

DISEÑO DE SISTEMA DE ELEVACIÓN DE MOTOS PARA CAMIONETAS TIPO PICK UP

Nicolas Bravo Jiménez
Nicolas Esteban Oliveros Trujillo

Facultad de Ingeniería Mecánica
Bogotá, Colombia

2024

DISEÑO DE SISTEMA DE ELEVACIÓN DE MOTOS PARA CAMIONETAS TIPO PICK UP

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Mecánico

Director (a):

Oscar Rodrigo López Vaca

Línea de Investigación:

Nombrar la línea de investigación en la que se enmarca el trabajo

Universidad Santo Tomas de Colombia

Bogotá, Colombia

2024

Contenido

Tabla de Contenido de Imágenes	4
2. DEDICATORIA O LEMA	7
3. AGRADECIMIENTOS	8
4. RESUMEN	8
4.2 Abstract	9
5. INTRODUCCIÓN	10
6. OBJETIVOS	11
6.1. Objetivo general.....	11
6.2 Objetivos específicos	11
7. ETAPA DE FORMULACIÓN	12
7.1 Establecimiento de Requerimientos del Cliente	15
8. ETAPA DE DISEÑO CONCEPTUAL	16
8.1 Descomposición Funcional	21
9. BENCHMARKING	22
9.1 Patente elevador para motocicletas [3]	23
9.2 Elevador Portamotos.....	24
9.3 Elevador portátil.....	25
9.4 Matriz QFD.....	26
10. ALTERNATIVAS DE DISEÑO	29
10.1. Restricciones	30
10.2 Alternativas Generales.....	30
10.2.2 Alternativa N°2	32
10.2.3 Alternativa N°3	33
10.3 Selección.....	34
11. DISEÑO DE DETALLE.....	38
11.1 Selección de sistema de elevación	39
11.2 Posiciones	42
11.2 Selección de perfiles	47
12. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN	50
12.1 Desarrollo de geometrías y ensambles.....	51
12.2 Generación de en mallado.....	53

12.3 Condiciones de frontera y sistema de carga.....	54
12.4 Factor de seguridad y deformaciones	55
12.4 Segunda posición	58
12.5 Generación de en mallado.....	58
12.6 Condiciones de carga y resultados posición 2	59
13. SELECCIÓN DE UNIONES ATORNILLADAS.....	61
13.1 Condiciones de carga y resultados uniones atornilladas.....	62
14. CONCLUSIONES	65
15.BIBLIOGRAFIA	66

Tabla de Contenido de Imágenes

Imagen 1, Métodos de transporte de motocicletas conocidos según encuesta	12
Imagen 2, Métodos manuales para cargar motocicletas en camionetas pickup a. Elevación mediante rampa b. Elevación manual	13
Imagen 3, Desafíos más comunes al trasladar una moto según encuesta	13
Imagen 4, Características deseadas en un elevador de motocicletas para camionetas tipo pickup	14
Imagen 5,Diagrama del sistema de elevación para motos, con estructura y mecanismos de control seguro	21
Imagen 6,Alternativa N°1, Patente del elevador de Transporte de motocicletas para Vehículo Pickup	23
Imagen 7, Alternativa N°2, Sistema de transporte de Motocicletas para Camioneta con tiro de arrastre.....	24
Imagen 8, Alternativa N°3, Rampa de motos de Aluminio para camioneta.....	25
Imagen 9, Selección de tipo de elevador matriz QFD	27
Imagen 10, Boceto de alternativa N°1 elevador tipo rampa	31
Imagen 11, Boceto de alternativa N°1 elevador tipo rampa	31
Imagen 12, Boceto de alternativa N°2 jaula hidráulica	33
Imagen 13, Boceto de alternativa N°3 Brazo hidráulico	34
Imagen 14, Diseño final del elevador.	36
Imagen 15, Estructura elevador para motos tipo rampa	36
Imagen 16 Puntos de anclaje pick up / elevador para motos	37
Imagen 17 Sistema de agarre de la llanta delantera	38
Imagen 18 Sistema de elevación wincher	40
Imagen 19 Sistema de elevación, fuente externa	40
Imagen 20 Sistema de elevación cabrestante.....	41
Imagen 21 Selección de sistema de elevación, Matriz PUGH.....	42
Imagen 22 Posición inicial, carrito abajo aleta de agarre de llanta puesta para iniciar operación	43

Imagen 23 Posición 1, carrito abajo, ascenso	44
Imagen 24 Posición 2, carrito arriba ascenso.....	45
Imagen 25 Posición 3 critica, voladizo	46
Imagen 26 Posición final del elevador en el platón	47
Imagen 27 Esquema del sistema de elevación para motos en camionetas: carga de la motocicleta y distribución de fuerzas en la rampa.	47
Imagen 29, Diagrama de Carga de una Viga: Cargas aplicadas y reacciones en los apoyos.	48
Imagen 30, Diagrama de momentos sobre la viga.....	49
Imagen 31, Diagrama de flujo del proceso de trabajo	51
Imagen 32, Elevador para motos CAD 3D – Modelo 3D de la primera posición	52
Imagen 33, Proceso de enmallado y optimización de N° Elementos	53
Imagen 34, Condiciones de frontera posición 1.....	54
Imagen 35, Resultado simulación factor de seguridad vista superior / vista inferior	56
Imagen 36, Resultados de simulación deformaciones vista superior / vista lateral	56
Imagen 37, Modelo 3D del enmallado y modelado segunda posición	58
Imagen 38, Modelo de carga segunda posición	59
Imagen 39, Resultados simulación posición 2 factor de seguridad	60
Imagen 40, Resultados simulación posición 2 deformaciones	60
Imagen 41, Modelo 3D de la unión atornillada analizadas.....	62
Imagen 42, Distribución de fuerzas y uniones atornilladas	63
Imagen 43, Distribución de apoyos y uniones atornilladas	63
Imagen 44, Condiciones de frontera del ensamble	64
Imagen 45 Deformación total ensamble uniones atornilladas	64
Imagen 46 Factor de seguridad Uniones Atornilladas	65

NOTA DE ACEPTACIÓN

Aprobado por el Consejo de Programa en cumplimiento de los requisitos exigidos por el Acuerdo Superior N° 11 de 2017 y Acuerdo Académico N° 41 de 2017 para optar al título de (xxxxx)

Jurado:

Jurado:

2. DEDICATORIA O LEMA

Bogotá, 13 de marzo del 2025

Este trabajo de grado se les dedica en especial a nuestros padres, que son los principales motores en nuestras vidas, los cuales nos ayudan a crecer y a formar en un proceso de aprendizaje para la vida.

3. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos profundamente a nuestro director de proyecto, Oscar Rodrigo López Vaca, por su valiosa orientación y apoyo en cada etapa de este trabajo. Su experiencia y conocimientos fueron fundamentales para guiarnos en la consecución de los objetivos planteados.

También deseamos agradecer a nuestras familias por su paciencia y constante motivación, que nos brindaron el apoyo emocional necesario para enfrentar los desafíos del proyecto.

Extendemos nuestra gratitud a la Universidad Santo Tomás por proporcionar los recursos técnicos y académicos que enriquecieron nuestra formación y facilitaron el desarrollo de esta tesis.

4. RESUMEN

El presente trabajo de grado tuvo como objetivo diseñar un sistema de elevación adaptable para motocicletas convencionales que facilite su cargue y descargue en camionetas tipo pick up, priorizando la seguridad operativa y la integridad tanto del operario como del vehículo. La investigación partió de la identificación de necesidades reales mediante encuestas a usuarios y un análisis de las deficiencias de los métodos manuales actuales. Se definieron requerimientos funcionales y parámetros de ingeniería claves, como capacidad de carga, facilidad de instalación, resistencia estructural y a la corrosión.

Se desarrolló una metodología basada en modelado CAD 3D y análisis por elementos finitos (FEA) mediante el software ANSYS Workbench, permitiendo validar estructuralmente el diseño y simular condiciones críticas de operación. Además, se evaluaron diversas alternativas de diseño mediante matrices de decisión (QFD y Pugh), seleccionando como solución óptima un sistema tipo rampa con plataforma móvil y

elevación por cabrestante manual. Este diseño destaca por su modularidad, fácil instalación, bajo mantenimiento, adaptabilidad a diferentes tipos de motocicletas y cumplimiento de los factores de seguridad requeridos.

Los resultados obtenidos mediante simulaciones estructurales y análisis del comportamiento de uniones atornilladas confirmaron la viabilidad del sistema propuesto para soportar cargas de hasta 400 kg, garantizando estabilidad, seguridad y eficiencia en su funcionamiento.

Palabras clave: sistema de elevación de motocicletas, camionetas pick up, diseño CAD, análisis estructural, FEA, factor de seguridad, elevador tipo rampa.

4.2 Abstract

The objective of this degree work was to design an adaptable lifting system for conventional motorcycles that facilitate loading and unloading in pick-up trucks, prioritizing operational safety and the integrity of both the operator and the vehicle. The research was based on the identification of real needs through user surveys and an analysis of the deficiencies of current manual methods. Functional requirements and key engineering parameters were defined, such as load capacity, ease of installation, structural and corrosion resistance.

A methodology based on 3D CAD modeling and finite element analysis (FEA) was developed using ANSYS Workbench software, allowing structural validation of the design and simulation of critical operating conditions. In addition, several design alternatives were evaluated by means of decision matrices (QFD and Pugh), selecting a ramp-type system with a mobile platform and manual winch elevation as the optimal solution. This design stands out for its modularity, easy installation, low maintenance, adaptability to different types of motorcycles and compliance with the required safety factors.

The results obtained through structural simulations and bolted joints behavior analysis confirmed the viability of the proposed system to support loads of up to 400 kg, guaranteeing stability, safety and efficiency in its operation.

Motorcycle lifting system, pick-up trucks, CAD modeling, FEA analysis, operational safety, adaptable design, corrosion resistance

5. INTRODUCCIÓN

Las motocicletas han sido un medio de transporte cada vez más accesible, confiable y de fácil adquisición en los últimos años. Su diseño compacto y eficiente las ha convertido en una de las formas más comunes de movilización [1]. Estas características les han permitido destacar no solo por su rendimiento y eficiencia, sino también por su capacidad para adaptarse a diversas necesidades y condiciones, consolidándolas como vehículos de alta funcionalidad y fiabilidad. Su comercialización ha aumentado, lo que ha generado mayores necesidades relacionadas con su mantenimiento, transporte y manufactura de accesorios. El traslado de motocicletas de un lugar a otro en camionetas tipo pick up representa un problema operacional. El proceso de cargue se realiza manualmente, a menudo sin usar un sistema de fijación adecuado, lo que implica riesgos para la integridad física de los operarios y de las propias motocicletas. El método manual de cargue conlleva factores como el peso, la velocidad del levantamiento y la altura a donde debe elevarse, que incrementan el riesgo de lesiones y daños. [2]

Por consiguiente, se va a ejecutar una solución que no solo garantice un proceso de transporte adecuado, sino que también priorice la seguridad tanto de los operarios como la integridad de los vehículos. Por lo tanto, el objetivo principal es diseñar un sistema de elevación adaptable y seguro que facilite el traslado de motocicletas en la parte trasera de camionetas pick up, evitando lesiones en el operario y daños en los vehículos durante el proceso de carga y descarga.

La solución propuesta se desarrollará considerando los requerimientos funcionales clave y los diferentes parámetros de ingeniería relevantes. Esto permitirá llevar a cabo un análisis del diseño mediante herramientas como el modelado 3D CAD y el análisis por elementos finitos (FEA).

El modelado 3D CAD ayudara a validar el diseño del sistema de elevación, asegurando que cumpla con los requisitos de compatibilidad con los modelos de pick up, y demás especificaciones. Por otro lado, el análisis por elementos finitos (FEA) determinará si los materiales y perfiles seleccionados son los adecuados para soportar de manera segura el proceso de carga y descarga, Mediante estos esfuerzos de diseño y análisis, se buscará garantizar que el sistema de elevación final cumpla a cabalidad con los requerimientos funcionales establecidos, proporcionando una solución eficiente y segura para el transporte de motocicletas en camionetas pick up.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de elevación para motocicletas convencionales adaptable a camionetas pick up.

6.2 Objetivos específicos

1. Establecer los requerimientos funcionales, parámetros de ingeniería y restricciones para el diseño.
2. Desarrollar el diseño de detalle de la alternativa que cumple plenamente los requerimientos funcionales.
3. Generar modelos CAD 3D, planos de detalle y simulaciones de funcionamiento para estimar la factibilidad del diseño propuesto.

