & amp, desarrollo 11-18pp. Disponible en: <https://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/citationstylelanguage/get/apa?submissionId=471&publicationId=443>

²⁵ Ibid. 24pp

Frecuentemente se deben tener en cuenta muchos de esos factores en una situación de diseño dada. A continuación, se mencionarán las más importantes (ordenadas aleatoriamente).²⁶:

1. Distorsión/deflexión/rigidez
2. Funcionalidad
3. Resistencia/esfuerzo
4. Desgaste
5. Seguridad
6. Corrosión
7. Facilidad de manufactura
8. Confiabilidad
9. Costo
10. Utilidad
11. Fricción
12. Peso
13. Forma
14. Vida
15. Ruido
16. Estilo
17. Control
18. Tamaño
19. Propiedades térmicas
20. Superficie
21. Lubricación
22. Mantenimiento
23. Volumen
24. Comercialización

²⁶ BUDYNAS, NISBETT, Op. Cit.

25. Responsabilidad legal

26. Capacidad de reciclado/recuperación de recursos.

5.3.10 Grúa Tipo Pluma. Las grúas plumas son comúnmente utilizadas en fábricas para la carga y descarga de grandes pesos a lo largo de esta y tiene la capacidad de rotar sobre la base los grados estipulados dependiendo de la aplicación.

Figura 5. Grúa Tipo Pluma



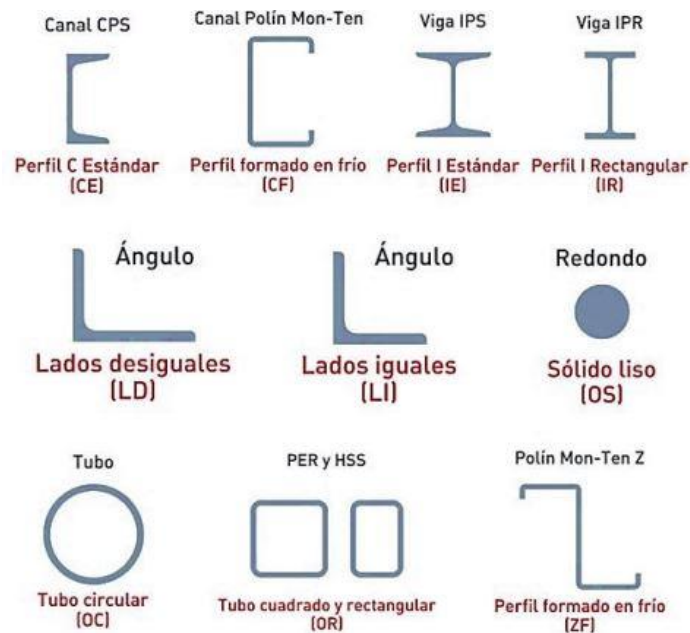
Fuente: MONTSERRAT MARTÍNEZ, Oriol. Diseño de una grúa torre. Grado en Ingeniería Mecánica. Volumen I. Memoria. Mayo 2017. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/105737/VOLUMEN%20I%20MEMORIA.pdf>

En cuanto a su diseño, una de las dimensiones que definen a una grúa pluma es la altura de trabajo, es decir, la altura máxima a la que será sometida. Otro aspecto importante que definirá su diseño es la capacidad de carga y el trabajo para el cual será adecuado.

5.3.11 Perfil Estructural. Los perfiles estructurales o vigas son productos que se fabrican de acero por medio de laminado en frío o caliente, también llamado rolado. Se aplica para la construcción de obras y estructuras.

El tipo de perfil que vaya a tener la viga de acero, así como sus cualidades son determinantes a la hora de elegirlos para su aplicación y uso en la ingeniería dependiendo de la forma en que las cargas se presenten en el trabajo como: tensión, compresión, flexión, torsión, entre otras. Podemos destacar de los perfiles estructurales los siguientes, IPE, canales U O C, ángulos estructurales o tipo L, perfil cuadrado y perfil redondo. La norma más utilizada y la encargada de garantizar las propiedades mecánicas es la ASTM la cual designa y regula la calidad de aceros de construcción y estructurales que comercialmente se ofrecen como productos.

Figura 6. Perfil Estructural



Fuente: DÍAZ DEL CASTILLO RODRÍGUEZ, Felipe. Perfiles estructurales. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Departamento de Ingeniería. Laboratorio de Tecnología de Materiales Lecturas de Ingeniería 32 Cuautitlán Izcalli, Edo. de México. Disponible en: http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m5/Perfiles_estructurales_2019-1.pdf

6. METODOLOGÍA

Para lograr el diseño de elementos mecánicos para uso estructural y maquinaria industrial, y dado que se realizará aplicando conceptos de ingeniería mecánica, se seleccionó una metodología de enfoque cuantitativo y nivel proyectivo. Lo anterior dado que el proceso de producción requiere de un correcto diseño de los elementos mecánicos que satisfagan de manera óptima el requerimiento, por lo que se proponen las siguientes etapas originándose del método propuesto por Shigley en el libro Diseño en la ingeniería mecánica.

6.1 FASES DE LA METODOLOGÍA

FASE UNO: Recopilación de información necesaria que permita el establecimiento de las especificaciones preliminares de diseño como línea base de la construcción de prototipos. Se hará un análisis de parámetros, cuya información de los resultados se registrará en una tabla de Excel.

FASE DOS: Diseñó de elementos mecánicos asignados por la empresa GRUPO EMPRESARIAL SIMM S.A.S., en el software CAD SolidWorks. Lo que generará modelos preliminares para su validación posterior, y se podrá evidenciar en los informes generados por el software CAD SolidWorks. En esta fase se aplicará el método propuesto por Shigley en el libro Diseño en la ingeniería mecánica, así:

- Identificación de una necesidad y la decisión dar solución a esta. A menudo la necesidad no es evidente, el reconocimiento se evidencia por una circunstancia adversa o por un conjunto de circunstancias aleatorias que se originan casi de manera simultánea. (Análisis requerimientos).

- Paso siguiente es la identificación del problema las cual es más específica y debe incluir todas las especificaciones y limitaciones del sistema que se va a diseñar como por ejemplo cantidades de entrada y de salida, características y dimensiones del espacio que el objeto puede ocupar, la cantidad que se va a manufacturar, la temperatura de operación, la vida esperada y la confiabilidad. Para lo cual se puede utilizar algún Software que permita almacenar y organizar datos. (Definición requerimientos).
- Obteniendo unas especificaciones preliminares se procede al diseño conceptual, en el cual teniendo en cuenta las consideraciones de diseño se propone una solución que debe haber sido investigada, cuantificada en términos de medidas establecidas por medio del software de diseño asistido por computadora (CAD) SolidWorks. (Efectuar diseños en software CAD SolidWorks).
- Los datos adquiridos tiene que ser verificados por medio de un software de análisis por elementos finitos (CAE) SolidWorks Simulation, de esta manera se comprueba que satisface la necesidad específica, y si lo hace, cuán bien se desempeñará, de lo contrario sería necesario volver a la fase de identificar la necesidad del proyecto puesto que este proceso es de carácter iterativo, ya que durante el proceso de diseño se puede descubrir nueva información o se adquieren nuevas perspectivas que requiere repetir algunos de los pasos anteriores. (Verificación diseños por medio de software de análisis por elementos finitos (CAE) SolidWorks Simulation).
- Como última instancia y vital en el proceso de diseño se presenta y se comunica los resultados obtenidos para satisfacer esta necesidad por medio de los planos de construcción y los informes de los análisis de elementos finitos obtenidos. (Ejecución planos de construcción), (comunicación de resultados).

FASE TRES: Comprobación del funcionamiento de acuerdo con los parámetros establecidos por medio de un software de análisis basado en elementos finitos (CAE) SolidWorks Simulation; lo cual se evidenciará en el informe de resultado del análisis por elementos finitos y se anexaran los respectivos planos de detalle con las especificaciones de fabricación.

7. RESULTADOS

En el transcurso de la practica en la empresa GRUPO EMPRESARIAL DE SERVICIOS DE INGENIERÍA Y METALMECÁNICA S.A.S., se realizaron actividades destinadas al diseño de elementos mecánicos por medio de herramientas de diseño, de las cuales podemos destacar las actividades realizadas en 2 proyectos por ser relevantes ya que se tuvo que realizar un análisis de esfuerzos y de factores de seguridad. Los cuales se emplean como sustentación de la práctica empresarial:

7.1 GRÚA TIPO PLUMA

El primer proyecto surgió por el anuncio de una licitación de la empresa Pollos el bucanero para un trabajo que requiere la elaboración de una grúa de tipo pluma para el cargue y descargue de una maquina peletizadora de alimentos de un piso a otro en planta de concentrados. Para ofrecer una buena oferta técnica y comercial para la fabricación y montaje de este proyecto, y de esta manera poder adquirir el proyecto se tuvo que dirigir a la planta a evaluar el trabajo. En la fase de análisis del trabajo como primero se conoció la necesidad del proyecto, se tomaron medidas y se obtuvieron los parámetros descritos en la siguiente tabla de Excel:

Tabla 1. Parámetros

Parametros grua tipo pluma	
Peso a soportar	2 [Ton]
Fuerza a soportar	1600 [N]
Material	ASTM A36
Altura	1700 [mm]
Ancho	2000 [mm]
Grado de giro	180 °

Fuente: Autor del proyecto

De esta manera se pudo determinar los elementos a utilizar para satisfacer la necesidad de la mejor manera y sus cantidades con la colaboración de la experiencia de los ingenieros y del jefe de taller y montajes:

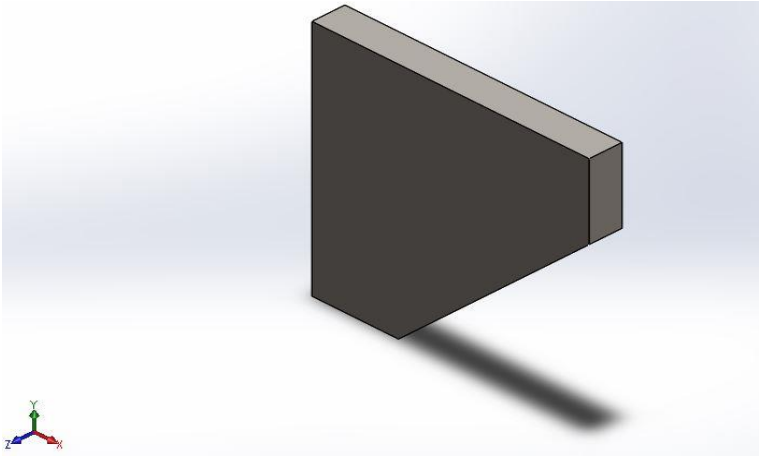
Tabla 2. Elementos a Utilizar

Parametros grua tipo pluma	
ITEM	CANTIDAD
perfil IPE 160	3493 [mm]
Tuberia 4" pared 1/2"	1700 [mm]
Tuberia 4 1/2" pared 1/2"	140 [mm]

Fuente: Autor del proyecto

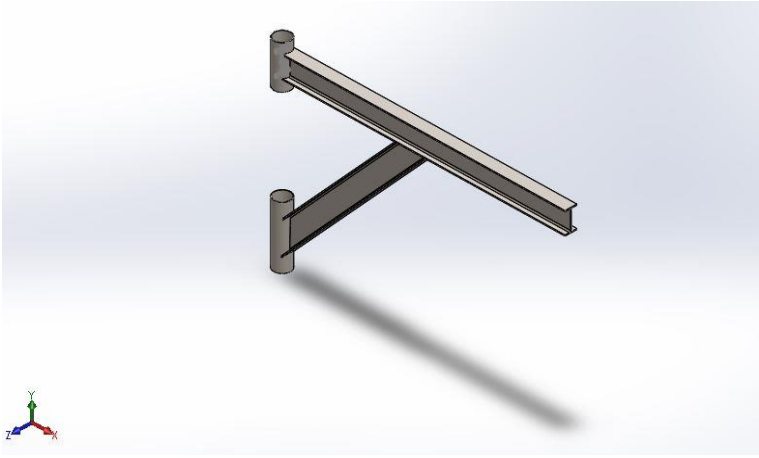
Al obtener el proyecto se procede a diseñar los elementos mecánicos que comprende el proyecto anexado a continuación por medio del software de diseño asistido por computadora (CAD) SolidWorks, para lo cual es necesaria la colaboración de los ingenieros y el jefe de montajes para consideraciones de diseño:

