

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

Diseño, Construcción y Pruebas de Grúa de Piscina Móvil para Personas con Discapacidad

Matias Andre Barriga Guerra

Martín Gabriel Páez Medina

Andrea Camila Peralta Tuqueres

Nicolás Mateo Valle Paredes

Ingeniería Mecánica

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito

para la obtención del título de

Ingeniero Mecánico

22 de diciembre 2023

Universidad San Francisco de Quito USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Diseño, Construcción y Pruebas de Grúa de Piscina Móvil para Personas
con Discapacidad**

Matias Andre Barriga Guerra

Martín Gabriel Páez Medina

Andrea Camila Peralta Tuqueres

Nicolás Mateo Valle Paredes

Nombre del profesor, Título académico

Alfredo Valarezo

Profesor del Colegio de Ciencias e Ingeniería

Quito, 22 de octubre de 2023

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Matias Andre Barriga Guerra

Código: 00211373

Cédula de identidad: 1719923094

Lugar y fecha: Quito, 22 de octubre de 2023

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Martín Gabriel Páez Medina

Código: 00211591

Cédula de identidad: 1723005607

Lugar y fecha: Quito, 22 de octubre de 2023

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Andrea Camila Peralta Tuqueres

Código: 00213321

Cédula de identidad: 1725092975

Lugar y fecha: Quito, 22 de octubre de 2023

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Nicolás Mateo Valle Paredes

Código: 00212105

Cédula de identidad: 1805439617

Lugar y fecha: Quito, 22 de octubre de 2023

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

RESUMEN

Este proyecto consiste en el rediseño, construcción y pruebas de una grúa para piscina diseñada para personas con discapacidad física, la cual tiene el objetivo de facilitarles el acceso y salida de forma cómoda y segura. Partiendo de un diseño inicial, se realizaron cambios para mejorar el movimiento de la grúa y la experiencia del usuario. Existieron modificaciones en la estructura, se añadió un sistema de contrapeso, se diseñó un sistema de giro de control automático donde se añadieron componentes como las garruchas, tapa protectora, tubo de empuje, entre otros. Adicionalmente, en este nuevo prototipo se incorpora un segundo actuador lineal que a través de un sistema telescópico le permite al paciente descender hasta la altura especificada por los estándares ADA1009. Para garantizar la robustez y seguridad del prototipo, se llevaron a cabo cálculos de estática, dinámica, cinemática y mecanismos, respaldados por simulaciones. Luego de realizar 70 pruebas, la grúa demostró su capacidad para cumplir con éxito el propósito de transportar cargas de hasta 110 kg, facilitando la entrada y salida de la piscina. Este diseño se describe como una solución eficiente para el acceso y salida de pacientes en ambientes acuáticos destinados a rehabilitación.

Palabras clave: Grúa para piscinas, rediseño, construcción, automatización, motor reductor, actuador lineal, pruebas.

ABSTRACT

This project consists of the redesign, construction and testing of a pool crane designed for people with physical disabilities, which has the objective of facilitating access and exit in a comfortable and safe way. Starting from an initial design, changes were made to improve crane movement and user experience. There were modifications to the structure, a counterweight system was added, an automatic control turning system was designed where components such as pulleys, protective cover, push tube, among others, were added. Additionally, this new prototype incorporates a second linear actuator that, through a telescopic system, allows the patient to descend to the height specified by the ADA1009 standards. To guarantee the robustness and safety of the prototype, static, dynamic, kinematic and mechanism calculations were carried out, supported by simulations. After carrying out 70 tests, the crane demonstrated its ability to successfully fulfill the purpose of transporting loads of up to 110 kg, facilitating entry and exit from the pool. This design is described as an efficient solution for patient access and exit in aquatic environments intended for rehabilitation.

Keywords: swimming pool lift, redesign, construction, automation, gear motor, linear actuator, testing.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	16
Declaración del problema y especificación del proyecto.....	21
Lista de requerimientos.....	23
Concepto de diseño y selección	24
Criterios Ingenieriles	24
Ponderación de alternativas de diseño.....	26
Gestión del proyecto	46
Normas de ingeniería	48
MATERIALES Y MÉTODOS	53
Selección de materiales y componentes.....	53
Selección de materiales.....	53
Selección de contrapeso	54
Selección de motor.....	57
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	73
Informe de diseño	73
Análisis de ingeniería.....	79
Simulación Esfuerzos Estática.....	96
Plan de prueba.....	99
Seguridad a través del diseño.....	103
Trabajos a futuro	107
Conclusiones	110
Referencias	113
ANEXOS.....	116
Anexo A: Cálculos	116
Anexo B: Plan de mantenimiento	173
Anexo C: Planos.....	173