7. ETAPA DE FORMULACIÓN

El transporte seguro de motocicletas en camionetas tipo pickup representa un desafío debido a las dificultades y riesgos propios al manejo manual de estas. Esta etapa tiene como objetivo comprender el problema y las necesidades que enfrentan los motociclistas al transportar sus motocicletas en camionetas pick-up.

Para la etapa de formulación, se realizó una encuesta a usuarios de motocicletas con el objetivo de comprender cómo transportan sus vehículos. Se les preguntó a 15 personas que tienen camionetas pickup y motocicletas las cuales tienen esta necesidad de transportar a lo cual se les consulta sobre los sistemas de transporte de motocicletas que conocen, qué características identifican como necesarias para realizar un transporte seguro y eficiente, evitando lesiones y daños a las motocicletas, y cómo podrían mejorar el sistema de transporte de motocicletas. Los principales hallazgos de la encuesta fueron:

El 80% de los conductores recurren a la utilización de su propia camioneta tipo pick up cuando transportan su motocicleta (Imagen N°1) mientras que el 20% restante contrata el servicio de remolque o utilizan una porta motos. Sin embargo, algunos mencionaron improvisar métodos como subir la moto al cajón de la pick up alzándola manualmente como se muestra en la imagen N°2



Imagen 1, Métodos de transporte de motocicletas conocidos según encuesta

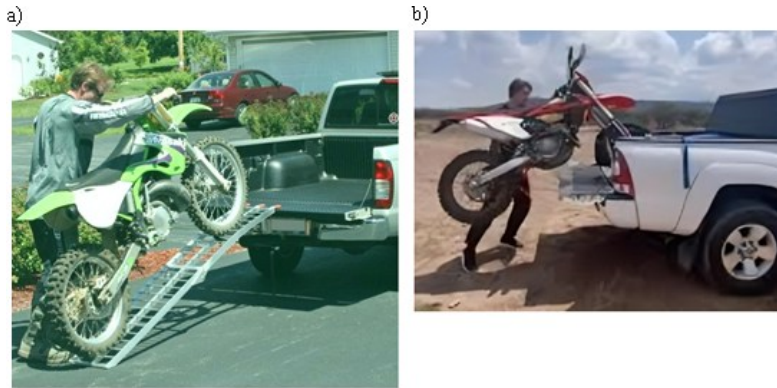


Imagen 2, Métodos manuales para cargar motocicletas en camionetas pickup a. Elevación mediante rampa b. Elevación manual

Además de los medios de transporte utilizados se les pregunto por el principal desafío al transportar motocicletas señalado en la imagen N°3, es el riesgo de daños estructurales durante el proceso de carga y descarga, lo cual representa un 40% de las respuestas. Otros retos importantes incluyen el espacio limitado disponible para subir la motocicleta al medio de transporte 26,7% y el tiempo requerido para cargar el vehículo manualmente 13,3% Estos resultados sugieren que el diseño de un sistema de elevación de motocicletas para camionetas debe abordar de manera prioritaria la facilidad de uso, la seguridad y la eficiencia en el manejo.

¿Cuál es el desafío más común al trasladar una motocicleta?

15 respuestas



Imagen 3, Desafíos más comunes al trasladar una moto según encuesta

Luego de definir los desafíos a abordar en el diseño se preguntó por las características deseables en un sistema de elevación de motos (Imagen N°4). Entre las funcionalidades más valoradas se destaca la capacidad de soportar motocicletas de hasta 400 kg, la adaptabilidad a diversos tipos de motos y la facilidad de uso, siendo esta

última la más relevante para los usuarios. En cuanto al tipo de motocicletas transportadas, predominan las motos tipo enduro o cross lo cual nos permite conocer el peso promedio que debe levantar el elevador.

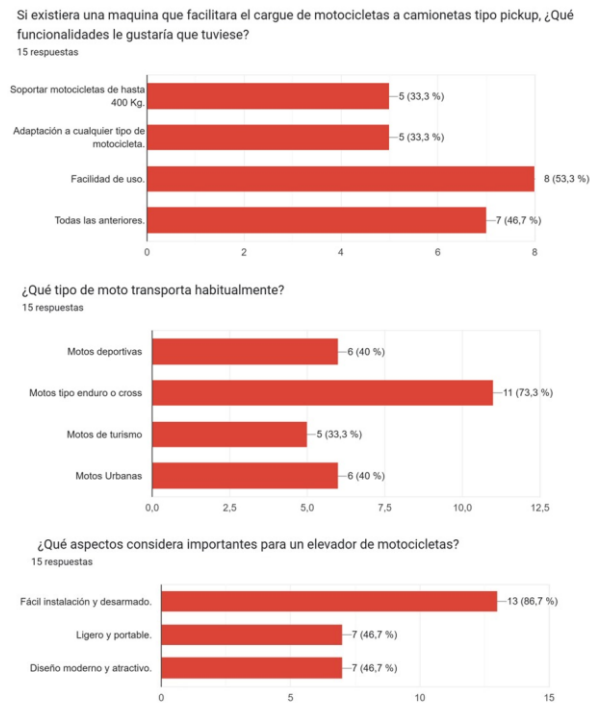


Imagen 4. Características deseadas en un elevador de motocicletas para camionetas tipo pickup

Finalmente, los aspectos más importantes para los usuarios incluyen una fácil instalación y desarmado, seguidos de un diseño ligero, portable y atractivo, estas características descritas serán las bases para el desarrollo de los requerimientos del cliente.

7.1 Establecimiento de Requerimientos del Cliente

Los requerimientos del cliente son fundamentales para diseñar y desarrollar un producto que cumpla con sus expectativas y necesidades. Estos lineamientos aseguran la satisfacción del cliente. Según las encuestas realizadas, los requerimientos presentados en la Tabla N°1 representan las necesidades de los clientes.

Requerimientos del cliente

1. Debe poder elevar una moto hasta de 400 kg
2. No debe doblarse ni balancearse demasiado al usarse.
3. Fácil instalación
4. Fácil desinstalación
5. Debe ser fácil operación
6. Debe ser adaptable a distintas motocicletas
7. Instalación al platón sencilla
8. Largos intervalos de mantenimiento
9. Resistente a la oxidación

Los requerimientos del cliente se resumen las necesidades fundamentales que deben guiar el diseño del sistema de elevación. Destaca requerimientos como la capacidad de elevar motocicletas de hasta 400 kg, la facilidad de instalación y desinstalación, y la adaptabilidad a diferentes modelos de motocicletas. Estas especificaciones básicas proporcionan una base sólida para avanzar hacia la siguiente fase del proceso de diseño, donde se traducirán estos requerimientos del cliente en requisitos funcionales y parámetros de ingeniería que asegurarán que el producto final cumpla con las expectativas y necesidades del usuario. El diseño del elevador no incluye

consideraciones sobre los costos, ya que su enfoque principal es asegurar un funcionamiento óptimo y eficiente. Se prioriza la funcionalidad y la adaptación a los requerimientos del cliente, garantizando así que el sistema cumpla con los estándares de seguridad y rendimiento establecidos. A medida que se avance en el desarrollo, se evaluarán los costos asociados para asegurar que la solución final sea viable y accesible para los usuarios.

Este diseño del elevador está específicamente concebido para camionetas con cajones de tamaño estándar y grande. Las dimensiones de estos cajones son de aproximadamente 1.8 a 2.1 metros para el tamaño estándar y de 2.1 a 2.4 metros para el tamaño grande. Esta adaptación asegura que el elevador se integre perfectamente en el espacio disponible, optimizando su funcionalidad y facilitando el proceso de carga y descarga de motocicletas.

Además, el diseño considera la estabilidad y seguridad del sistema, garantizando que pueda soportar el peso y las dimensiones de las motocicletas, al tiempo que permite un uso eficiente del espacio en el cajón de la camioneta. Esto lo convierte en una solución práctica y efectiva para quienes requieren transportar motocicletas de manera segura y conveniente.

8. ETAPA DE DISEÑO CONCEPTUAL

La etapa de conceptualización del diseño garantiza que el sistema de elevación cumpla con los criterios de seguridad, rendimiento y usabilidad, necesarios para satisfacer las expectativas del cliente. En esta fase, se traduce cada requerimiento del cliente (RC) en un conjunto específico de requerimientos funcionales (RF), los cuales se ponderan según su importancia, esta se determinó como 1 la más baja y 5 la más alta.

PRIORIDAD	Requerimientos del cliente (RC)	Requerimientos Funcionales (RF)
4	Debe poder elevar una moto hasta de 400 kg	Capacidad de carga 3924 N
4	No debe doblarse ni balancearse demasiado al usarse	Rigidez
5	Fácil instalación	El sistema debe ser fácil de instalar
	Fácil desinstalación	El sistema debe ser fácil de desinstalar
4	Debe ser fácil de operar	Bajo peso
		Ajustable a las dimensiones del vehículo
2	Debe ser adaptable a distintas motocicletas	El sistema se debe ajustar a diferentes motocicletas
		El sistema se debe anclar la moto
4	Instalación al platón sencilla	Pocas Modificaciones al vehículo
2	Largos intervalos de mantenimiento	Largos Periodos de mantenimiento
4	Resistente al oxido	Resistente a la corrosión

Tabla 1 Requerimientos-funcionales-prioridad

Posteriormente, se relacionaron los requerimientos funcionales (RF) entre sí, tal como se muestra en la matriz N°1, con el fin de identificar los aspectos críticos entre ellos. Esto permite observar cómo la modificación de un requerimiento puede impactar en otros.

proceso es importante para garantizar que el producto final cumpla con las expectativas de seguridad y eficiencia.

Los parámetros de ingeniería, como la capacidad de carga, las dimensiones del elevador y los sistemas de elevación progresiva, son fundamentales para asegurar que el elevador funcione de manera óptima en diversas condiciones. Además, permiten identificar las especificaciones necesarias para satisfacer las necesidades del cliente.

Al integrar estos parámetros en el diseño, se busca no solo cumplir con los requerimientos funcionales, sino también optimizar el rendimiento y la fiabilidad del elevador, asegurando una experiencia de uso segura y eficiente.

PRIORIDAD	Requerimientos del cliente (RC)	Requerimientos Funcionales (RF)	Parámetros de Ingeniería (PI)
4	Debe poder elevar una moto hasta de 400 kg	Capacidad de carga 3924 N	Esfuerzos de fluencia
4	No debe doblarse ni balancearse demasiado al usarse	Rigidez	Deformaciones
5	Fácil instalación	El sistema debe ser fácil de instalar	Tiempo de Armado
			# de piezas
	Fácil desinstalación	El sistema debe ser fácil desinstalar	Tiempo de desarmado
			# de piezas
4	Debe ser fácil de operar	Bajo peso	Densidad del material ($\frac{kg}{m^3}$)
		Fácil operación	# de pasos operacionales
2	Debe ser adaptable a distintas motocicletas	El sistema se debe ajustar a diferentes motocicletas	Longitud ajustable (mm)
		El sistema se debe ajustar a diferentes anchos de ruedas	Ancho ajustable (mm)
4	Instalación al platón sencilla	Pocas Modificaciones al vehículo	# de modificaciones al vehículo
2	Largos intervalos de mantenimiento	Largos Periodos de mantenimiento	Periodos de mantenimiento
4	Resistente al oxido	Resistente a la corrosión	Velocidad de Corrosión

Tabla 3 Definición de Parámetros de ingeniería

El diseño final debe enfocarse en optimizar los aspectos prioritarios identificados: capacidad de carga, facilidad de instalación y operación, así como resistencia a la corrosión. La combinación de materiales ligeros y duraderos, junto con la implementación de sistemas adaptables y ajustables, será esencial para alcanzar estos objetivos.

Además, el diseño debe encontrar un equilibrio entre robustez estructural y facilidad de uso, garantizando que el sistema sea accesible para el cliente. Para lograr esto, se realizará una descomposición funcional que permitirá identificar con mayor precisión los requerimientos específicos aplicables al sistema de elevación, asegurando así una implementación efectiva y eficiente del diseño.

8.1 Descomposición Funcional

Esta organización funcional tiene como objetivo garantizar que cada componente cumpla con los requerimientos funcionales (RF) de forma óptima, tales como facilidad de instalación, operación segura, adaptabilidad a distintos tamaños de motocicletas y resistencia a condiciones adversas.