Figura 7. Cartela



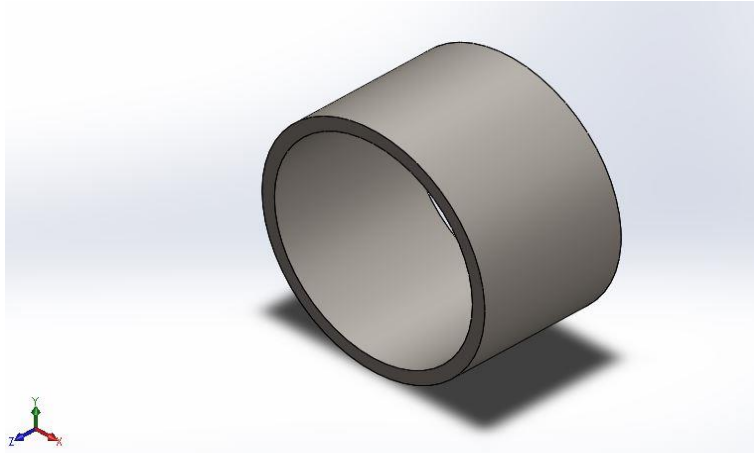
Fuente: Diseñado por el autor en el programa de SolidWorks

Figura 8. Estructura Pluma



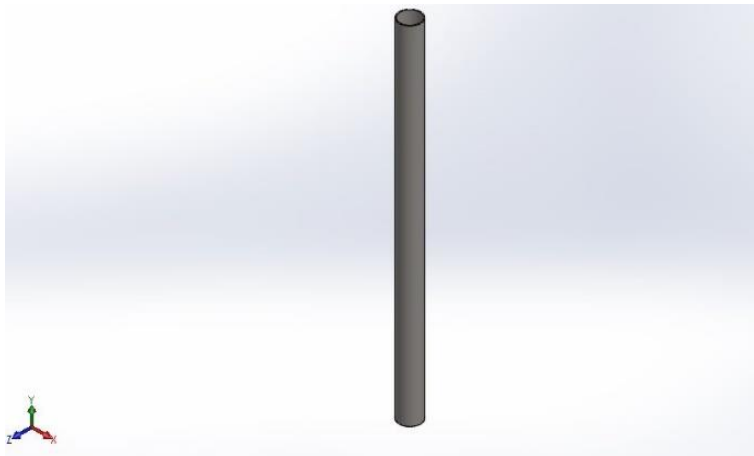
Fuente: Diseñado por el autor en el programa de SolidWorks

Figura 9. Pivote



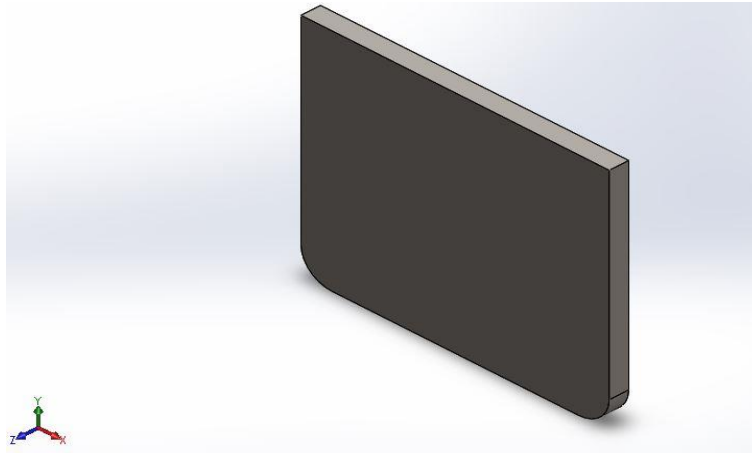
Fuente: Diseñado por el autor en el programa de SolidWorks

Figura 10. Pluma Estructura Anclaje Piso



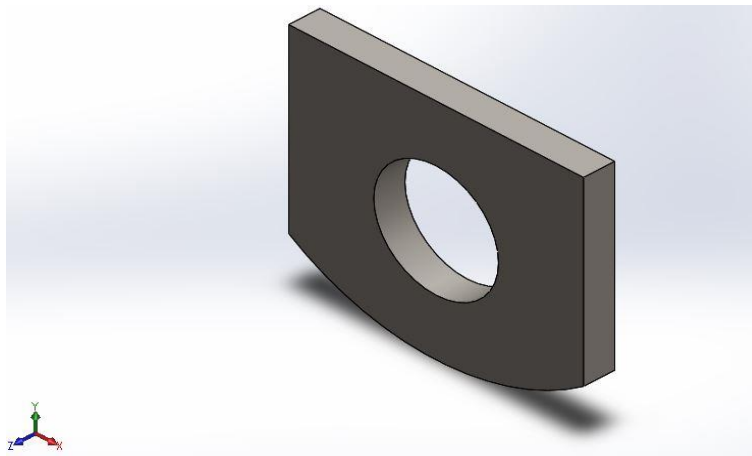
Fuente: Diseñado por el autor en el programa de SolidWorks

Figura 11. Soportes Extremos



Fuente: Diseñado por el autor en el programa de SolidWorks

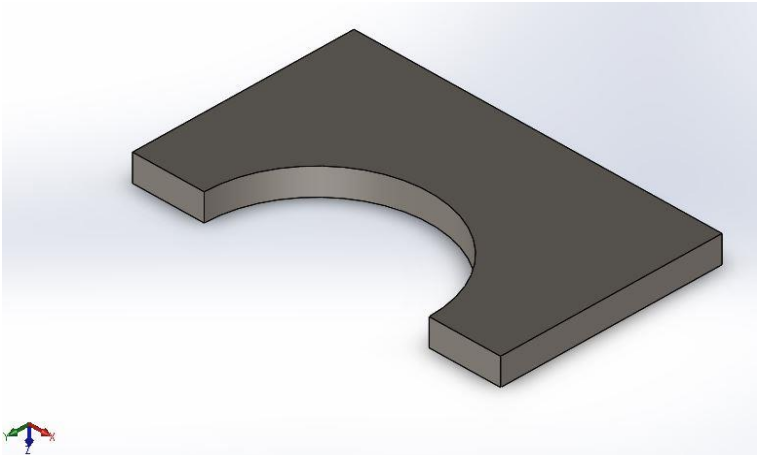
Figura 12. Soporte para Gancho



Fuente: Diseñado por el autor en el programa de SolidWorks

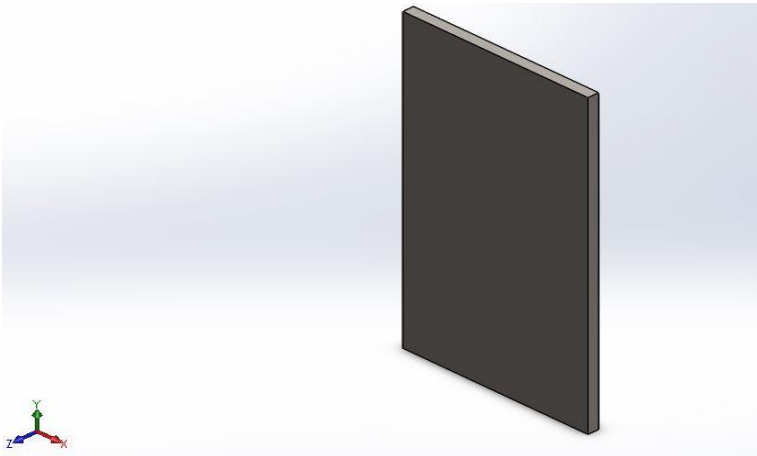
Esta platina se encarga de la suportación del diferencial o del poli pasto que será utilizado.

Figura 13. Soporte



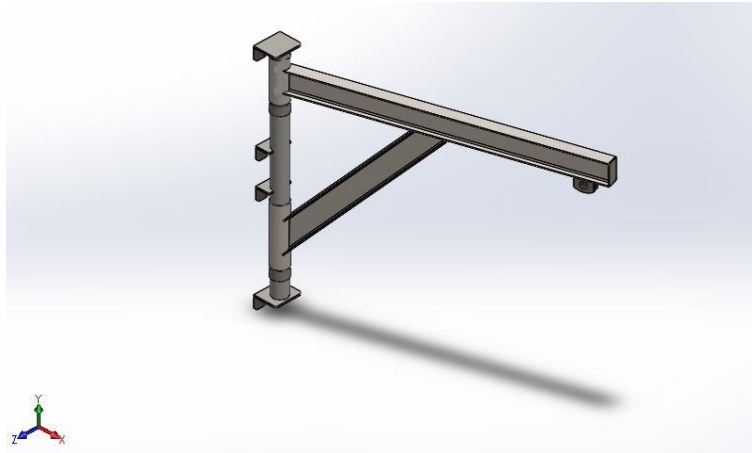
Fuente: Diseñado por el autor en el programa de SolidWorks

Figura 14. Tapa IPE 160



Fuente: Diseñado por el autor en el programa de SolidWorks

Figura 15. Ensamblaje



Fuente: Diseñado por el autor en el programa de SolidWorks

Diseñado el sistema se procede a realizar el estudio de análisis de elementos finitos para realizar una simulación del comportamiento del elemento diseñado al aplicarle la carga requerida, el informe del análisis estático se evidencia en el Anexo A, se determinó que los elementos del sistema se fabricaran en acero al carbono A36.

Debido a que la falla de este sistema puede representar riesgos en la salud de los trabajadores y pérdidas económicas tanto de la producción como del equipo se recomienda un factor de seguridad mínimo de 3. Dados los valores de cargas para esta grúa tipo pluma se diseña con un factor de seguridad en sus puntos críticos señalados en el informe de 4.5 Por lo que el diseño planteado satisface este requerimiento y brinda una confiabilidad, Por lo que se considera apto para la aplicación requerida. Paso siguiente se procede a realizar los planos de fabricación expuestos en el Anexo B, los cuales fueron revisados y aprobados por el grupo de ingeniería y entregados al jefe de taller y montajes para su fabricación.

7.2 ESTRUCTURA INACTIVADOR DE FRIJOL SOYA

El segundo proyecto consiste en el desmontaje, montaje y suministro de una estructura para un inactivador de frijol soya en la planta de portachuelo de Campollo debido al desgaste de la estructura presente. En la visita realizada en Portachuelo se tomaron las medidas del proyecto definidas a continuación:

Tabla 3. Definición de Medidas del Proyecto

Medidas estructura inactivador	
Ancho	4 [m]
Profundidad	4 [m]
Alto	5,28 [m]
Peso inactivador	2030 [Kg]

Fuente: Autor del proyecto

En el análisis del proyecto se determinó que dado el peso del inactivador y el riesgo que puede ocasionar un fallo en esta estructura, se determinó que el material idóneo para utilizar en esta aplicación es el acero estructural ASTM A36 y el perfil a utilizar se describe en la siguiente tabla con su cantidad. Se establece una distribución óptima para la aplicación, con su debido análisis estático para garantizar su óptimo funcionamiento y brindar confianza al cliente CARGILL.