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de grúas para discapacitados en el mercado.	19
Tabla 2. Lista de requerimientos.....	23
Tabla 3. Matriz de criterios ponderados para el problema 1.....	30
Tabla 4. Matriz de criterios ponderados para el problema 2.....	37
Tabla 5. Matriz de criterios ponderados para el problema 3.....	41
Tabla 6. Matriz de criterios ponderados para el problema 4.....	45
Tabla 7. Diagrama de Gantt.....	46
Tabla 8. Lista de componentes electrónicos.	63
Tabla 9. Componentes para el diseño de fabricación.	66
Tabla 10. Hoja de proceso mástil.....	74
Tabla 11. Especificaciones mástil.....	75
Tabla 12. Hoja de proceso placa de unión brazos con mástil.	75
Tabla 13. Especificaciones Placa unión brazos y mástil.....	76
Tabla 14. Hoja de proceso subensamble brazo articulado para asiento.....	76
Tabla 15. Hoja de proceso subensamble brazo articulado de asiento parte superior.....	77
Tabla 16. Especificaciones Subensamble Brazo articulado de asiento parte superior.	77
Tabla 17. Hojas de proceso brazo articulado para asiento parte móvil.	78
Tabla 18. Especificaciones brazo articulado para asiento parte móvil.	79
Tabla 19. Masa y distancia en x en posición de 90°.	88
Tabla 20. Masa y distancia en x en posición de 90° de lado.	89
Tabla 21. Diagramas de cuerpo libre análisis estático.....	93
Tabla 22. Resultado de reacciones.....	95
Tabla 24. Plan de prueba.....	99
Tabla 25. Carrera actuadores.	103
Tabla 26. Seguridad a través del diseño.....	104
Tabla 27. Factores de sobrecarga, K_a	160
Tabla 28. Coeficiente elástico C_p de la AGMA.	164
Tabla 29. Factor K_r de la AGMA	168

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Total de personas con discapacidad. (CONADIS. 2022).	17
Figura 2. Patente de SWMMING POOL CHAIR LIFT por Nolan. (Nolan, 1980)	18
Figura 3. Altura de la grúa original.....	26
Figura 4. Módulo de ajuste superior. Guardado de la grúa.....	27
Figura 5. Módulo de ajuste inferior. Ideal para cuando la grúa está descendida.	28
Figura 6. Sistema de silla ajustable con actuador lineal.	29
Figura 7. Soluciones y criterios del problema 1	30
Figura 8. Sistema de giro con engranajes cónicos.	32
Figura 9. Sistema de giro con tornillo sin fin.....	33
Figura 10. Sistema de giro por medio de engranajes rectos	35
Figura 11. Soluciones y criterios del problema 2	37
Figura 12. Sistema de anclaje para la grúa.	38
Figura 13. Representación de contrapeso ubicado en el extremo de la base	39
Figura 14. Soluciones y criterios del problema 3	40
Figura 15. Batería de plomo-ácido.....	42
Figura 16. Batería recargable.....	44
Figura 17. Soluciones y criterios del problema 4.	45
Figura 18. Normal de las ruedas.	55
Figura 19. Grúa a 90° de frente.....	55
Figura 20. Grúa a 90° de lado.	56
Figura 21: Motor de engranajes DC Makermotor.....	57
Figura 22. Motor reductor Motor WEG.....	58
Figura 23. Engranaje y piñón adaptado	59
Figura 24. Diagrama de cuerpo libre reacciones actuador.....	60
Figura 25. Actuador soporte de brazo estereoscópico.	61
Figura 26. Polaridad inversa del motor de potencia.	62
Figura 27. Plano del circuito eléctrico del panel de control.	64
Figura 28. Aplicación Android del panel de control.....	65

Figura 29. Diagrama de procesos placa de unión.	68
Figura 30. Hoja de procesos placa de unión.	68
Figura 31. Diagrama de procesos brazo.	70
Figura 32. Hoja de procesos brazo.	70
Figura 33. Diagrama de procesos brazo en L.	72
Figura 34. Hoja de procesos brazo en L.	72
Figura 35. Brazo de la grúa elevado.	80
Figura 36. Brazo de la grúa retraído.	81
Figura 37. Posiciones de la grúa y alturas recomendadas por ADA.	82
Figura 38. Brazo de la grúa elevado.	83
Figura 39. Brazo de la grúa retraído.	84
Figura 40. Posiciones alcanzadas por la grúa modificada.	84
Figura 41. Perfil de la grúa en Adams.	85
Figura 42. Fuerzas en las conexiones de los brazos CD y EF.	86
Figura 43. Magnitud de la fuerza presente sobre el actuador.	86
Figura 44. Esquema centro de masa.	87
Figura 45. Esquema centro de masa de lado.	89
Figura 46: Medidas para cálculo de torque.	90
Figura 47. Posiciones críticas para el análisis estático.	92
Figura 48. Secciones de análisis estático.	92
Tabla 23. Resultados de simulaciones.	96
Figura 49: Pruebas realizadas de la grúa con 0 kg.	101
Figura 50: Pruebas realizadas de la grúa con 48 kg.	101
Figura 51: Pruebas realizadas de la grúa con 100 kg.	102
Figura 52. Inversor de 12 V a 110V de 4000W.	107
Figura 53: BISON DC Gearmotor	108
Figura 54. Propuesta de diseño de porta pies.	109
Figura 55. Dinámica de un sistema de nivel de agua.	110
Figura 56: Medidas para cálculo de torque.	116
Figura 57. Esquema de puntos de referencia.	117
Figura 58. DCL brazo AB a 90°.	118
Figura 59. Diagrama de Momento - Brazo AB.	120
Figura 60. Diagrama de momento sobre el brazo AB	120