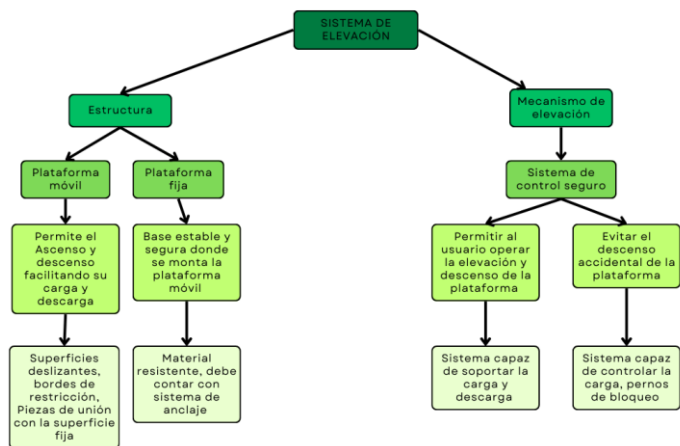


Imagen 5. Diagrama del sistema de elevación para motos, con estructura y mecanismos de control seguro

El análisis de la descomposición funciona, permite identificar el rol específico de cada componente dentro del sistema. Las superficies deslizantes facilitan el movimiento controlado de la plataforma móvil, optimizando su desplazamiento con mínima fricción. Los mecanismos de seguridad, claramente representados en la imagen, garantizan un control preciso del proceso de elevación y descenso, evitando descensos no

intencionados y asegurando la estabilidad del sistema durante su operación. Asimismo, el diseño del sistema de anclaje y la distribución de cargas reflejan un enfoque estructural que prioriza la resistencia y la eficiencia, asegurando que la plataforma pueda soportar las solicitaciones aplicadas sin comprometer su integridad.

Esta descomposición funcional no solo define las funciones individuales de cada componente, sino que también sirve como referencia para la evaluación y optimización del diseño. La imagen 5 representa visualmente esta integración funcional, evidenciando cómo se desarrolló un diseño del sistema general que cumpla con los 3 subsistemas y cada subsistema debe cumplir con cada una de sus funciones.

9. BENCHMARKING

En cumplimiento de los requerimientos del cliente y las especificaciones funcionales, se llevará a cabo una evaluación del mercado para identificar las alternativas disponibles. Este análisis permitirá determinar cuál de ellas es la más adecuada y cumple con los diferentes parámetros de ingeniería.

A continuación, se presentan una serie de dispositivos que destacan por su rendimiento, facilidad de instalación y mantenimiento. Se analizarán características como la capacidad de carga, la resistencia a la corrosión y la adaptabilidad a distintas motocicletas.

La comparación de estas alternativas no solo facilitará la selección del dispositivo más eficaz, sino que también proporcionará una visión integral de las tendencias actuales en el mercado, permitiendo al equipo de diseño tomar decisiones informadas que maximicen la satisfacción del cliente y la eficiencia operativa del sistema de elevación.

9.1 Patente elevador para motocicletas [3]

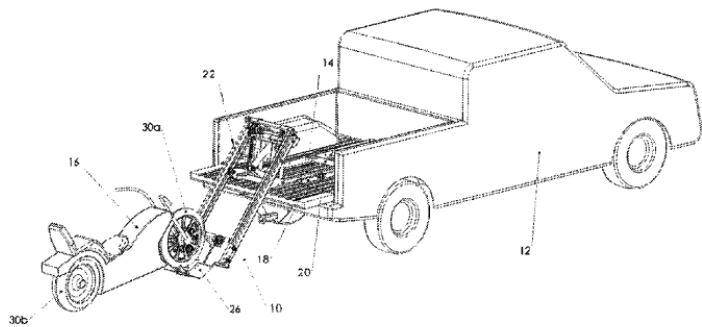


Imagen 6, Alternativa N°1, Patente del elevador de Transporte de motocicletas para Vehículo Pickup

Análisis de ventajas y desventajas	
Descripción: La patente elevador para motocicletas, describe un dispositivo motorizado diseñado para facilitar la carga y descarga de motocicletas en el cajón de la camioneta, remolques o vehículos similares. Las características incluyen:	
Ventajas: • Fácil Operación • Portabilidad • Estructura robusta	Desventajas: • Difícil mantenimiento • Varias modificaciones al vehículo

Tabla 5 PRO/CON

9.2 Elevador Portamotos



Imagen 7, Alternativa N°2, Sistema de transporte de Motocicletas para Camioneta con tiro de arrastre.

Análisis de ventajas y desventajas	
Descripción: El Sistema de transporte de Motocicletas para Camioneta con tiro de arrastre mostrado en la imagen N°7 es un sistema diseñado para cargar motocicletas en la parte trasera de una camioneta, utilizando una estructura tipo rampa ajustable. Este dispositivo permite a los usuarios mover la motocicleta desde el suelo hasta la plataforma del vehículo de manera manual y asistida.	
Ventajas: • Fácil instalación • Portabilidad • Cargado eficiente	Desventajas: • Peso moderado • Operación manual • Posible inestabilidad

Tabla 6 PRO/CON alternativa N°2

9.3 Elevador portátil



Imagen 8, Alternativa N°3, Rampa de motos de Aluminio para camioneta

Análisis de ventajas y desventajas	
Descripción: La rampa de motos de Aluminio para camioneta se ancla a la parte trasera de la camioneta, lo que requiere una modificación para su instalación. Debido a sus grandes dimensiones, no resulta muy práctico para transportar, y su peso puede dificultar que una sola persona lo manipule con facilidad.	
Ventajas: • Robusto • Capacidad de carga	Desventajas: • Mantenimiento • Modificaciones • Peso y dimensiones

Tabla 7 PRO/CON alternativa N°3

La investigación de diferentes enfoques de diseño para el sistema de elevación ha llevado a la evaluación de tres soluciones principales. Cada una de estas opciones presenta características únicas que cumplen con los requerimientos de seguridad, funcionalidad y optimización del espacio de repliegue.

Las soluciones analizadas muestran que las diferentes alternativas ofrecen una capacidad de carga adecuada y cierta facilidad de uso, varían significativamente en aspectos como el mantenimiento, la portabilidad y la adaptabilidad a diferentes tipos de motocicletas.

El sistema que mejor se alinea con los requerimientos del cliente es aquel que no solo cumple con los estándares de seguridad y funcionalidad, sino que también facilita la instalación y el uso diario. La identificación de las ventajas y desventajas de cada elevador nos llevó a la conclusión de que un diseño modular y ajustable, que minimice las modificaciones necesarias en los vehículos y que ofrezca un mantenimiento accesible, es clave para satisfacer las necesidades del usuario final.

9.4 Matriz QFD

El QFD, o Despliegue de la Función de Calidad, es una metodología utilizada para transformar las necesidades y expectativas del cliente en requisitos técnicos y específicos para el diseño de un producto o servicio. Su objetivo principal es asegurar que la voz del cliente se integre en todas las fases del desarrollo, desde la concepción hasta la producción.

En la Matriz QFD, se buscó alinear los objetivos del proyecto con las expectativas del cliente, asegurando que el producto final satisfaga sus necesidades de manera efectiva y eficiente.

FUERTE=	5	¿cómo?	PARAMETROS DE INGENIERIA	Esfuerzos fluencia	Deformaciones	Tiempo de armado	# de piezas	Densidad del material	# Pasos Operacionales	Longitud ajustable	Ancho ajustable	# de modificaciones del vehículo	Periodos de mantenimiento	Velocidad de corrosión	Patente elevador para motocicletas	Elevador Portamotos	Elevador portatil
MEDIA=	3																
DEBIL=	1																
1. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES																	
1	Debe poder elevar una moto hasta de 400 kg	Capacidad de carga 3924 N	4	5	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	5	3	5
2	Sin doblarse ni balancearse demasiado al usarse.	Rigidez	4	0	5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	5	3	1
3	Fácil instalación	El sistema debe ser fácil de instalar	5	0	0	5	5	0	5	0	0	5	0	0	4	5	0
4	Fácil desinstalación	El sistema debe ser fácil desinstalar	4	0	0	5	5	0	5	0	0	5	0	0	4	5	0
5	Debe ser fácil de operar	Bajo peso	3	3	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	4	5	1
		Fácil operación	4	0	0	0	0	0	5	3	3	3	0	0	3	5	1
6	Debe ser adaptable a distintas motocicletas	El sistema se debe ajustar a diferentes longitudes de motocicleta	2	0	0	0	0	0	3	5	3	3	0	0	4	3	5
		El sistema se debe ajustar a diferentes anchos de ruedas	3	0	0	0	0	0	0	5	5	3	0	0	4	3	5
7	Instalación al platón sencilla	Pocas Modificaciones al vehículo	4	0	0	3	3	0	3	0	0	5	0	0	4	5	0
8	Largos Intervalos de mantenimiento	Largos Periodos de mantenimiento	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5
9	Resistente al oxido	Resistente a la corrosión	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	2	5
EVALUACION DE IMPORTANCIA		ABSOLUTA		29	29	57	57	39	83	37	33	92	30	30	47	44	28
		RELATIVA (%)		6	6	11	11	8	16	7	6	18	6	6			
EVALUACIÓN DE INGENIERÍA				10	11	3	4	5	2	6	7	1	8	9			

Imagen 9, Selección de tipo de elevador matriz QFD

La matriz QFD presentada proporciona una evaluación sistemática de los requisitos funcionales de un proyecto en relación con varios parámetros de ingeniería. A través de la puntuación asignada a cada requisito, se ha logrado identificar tanto las fortalezas como las áreas que requieren mejora.

Para calcular la evaluación absoluta, se sumaron todos los resultados de los requisitos, lo que dio un total de 516. A continuación, se determinó la evaluación relativa, que se calcula dividiendo la evaluación absoluta (516) entre la suma de todos los requisitos y multiplicando por 100. El resultado de esta evaluación relativa debe ser igual a 100.

Posteriormente, se llevó a cabo la evaluación de ingeniería, asignando un orden del 1 al 11, donde 1 representa el aspecto más importante y 11 el menos importante a considerar en nuestro diseño.

Los resultados de la evaluación de ingeniería fueron los siguientes:

1. Número de modificaciones al vehículo
2. Número de pasos operacionales
3. Tiempo de armado
4. # de piezas
5. Esfuerzos de fluencia
6. Deformaciones
7. Densidad del material
8. Longitud de la motocicletas ajustable
9. Ancho de las llantas ajustable
10. Periodos de mantenimiento
11. Velocidad de corrosión

10. ALTERNATIVAS DE DISEÑO

El diseño de un sistema de elevación para motocicletas requiere la evaluación de múltiples alternativas, con el objetivo de garantizar que el sistema final cumpla con los requerimientos funcionales y las necesidades del cliente. En esta sección, se presentan diversas opciones para los subsistemas del diseño, como el montaje de la motocicleta y el mecanismo de carga/descarga, basándose en criterios técnicos y operacionales identificados en etapas previas del proyecto.

Cada alternativa fue analizada considerando factores como la capacidad de carga, facilidad de operación, adaptabilidad y mantenimiento. A través de matrices de decisión como la de Pugh, se determinaron las opciones más viables, buscando optimizar el desempeño del sistema y garantizar su fiabilidad bajo diferentes condiciones de uso. Este análisis proporciona una base sólida para seleccionar las soluciones técnicas que se implementarán en el diseño detallado del sistema de elevación.

Todas estas alternativas serán analizadas mediante la descomposición funcional (imagen N°5). Este enfoque permitirá evaluar detalladamente cada opción y determinar cuál es la más adecuada para el diseño seleccionado en la matriz QFD. La descomposición funcional facilitará la identificación de los requisitos específicos y las interrelaciones entre los componentes, asegurando que la alternativa elegida no solo cumpla con los requerimientos del cliente, sino que también optimice la seguridad y la facilidad de uso del sistema de elevación. Este análisis exhaustivo será fundamental para garantizar que el diseño final se alinee con las necesidades del cliente y con los objetivos del proyecto.

10.1. Restricciones

El desarrollo de un elevador tipo rampa para motos destinado a camionetas pick-up estará sujeto a diversas restricciones en los siguientes aspectos:

- **Dimensiones del Elevador:** El elevador debe ser compacto para permitir su almacenamiento en el área de carga de la camioneta sin ocupar demasiado espacio. [4]

10.2 Alternativas Generales

Con el objetivo de dar cumplimiento a los requerimientos funcionales y a las restricciones previamente definidas, se desarrolló diversas alternativas de diseño para el sistema de elevación. Estas alternativas fueron diseñadas para garantizar un rendimiento eficaz, seguro y flexible del sistema, considerando la diversidad de motocicletas y vehículos existentes. A continuación, presentamos la primera alternativa evaluada.