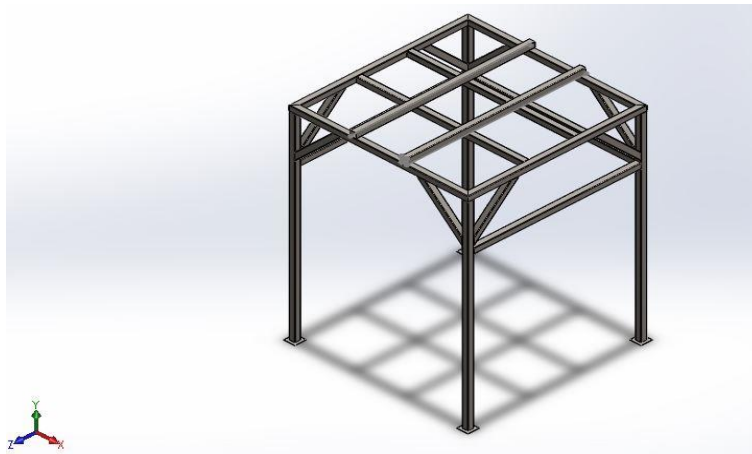
Tabla 4. Distribución Óptima para la Aplicación

Medidas estructura inactivador	
Descripción	Cantidad
Tubería cuadrada estructural 135 [mm] x 3/16"	67 [m]

Fuente: Autor del proyecto

Con las determinaciones realizados en conjunto por el grupo de ingeniería y el jefe de montajes se procede a realizar el diseño del miembro estructural en el software CAD SolidWorks con las especificaciones dadas y plasmadas en los anexos de este proyecto:

Figura 16. Miembro Estructural



Fuente: Diseñado por el autor en el programa de SolidWorks

Una vez desarrollado el diseño del elemento estructural con las especificaciones definidas anteriormente, se procede a realizar el análisis estático del sistema para determinar sus puntos críticos y el factor de seguridad que ofrece el sistema

diseñado al simular su comportamiento soportando la carga requerida del equipo inactivador de frijol soya, el informe del estudio se evidencia en el **Anexo C**.

Con los resultados obtenidos en el análisis estático podemos concluir que el elemento diseñado satisface los requerimientos del proyecto ya que se presenta un factor de seguridad mínimo de más de 3, por lo que el sistema es seguro y confiable para su fin, por lo tanto se procede a realizar los planos de construcción con sus debidas consideraciones y presentando claridad para la fácil comprensión del técnico, los planos de construcción presentes en el **Anexo D** fueron revisados y aprobados por el grupo de ingeniería.

8. CONCLUSIONES

- El diseño de elementos mecánicos por medio del software CAD SolidWorks permitió reducir el tiempo en el proceso de fabricación y entrega de los productos, ya que por medio de los planes a detalle se facilita el proceso de producción al dar claridad al trabajo.
- La actividad de diseño requiera una intensa comunicación y trabajo en equipo, ya que se requiere comunicarse eficazmente y trabajar con personal formado en otras disciplinas y el éxito de un diseño depende mucho de la consideración de todo el equipo. La comunicación se realiza por medio tanto de palabras como de imágenes y se utilizan formas escritas y orales.
- El software SolidWorks ha sido de gran ayuda durante la práctica para el modelado mecánico tanto en 2D como en 3D. Al igual permite analizar y simular los componentes diseñados con fin de buscar un diseño óptimo que satisfaga la aplicación propuesta.
- La práctica empresarial fue muy favorable debido a que me permitió fortalecer los conocimientos adquiridos de la ingeniería mecánica y me permitió adquirir nuevas competencias como por ejemplo la capacidad de identificar y solucionar problemas, como también experimentar las consideraciones que se deben tener en cuenta para la elaboración de un proyecto.

9. RECOMENDACIONES

- Se debe considerar trabajar en el mejoramiento de las habilidades de comunicación, sean orales o escritas, ya que el éxito de un diseño y del ingeniero depende de esta.
- Es indispensable tener habilidades en el programa SolidWorks, por lo tanto, es necesario darle importancia a la asignatura de dibujo de máquinas y tener presentes todas las operaciones del programa para estar preparado para cualquier requerimiento.
- Si la empresa no suministra el computador de trabajo, poseer un computador con el suficiente rendimiento para ejecutar varias tareas y programas al mismo tiempo sin que el computador se cuelgue ya que en muchos casos es necesario trabajar simultáneamente varias tareas.
- Examinar sus conocimientos propios de este sector tales como formatos de las láminas de acero y espesores, manejo fluido de las medidas en pulgadas y su toma de medidas con herramientas como calibrador, entre otros.

10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Se presenta el cronograma de actividades que se van a cumplir en la práctica empresarial que se realizará en la empresa GRUPO EMPRESARIAL SERVICIOS DE INGENIERÍA Y METALMECÁNICA S.A.S. Por la naturalidad del oficio se pueden presentar varios trabajos de manera simultánea por lo cual se tendrán que realizar cada una de estas actividades a la vez para cumplir con el desarrollo de los distintos proyectos.

Tabla 5. Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	semanas																			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18	Semana 19	Semana 20
Análisis de los requerimientos de proyecto.																				
Efectuar diseños en software CAD SolidWorks																				
Verificación diseños por medio de software de análisis por elementos finitos (CAE) SolidWorks Simulation.																				
Ejecución planos de construcción																				
comunicación de resultados																				

Fuente: Autor del proyecto

Se debe diligenciar con una X donde se ejecuten cada una de las actividades.

11. PRESUPUESTO

Tabla 6. Presupuesto.

Presupuesto proyecto modalidad práctica empresarial			
Artículo	Cantidad	Valor (\$)	Subministra
Computador portátil	1	\$ 0	Estudiante
Software SolidWorks 2018	1	\$ 0	Estudiante
Software AutoCAD 2020	1	\$ 0	Estudiante
Disco duro externo	1	\$ 0	Estudiante
Mouse	1	\$ 140.000	Estudiante
Aumento memoria RAM	1	\$ 300.000	Estudiante
Calibrador	1	NS/NR	SIMM S.A.S
Metro	1	NS/NR	SIMM S.A.S
Material para ejecutar tarea	NS/NR	NS/NR	SIMM S.A.S
Mano de obra	NS/NR	NS/NR	SIMM S.A.S
	Total	\$ 440.000	

Fuente: Autor del proyecto

Ya se cuenta con ciertos artículos por lo cual no es necesario inversión y con los artículos, material y trabajadores que la empresa otorga no se sabe cantidad o precio por lo cual se anota no se sabe no responde (NS/NR).

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO BORREGO, Adolfo. El proceso de innovación dentro del diseño estratégico de las organizaciones, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 2008.

ACIEM. Ingenierías. 2016. Disponible en: <https://aciem.org/home/>

BERNAL, Chaur. Ingeniería del diseño. 2011

BUDYNAS, Richard G.; NISBETT, J. Keith. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. Novena edición. 2009. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. ISBN 978-607-15-0771-6.

BUNGE, Mario Augusto. El planteamiento científico. 2017. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662017000300016

BUNGE, Mario Augusto. El planteamiento Científico. 2017. Scielo. 1-13pp

CARRASCO, Juan. Tecnología avanzada del diseño y manufactura asistidos por computador - CAD/CAM, 2016. Universidad Autónoma del Caribe, Colombia. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496251107012.pdf>

CREATIVE MECHANISMS STAFF. Factor of Safety in Design and Engineering: The Basics. 2016. Disponible en: <https://www.creativemechanisms.com/>

DÍAZ, Francisco. Uso de las Herramientas de Diseño CAD en el Área de Tecnología. Colombia. 2013

GERE, J. y GOODNO, B. Mecánica de materiales|Séptima Edición. 2009. S.l.: s.n. ISBN 978-970-830-040-7.

GUILIANO, Héctor Gustavo. La teoría crítica de la tecnología: una aproximación desde la ingeniería. En: Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS, vol. 8, núm. 24, septiembre-, 2013, Buenos Aires, Argentina. 63-74pp.

MAQUICLICK. Tipos de maquinaria industrial, fabricantes. 2015

OLLER, S. Simulación numérica del comportamiento mecánico de los materiales compuestos. 2003. Disponible en: OP-CU260-Trabajo-Investigacion.foc (core.ac.uk).

PLUGINFILE. Planos. Colombia. 2008. Disponible en: <https://ocw.bib.upct.es/>

PYTEL, Andrew; SINGER, Ferdinand L. Resistencia de materiales. Oxford.

QUIMINET. Impida movimientos indeseados de piezas mecánicas. 2016. Disponible en: <https://www.quiminet.com/>

REYMEN, Isabella. Improving design processes through structured reflection: a domain-independent approach. 2010.

ROJAS, Oswaldo & ROJAS, Luis. Diseño asistido por computador. 2006. En: Revista Redaly, Perú.

ROMO DE LA HOZ, Yira. Sector Avícola Colombiano y sus Estrategias Internacionales. 2012. Disponible en: <https://www.escolme.edu.co/revista/index.php/cies/article/viewFile/106/101>

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Curva Esfuerzo de Formación Materiales. Bogotá, Colombia. 2018. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/>

VALENCIA, Asdrúbal. La relación entre la Ingeniería y la Ciencia. 2004. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/430/43003113.pdf>, Medellín.

ZUTA, Juan Manuel. Diseño de un modelo de evaluación de la calidad de la tecnología de equipos y maquinaria. 2019. En: Revista; Ciencia & amp, desarrollo 11-18pp. Disponible en: <https://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/citationstylelanguage/get/apa?submissionId=471&publicationId=443>

ANEXOS

ANEXO A. Informe Análisis Estático Grúa Tipo Pluma



Descripción

Análisis estático para estructura de grúa tipo pluma para carga de equipo de 2 [Ton]. Fabricado en IPE 160 de acero al carbono A36.

Simulación de estructura pluma

Fecha: martes, 8 de febrero de 2021
Diseñador: Julián Camilo Londoño Orduz
Nombre de estudio: Análisis estático new
Tipo de análisis: Análisis estático

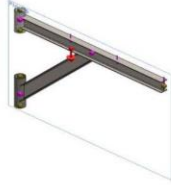
Tabla de contenidos

Descripción	1
Suposiciones	2
Información de modelo	2
Propiedades de estudio	3
Unidades	3
Propiedades de material	4
Cargas y sujeciones	5
Definiciones de conector	5
Información de contacto	5
Información de malla	6
Detalles del sensor	6
Fuerzas resultantes	6
Vigas	7
Resultados del estudio	8
Conclusión	10


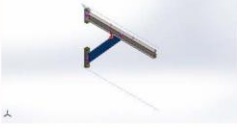
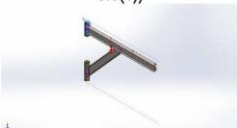



Suposiciones

Información de modelo



Nombre del modelo: estructura pluma
Configuración actual: Predeterminado<Como mecanizada>

Sólidos de viga:			
Nombre de documento y referencia	Formulación	Propiedades	Ruta al documento/Fecha de modificación
Viga-1(Recortar/Extender2) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección-DIN/IPE Beam/IPE160 Área de sección: 0,00200913m ² Longitud:1.946,58mm Volumen:0,00391029m ³ Densidad:7.700kg/m ³ Masa:30,1092kg Peso:295,07N	C:\Users\Owner\Desktop\pluma\estructura pluma.SLDPRT May 19 11:19:39 2021
Viga-4(Recortar/Extender1) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección-Área de sección: 0,00200913m ² Longitud:1.312,67mm Volumen:0,00263569m ³ Densidad:7.700kg/m ³ Masa:20,2948kg Peso:198,889N	C:\Users\Owner\Desktop\pluma\estructura pluma.SLDPRT May 19 11:19:39 2021
Viga-5(Circular tube 114.3 X 3.6(1)) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección-iso/Circular Tube/114.3 x 3.6 Área de sección: 0,00125199m ² Longitud:310mm Volumen:0,000388116m ³ Densidad:7.700kg/m ³ Masa:2,98849kg Peso:29,2872N	C:\Users\Owner\Desktop\pluma\estructura pluma.SLDPRT May 19 11:19:39 2021
Viga-7(Cortar-Extruir[1]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección-iso/Circular Tube/114.3 x 3.6 Área de sección: 0,00125199m ² Longitud:445,718mm Volumen:0,000558033m ³ Densidad:7.850kg/m ³ Masa:4,38056kg Peso:42,9295N	C:\Users\Owner\Desktop\pluma\estructura pluma.SLDPRT May 19 11:19:39 2021