Figura 61. Diagrama de Esfuerzo Cortante - Brazo AB	121
Figura 62: Simulación brazo articulado de asiento parte móvil	122
Figura 63: Simulación platinas brazo articulado de asiento	123
Figura 64: Simulación brazo articulado de asiento subensamble	123
Figura 65: DC brazo articulado superior	124
Figura 66: Simulación brazo articulado superior DC	125
Figura 67: EIF brazo articulado inferior	125
Figura 68: Simulación de esfuerzos brazo articulado inferior EIF	127
Figura 69: CGE placas de unión brazos-mástil.....	128
Figura 70: Diagramas de fuerzas placas de unión brazos-mástil (fuerzas descompuestas)...	128
Figura 71: GKH mástil.....	130
Figura 72: Simulación de esfuerzos en el mástil	132
Figura 73: Distribución de fuerzas a lo largo de la plataforma.....	132
Figura 74: Diagramas de fuerzas 3D travesaño anterior.....	133
Figura 75: Travesaño	133
Figura 76: Diagramas de fuerzas y momentos de travesaño anterior	134
Figura 77: Simulación Travesaño	136
Figura 78: Diagramas de fuerzas 3D larguero central	136
Figura 79: DCL larguero central.....	137
Figura 80: Diagramas de fuerzas y momentos del larguero central.....	138
Figura 81: Simulación larguero central.....	139
Figura 82: Diagramas de fuerzas 3D largueros laterales	140
Figura 83: Diagramas de fuerzas y momentos de largueros laterales.....	141
Figura 84: Simulación de esfuerzos de largueros laterales	143
Figura 85: Diagrama de fuerzas 3D travesaño posterior	143
Figura 86: Diagramas de fuerzas y momentos de travesaño posterior	144
Figura 87: Simulación de esfuerzos travesaño posterior.	146
Figura 88: Posición de la grúa en punto más alto	147
Figura 89: Posición de la grúa en punto más bajo	147
Figura 90. AB brazo articulado de asiento.....	148
Figura 91. DCL brazo articulado inferior.	150
Figura 92. DCL brazo articulado superior	152
Figura 93. DCL Placas de unión brazos-mástil.	153

Figura 94. DCL mástil.	155
Figura 95. Factor geométrico J para flexión de la AGMA, para 20° , y dientes de profundidad total con carga en la punta.	158
Figura 96. Factores K_m de distribución de carga	160
Figura 97. Resistencias de la AGMA para fatiga por flexión S_{fb}' en aceros.	165
Figura 98. Factor de vida KL de resistencia a la flexión de la AGMA.	167
Figura 99. Resistencias de la AGMA para fatiga superficial S_{fc}' en aceros.....	169
Figura 100. Factor de vida de la AGMA para resistencia superficial a la fatiga CL.....	170

INTRODUCCIÓN

Las personas con discapacidad constituyen una parte relevante y diversa de la sociedad actual. La discapacidad abarca una amplia variedad de condiciones que pueden afectar la movilidad, la percepción sensorial, la cognición y otros aspectos de la vida diaria. Cada individuo con discapacidad tiene su propia experiencia única, desafíos y habilidades, lo que subraya la importancia de comprender y respetar las diferencias en las capacidades de las personas.

La Declaración Universal de los Derechos Humanos de las Naciones Unidas en 1948 dio un importante paso hacia el reconocimiento de derechos e igualdad para todas las personas, incluyendo a las personas con discapacidad. En el Ecuador, los derechos de accesibilidad para las personas discapacitadas se esclarecen en el Artículo 58 de la Ley Orgánica de Discapacidades (2012), donde se dicta que “en toda obra pública y privada de acceso público, urbana o rural, deberán preverse accesos, medios de circulación, información e instalaciones adecuadas para personas con discapacidad” (p. 14-15). En esta se especifica que tanto el sector público como privado tienen la responsabilidad de garantizar su inclusión, ya que este es un derecho y de no tomarse en cuenta, se estaría dificultando su desenvolvimiento y correcta integración en la sociedad.

Dentro de la sociedad ecuatoriana se busca tener una inclusión y accesibilidad para aspirar a tener equidad y bienestar entre todos los ecuatorianos. Dentro de las zonas urbanas y rurales las personas que tienen discapacidades de tipo física, psicosocial o sensorial, representan el 3.5% de la población nacional, (Ministerio de Inclusión, Económica y Social, 2017).