10.2.1 Alternativa N°1

El elevador está diseñado con un sistema de dos plataformas que, a través de rieles, facilita la carga y descarga de todo tipo de motocicletas. Este mecanismo incluye una sistema de elevación que optimiza el proceso de pliegue y despliegue (Imagen N°10). Además, cuenta con un sistema de sujeción que lleva instalado las camionetas en el platón que tiene unos ganchos los cuales se pueden amarrar con unas eslingas, el cual otorga estabilidad. A continuación, se va a evidenciar como se relaciona la alternativa N°1 a los requerimientos funcionales.

1. Rigidez
2. El sistema debe ser fácil de instalar/ desinstalar
3. Bajo peso
4. Fácil operación
5. El sistema se debe ajustar a diferentes motocicletas

6. El sistema se debe ajustar a diferentes anchos de ruedas
7. Pocas Modificaciones al vehículo

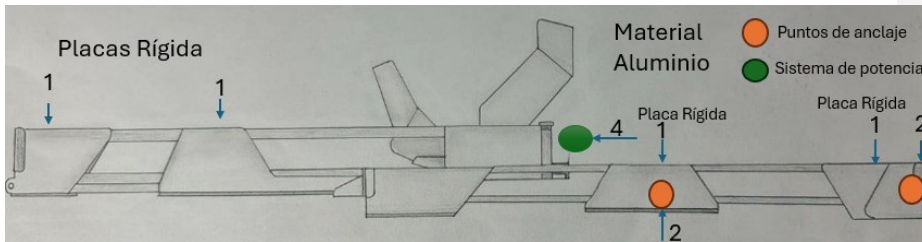


Imagen 10, Boceto de alternativa N°1 elevador tipo rampa

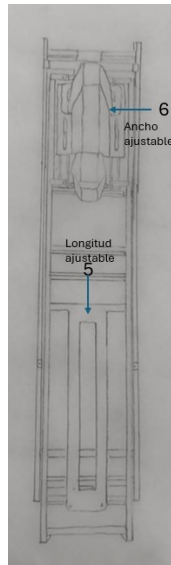


Imagen 11, Boceto de alternativa N°1 elevador tipo rampa

10.2.2 Alternativa N°2

Su sistema de poder es el wincher, el cual lleva una conexión a la camioneta, su soporte son las eslingas la cual soporta la moto y permite su movimiento (Imagen N°11), su sistema permite el pliegue y despliegue de la jaula mediante vástagos hidráulicos para el aseguramiento de la motocicleta en el platón. A continuación, se va a evidenciar como se relaciona la alternativa N°2 a los requerimientos funcionales.

1. Rigidez
2. El sistema debe ser fácil de instalar/ desinstalar
3. Bajo peso
4. Fácil operación
5. El sistema se debe ajustar a diferentes motocicletas
6. El sistema se debe ajustar a diferentes anchos de ruedas
7. Pocas Modificaciones al vehículo

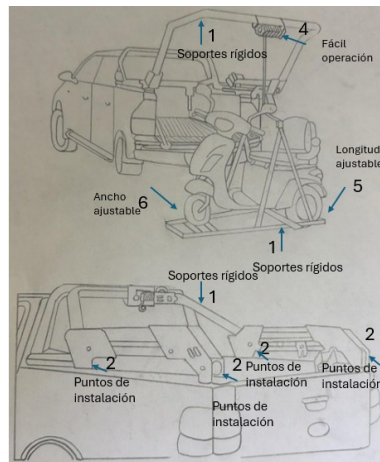


Imagen 12, Boceto de alternativa N°2 jaula hidráulica

10.2.3 Alternativa N°3

Su sistema principal es el brazo el cual funciona con un sistema hidráulico el cual ayuda a permitir la elevación y movimiento, para amarrar la moto utilizan las eslingas, la base de la moto va en tipo jaula la cual permite la traslación de la motocicleta al platón del pick up A continuación, se va a evidenciar como se relaciona la alternativa N°3 a los requerimientos funcionales.

1. Rigidez
2. El sistema debe ser fácil de instalar/ desinstalar
3. Bajo peso
4. Fácil operación
5. El sistema se debe ajustar a diferentes motocicletas
6. El sistema se debe ajustar a diferentes anchos de ruedas
7. Pocas Modificaciones al vehículo

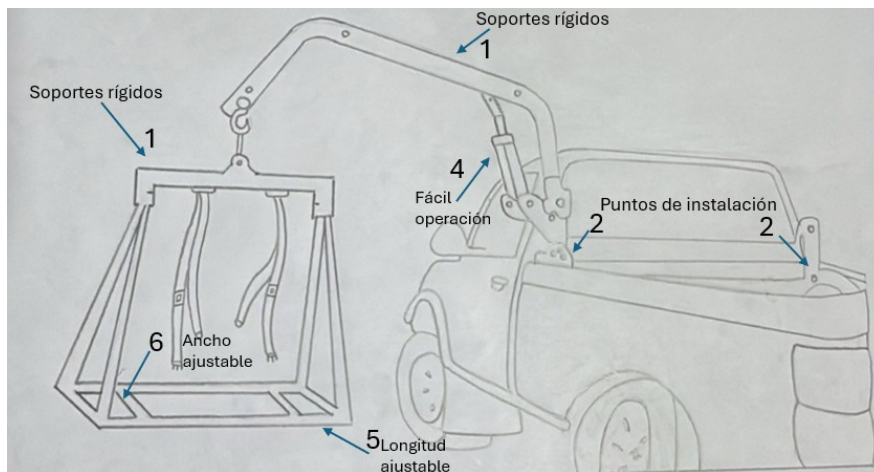


Imagen 13, Boceto de alternativa N°3 Brazo hidráulico

10.3 Selección

La presente tabla de evaluación tuvo como objetivo comparar y analizar tres alternativas para el sistema de elevación. Utilizando una lista de verificación con criterios definidos en la etapa de diseño conceptual. Este análisis permitirá identificar la alternativa que mejor se ajusta a los requerimientos funcionales y operativos necesarios, garantizando así una solución eficiente y confiable para su implementación. A continuación, se detallan los resultados de la evaluación basada en los criterios previamente establecidos.

CHECK LIST	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Capacidad de carga 3924 N	9	9	9
El sistema debe ser fácil de instalar	9	5	5
El sistema debe ser fácil de desinstalar	9	5	9
Bajo peso	9	9	1

Ajustable a las dimensiones del vehículo	9	9	5
El sistema se debe ajustar a diferentes motocicletas	9	5	9
El sistema se debe anclar la moto	9	9	9
Pocas Modificaciones al vehículo	9	9	1
Largos Periodos de mantenimiento	9	9	5
Sistema de elevación progresiva	9	9	9
Resistente a la corrosión	9	9	9

Tabla 8 Evaluación de cumplimiento de RF en alternativas

Tras evaluar las tres alternativas según los criterios definidos en la etapa de diseño conceptual, se asignó una calificación de 1 si no cumplían, 5 si cumple parcialmente y 9 si cumplían. Como resultado, obtuvimos los siguientes datos:

Alternativa 1: Se presenta como la mejor opción, ya que cumple con todos los criterios evaluados. Es fácil de instalar y desmontar, y se adapta a diferentes motocicletas. Además, requiere pocas modificaciones en el vehículo y se ajusta bien a sus dimensiones. Estos aspectos son los dos requerimientos más críticos considerados en la tabla 3.

Alternativa 2: Aunque cumple con la mayoría de los criterios, presenta dos deficiencias clave: no es de fácil manejo y requiere modificaciones en el vehículo en comparación con la primera alternativa. Esto podría generar inconvenientes en su implementación y afectar su funcionalidad.

Alternativa 3: Comparte las mismas deficiencias que la Alternativa 2, ya que tampoco es fácil de manejar ni evita modificaciones en el vehículo. Aunque cumple

con los demás criterios, estas limitaciones pueden afectar su facilidad de uso y flexibilidad.

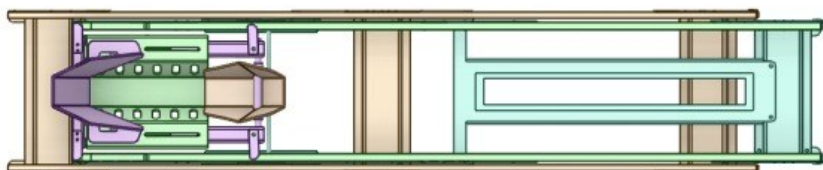


Imagen 14, Diseño final del elevador.

La alternativa seleccionada es el elevador tipo rampa, que cumple con los requisitos del cliente y los requerimientos funcionales (imagen 14). Este elevador destaca por su rigidez, gracias a sus perfiles y placas (imagen 15).

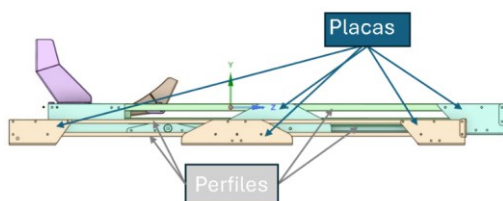


Imagen 15, Estructura elevador para motos tipo rampa

Su diseño permite una fácil instalación y desinstalación en los puntos de anclaje de la camioneta pick-up, y es lo suficientemente ligero para ser portátil (Imagen 16).

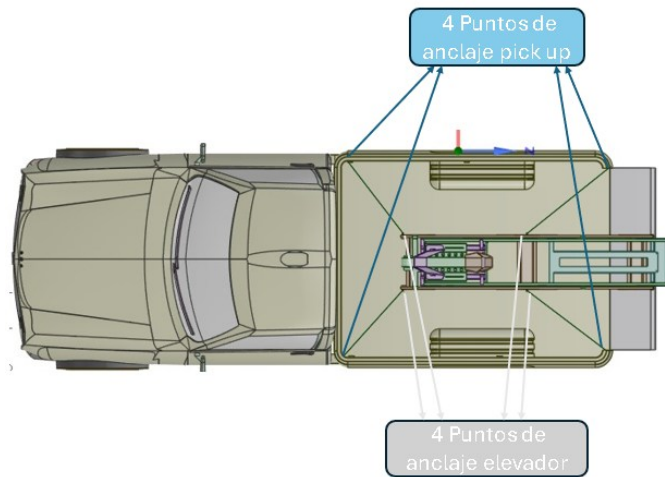


Imagen 16 Puntos de anclaje pick up / elevador para motos

También se adapta a los anchos de las llantas gracias a la geometría de la platina en la parte delantera. Además, se opera de manera sencilla mediante un sistema de elevación y se ajusta para diferentes longitudes de motocicletas con un sistema de placa y tornillo ajustable (Imagen 17).

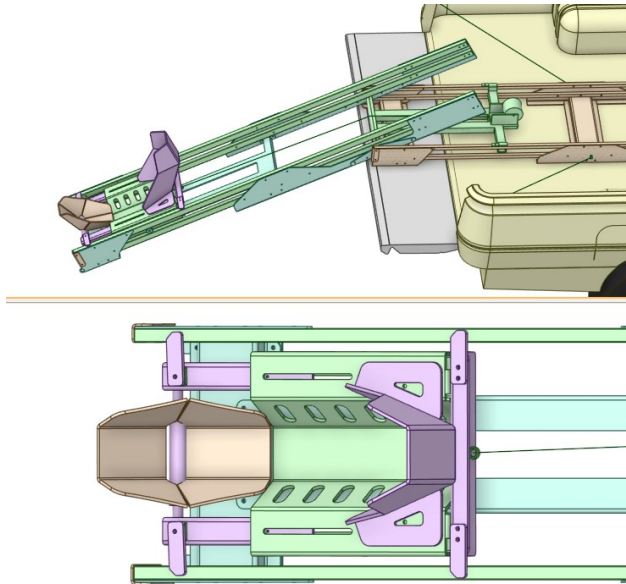


Imagen 17 Sistema de agarre de la llanta delantera

El elevador satisface los requerimientos del cliente, Su diseño establece una estructura robusta, compatible con la geometría de la camioneta, y una plataforma móvil que facilita el ascenso y descenso de la motocicleta de manera eficiente y segura. En la siguiente etapa, se procederá con el desarrollo del diseño a detalle, donde se especificarán con precisión los materiales, componentes mecánicos, uniones y mecanismos de accionamiento que garantizarán su funcionalidad y durabilidad.