SOLIDWORKS

Analizado con SOLIDWORKS Simulation

Simulación de estructura pluma

2

Propiedades de estudio



Nombre de estudio	Análisis estático new
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla de viga
Tipo de solver	Direct sparse solver
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Owner\Desktop\pluma)

Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/mm ² (MPa)



Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p> Nombre: Acero aleado Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Limite elástico: 620,422 N/mm² Limite de tracción: 723,826 N/mm² Módulo elástico: 210.000 N/mm² Coefficiente de Poisson: 0,28 Densidad: 7,7 g/cm³ Módulo cortante: 79.000 N/mm² Coefficiente de dilatación térmica: 1,3e-05 /Kelvin </p>	<p> Sólido 1(Recortar/Extender2)(estructura pluma), Sólido 4(Recortar/Extender1)(estructura pluma), Sólido 5(Circular tube 114,3 X 3,6(Cortar-Extruir1[2]))(estructura pluma) </p>
Datos de curva:N/A		
	<p> Nombre: ASTM A36 Acero Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Limite elástico: 250 N/mm² Limite de tracción: 400 N/mm² Módulo elástico: 200.000 N/mm² Coefficiente de Poisson: 0,26 Densidad: 7,85 g/cm³ Módulo cortante: 79.300 N/mm² </p>	<p> Sólido 7(Cortar-Extruir1[1])(estructura pluma) </p>
Datos de curva:N/A		



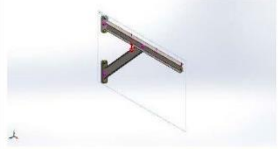
SOLIDWORKS

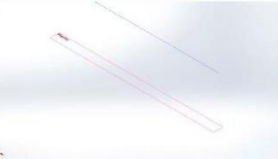

Analizado con SOLIDWORKS Simulation

Simulación de estructura pluma

4

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 1 Joint(s) Tipo: Geometría fija

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Gravedad-1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9,81 Unidades: m/s^2
Fuerza-1		Entidades: 1 plano(s), 1 Viga(s) Referencia: Planta Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; -19.600 N Momentos: ---; ---; --- N.m

Definiciones de conector
 No hay datos

Información de contacto
 No hay datos

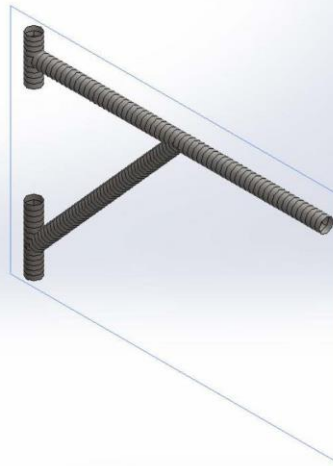
Información de malla

Tipo de malla	Malla de viga
---------------	---------------

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	138
Número total de elementos	133
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:00
Nombre de computadora:	

Nombre del modelo: estructura pluma
 Nombre de estudio: Análisis estático new4-Predeterminado <Como mecanizado>-3
 Tipo de malla:



Detalles del sensor

No hay datos

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-6,3398e-10	20.741,3	2,09508e-12	20.741,3

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	2,36041e-11	-2,08026e-11	-186,113	186,113



SOLIDWORKS

Analizado con SOLIDWORKS Simulation

Simulación de estructura pluma

6

Vigas

Fuerzas de viga

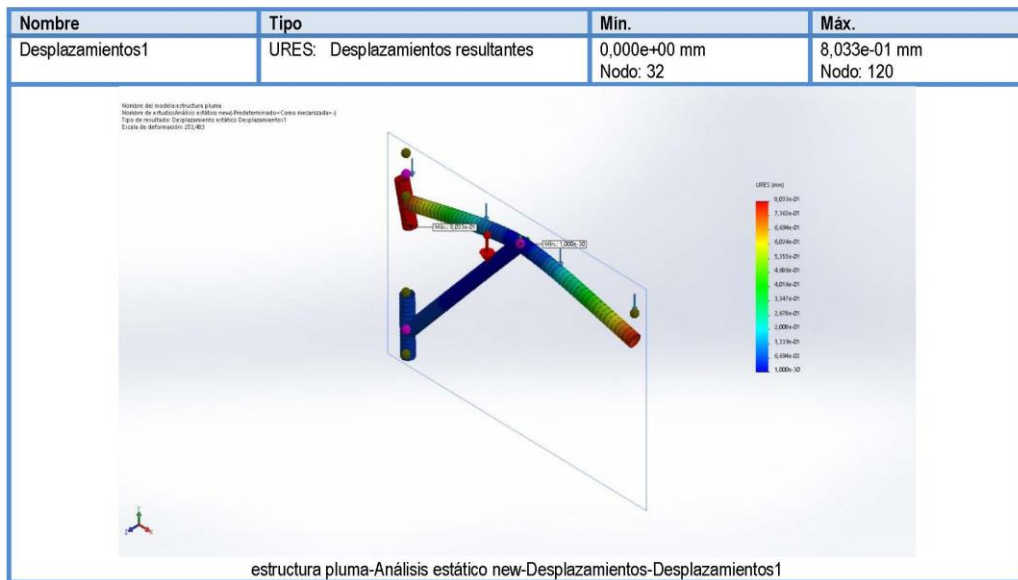
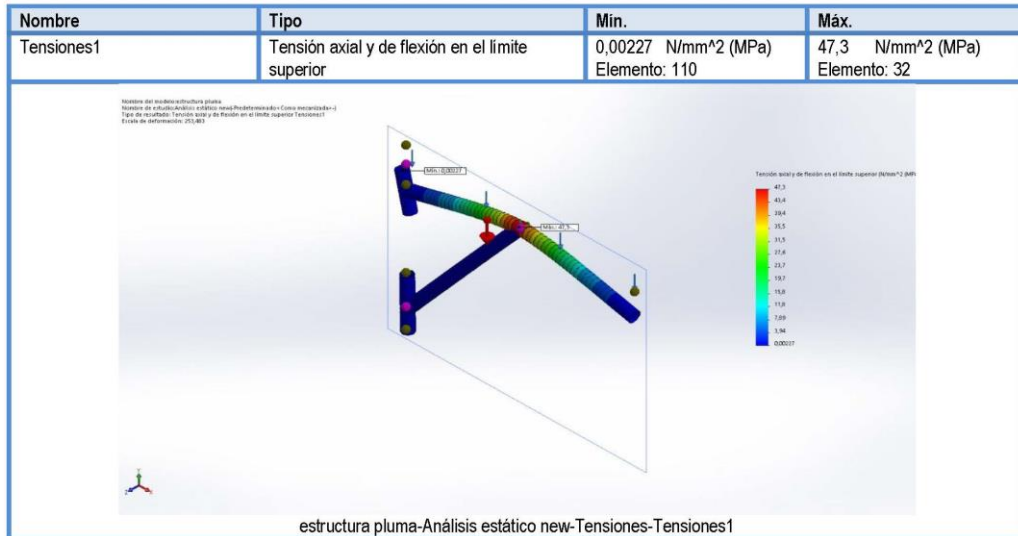
Nombre de viga	Juntas	Axial(N)	Corte1(N)	Corte2(N)	Momento1(N.m)	Momento2(N.m)	Torsión(N.m)
Viga-1(Recortar/Extender2)	1	0	7,20365e-06	1,05094e-20	2,69365e-23	-3,08534e-08	-1,29476e-28
	2	0	10.220,7	-7,29112e-12	-3,64556e-12	-5.110,35	6,32867e-20
	3	1,34237e-11	-29,3171	7,09679e-15	6,40657e-24	5,63922e-09	2,28619e-25
Viga-4(Recortar/Extender1)	1	201,707	-180,323	-5,6993	-4,95324	156,718	-5,93701e-15
	2	-32,0304	28,6346	0,905049	3,95086e-12	3,72716e-10	6,58752e-13
Viga-5(Circular tube 114.3 X 3.6(1))	1	6,05943e-09	-2,20623e-26	-7,42582e-12	8,17317e-12	-3,87748e-27	-2,2437e-26
	2	3,58564e-08	-3,31436e-25	-1,5062e-11	7,29929e-12	1,05649e-26	-2,47171e-26
	3	-11,3486	-1,38504e-24	5,88704e-11	-4,7102e-11	3,269e-26	1,83678e-25
Viga-7(Cortar-Extruir[1])	1	4,00057e-08	-4,29038e-12	2,05775e-13	4,75339e-13	-2,00826e-13	-1,00798e-13
	2	4,42646e-08	-1,92369e-12	1,56892e-12	5,8157e-13	-8,39207e-14	-1,06164e-13
	3	14,1861	1,23167e-11	4,54638e-11	-1,12037e-14	-5,62844e-13	-1,27832e-12

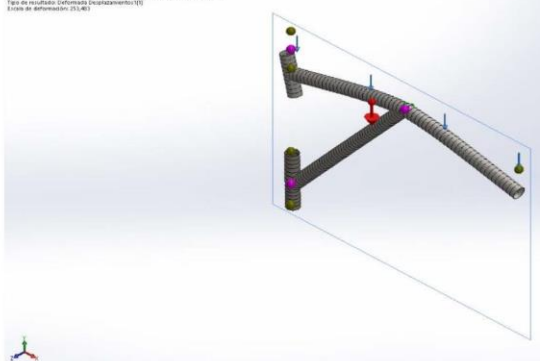
Tensiones de viga

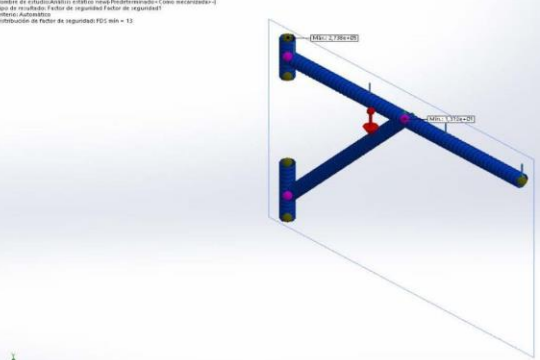
Nombre de viga	Juntas	Axial(N/m^2)	Dir. de pliegue1(N/m^2)	Dir. de pliegue2(N/m^2)	Torsional(N/m^2)	Tensión axial y de flexión en el límite superior(N/m^2)
Viga-1(Recortar/Extender2)	1	0	-1,61663e-18	-0,00028394	-3,18859e-22	0,00028394
	2	0	-2,18794e-07	4,703e+07	1,55856e-13	4,703e+07
	3	6,68137e-09	3,845e-19	-5,18971e-05	5,63018e-19	5,19038e-05
Viga-4(Recortar/Extender1)	1	100.395	-297.276	-1,44226e+06	-1,4634e-08	1,83993e+06
	2	15.942,4	-2,37117e-07	3,43006e-06	1,62375e-06	15,942,4
Viga-5(Circular tube 114.3 X 3.6(1))	1	4,83985e-06	-2,433e-07	-1,15426e-22	-3,33954e-22	5,08315e-06
	2	2,86395e-05	2,17286e-07	-3,14498e-22	-3,67891e-22	2,88568e-05
	3	-9.064,45	-1,40214e-06	-9,73121e-22	2,73388e-21	9.064,45
Viga-7(Cortar-Extruir[1])	1	3,19538e-05	-1,415e-08	-5,97821e-09	-1,50029e-09	3,19691e-05
	2	-3,53555e-05	1,73123e-08	2,49817e-09	-1,58015e-09	3,5373e-05
	3	11.330,9	-3,33513e-10	1,67548e-08	-1,90265e-08	11.330,9