Siendo el 3.5% de la población ecuatoriana, es importante destacar este segmento de la sociedad para atenderla adecuadamente por medio de la igualdad de oportunidades, inclusión social y acceso a servicios básicos. Adicionalmente, es necesario fomentar la atención y el apoyo

a las personas con discapacidades para lograr un desarrollo sostenible y equitativo. En la figura 1 se puede observar que la discapacidad de tipo física es la de mayor porcentaje a nivel nacional. Esta información es importante para los departamentos gubernamentales y organizaciones de políticas públicas para la planificación de programas y recursos necesarios que se orienten a atender necesidades específicas.

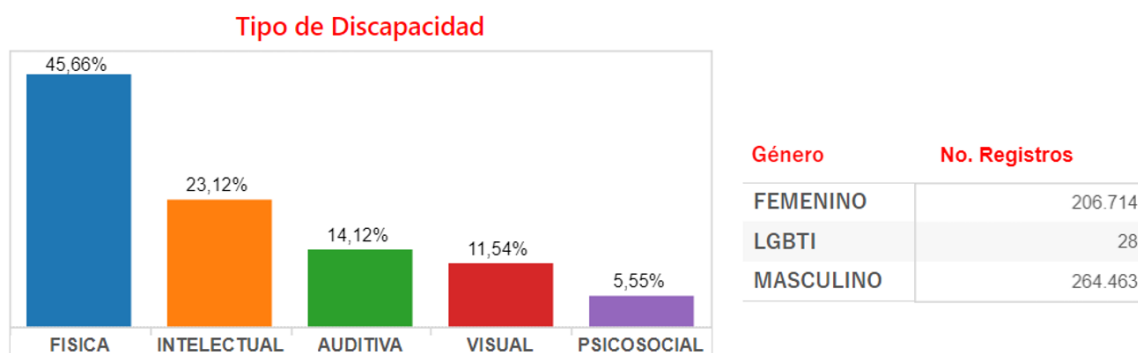


Figura 1. Total de personas con discapacidad. (CONADIS. 2022).

Para el Ecuador en los últimos años el turismo se ha convertido en uno de los sectores económicos de mayor crecimiento a escala nacional, contribuyendo con el 10,2% del Producto Interno Bruto (PIB). (Banco de Desarrollo el Ecuador, 2023). Dentro de este contexto, las instalaciones deportivas y recreativas como las piscinas, deben ser espacios donde la diversidad y la igualdad de oportunidades se promuevan activamente. No obstante, en Ecuador las personas con discapacidad tienen un impedimento significativo para disfrutar plenamente de estas instalaciones. Por tal motivo se han diseñado los elevadores o grúas que facilitan el ingreso y salida de piscinas.

En Ecuador, el mercado de grúas para piscinas está limitado a un número reducido de empresas. No obstante, existen empresas que se dedican a la importación de estos equipos, instalan y realizan el mantenimiento de estos equipos, como es el caso de la empresa Movility, la cual dispone de equipos de la marca S.R. Smith, provenientes de Estados Unidos (S.R. Smith, 2011).

A lo largo de los años, los elevadores de piscinas han experimentado avances tecnológicos y de diseño para mejorar la seguridad, facilidad de uso y durabilidad. El uso de dispositivos mecánicos para ayudar a que las personas con discapacidad puedan realizar terapia física en el agua fue posible en 1980 gracias a Nolan, el cual se presenta en la figura 2, con la introducción del primer ascensor para piscinas comercial (S.R. Smith, 2012). El desarrollo y la adopción generalizada de los elevadores para piscinas cobraron impulso a mediados del siglo XX, particularmente en los Estados Unidos. Esto fue impulsado por una creciente conciencia de la necesidad de accesibilidad para las personas con discapacidades y reconocimiento de los beneficios de la terapia en el agua.

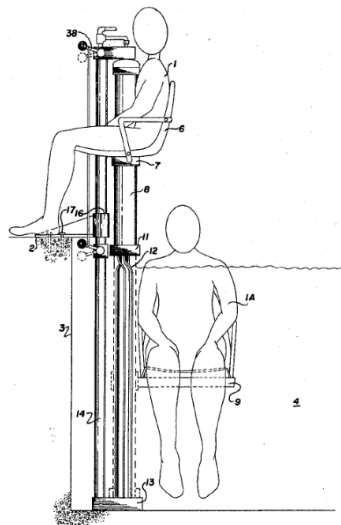





Figura 2. Patente de SWMMING POOL CHAIR LIFT por Nolan. (Nolan, 1980)

Se han establecido estándares y pautas internacionales para garantizar la accesibilidad y seguridad de los elevadores de piscinas. El uso de elevadores para piscinas se utiliza en muchos países del mundo para proporcionar accesibilidad e inclusión en ambientes acuáticos. Estos dispositivos se han convertido en una parte integral para hacer que las piscinas sean accesibles para las personas discapacitadas. Hoy en día, existen varios tipos de elevadores para el mercado

de piscinas disponibles, estos se encuentran divididos en elevadores portátiles y fijos. (Dhanoosha & Reddy, 2016). En la tabla 1 se muestran los distintos diseños de grúas según su clasificación, cada uno de los cuales está diseñado para satisfacer necesidades y requisitos específicos de las instalaciones.