11. DISEÑO DE DETALLE

El diseño a detalle del elevador se desarrolló mediante una secuencia estructurada que permitió integrar adecuadamente los aspectos técnicos y funcionales del sistema. En primer lugar, se implementó el diseño conceptual previamente definido, estableciendo qué elementos serían seleccionados

directamente y cuáles requerirían ser determinados mediante cálculos y simulaciones. Una vez completada esta etapa, se definieron los componentes que debían ser calculados, y se establecieron las distintas posiciones de trabajo que tendría el elevador durante su funcionamiento. A partir de ello, se realizaron cálculos preliminares en la posición más crítica, con el objetivo de dimensionar los perfiles estructurales y seleccionar un material adecuado. Con los resultados obtenidos, se desarrollaron las geometrías correspondientes del diseño, las cuales fueron sometidas a simulaciones estructurales para validar su desempeño bajo las condiciones de carga establecidas. Finalmente, se elaboraron los planos correspondientes.

11.1 Selección de sistema de elevación

Considerando que el sistema de elevación constituye un elemento fundamental para el correcto funcionamiento del mecanismo, decidimos optar por la incorporación de dispositivos comerciales en lugar de desarrollar un sistema propio desde cero. Esta elección se basó en la amplia oferta de soluciones disponibles en el mercado, las cuales han sido previamente validadas bajo estándares de calidad, seguridad y rendimiento.

El sistema de elevación necesita cumplir con los siguientes requerimientos funcionales.

1. Mecanismos de seguridad
2. Fácil Operación.
3. Capacidad de carga de más de 500 kilos.
4. Fácil Mantenimiento.
5. Elevación progresiva

OPCIÓN 1 – WINCHER

Un wincher eléctrico de 2000 libras, diseñado para levantar y arrastrar cargas pesadas. Este equipo está compuesto por un motor eléctrico robusto, un tambor que alberga un cable de acero de alta resistencia, un gancho de seguridad y un sistema de guía para el cable.



Imagen 18 Sistema de elevación wincher

OPCIÓN 2 - Sistema de carga con fuente de energía externa

Esta opción consta de cuatro elementos y su objetivo es utilizar la caja reductora para incrementar el torque, empleando una fuente externa de energía para accionar las correas y así elevar la moto.



Imagen 19 Sistema de elevación, fuente externa

OPCIÓN 3 - Cabrestante de mano

Este cabrestante de mano tiene una capacidad de 725 KG está diseñado para el movimiento seguro y controlado de cargas. Este modelo presenta un cuerpo de acero, una manivela giratoria y un cable enrollado alrededor del tambor.



Imagen 20 Sistema de elevación cabrestante

Para la selección del sistema de carga / descarga se realizó una matriz Pugh, como se muestra en la imagen N°21 la alternativa que se escogió fue el cabrestante de mano.

Seleccionar el mejor opción de carga / descarga		Wincher	Sistema carga con Fuente externa	Cabrestante de mano
Nº Mecanismos de seguridad	17	1	1	1
Facil Insatallación	26	0	0	1
Capacidad de carga	30	1	1	1
Facil Mantenimiento	13	0	0	1
Elevación progresiva	14	1	1	1
		3	3	5
Total		48	48	100

Imagen 21 Selección de sistema de elevación, Matriz PUGH

Este resultado indica que el cabrestante de mano es la opción más favorable según los criterios establecidos. Su puntuación más alta refleja que supera a las otras alternativas en todos los aspectos evaluados, especialmente en facilidad de instalación, mantenimiento y capacidad de carga, lo cual lo convierte en una solución técnicamente adecuada, práctica y alineada con los requerimientos del cliente.

11.2 Posiciones

Esta sección aborda las diferentes posiciones del sistema de elevación, en el proceso de descarga del platón.

Posición 0 Inicial: La plataforma se encuentra en su posición más baja e inclinada, extendiéndose desde la caja hasta el suelo, facilitando así la subida y bajada de la motocicleta. El mecanismo de elevación está equipado con refuerzos estructurales y guías deslizantes, combinando rigidez y

ligereza para asegurar un movimiento fluido. Esta posición se puede evidenciar el inicio de operación para el embarque de la motocicleta.

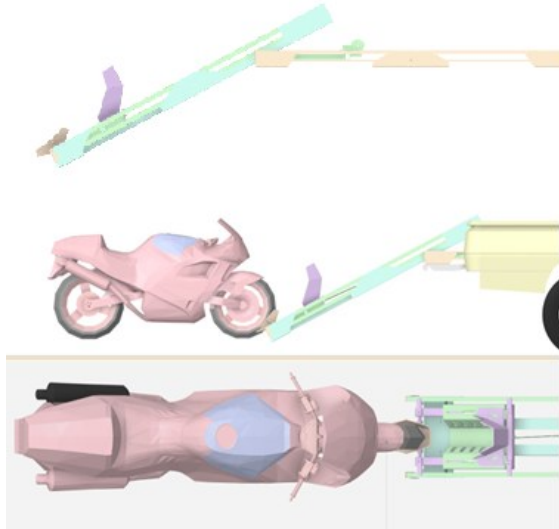


Imagen 22 Posición inicial, carrito abajo aleta de agarre de llanta puesta para iniciar operación

Posición 1: La plataforma se encuentra en su posición más baja e inclinada, extendiéndose desde la caja hasta el suelo. El mecanismo de sujeción de la llanta ya se encuentra asegurado y listo para elevar la motocicleta.

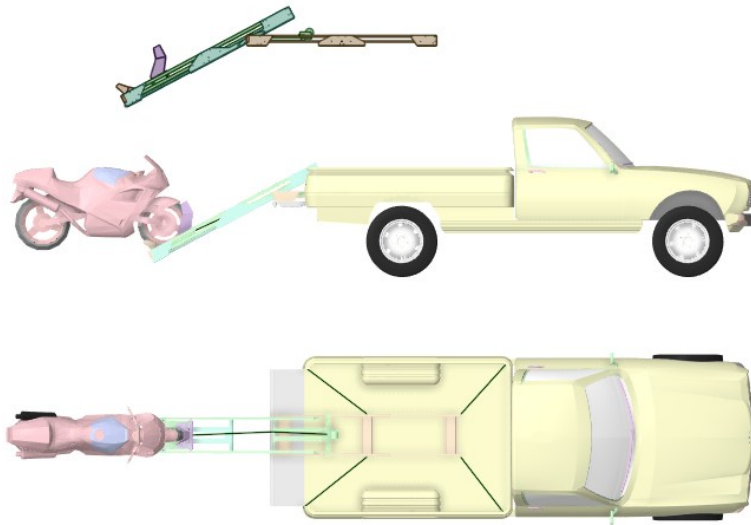


Imagen 23 Posición 1, carrito abajo, ascenso

Posición 2 Ascenso: El sistema de elevación se encuentra en una fase intermedia del proceso de carga o descarga, con la plataforma en un ángulo de inclinación medio y la motocicleta en tránsito hacia la caja de la camioneta. El mecanismo de elevación jala el sistema de fijación de la llanta delantera mientras que la llanta trasera descansa sobre la placa trasera.

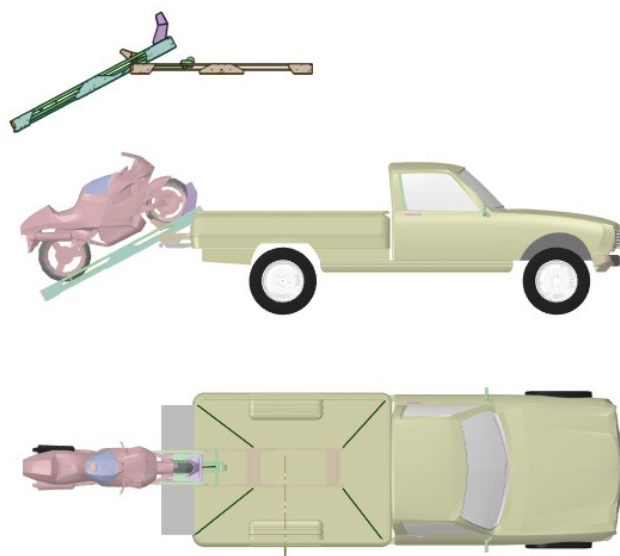


Imagen 24 Posición 2, carrito arriba ascenso

Posición 3, crítica: El elevador se encuentra en una posición crítica de carga/descarga, con la plataforma extendida hacia afuera de la camioneta. dejando las plataformas fija y móvil alineadas listas para ingresar al cajón.

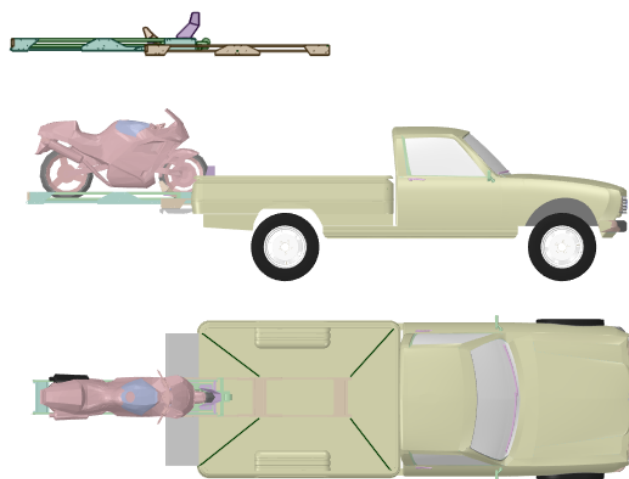


Imagen 25 Posición 3 crítica, voladizo

Posición 4, repliegue del elevador: La base del elevador se fija a la caja de la camioneta, ocupando el espacio de carga, y está equipada con soportes laterales que distribuyen el peso y aseguran la estabilidad del sistema. La motocicleta está completamente alineada con la caja de la camioneta, lo que permite un acceso directo a la parte trasera de la pick up y una elevación lineal hasta la posición final estando lista para ser transportada.

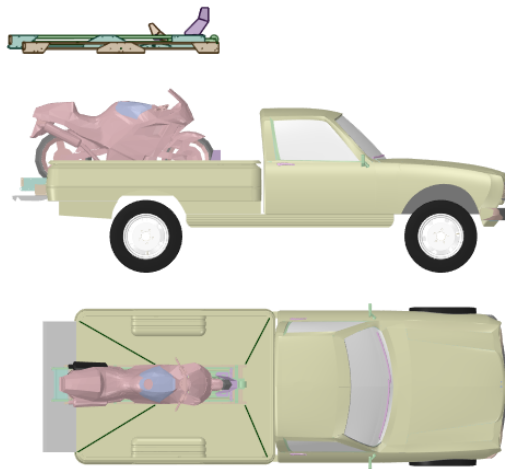


Imagen 26 Posición final del elevador en el platón

11.2 Selección de perfiles

El elevador fue analizado considerando una de sus posiciones críticas imagen 25 lo que permitió evaluar su desempeño estructural y funcional en condiciones que podrían representar el máximo esfuerzo o deformaciones para sus componentes.

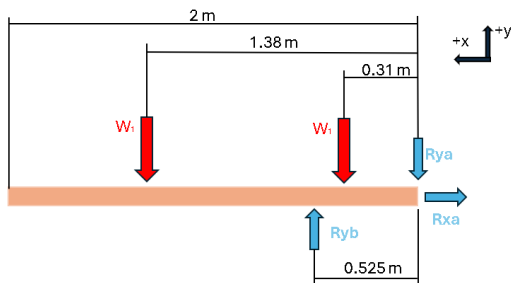


Imagen 27 Esquema del sistema de elevación para motos en camionetas: carga de la motocicleta y distribución de fuerzas en la rampa.

La imagen 27 es la posición analizada en donde las flechas de color rojo están consideradas como fuerzas y las flechas azules como restricciones esta posición es crítica en el elevador debido a que la motocicleta está ubicada en el límite extremo de la plataforma, generando un momento mayor en torno al punto de apoyo o eje del sistema. Este posicionamiento incrementa significativamente el momento flector en las vigas o componentes estructurales, lo que puede causar deformaciones, fallos estructurales o pérdida de estabilidad; además, produce un desbalance que desestabiliza el sistema si no se han diseñado puntos de apoyo adecuados.