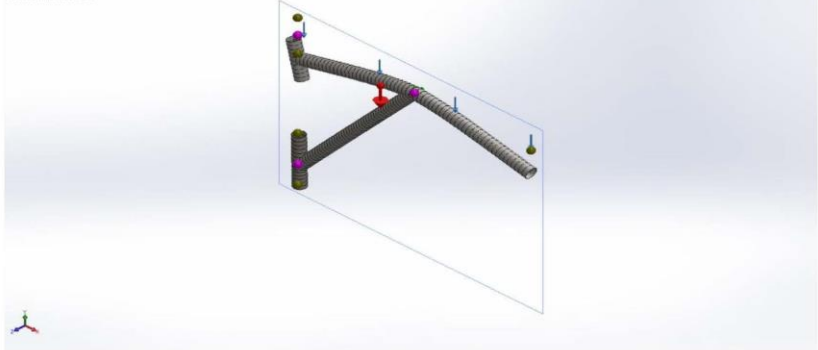


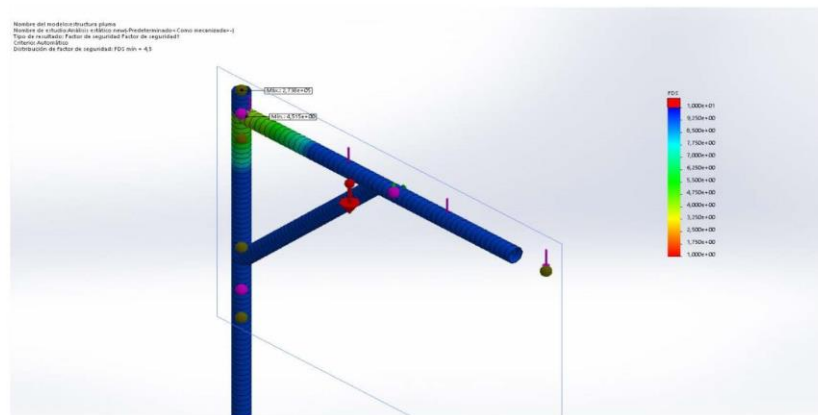
Resultados del estudio



Nombre	Tipo
Desplazamientos1{1}	Deformada
 <p>estructura pluma-Análisis estático new-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}</p>	

Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	1,312e+01 Nodo: 32	2,738e+05 Nodo: 111
 <p>estructura pluma-Análisis estático new-Factor de seguridad-Factor de seguridad1</p>			

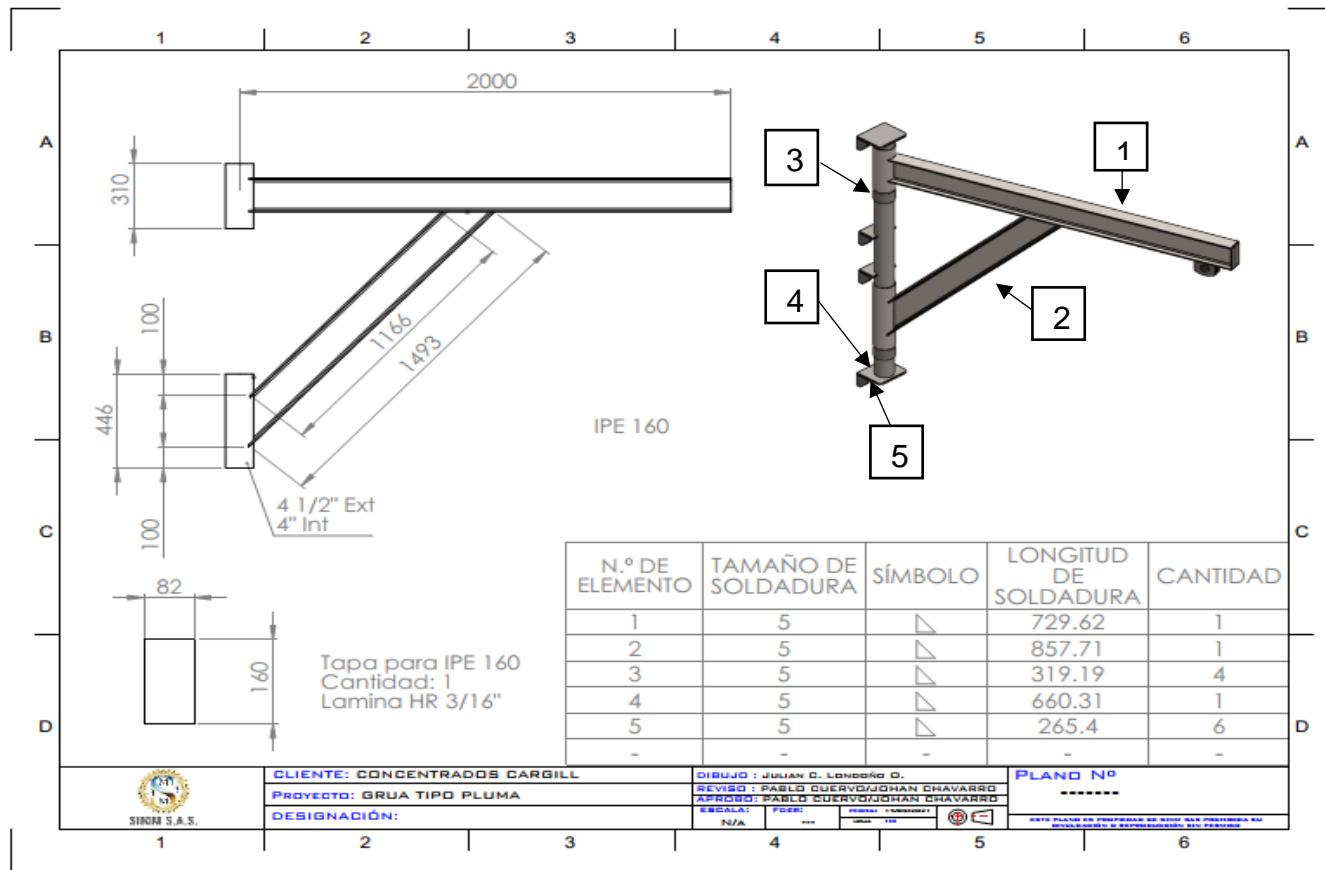
Nombre	Tipo
Desplazamientos2	Deformada
 <p data-bbox="617 735 1153 760">estructura pluma-Análisis estático new-Desplazamientos-Desplazamientos2</p>	

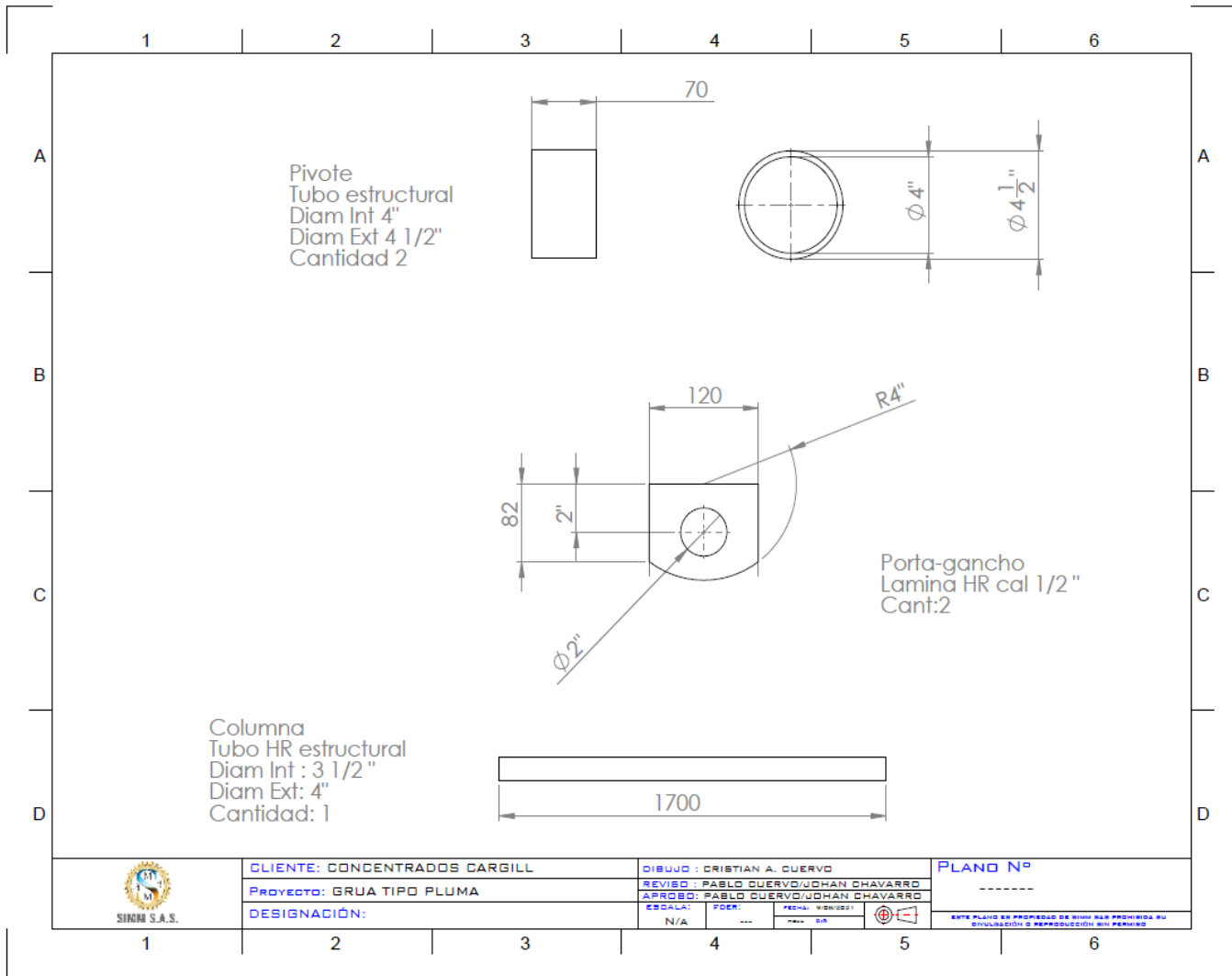


Conclusión

Observamos desplazamiento máximo $8,033e-01$ mm en su nodo crítico, dado a las dimensiones de la grúa y a las condiciones de su aplicación y material utilizados, definimos que es un pequeño valor, además por el estudio aplicado garantizamos para esta máquina un factor de seguridad mínimo de 4.5 ; es decir que su implementación es segura.

ANEXO B. Planos de Fabricación Grúa Tipo Pluma





SINOM S.A.S.

CLIENTE: CONCENTRADOS CARGILL

Proyecto: GRUA TIPO PLUMA

DESIGNACIÓN:

DIBUJO: CRISTIAN A. CUERVO

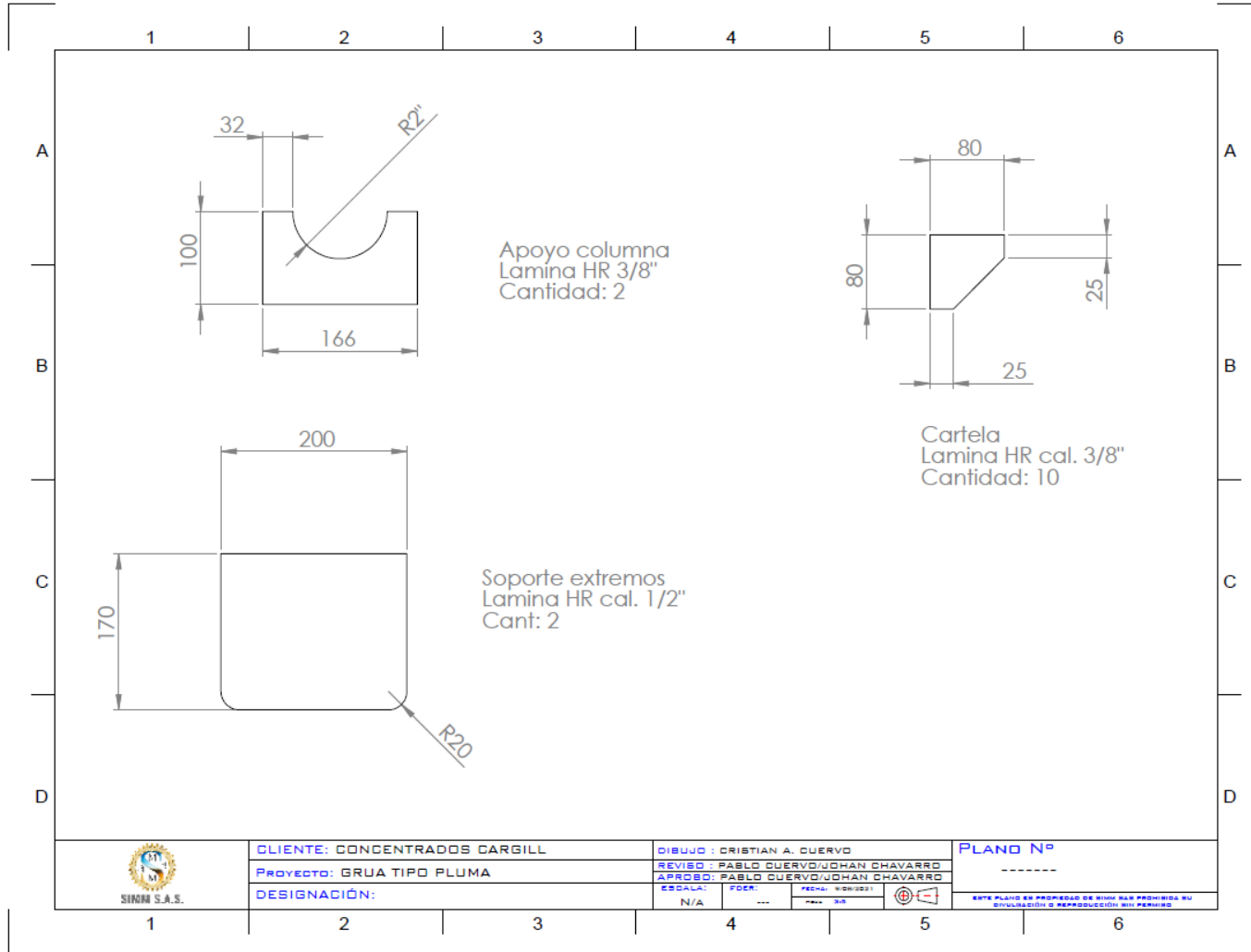
REVISO: PABLO CUERVO/JOHAN CHAVARRO

APROBO: PABLO CUERVO/JOHAN CHAVARRO

ESCALA: N/A
 FECHA: 02/01/2021
 FOLIO: 01

PLANO Nº

ESTE PLANO ES PROPIEDAD DE SINOM S.A.S. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN O REPRODUCCIÓN EN PARCIAL



SIMIN S.A.S.

CLIENTE: CONCENTRADOS CARGILL

Proyecto: GRUA TIPO PLUMA

DESIGNACIÓN:

DIBUJO: CRISTIAN A. CUERVO

REVISO: PABLO CUERVO/JOHAN CHAVARRO

APROBO: PABLO CUERVO/JOHAN CHAVARRO

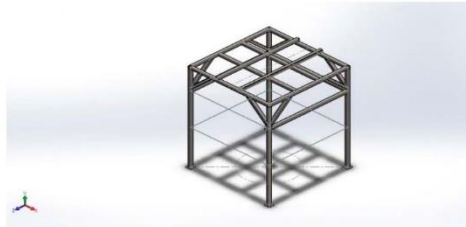
ESCALA: N/A

PLANO Nº

ESTE PLANO ES PROPIEDAD DE SIMIN S.A.S. SU DISTRIBUCIÓN O REPRODUCCIÓN SIN PERMISO

ANEXO C. Informe Análisis Estático Estructura Inactivador Frijol Soya

SIMM S.A.S.



Descripción

Análisis estático para estructura de equipo inactivador de frijol soya fabricado en tubería cuadrada 135 mm x 3/16" de espesor en acero al carbono A36.

Simulación de Estructura Inactivador Estudio

Fecha: jueves, 4 de marzo de 2021
Diseñador: Julián Camilo Londoño Orduz
Nombre de estudio: Análisis estático 1
Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

Descripción	1
Suposiciones	2
Información de modelo	2
Propiedades de estudio	8
Unidades	8
Propiedades de material	9
Cargas y sujeciones	11
Definiciones de conector	12
Información de contacto	12
Información de malla	12
Detalles del sensor	12
Fuerzas resultantes	12
Vigas	13
Resultados del estudio	16
Conclusión	18



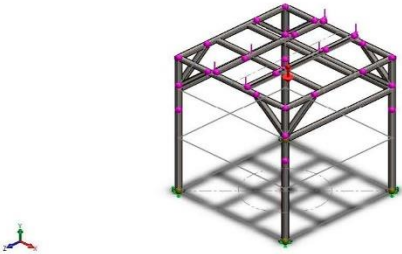
SOLIDWORKS

Analizado con SOLIDWORKS Simulation

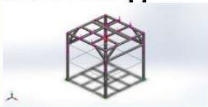
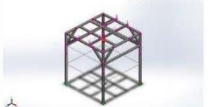


Simulación de Estructura Inactivador Desing Estudio 1

Suposiciones

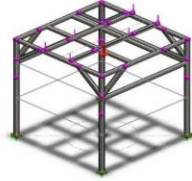
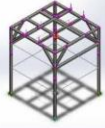
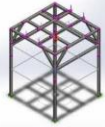

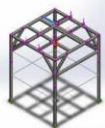
Información de modelo



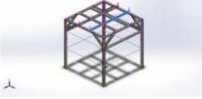
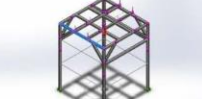
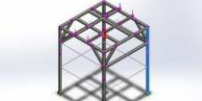


Nombre del modelo: Estructura Inactivador Estudio
Configuración actual: Predeterminado<Como mecanizada>

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
 Saliante-Extruir1[2]	Sólido	Masa:0,000625 kg Volumen:0,000625 m ³ Densidad:1 kg/m ³ Peso:0,006125 N	H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021
 Saliante-Extruir1[3]	Sólido	Masa:0,000625 kg Volumen:0,000625 m ³ Densidad:1 kg/m ³ Peso:0,006125 N	H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021
 Saliante-Extruir1[4]	Sólido	Masa:0,000625 kg Volumen:0,000625 m ³ Densidad:1 kg/m ³ Peso:0,006125 N	H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021
 Saliante-Extruir1[1]	Sólido	Masa:0,000625 kg Volumen:0,000625 m ³ Densidad:1 kg/m ³ Peso:0,006125 N	H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021

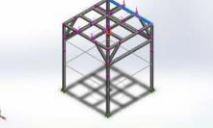






			
Nombre del modelo: Estructura Inactivador Estudio Configuración actual: Predeterminado<Como mecanizada>			
Sólidos de viga:			
Nombre de documento y referencia	Formulación	Propiedades	Ruta al documento/Fecha de modificación
Viga-1(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[10]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m ² Longitud: 3.730mm Volumen: 0,00945786m ³ Densidad: 7.850kg/m ³ Masa: 74,2442kg Peso: 727,593N	H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021
Viga-2(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[15]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m ² Longitud: 1.309,08mm Volumen: 0,00331937m ³ Densidad: 7.850kg/m ³ Masa: 26,0571kg Peso: 255,359N	H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021
Viga-3(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[11]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m ² Longitud: 3.730mm Volumen: 0,00945786m ³ Densidad: 7.850kg/m ³ Masa: 74,2442kg Peso: 727,593N	H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021
Viga-4(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[17]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m ² Longitud: 1.309,08mm Volumen: 0,00331937m ³ Densidad: 7.850kg/m ³ Masa: 26,0571kg Peso: 255,359N	H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021

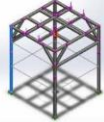
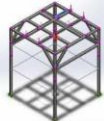

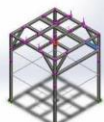
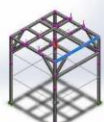
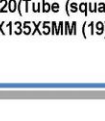


<p>Viga-5(Tube (square) TS 135X135X5MM (18)[1])</p> 	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m² Longitud: 4.000mm Volumen:0,0101425m³ Densidad:7,850kg/m³ Masa:79,6185kg Peso:780,261N</p>	<p>H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021</p>
<p>Viga-6(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[4])</p> 	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m² Longitud:3,865mm Volumen:0,0098003m³ Densidad:7,850kg/m³ Masa:76,9323kg Peso:753,937N</p>	<p>H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021</p>
<p>Viga-7(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[6])</p> 	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m² Longitud:5,000mm Volumen:0,0126781m³ Densidad:7,850kg/m³ Masa:99,5231kg Peso:975,326N</p>	<p>H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021</p>
<p>Viga-8(Tube (square) TS 135X135X5MM (18)[2])</p> 	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m² Longitud:4.000mm Volumen:0,0101425m³ Densidad:7,850kg/m³ Masa:79,6185kg Peso:780,261N</p>	<p>H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021</p>
<p>Viga-9(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[13])</p> 	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m² Longitud:3,730mm Volumen:0,00945786m³ Densidad:7,850kg/m³ Masa:74,2442kg Peso:727,593N</p>	<p>H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021</p>

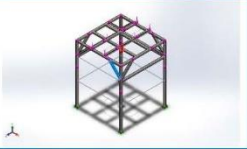
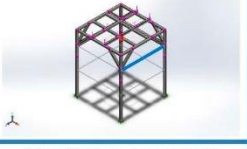
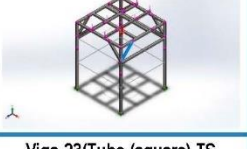
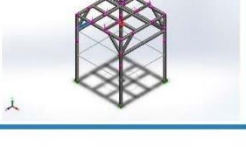


<p>Viga-10(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[2])</p> 	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m² Longitud: 3.865mm Volumen: 0,0098003m³ Densidad: 7.850kg/m³ Masa: 76,9323kg Peso: 753,937N</p>	<p>H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021</p>
<p>Viga-11(Tube (square) TS 135X135X5MM (19) [19])</p> 	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m² Longitud: 1.309,08mm Volumen: 0,00331937m³ Densidad: 7.850kg/m³ Masa: 26,0571kg Peso: 255,359N</p>	<p>H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021</p>
<p>Viga-12(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[7])</p> 	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m² Longitud: 5.000mm Volumen: 0,0126781m³ Densidad: 7.850kg/m³ Masa: 99,5231kg Peso: 975,326N</p>	<p>H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021</p>
<p>Viga-13(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[3])</p> 	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m² Longitud: 3.865mm Volumen: 0,0098003m³ Densidad: 7.850kg/m³ Masa: 76,9323kg Peso: 753,937N</p>	<p>H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021</p>
<p>Viga-14(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[5])</p> 	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m² Longitud: 5.000mm Volumen: 0,0126781m³ Densidad: 7.850kg/m³ Masa: 99,5231kg Peso: 975,326N</p>	<p>H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021</p>



<p>Viga-15(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[8])</p> 	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m² Longitud: 5.000mm Volumen: 0,0126781m³ Densidad: 7.850kg/m³ Masa: 99,5231kg Peso: 975,326N</p>	<p>H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021</p>
<p>Viga-16(Tube (square) TS 135X135X5MM (19) [20])</p> 	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m² Longitud: 1.309,08mm Volumen: 0,00331937m³ Densidad: 7.850kg/m³ Masa: 26,0571kg Peso: 255,359N</p>	<p>H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021</p>
<p>Viga-17(Tube (square) TS 135X135X5MM (19) [12])</p> 	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m² Longitud: 3.730mm Volumen: 0,00945786m³ Densidad: 7.850kg/m³ Masa: 74,2442kg Peso: 727,593N</p>	<p>H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021</p>
<p>Viga-18(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[16])</p> 	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m² Longitud: 1.309,08mm Volumen: 0,00331937m³ Densidad: 7.850kg/m³ Masa: 26,0571kg Peso: 255,359N</p>	<p>H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021</p>
<p>Viga-19(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[1])</p> 	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m² Longitud: 3.865mm Volumen: 0,0098003m³ Densidad: 7.850kg/m³ Masa: 76,9323kg Peso: 753,937N</p>	<p>H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021</p>
<p>Viga-20(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[18])</p> 	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m² Longitud: 1.309,08mm Volumen: 0,00331937m³ Densidad: 7.850kg/m³</p>	<p>H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021</p>