Tabla 1. Tipos de grúas para discapacitados en el mercado.

Tipo de elevador	Función	Aplicación
Estacionario	Levanta, transporta o mueve a una persona en un área predefinida para un sistema de anclaje.	Fijo – Montado en una pared, techo o piso
	Hay tres tipos: Fijos, anclados y de pie.	 <p data-bbox="862 1035 1117 1066">Ceiling Track Hoist</p>
	Anclaje – Montado en el piso	 <p data-bbox="862 1407 1117 1438">Stationary Pool Lift</p>
		De pie o Free-standing
		 <p data-bbox="862 1780 1279 1812">Polipasto aéreo portátil (pórtico)</p>

Móvil

Se puede trasladar y usar la grúa en todo tipo de piscinas. Necesita contrapeso en lugar de anclaje.



Grúa Móvil



Grúa para piscina móvil

La actividad física en piscinas ofrece beneficios terapéuticos denominados hidroterapia, este tipo de terapia ayuda a aliviar el estrés mejorando la calidad de vida que tienen las personas que poseen discapacidades de movimiento. Según Sánchez, P., Loyola, G., Jane, M., Fábregas, D., & Santoyo, C. (2007) “el empleo del agua como agente terapéutico en cualquier estado, utiliza sus características químicas, mecánicas y térmicas para contribuir al alivio y mejora de diversos síntomas, como la espasticidad, el dolor y las alteraciones del equilibrio” (p. 5). En este contexto, se desarrollará una grúa que facilite el movimiento y soporte en las sesiones de hidroterapia, permitiendo al paciente realizar los ejercicios correspondientes, maximizando los beneficios del proceso de rehabilitación.

Para construir y diseñar una grúa es fundamental cumplir con las normas y estándares, que garantizan la seguridad, calidad y eficiencia del producto para que el paciente tenga el bienestar necesario durante todo el proceso de rehabilitación. Por esa razón se ha tomado como base los estándares ADA 1009 “Swimming Pools, Wading Pools and Spas” (2010) y la normativa INEN ISO 10535 “Hoists for the transfer of disabled persons” (2006), la cual “generaliza, para la mayoría de las grúas, los requisitos y métodos de ensayo que se deben considerar al momento del diseño y construcción” (Morales, L., Amador, B., & García, J., 2022). En base a esto, se llevará a cabo el análisis de prueba y construcción, tomando como referencia grúas enfocadas en el soporte y rehabilitación que no fueron puestas a prueba, planteadas en tesis de diferentes instituciones ecuatorianas como: “Dispositivo para el ingreso de personas con movilidad reducida a piscinas de rehabilitación” de la Universidad Técnica del Norte (Angamarca, 2022), “Diseño, Construcción e Implementación de una Grúa Fija Para Trasladar Personas con Discapacidad en sus Actividades en el Baño” de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca (Macao y Toasa, 2019) y “Diseño y Construcción de una Grúa de Piscina para Personas Discapacitadas” de la Universidad San Francisco de Quito (Calero, Piedra, Santana y Soria, 2022).

Declaración del problema y especificación del proyecto

El proyecto se enfoca en rediseñar y testear la grúa propuesta en la tesis titulada "Diseño y Construcción de una Grúa de Piscina para Personas Discapacitadas" (Calero, Piedra, Santana & Soria, 2022). El objetivo primordial del equipo consiste en implementar y asegurar que el paciente cuente con todas las salvaguardas necesarias durante sus sesiones de rehabilitación. El diseño original de la grúa incluye componentes esenciales para facilitar el acceso y la participación en actividades de rehabilitación para personas con discapacidades en el agua. Sin embargo, se reconoce la necesidad de modificar este diseño para ofrecer mayor facilidad de uso para el

operador y el usuario. El sistema de giro manual empleado en la versión anterior ha demostrado ciertas limitaciones, por lo tanto, este trabajo se propone testear, investigar, rediseñar y construir una grúa de piscina con tecnología automatizada para proporcionar velocidades de giro, elevación y descenso suave y controlado, para una mayor comodidad. A lo largo de este trabajo, se abordarán los aspectos técnicos, ergonómicos y de seguridad, así como la evaluación de su impacto en la experiencia del usuario y su calidad de vida.

El objetivo de este proyecto es ofrecer al cliente un elevador de piscina seguro y a un precio más económico respecto a las opciones que existen en el mercado. Para el Ecuador, actualmente estos equipos deben importarse de empresas internacionales que los fabriquen y/o comercien como Aqua Creek Products, Hoyer, Handi-Move, S.R. Smith y Active Mobility, entre otras. Lo cual encarece significativamente el precio de venta al público general. Para ello, se priorizará el uso de componentes que se puedan manufacturar localmente. Los componentes que se integrarán al diseño serán un motor de giro, sistema de engranajes, sistema de contrapeso y se realizarán pruebas para validar su desempeño y seguridad en base a la norma INEN ISO:10535;2006.