Este diagrama (Imagen 29) de cuerpo libre representa una viga horizontal de 2 metros de longitud sometida a dos cargas puntuales de 1.96 kN cada una, aplicadas aproximadamente en las posiciones 0.525 m y 1.38 m desde el extremo izquierdo. Las flechas en negro son el valor de la reacción en los apoyos.

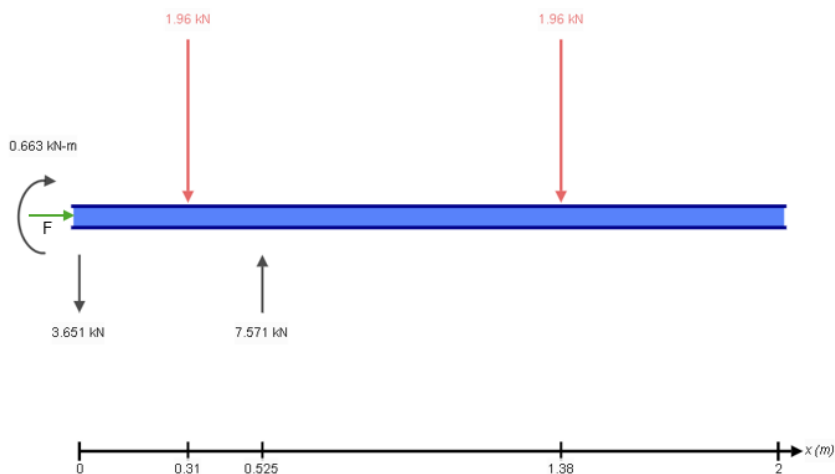


Imagen 28, Diagrama de Carga de una Viga: Cargas aplicadas y reacciones en los apoyos.

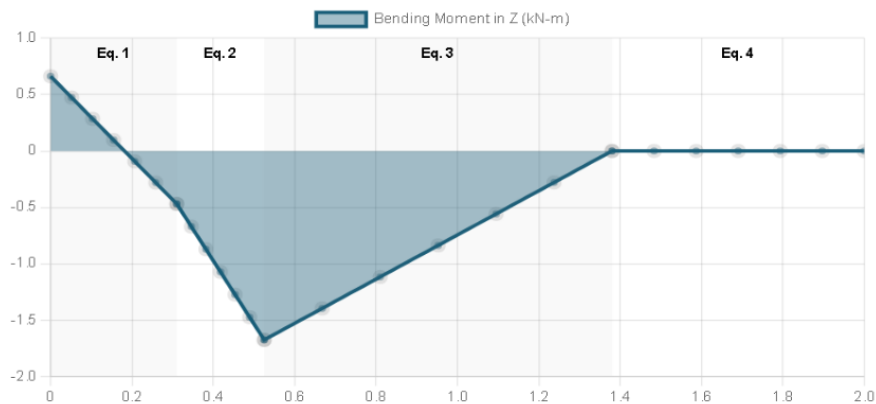


Imagen 29, Diagrama de momentos sobre la viga

El análisis presentado en esta sección, basado en la selección del perfil 30 x 20 rectangular y el cálculo de los esfuerzos en una configuración de viga en voladizo, asegura el cumplimiento de los requerimientos funcionales del sistema. La capacidad de soportar una carga de hasta 400 kg se deriva del análisis de esfuerzos máximos en las posiciones críticas de carga, garantizando que la plataforma pueda elevar motocicletas de diversos pesos y tamaños sin comprometer la seguridad estructural.

A partir del diagrama de momentos obtenidos en el análisis estructural, se calculó el factor de seguridad aproximado para la plataforma. Para ello, se asumió que la viga presenta un perfil rectangular de dimensiones 35 mm × 25 mm con un espesor de 3mm, un acero 4140 con tratamiento térmico de templado y un momento flector de 1.676 KN*m (Imagen 30).

$$I = \frac{bh^3}{12} - \frac{b_1h_1^3}{12}$$

$$I = \frac{0.025 \cdot 0.035^3}{12} - \frac{0.019 \cdot 0.029^3}{12} = 5.0707 \times 10^{-8} m^4$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad \sigma = \frac{1.676 kn \cdot m \times 0.0175 m}{5.0707 \times 10^{-8} m^4} = 578 MPa$$

$$F.S = \frac{980 MPa}{578 MPa} = 1.70$$

Ecuación 1 Cálculos del factor de seguridad para la selección inicial de los perfiles

Este análisis estructural permitió determinar que el factor de seguridad de la plataforma de elevación cumple con los requerimientos de resistencia y seguridad esperados. Los resultados de este estudio analítico sirvieron como punto de partida para el desarrollo de un proceso iterativo de simulación. En particular, estos cálculos aseguran que la plataforma pueda soportar cargas de hasta 400 kg, garantizando la capacidad de elevar motocicletas de diferentes tamaños y pesos con total seguridad.

12. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN

Este procedimiento abarca desde la definición inicial de las geometrías y materiales involucrados, hasta la implementación de modelos matemáticos y numéricos que permitan predecir el desempeño del sistema. A través de la optimización de la malla, la revisión de los contactos y la aplicación de condiciones de carga, se buscará garantizar la precisión de los resultados obtenidos.

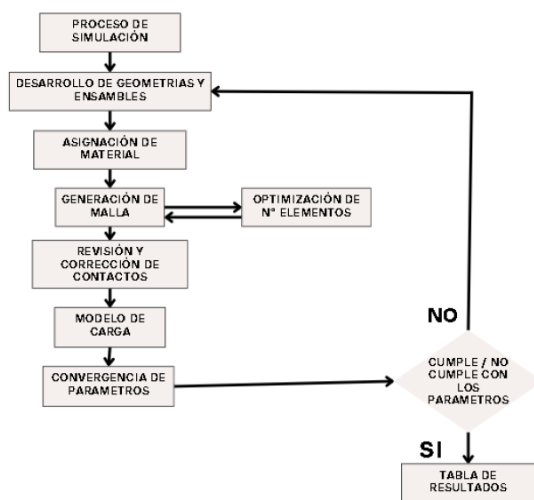


Imagen 30, Diagrama de flujo del proceso de trabajo

Con los perfiles y el material seleccionados se realizaron las verificaciones de los elementos del ensamble mediante la simulación de elementos finitos en la posición en voladizo. Para el modelo cad utilizado para el análisis se realizaron un par de simplificaciones en los ensambles para reducir los tiempos de procesamiento durante la simulación.

12.1 Desarrollo de geometrías y ensambles

El desarrollo del sistema de elevación para motocicletas se llevó a cabo mediante un proceso iterativo, apoyado en análisis de elementos finitos (FEA) para optimizar su geometría estructural y garantizar una capacidad de carga de 3924 N. A partir del modelado CAD 3D, se estableció la configuración del mecanismo plegable con rieles ajustables en longitud y ancho, lo que permite su adaptación a diferentes modelos de motocicletas y tamaños de ruedas. El modelo CAD 3D fue una herramienta clave en la validación del diseño conceptual, ya que permitió

evaluar la interacción entre los distintos componentes del sistema antes de la En este modelo se evidencia el modularidad del diseño, ya que cada subsistema (plataforma fija, plataforma móvil y mecanismo de elevación) se representa de manera independiente, lo que facilita su análisis y ajuste. Asimismo, través de simulaciones y ajustes iterativos en el modelo 3D, se logró una relación óptima entre resistencia y peso, garantizando un diseño eficiente y funcional alineado con los requerimientos establecidos en la fase conceptual dando como resultado el elevador mostrado en la imagen 25.

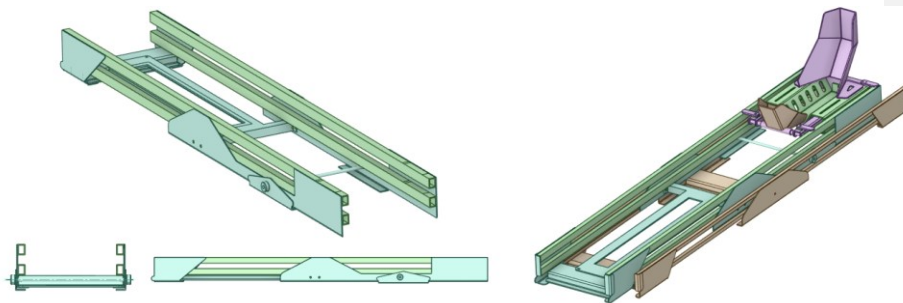


Imagen 31, Elevador para motos CAD 3D – Modelo 3D de la primera posición

La imagen 32 compara el modelo CAD del sistema de elevación completo (izquierda) con la plataforma móvil aislada (derecha), utilizada específicamente para el análisis por elementos finitos. Esta simplificación del modelo responde a la necesidad de optimizar los tiempos de procesamiento en la simulación, reduciendo la cantidad de elementos sin afectar la precisión del estudio. Para representar correctamente la interacción con el resto de la estructura, las uniones y conexiones no se modelaron de manera explícita, sino que se definieron mediante condiciones de carga y de frontera. El objetivo de este análisis es garantizar que todas las piezas del ensamble soporten la carga aplicada de manera segura, manteniendo un factor de seguridad adecuado y asegurando la integridad estructural.

Esta sección se presenta en desorden y es imposible validar los resultados porque no explican lo que están modelando desde las condiciones de carga. Es

importante que hagan una comparativa entre la posición a evaluar y su representación en ANSYS para su posterior simulación. Establezcan el objetivo de cada simulación, es decir, se debe dejar claro que se quiere analizar.

12.2 Generación de en mallado

Se emplearon distintos métodos de mallado en función de la geometría del modelo. Los tipos de mallas utilizados incluyeron el método Multizone con elementos hexaédricos, piramidales y con variación de tamaño de los elementos, tal como se muestra en la Imagen 33. Para las piezas más complejas, se realizaron secciones según el tipo de discontinuidad presente, como agujeros, vértices, entre otros. Además, se llevó a cabo un seguimiento detallado del proceso de mallado para encontrar un número adecuado de nodos y elementos, evitando un exceso de elementos por consecuencia aumentando el tiempo de procesamiento.

Con formato: Normal

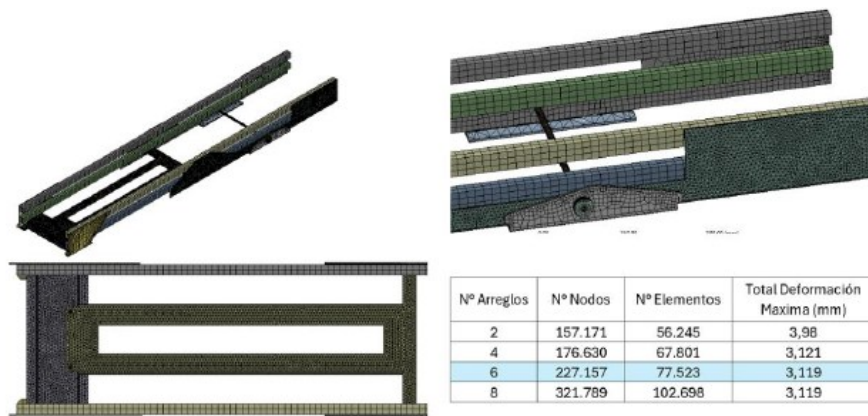


Imagen 32, Proceso de enmallado y optimización de N° Elementos

12.3 Condiciones de frontera y sistema de carga.

Para el modelo de carga se utilizaron las herramientas del módulo estructural estático de ANSYS WORKBENCH además de puntos remotos para los apoyos utilizados fueron:

Desplazamiento: Este soporte permite definir los grados de libertad que tiene la geometría seleccionada como lo muestra la imagen 27 las áreas de color amarillo.

Desplazamiento remoto: Permite insertar un objeto de desplazamiento remoto para aplicar tanto desplazamientos como rotaciones en una ubicación remota arbitraria en el espacio.

Al igual para el modelo de carga se utilizaron las fuerzas estáticas del módulo estático de ANSYS WORKBENCH como lo muestra la imagen 34 las áreas de color rojo. A continuación, se presenta el modelo de carga de la primera posición.