		Masa:26,0571kg Peso:255,359N	
Viga-21(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[9]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m ² Longitud:3.730mm Volumen:0,00945786m ³ Densidad:7,850kg/m ³ Masa:74,2442kg Peso:727,593N	H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021
Viga-22(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[14]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m ² Longitud:1.309,08mm Volumen:0,00331937m ³ Densidad:7,850kg/m ³ Masa:26,0571kg Peso:255,359N	H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021
Viga-23(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[21]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección-ansi inch/Tube (square)/TS 135x135x5mm Área de sección: 0,00253562m ² Longitud:1.309,08mm Volumen:0,00331937m ³ Densidad:7,850kg/m ³ Masa:26,0571kg Peso:255,359N	H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya\Estructura Inactivador Desing Estudio.SLDPRT Aug 5 15:07:35 2021



Propiedades de estudio


Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla mixta
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	Direct sparse solver
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (H:\Estructura suportacion inactivador frijol soya)

Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²



Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: ASTM A36 Acero	Sólido 1(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23) [10]) (Estructura Inactivador Desing Estudio),
	Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal	Sólido 2(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23) [15]) (Estructura Inactivador Desing Estudio),
	Criterio de error predeterminado: Desconocido	Sólido 3(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23) [11]) (Estructura Inactivador Desing Estudio),
	Limite elástico: 2,5e+08 N/m ²	Sólido 4(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23) [17]) (Estructura Inactivador Desing Estudio),
	Limite de tracción: 4e+08 N/m ²	Sólido 5(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (22)[1]) (Estructura Inactivador Desing Estudio),
	Módulo elástico: 2e+11 N/m ²	Sólido 6(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23)[4]) (Estructura Inactivador Desing Estudio),
	Coefficiente de Poisson: 0,26	Sólido 7(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23)[6]) (Estructura Inactivador Desing Estudio),
	Densidad: 7,850 kg/m ³	Sólido 8(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (22)[2]) (Estructura Inactivador Desing Estudio),
	Módulo cortante: 7,93e+10 N/m ²	Sólido 9(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23) [13]) (Estructura Inactivador Desing Estudio),
		Sólido 10(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23)[2]) (Estructura Inactivador Desing Estudio),
		Sólido 11(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23) [19]) (Estructura Inactivador Desing Estudio),
		Sólido 12(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23)[7]) (Estructura Inactivador Desing Estudio),
		Sólido 13(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23)[3]) (Estructura Inactivador Desing Estudio),
		Sólido 14(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23)[5]) (Estructura Inactivador Desing Estudio),
		Sólido 15(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23)[8])(Estructura Inactivador Desing Estudio),



SOLIDWORKS

Analizado con SOLIDWORKS Simulation

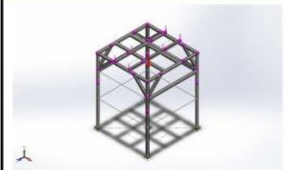
Simulación de Estructura Inactivador Estudio

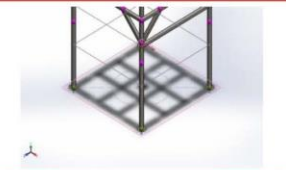
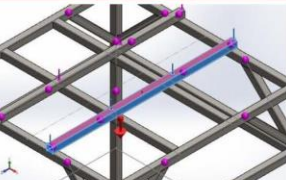
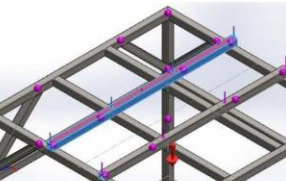
9

		<p>Sólido 16(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23) [20]) (Estructura Inactivador Desing Estudio), Sólido 17(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23) [12]) (Estructura Inactivador Desing Estudio), Sólido 18(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23) [16]) (Estructura Inactivador Desing Estudio), Sólido 19(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23)[11]) (Estructura Inactivador Desing Estudio), Sólido 20(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23) [18]) (Estructura Inactivador Desing Estudio), Sólido 21(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23)[9]) (Estructura Inactivador Desing Estudio), Sólido 22(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23) [14]) (Estructura Inactivador Desing Estudio), Sólido 23(Tube (square) TS 135X135X5MM (Tube (square) TS 135X135X5MM (23) [21]) (Estructura Inactivador Desing Estudio)</p>
Datos de curva:N/A		



Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Tipo: Geometría fija

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Gravedad-1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: m/s^2
Fuerza-1		Entidades: 1 Viga(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, 20.000 N Momentos: ---, ---, --- N.m
Fuerza-2		Entidades: 1 Viga(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, 20.000 N Momentos: ---, ---, --- N.m



Definiciones de conector
No hay datos

Información de contacto
No hay datos

Información de malla

Tipo de malla	Malla mixta
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Verificación jacobiana para el vaciado	Desactivar
Tamaño de elementos	171,766 mm
Tolerancia	8,58829 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Detalles del sensor
No hay datos

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0,00012207	54.433,8	0	54.433,8

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	-11,2487	-1,41417	2,49585	11,6087



Vigas

Fuerzas de viga

Nombre de viga	Juntas	Axial(N)	Corte1(N)	Corte2(N)	Momento1(N.m)	Momento2(N.m)	Torsión(N.m)
Viga-1(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[10])	1	-7.466,35	363.622	1.17802	-331.284	-146.693	1.09666
	2	7.466,35	364.714	-1.19841	326.852	144.657	-1.09642
Viga-2(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[15])	1	-8.805,07	779.054	-290,674	169,069	-1.042,55	517,572
	2	8.999	-779,053	484,604	-713,52	-51,666	-517,572
Viga-3(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[11])	1	4.765,05	355,773	350,531	731,791	64,5292	151,271
	2	-4.765,05	372,563	-350,548	575,721	-33,2167	-151,271
Viga-4(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[17])	1	-7.795,59	-484,501	1.856,17	2.459,27	-75,5046	-712,46
	2	7.989,52	678,428	-1.856,17	147,793	892,193	712,46
Viga-5(Tube (square) TS 135X135X5MM (18)[1])	1	780,38	5.800,12	-698,939	445,523	1.123,47	73,6171
	2	-1.863,39	5.283,44	67,2686	-2,8032	-299,397	157,308
	3	-936,33	6.625,84	-410,452	-275,619	-2.081,53	496,297
	4	-780,363	-255,69	698,939	276,131	2.002,84	-73,6166
Viga-6(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[4])	1	-104,982	127,481	-1,35411	216,444	3,715,13	-4,68968
	2	-779,34	-5.870,28	767,866	648,262	3,740,25	-1,010,08
	3	-2.062,23	359,797	-405,851	332,073	-304,482	297,528
	4	2.127,32	335,349	-424,285	-347,754	316,023	300,212
	5	-803,921	5.987,51	-781,717	422,083	1,907,85	1,013,44
	6	2.062,23	-152,672	405,864	98,4233	576,264	-297,528
Viga-7(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[6])	1	-13.806,5	674,586	-490,975	-584,922	-808,638	125,946
	2	-12.486,8	7.788,86	-5.184,91	-2.798,25	-4.158,66	-310,335
	3	-2.804,86	1.353,23	-1.162,16	78,9673	-49,072	124,032
	4	2.597,75	-1.353,19	1.162,22	1.153,75	1.484,34	-124,033
Viga-8(Tube (square) TS 135X135X5MM (18)[2])	1	769,235	5.777,11	674,358	-430,311	1.109,24	-85,3069
	2	-1.881,73	5.295,14	-63,8226	12,5713	-324,313	-155,849
	3	-893,342	6.573,38	378,126	253,562	-2.050,27	-513,151
	4	-769,218	-232,685	-674,358	-265,963	1.993,32	85,3064
Viga-9(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[13])	1	1.209,97	4.660,07	974,719	-814,22	2.446,75	-644,58
	2	-1.651,92	80,6118	13,6725	-139,998	3.182,27	8.44409
	3	-1.209,97	-4.406,22	-974,719	-452,915	3.446,34	644,58
	4	-1.174,2	4.536,5	940,737	771,957	-2.275,68	-655,456
Viga-10(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[2])	1	-6.338,31	142,286	-3.83736	-261,443	1.688,52	6.03125
	2	784,75	-1.600,11	-367,832	0,0988426	879,101	-522,951
	3	0	0	0	0	0	0
	4	-6.748,77	6.828,06	932,468	-250,934	-838,297	-1.949,1
	5	-617,195	-1.559,01	-411,924	40,4571	-861,776	-514,175
	6	617,195	1.766,1	411,987	396,486	-901,621	514,175
Viga-11(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[19])	1	11.640,2	-1.300,31	-986,163	1.234,31	-488,641	555,059
	2	-11.433,1	1.300,3	779,069	89,6223	-1.461,82	-555,058
Viga-12(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[7])	1	-12.459,1	-7.792,1	-5.263	-2.833,71	4.155,52	297,06
	2	-13.777,5	-676,296	-499,154	-595,352	810,819	-127,029
	3	2.658,61	1.397,68	1.215,88	969,939	-1.262,65	148,65
	4	-2.831,2	-1.397,68	-1.215,88	104,755	27,2659	-148,65
Viga-13(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[3])	1	1.526,35	1.278,43	-445,601	-48,445	-753,565	266,808
	2	-3.391,11	-278,974	-134,309	-216,786	1.212,87	-495,776
	3	-1.526,35	-1.076,8	445,645	-411,657	-462,312	-266,808
	4	803,894	-1.272,21	-780,505	-189,125	618,932	-889,038
	1	-13.428,4	1.655,21	493,052	593,651	-2.605,22	189,515
	2	-679,834	1.608,45	1.078,5	-144,423	29,9848	91,7482



Viga-14(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[5])	3	472,722	-1.608,41	-1.078,56	-999,561	1.675,99	-91,7477
	4	-12.457	2.007,26	5.185,81	2.830,38	2.038,34	-408,15
Viga-15(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[8])	1	-13.421,4	-1.653,48	497,077	597,87	2.600,52	-187,018
	2	544.431	1.616,59	-1.120,52	-825,617	-1.391,2	79,5803
	3	-12.449,8	-2.004,01	5.262,1	2.877,12	-2.039,81	412,363
	4	-717,022	-1.616,59	1.120,53	-164,794	-37,6784	-79,5801
Viga-16(Tube (square) TS 135X135X5MM (19) (20))	1	11.387,4	-1.016,11	-1.309,13	511,74	-1.254,87	-558,395
	2	-11.180,3	809,004	1.309,13	1.451,95	-113,971	558,394
Viga-17(Tube (square) TS 135X135X5MM (19) (12))	1	1.090,36	4.522,8	-1.103,12	766,106	1.613,05	-44,7516
	2	-1.700,9	89.6984	-9.37426	59.4268	3.966,15	-6.04885
	3	-1.090,36	-4.268,95	1.103,12	667,954	4.101,58	44,7516
	4	-1.069,23	4.470,25	-1.092,39	-749,058	-1.534,52	-43,4171
Viga-18(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[16])	1	7.792,16	654,911	1.608,54	-79,6629	871,441	-700,558
	2	-7.585,05	-447,802	-1.608,54	-2.333,15	-44,4009	700,557
Viga-19(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[1])	1	-1.502,82	-1.015,17	-518,915	439,511	-444,626	286,042
	2	794,356	-1.204,75	568,448	123,934	601,919	928,174
	3	-3.311,7	-268,259	134,106	200,259	1.217,29	491,438
	4	1.502,82	1.222,3	518,875	110,857	-741,963	-286,042
Viga-20(Tube (square) TS 135X135X5MM (19) (18))	1	-6.215,83	-357,442	2.070,43	1.345,97	730,475	278,186
	2	6.422,94	357,418	-2.277,54	1.915,01	-194,332	-278,186
Viga-21(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[9])	1	4.692,75	355,938	-352,053	-739,288	60,8795	-152,105
	2	-4.692,75	372,398	352,07	-573,902	-30,1805	152,105
Viga-22(Tube (square) TS 135X135X5MM (19) (14))	1	8.839,6	684,44	485,964	-707,199	30,3195	501,001
	2	-8.632,49	-684,444	-278,847	133,59	996,34	-501
Viga-23(Tube (square) TS 135X135X5MM (19) (21))	1	6.301,73	-2.283,13	362,005	183,043	-1.915,82	281,654
	2	-6.094,62	2.076,02	-362,005	-726,051	-1.353,55	-281,654