Partiendo del modelo base de la grúa los resultados esperados representan un paso significativo hacia la mejora de accesibilidad, comodidad y la seguridad de las personas con discapacidad que desean disfrutar de las piscinas en Ecuador. Con esto se prevé un impacto profundo en la eficacia y utilidad de la grúa diseñada. Bajo la incorporación de un sistema de control remoto para gestionar los movimientos de la grúa, se busca un software amigable con el usuario para su control. Al estar al tanto de la susceptibilidad de estos dispositivos a la corrosión, debido a la exposición al agua clorada y condiciones ambientales, se ha planificado utilizar

pinturas y aislantes para disminuir la degradación de los materiales; con un enfoque de mayor durabilidad del producto, la cual es esencial en términos de seguridad y rendimiento.

Lista de requerimientos

En la tabla 2 se presenta la lista de requerimientos establecidos por el cliente en base a sus necesidades y también aquellos que se establecen para garantizar la seguridad y comodidad del operador y usuario. Junto a cada requerimiento se encuentra su respectiva restricción y descripción para facilitar la comprensión de cada ítem.

Tabla 2. Lista de requerimientos.

Requerimiento	Restricción	Descripción
Peso de la grúa	65 kilogramos	Diseño enfocado a la comodidad del usuario para fácil movilidad.
Peso máximo soportado	110 kilogramos	Peso pensado para garantizar la seguridad de la persona.
Material	Acero ASTM A36	Material resistente a cargas aplicadas sin fallas ni deformaciones plásticas.
Batería	12 volts	Fuente de alimentación óptima para la energización de los componentes electrónicos.
Tipo de silla	Silla fija con sistema de arnés ergonómico.	Garantizar la comodidad y seguridad de la persona.
Alcance máximo	1.5 metros	Alcance máximo con el brazo extendido y sumergido.
Protección de material	Protección IP	Protección IP para el motor o protección impermeable.
Estabilidad	Contrapeso	Sistema modular de bloques
Velocidad de rotación y elevación o descenso	Elevación o descenso 0.15 m/s Rotación 1-2 grados/s	Velocidad de 0.15 m/s cuando la grúa está cargada.

Altura de guardado	1.20 metros	La grúa será guardada en un espacio donde la rampa de ingreso tiene una altura máxima de 1.20 metros.
--------------------	-------------	---

Concepto de diseño y selección

Dentro del diseño y selección de la grúa para entornos acuáticos, se busca satisfacer las necesidades de la persona con discapacidad al ingresar a sus sesiones de rehabilitación. La conceptualización para esta estructura móvil implica varios factores que van desde lo ergonómico hasta la durabilidad de los materiales, para facilitar la movilidad de manera eficiente y sin comprometer su bienestar dentro y fuera de la piscina. Este proceso se enfoca en proporcionar una solución integral para mejorar la experiencia de la grúa original, en base a los distintos problemas encontrados y realizar una evaluación para proporcionar diferentes modificaciones automatizadas para el operador y para la persona con discapacidad.

Criterios Ingenieriles

Costo

Se proyecta a realizar un diseño simplificado que cumpla con los requerimientos del cliente, obteniendo un nivel bajo de inversión.

Tamaño

Se rige a las indicaciones del cliente, debido a la funcionalidad que le den y el espacio donde será almacenada.

Durabilidad

Selección de materiales de la grúa para extender su vida útil y reducir la necesidad de reemplazar componentes con frecuencia, lo que a su vez reduce la generación de residuos.

Funcionalidad

Facilidad de uso tanto para usuarios como para la persona discapacitada. Los controles deben ser intuitivos y accesibles. Rango de movimiento óptimo para trasladar al usuario. Garantizar un almacenamiento eficiente en la bodega, es importante que la grúa tenga un tamaño óptimo, ya que, este será transportado de manera continua hasta una piscina residencial. Los sistemas de levante, descenso y rotación se activarán por medio de un control remoto para ubicar a la persona dentro y fuera del agua. La grúa se hundirá a una profundidad de 1.5 metros.

Materiales

Los materiales deben tener una resistencia contra la corrosión, desgaste y falla causada por el agua de la piscina.

Ergonomía

Diseño enfocado a la comodidad y necesidad del paciente, para la rehabilitación musculoesquelética adecuada. Se debe buscar un diseño para el asiento con la mejor comodidad posible para el cliente teniendo una buena compatibilidad de manejo y empuje.

Seguridad

Capacitación: El operador es el encargado de manejar seguramente el equipo considerando todos los parámetros de seguridad que este tenga.

Revisión y mantenimiento de la grúa: Se debe prever el cambio de piezas desgastadas o dañadas por medio de una revisión regular del equipo.

Carga Segura: El equipo tendrá un límite de peso definido. El cliente no debe superar este peso por seguridad.