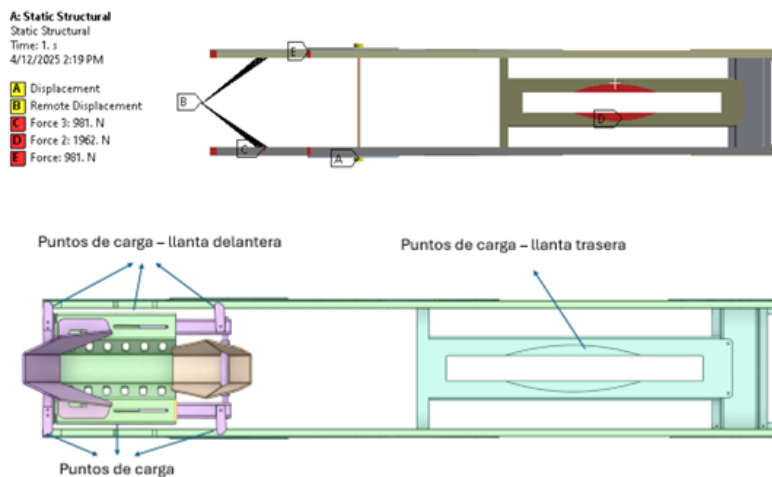


Imagen 33, Condiciones de frontera posición 1

12.4 Factor de seguridad y deformaciones

El factor de seguridad es muy importante para el diseño, calcular un valor teórico de referencia con el cual podemos comparar los resultados obtenidos por simulación o análisis, a fin de identificar el factor de seguridad óptimo para el ensamble.

$$N = \frac{\text{Esfuerzo ult Fluencia}}{\text{Esfuerzo admisible}} = N_{\text{material}} \times N_{\text{esfuerzo}} \times N_{\text{geometria}} \times N_{\text{análisis de falla}} \times N_{\text{confiabilidad}}$$

Ecuación 2, Formula para el cálculo del Factor de seguridad teórico

N_{material} : Considera las variaciones en las propiedades del material, como la resistencia, debidas a procesos de fabricación o lotes de producción.

N_{esfuerzo} : Tiene en cuenta la incertidumbre en la estimación de los esfuerzos actuantes sobre el componente, debido a cargas no previstas o a condiciones de operación variables.

$N_{\text{geometria}}$: Considera los errores en la fabricación, tolerancias, concentradores de esfuerzos u otras imperfecciones geométricas que pueden afectar la resistencia.

$N_{\text{análisis de falla}}$: Refleja las limitaciones del modelo de análisis de falla utilizado, incluyendo los métodos de simulación o cálculos teóricos.

$N_{\text{confiabilidad}}$: Relacionado con la confiabilidad deseada del sistema; por ejemplo, si se requiere un componente altamente confiable, este factor será mayor.

$$N = 1.4 \times 1 \times 1.1 \times 1 \times 1.1 = 1.69$$

Ecuación 3, Factor de seguridad estimado

La imagen N°35 muestra el análisis del factor de seguridad en la estructura, con una escala de colores que varía desde azul valor más alto hasta rojo valor más bajo. El valor mínimo es 1.76, lo que indica zonas críticas con menor factor de seguridad. Las zonas más críticas se localizan en regiones específicas donde se concentran los esfuerzos, como el peso de la llanta de la moto. En contraste, las

áreas verdes y amarillas muestran niveles de seguridad aceptables pero cercanos al límite, mientras que las zonas azules predominan en áreas menos solicitadas, indicando un bajo riesgo de falla.



Imagen 34, Resultado simulación factor de seguridad vista superior / vista inferior

La segunda imagen muestra las deformaciones en la estructura bajo la carga aplicada, con una escala de colores que varía desde azul deformación mínima hasta rojo deformación máxima. El valor mínimo registrado es 0.0279, indicando desplazamientos casi nulos, mientras que el valor máximo alcanza 3.1192, señalando las regiones con mayores deformaciones. En la simulación se observa una distribución creciente de deformaciones hacia los extremos de la estructura, lo que es característico en sistemas sometidos a flexión bajo carga. Las regiones cercanas a los puntos de apoyo mantienen valores bajos de deformación, lo que confirma un buen anclaje y distribución de esfuerzos.

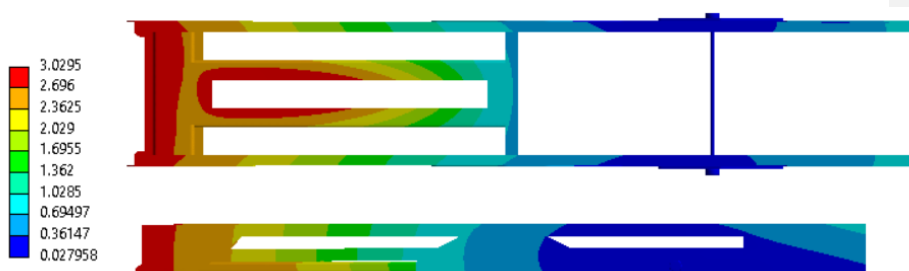


Imagen 35, Resultados de simulación deformaciones vista superior / vista lateral

Se identificó una posición crítica (imagen 25) del elevador en la que la motocicleta se encuentra en el extremo de la plataforma. Esta configuración genera un mayor momento en torno al punto de apoyo, aumentando significativamente los esfuerzos en las vigas estructurales. El análisis tenía como objetivo evaluar el desempeño estructural y funcional del sistema bajo condiciones de máximo esfuerzo, lo que permitió garantizar su estabilidad y resistencia.

Para validar el diseño, se empleó el método de elementos finitos utilizando el software ANSYS Workbench. Se realizaron simplificaciones en los ensambles con el fin de optimizar los tiempos de procesamiento durante las simulaciones. Además, el desarrollo de las geometrías siguió un proceso iterativo, permitiendo ajustes constantes basados en los resultados obtenidos.

El diseño final del elevador mostró una distribución adecuada de esfuerzos y una mínima deformación en los puntos de apoyo principales. La metodología iterativa empleada durante el diseño permitió mejorar continuamente el modelo, garantizando su seguridad y funcionalidad mediante el uso de herramientas de simulación y análisis matemático.

Los resultados de esta simulación nos permitieron validar de manera precisa la resistencia de los perfiles, placas y demás elementos estructurales, identificando los puntos críticos y reforzando el diseño en las áreas necesarias.

12.4 Segunda posición

Para la segunda posición, el objetivo era analizar otra posición crítica en el que la motocicleta está colocada horizontalmente, y todo el peso de la plataforma y de la motocicleta descansa sobre la plataforma fija. (Imagen 24)

12.5 Generación de en mallado

El modelo CAD fue optimizado mediante un recorte que reduce su complejidad computacional, disminuyendo significativamente los recursos de procesamiento y los tiempos de simulación, como se muestra en la imagen N°37. Para obtener resultados más precisos, se refinó la malla computacional en las zonas más críticas del modelo, reduciendo el tamaño de malla.

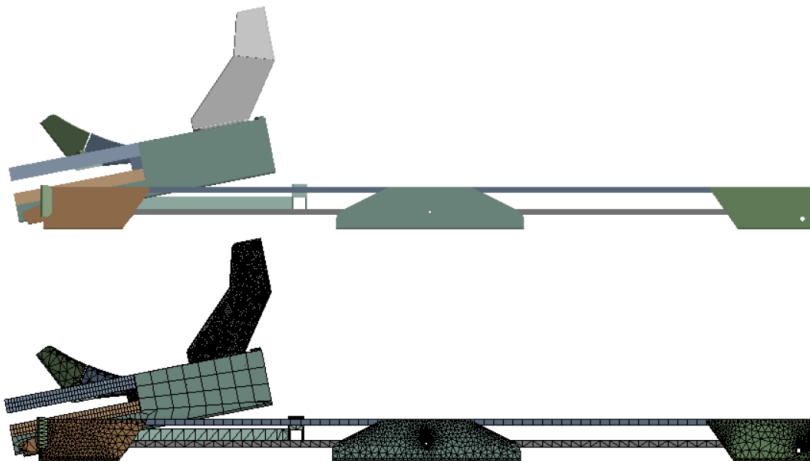


Imagen 36, Modelo 3D del enmallado y modelado segunda posición

12.6 Condiciones de carga y resultados posición 2

En este estudio, se definen las condiciones de carga aplicadas a un modelo en ANSYS Workbench para evaluar su comportamiento estructural. Se consideran las cargas externas, las restricciones de anclaje y algunas simplificaciones para optimizar la simulación.

Modelo de cargas implementado:

- Apoyos Remotos: Simulan las eslingas del modelo real, representando las restricciones de sujeción imagen 31 Punto B, C, D, E.
- Apoyo Fijo: Modelado en el extremo izquierdo de la plataforma móvil, donde este punto contacta con el suelo, restringiendo su movimiento imagen 38 Punto J.
- Fuerzas Puntuales: Calculadas según la carga transmitida por la rueda delantera, proporcionales al peso total del vehículo, para representar la distribución de la carga dinámica Imagen 33 Puntos A, F, G, H, I.

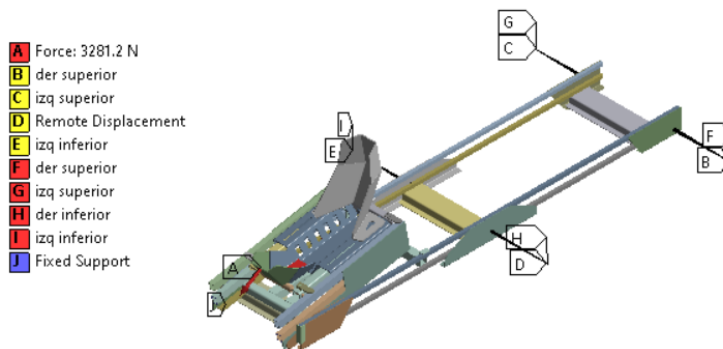


Imagen 37, Modelo de carga segunda posición

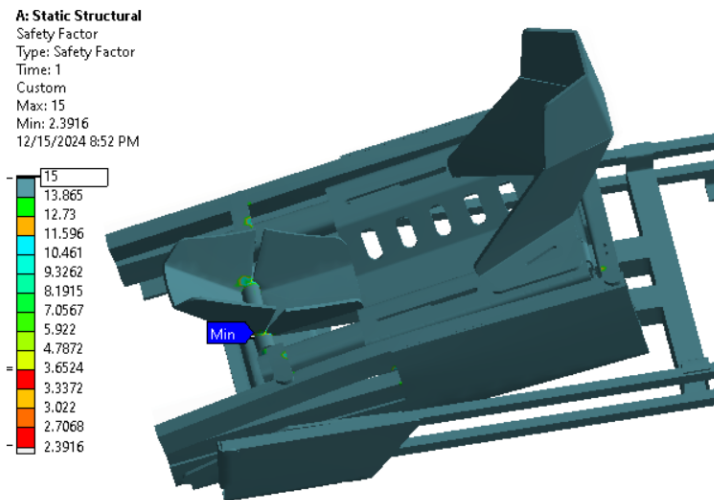


Imagen 38, Resultados simulación posición 2 factor de seguridad

El análisis de la imagen N°39 reveló que las piezas internas de soporte de la rueda delantera, sometidas a los mayores esfuerzos mecánicos, fueron objeto de múltiples iteraciones de rediseño.

En la imagen N°40 se identifican las piezas que están sometidas a los mayores esfuerzos. Asimismo, se observan las deformaciones más críticas, las cuales son las más susceptibles a sufrir cambios estructurales.

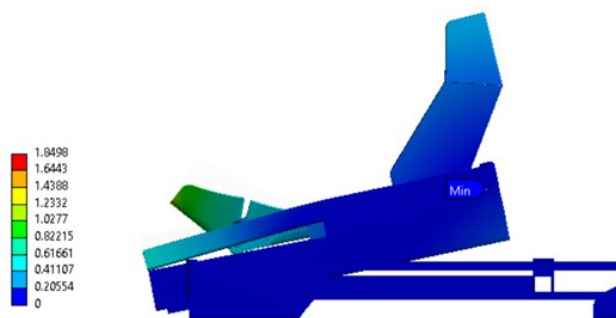


Imagen 39, Resultados simulación posición 2 deformaciones

El diseño a detalle del elevador ha sido meticulosamente elaborado, integrando todos los subsistemas y especificaciones de ingeniería, lo que asegura su operatividad y cumplimiento de estándares de seguridad.