Tensiones de viga

Nombre de viga	Juntas	Axial(N/m^2)	Dir. de pliegue1(N/m^2)	Dir. de pliegue2(N/m^2)	Torsional (N/m^2)	Tensión axial y de flexión en el límite superior(N/m^2)
Viga-1(Tube (square) TS 135X135X5MM (19) [10])	1	2,94459e+06	3,17228e+06	-1,40469e+06	8.909,64	7,52156e+06
	2	2,94459e+06	3,12984e+06	-1,38519e+06	-8.907,72	7,45962e+06
Viga-2(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[15])	1	-3,47255e+06	1,61895e+06	9,98311e+06	4,20495e+06	1,50746e+07
	2	-3,54903e+06	6,83245e+06	-494,739	4,20494e+06	1,08762e+07
Viga-3(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[11])	1	1,87924e+06	7,00741e+06	-617,912	1,22898e+06	9,50457e+06
	2	1,87924e+06	-5,51293e+06	-318,073	1,22898e+06	7,71025e+06
Viga-4(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[17])	1	-3,07443e+06	2,35493e+07	723,010	5,78829e+06	2,73467e+07
	2	-3,15092e+06	-1,41522e+06	8,54338e+06	5,78828e+06	1,31095e+07
Viga-5(Tube (square) TS 135X135X5MM (18)[1])	1	-307,767	-4,2662e+06	1,0758e+07	598,092	1,5332e+07
	2	-734,886	-26,842,6	2,86694e+06	1,27803e+06	3,62867e+06
	3	-369,271	-2,63924e+06	1,99322e+07	4,0321e+06	2,29407e+07
	4	-307,760	2,64415e+06	-1,91786e+07	-598,088	2,21305e+07
	1	-41,403	2,07261e+06	-3,5575e+07	-38,100,7	3,7689e+07

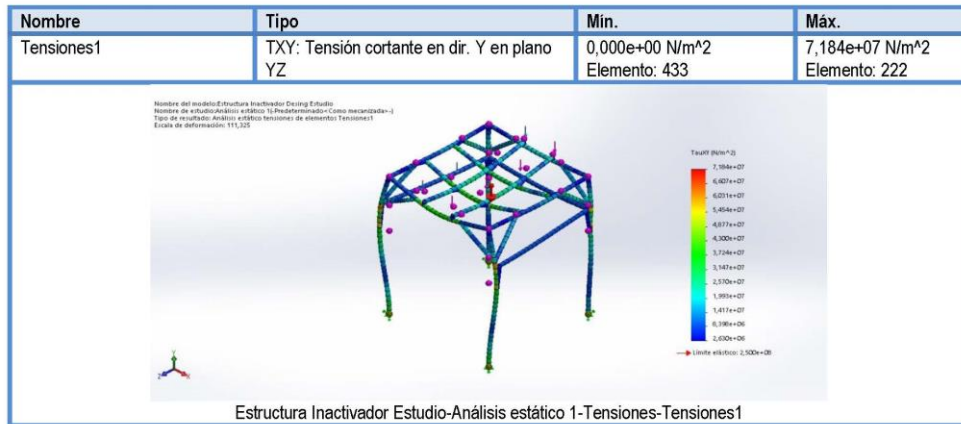


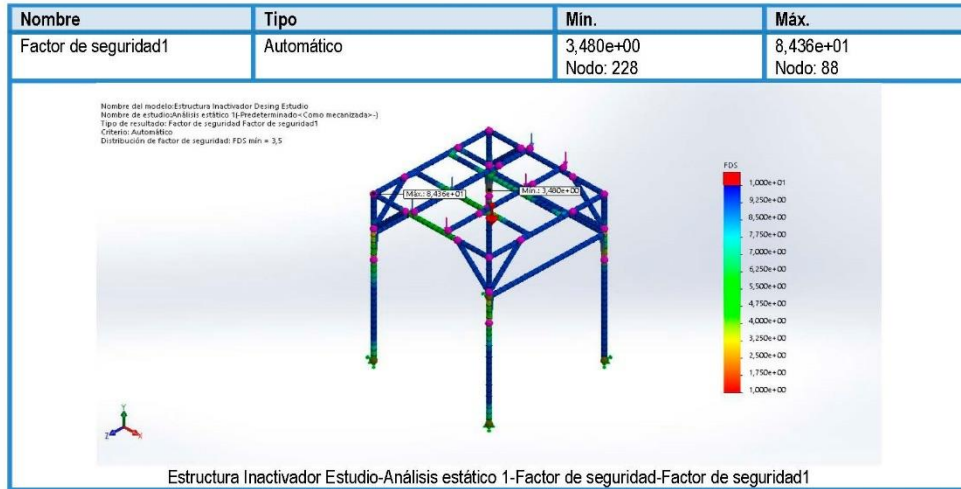
Viga-6(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[4])	2	-307.357	6,20757e+06	-3,58155e+07	-	4,23304e+07
	3	813.304	-3,17983e+06	-2,91563e+06	2,41722e+06	6,90877e+06
	4	838.973	-3,32999e+06	-3,02614e+06	2,43903e+06	7,1951e+06
	5	-317.051	4,04174e+06	-1,8269e+07	8,23354e+06	2,26278e+07
Viga-7(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[6])	6	813.304	942.472	-5,51814e+06	2,41723e+06	7,27391e+06
	1	-5,445e+06	-5,60104e+06	7,74328e+06	1,02323e+06	1,87893e+07
	2	-4,92457e+06	-2,67953e+07	3,98221e+07	2,52128e+06	7,1542e+07
	3	1,10618e+06	-756.168	-469.899	1,00768e+06	2,33225e+06
Viga-8(Tube (square) TS 135X135X5MM (18)[2])	4	1,0245e+06	1,1048e+07	-1,42136e+07	1,00769e+06	2,62861e+07
	1	-303.372	4,12054e+06	1,06218e+07	-693.064	1,50457e+07
	2	-742.118	120.379	3,10552e+06	1,26617e+06	3,96802e+06
	3	-352.317	2,42803e+06	1,96328e+07	4,16903e+06	2,24132e+07
Viga-9(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[13])	4	-303.365	-2,54678e+06	-1,90874e+07	693.061	2,19376e+07
	1	-477.189	7,79673e+06	2,34294e+07	-5,2368e+06	3,17033e+07
	2	-651.485	-1,34058e+06	-3,04725e+07	68.602.9	3,24646e+07
	3	-477.189	-4,33698e+06	-3,30011e+07	5,2368e+06	3,78153e+07
Viga-10(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[2])	4	-463.081	7,39203e+06	2,17912e+07	5,32516e+06	2,96463e+07
	1	-2,49971e+06	-2,5035e+06	-1,61687e+07	49.000,1	2,11719e+07
	2	309.491	946.488	-8,41802e+06	-	8,72845e+06
	3	0	0	0	0	0
	4	-2,66158e+06	-2,40287e+06	8,02729e+06	1,58352e+07	1,30917e+07
	5	243.410	-387.405	-8,25211e+06	4,17735e+06	8,88293e+06
Viga-11(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[19])	6	243.410	3,79664e+06	8,63366e+06	4,17735e+06	1,26737e+07
	1	-4,59066e+06	-1,18194e+07	-4,67908e+06	4,5095e+06	2,10892e+07
Viga-12(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[7])	2	-4,50898e+06	858.197	1,3998e+07	-4,5095e+06	1,93652e+07
	1	-4,91365e+06	-2,71347e+07	-3,97921e+07	2,41342e+06	7,18405e+07
	2	-5,43358e+06	-5,70092e+06	-7,76417e+06	-	1,88987e+07
	3	1,04851e+06	9,28785e+06	1,20908e+07	1,20769e+06	2,24272e+07
Viga-13(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[3])	4	1,11657e+06	-1,0031e+06	261.090	1,20769e+06	2,38077e+06
	1	601.965	-463.896	7,21592e+06	2,16764e+06	8,28178e+06
	2	-1,33739e+06	-2,07588e+06	-1,16141e+07	4,02787e+06	1,50273e+07
	3	601.965	3,9419e+06	-4,42696e+06	2,16764e+06	8,97083e+06
Viga-14(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[5])	4	317.040	-1,81101e+06	-5,92672e+06	7,22287e+06	8,05476e+06
	1	-5,29591e+06	5,68463e+06	2,49468e+07	1,53969e+06	3,59274e+07
	2	268.114	1,38296e+06	287.125	745.396	1,9382e+06
	3	186.432	-9,57151e+06	-1,60488e+07	-745.392	2,58068e+07
	4	-4,91282e+06	2,71029e+07	-1,95186e+07	3,31596e+06	5,15343e+07



Viga-15(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[8])	1	-5,29314e+06	5,72503e+06	-2,49018e+07	-1,5194e+06	3,592e+07
	2	214.713	-7,90586e+06	1,33217e+07	646.540	2,14423e+07
	3	-4,90998e+06	2,75504e+07	1,95326e+07	3,35019e+06	5,1993e+07
	4	282.780	1,57802e+06	-360.797	-646.538	2,2216e+06
Viga-16(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[20])	1	-4,49099e+06	-4,90027e+06	-1,20163e+07	4,53661e+06	2,14076e+07
	2	-4,40931e+06	1,39035e+07	1,09136e+06	4,5366e+06	1,94041e+07
Viga-17(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[12])	1	-430.019	-7,336e+06	1,54461e+07	-363.579	2,32121e+07
	2	-670.802	569.053	-3,79787e+07	-49.143,1	3,92186e+07
	3	-430.019	6,39613e+06	-3,92756e+07	363.579	4,61017e+07
	4	-421.683	-7,17276e+06	1,46941e+07	-352.736	2,22886e+07
Viga-18(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[16])	1	-3,07308e+06	762.829	8,34466e+06	-	1,21806e+07
	2	-2,9914e+06	-2,23416e+07	425.170	5,69158e+06	2,57581e+07
Viga-19(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[1])	1	592.685	-4,20863e+06	-4,25761e+06	2,32391e+06	9,05892e+06
	2	313.279	1,18676e+06	-5,7638e+06	7,54083e+06	7,26384e+06
	3	-1,30607e+06	1,91762e+06	-1,16564e+07	3,99262e+06	1,48801e+07
	4	592.685	1,06153e+06	7,10482e+06	2,32391e+06	8,75904e+06
Viga-20(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[18])	1	-2,45141e+06	1,28886e+07	-6,99481e+06	2,26009e+06	2,23348e+07
	2	-2,53309e+06	-1,83376e+07	-1,86087e+06	2,26009e+06	2,27315e+07
Viga-21(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[9])	1	1,85073e+06	-7,0792e+06	-582.964	1,23576e+06	9,5129e+06
	2	1,85073e+06	5,49552e+06	-288.999	1,23576e+06	7,63525e+06
Viga-22(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[14])	1	-3,48617e+06	6,77193e+06	290.330	4,07031e+06	1,05484e+07
	2	-3,40449e+06	1,27922e+06	-9,54066e+06	4,07031e+06	1,42244e+07
Viga-23(Tube (square) TS 135X135X5MM (19)[21])	1	-2,48528e+06	-1,75277e+06	-1,83453e+07	2,28826e+06	2,25834e+07
	2	-2,4036e+06	-6,95245e+06	1,29612e+07	2,28826e+06	2,23173e+07

Resultados del estudio





Conclusión

Analizando los resultados obteniendo del estudio de análisis estático para el diseño planteado, observamos que el sistema presenta una deformación de 4,769e+00 mm en su punto crítico con la carga que se utilizó por encima para una mayor confiabilidad. Esta deformación es pequeña, complementando para evaluar su viabilidad acudimos al factor de seguridad en este punto crítico que es de 3.5, por lo tanto, implementar este diseño para el proyecto es viable.