Uso de dispositivos de seguridad: Como se está trasladando a una persona es importante usar dispositivos de seguridad como arneses.

Cumplimiento de normativas

La grúa debe cumplir con las normativas y regulaciones vigentes en el país en cuanto a seguridad y accesibilidad específicamente para personas discapacitadas.

Facilidad de mantenimiento

Los componentes que necesiten mantenimiento o reparación deben ser accesibles y reemplazables con facilidad.

Ponderación de alternativas de diseño

1. Problema 1: Limitación de guardado

Limitación de altura en la posición de no uso de la grúa cuando esta va a ser guardada: Entre los requerimientos del equipo se establecieron límites de dimensionamiento, uno de los cuales especifica que esta debía medir un máximo de 1,20 m. de altura hasta el punto más alto de la grúa en la posición con la cual se dispone a guardar el equipo. Esto se debe a un tema de limitación de espacio en el área de almacenaje destinada para este equipo. La grúa previa a las modificaciones alcanzaba una altura de más de 1,30 m. según se indica en la figura 3.

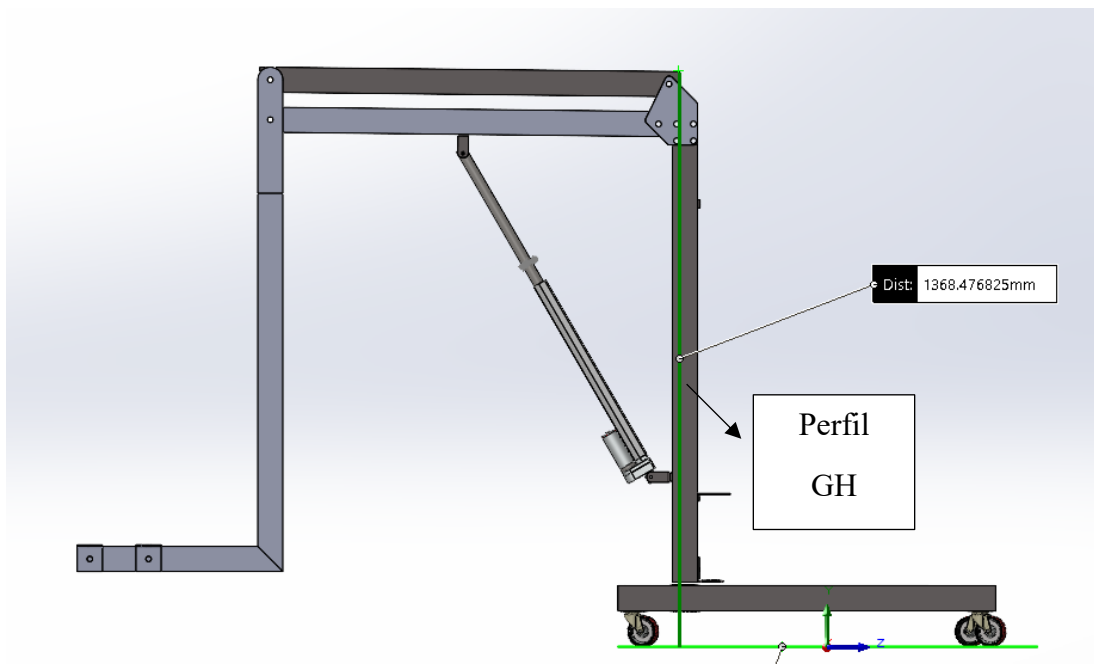


Figura 3. Altura de la grúa original

Para corregir este problema se redujo el largo del perfil GH (mástil) y se bajó la posición del soporte al cual se acopla el actuador lineal. Sin embargo, el asiento de la grúa original no cumplía con el criterio ADA 1009 “Swimming Pools, Wading Pools and Spas” apartado 2.8 referente a la profundidad sumergida que menciona “the lift shall be designed so that the seat will submerge to a water depth of 18 inches (455 mm) minimum below the stationary water level” (2010). Por esto, se tomó la decisión de alargar el brazo que sostiene el asiento. Esto hizo que la posición de no uso se hiciera incluso más alta, pasando los 1,70 m. Para corregir este nuevo problema, se presentaron dos posibles soluciones:

1.1. Alternativa 1: Silla de altura ajustable manual

Esta silla tiene módulos de ajuste de dos niveles entre los cuales el usuario puede intercambiar manualmente. El nivel superior se usaría cuando el usuario necesita guardar la grúa, ya que reduce el alto del brazo que sostiene el asiento y esto permite alcanzar la altura requerida, lo cual se muestra en la figura 4. El nivel inferior se usaría para cuando la grúa se encuentra en funcionamiento, ya que, con este se alcanza la profundidad necesaria para introducir al paciente en la piscina y se muestra en la figura 5.