El análisis estructural realizado mediante herramientas como el modelado 3D CAD y el análisis por elementos finitos (FEA) ha demostrado que el sistema es capaz de soportar las cargas y esfuerzos máximos sin comprometer su integridad

13. SELECCIÓN DE UNIONES ATORNILLADAS

En nuestro diseño, las uniones atornilladas representan un elemento clave para asegurar la conexión entre los diferentes componentes estructurales, especialmente en la plataforma móvil, que está sometida a mayores niveles de esfuerzo. Optamos por este tipo de unión debido a su facilidad de montaje, desmontaje y capacidad para transmitir cargas de manera segura. Estas uniones se distribuyeron estratégicamente en zonas críticas del sistema, permitiendo una fijación eficiente y manteniendo la modularidad del conjunto. Para evaluar su comportamiento mecánico, se desarrolló un modelo 3D CAD en el que se aplicaron las condiciones de carga correspondientes a la posición crítica del mecanismo. Con el objetivo de optimizar el modelo y reducir el número de elementos involucrados en el análisis, implementamos ciertas simplificaciones. Entre ellas, eliminamos tuercas y arandelas del ensamblaje, representando su efecto mediante condiciones de contorno equivalentes. Se considero estas simplificaciones válidas, ya que no comprometen la precisión de los resultados y permiten agilizar el proceso de simulación sin afectar la representatividad del comportamiento real del sistema.

. El cálculo de estas uniones se realiza aplicando las mismas condiciones de carga que en la posición crítica 1.

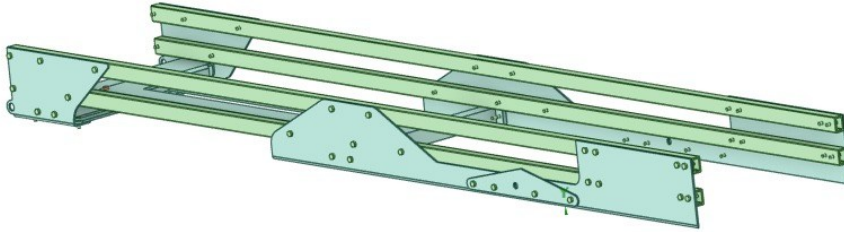


Imagen 40, Modelo 3D de la unión atornillada analizadas

Para optimizar el modelo y reducir la cantidad de elementos, se aplicaron algunas simplificaciones. Una de ellas fue eliminar las tuercas y arandelas del ensamble, representando su efecto a través de condiciones de carga. Además, los tornillos se modelaron con cabeza redonda en lugar de hexagonal, ya que esta geometría facilitaba el mallado sin afectar significativamente los resultados. Se seleccionó el tornillo M6 de Grado 5, mostrado en la imagen 41. Este tornillo cumple con las medidas y propiedades mecánicas especificadas bajo las normas mecánicas y químicas SAE J429.

13.1 Condiciones de carga y resultados uniones atornilladas

El modelo en ANSYS Workbench ha sido configurado con diversas condiciones de carga para evaluar su comportamiento estructural bajo esfuerzos. A continuación, se describen las condiciones aplicadas según las imágenes proporcionadas:

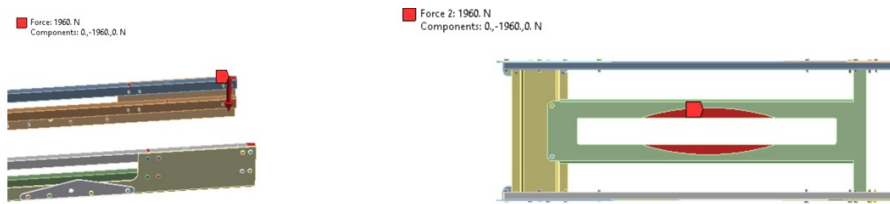


Imagen 41, Distribución de fuerzas y uniones atornilladas

En la imagen N°42 se observan las fuerzas externas aplicadas al modelo. Se ha definido una carga de 1960 N en una dirección específica, lo que simula el esfuerzo al que estará sometida la estructura en condiciones de operación.

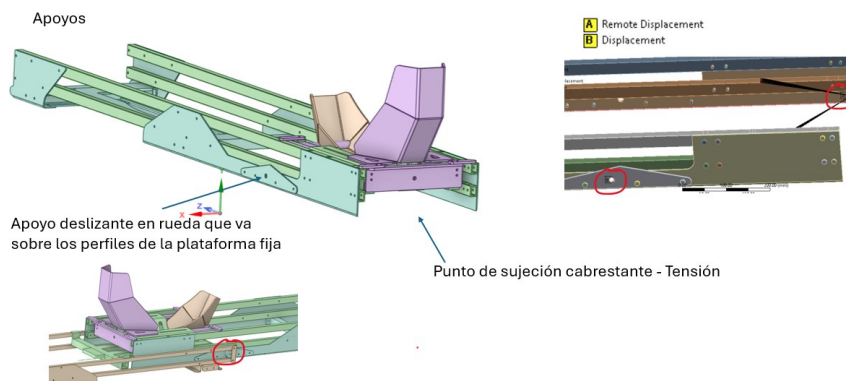


Imagen 42, Distribución de apoyos y uniones atornilladas

En la imagen N°43 se muestran las restricciones impuestas para simular el anclaje de la estructura. Se han definido dos tipos de restricciones:

Desplazamiento: Restricción en una zona específica para controlar los grados de libertad del modelo.

Desplazamiento remoto: Restricción remota que representa un apoyo fijo o una condición de enlace con otra estructura.

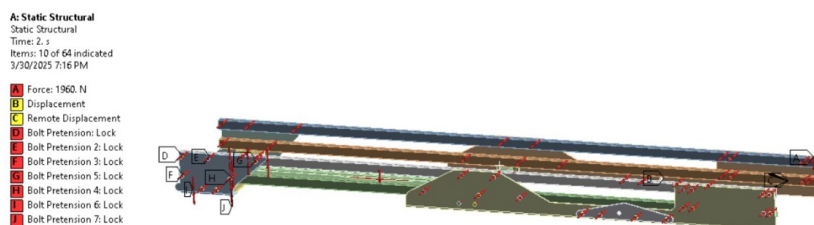


Imagen 43, Condiciones de frontera del ensamble

En la imagen N°44 muestra el modelo, donde se evidencian las fuerzas externas, restricciones y precargas de tornillos trabajan en conjunto para evaluar el comportamiento estructural del sistema en condiciones realistas.

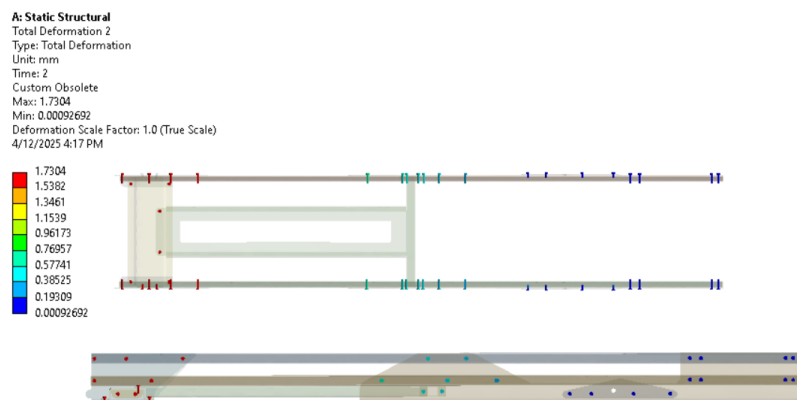


Imagen 44 Deformación total ensamble uniones atornilladas

La deformación adimensional, expresada en milímetros, alcanza un valor máximo de 1.6182 mm, lo que indica la región de mayor deformación. La representación gráfica utiliza un gradiente de colores para mostrar las variaciones

en la deformación, donde las zonas en color rojo son las de mayor deformación y las de color azul a las de menor deformación, la simulación nos muestra como los tornillos que están más alejados del apoyo son los que más se deforman.

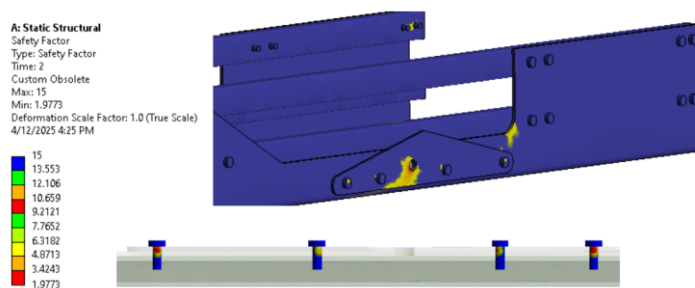


Imagen 45 Factor de seguridad Uniones Atornilladas

La imagen 46 muestra los resultados la simulación estructural para evaluar el factor de seguridad en un ensamblaje con uniones atornilladas. La representación gráfica muestra las zonas de mayor seguridad en azul y las de mayor riesgo en rojo. El valor mínimo de 1.9 asegurando así la capacidad de resistir a las cargas aplicadas.

14. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo del proyecto, se encontraron limitaciones relacionadas con el tiempo de procesamiento en las simulaciones y la complejidad de los ensamblajes. A pesar de estas limitaciones, se cumplieron los objetivos del diseño del sistema de elevación, garantizando su funcionalidad y seguridad.

Las encuestas y los estudios de benchmarking nos proporcionaron requisitos para el diseño, además las diferentes restricciones. Este conjunto de requerimientos permitió satisfacer las necesidades de los usuarios y cumplir con los estándares de seguridad.

Por medio de ANSYS se determinó el CAD 3D el cual tiene detallado el sistema. Resultados del Análisis por elementos finitos (FEA) que el sistema tiene suficiente capacidad para soportar el peso y las condiciones de carga, por lo que puede cumplir plenamente su papel con seguridad.

Las uniones atornilladas seleccionadas fueron adecuadas según la simulación en ANSYS Workbench, demostrando capacidad de carga y fiabilidad. El sistema diseñado presenta ventajas en términos de funcionalidad, seguridad y facilidad de uso, asegurando un transporte eficiente de motocicletas.

El proyecto logró con éxito todos sus objetivos. El sistema de elevación permitió que las motocicletas fueran descargadas sin sobrecarga, fáciles de transportar y seguras dentro de cualquier camioneta o pick-up. Análisis y simulaciones confirmaron el sistema a detalle, garantizando que el sistema sea operable. También se logró un diseño final que satisface las necesidades del mercado en seguridad y reduce los riesgos asociados con la carga y descarga manual de motocicletas para los usuarios.

En resumen, el proyecto introduce una solución novedosa y práctica para un problema recurrente de transporte de motocicletas, centrando su mirada en la seguridad y agilidad del sistema elevador.

15.BIBLIOGRAFIA

1. A. Gutiérrez Núñez, "Cada día en Colombia las empresas están vendiendo unas 2.253 motos en promedio", *La República*, 10 abril 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.larepublica.co/especiales/motolombia/cada-dia-se-estan-vendiendo-un-promedio-de-mas-de-2-253-motocicletas-en-colombia-3530913>

2. J. Yoon, A. Shiekhzadeh y M. Nordin, "The effect of load weight vs. pace on muscle recruitment during lifting", *Applied Ergonomics*, vol. 43, no. 6, pp. 1044–1050, 2012. doi: 10.1016/j.apergo.2012.03.004
3. G. T. Simpson, *Motorcycle lift device*, Patente U.S. 8,215,893 B2, 2012.
4. Semana, "Tome nota: Las reglas especiales para los vehículos con platón", *Semana.com*, 13 diciembre 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.semana.com/empresas/articulo/legislacion-especial-para-vehiculos-con-platon-en-colombia/309308/>
5. Mountain Master, "Motorcycle Loader", *Mountainmaster.net*, [En línea]. Disponible en: <https://mountainmaster.net/motorcycleloadingsystem.html>
6. F. P. Beer, E. R. Johnston y J. T. DeWolf, *Mecánica de materiales*, 7ª ed. México: McGraw-Hill, 2015.
7. Ansys Inc., "Connecting Bolts with Assembly", *Ansys Innovation Space*, [En línea]. Disponible en: <https://innovationspace.ansys.com/product/connecting-bolts-with-assembly/>
8. Prowinch Colombia SAS, "Winch Prowinch 6000lb (2722kg) 12V Solo Arrastre", *Prowinch.co*, [En línea]. Disponible en: <https://prowinch.co/catalog/winch-prowinch-6000lb-2722kg-12v-solo-arrastre>
9. OpenRoad, "Cabrestante manual para barco de 1200 libras", *MercadoLibre Chile*, [En línea]. Disponible en: <https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-1427191237-cabrestante-winch-openroad-cabrestante-manual-para-barco-d- JM>
10. D. G. Ullman, *The Mechanical Design Process*, 4th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2010