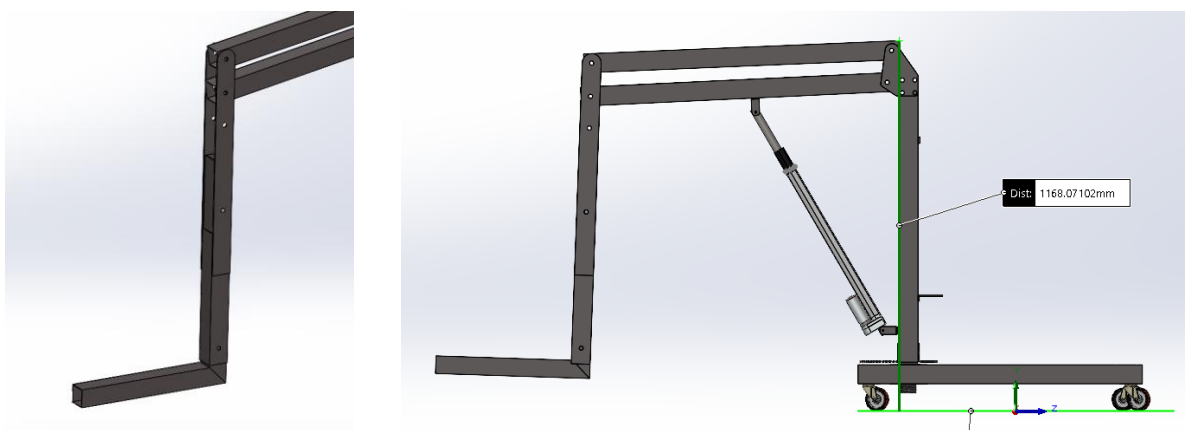


Figura 4. Módulo de ajuste superior. Ideal para la posición de no uso para el guardado de la grúa.

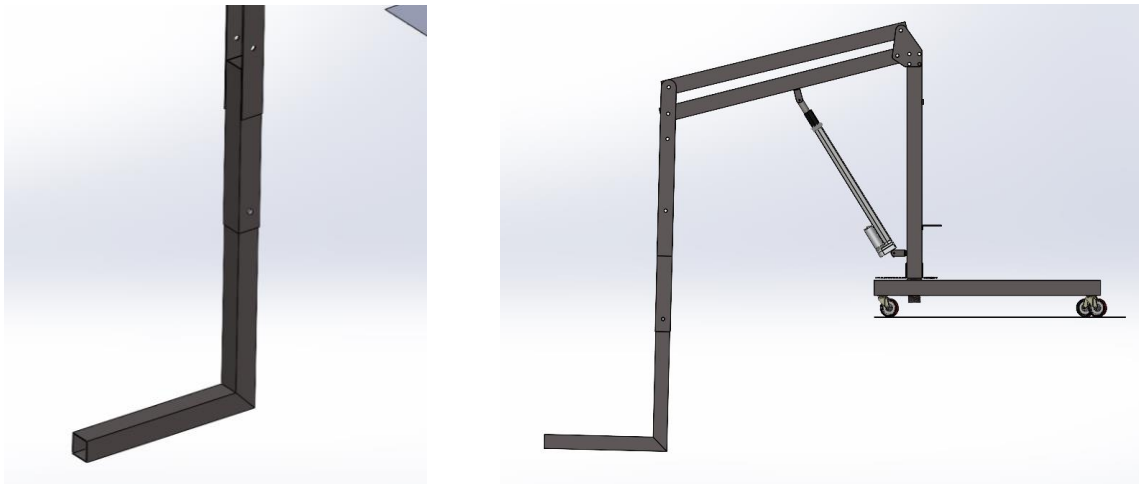


Figura 5. Módulo de ajuste inferior. Ideal para cuando la grúa está descendida.

1.1.1. Ventajas y desventajas

Ventajas

- Fácil de implementar en el diseño existente: La silla ajustable manual se integra de manera efectiva en el sistema preexistente, minimizando la necesidad de modificaciones significativas y, en consecuencia, reduciendo los costos de adaptación.
- Costo bajo: El aspecto económico es igualmente destacable, ya que, esta solución presenta un bajo costo en comparación con alternativas más complejas o automatizadas.
- Seguridad: La silla de altura ajustable manual se caracteriza por su simplicidad y robustez, lo que la convierte en una opción segura y confiable. Los mecanismos manuales de ajuste suelen ser intuitivos y de fácil uso, lo que minimiza los riesgos de operación.

Desventajas

- Manipulación manual: Al ser una manipulación manual esto se volverá para el usuario un trabajo adicional que se deberá hacer cada vez que se quiera guardar la grúa.
- Riesgo de golpes al ajustar: Al exponerse a las múltiples manipulaciones del diseño, el usuario puede sufrir alguna lesión superficial.

1.2.Alternativa 2: Silla de altura ajustable automática

Similar a la alternativa 1, pero en este caso se discute el uso de un segundo actuador lineal para subir y bajar la silla de forma automática, lo cual reduce los peligros que se pueden presentar si es que se manejara de forma manual. Este sistema se presenta en la figura 6.

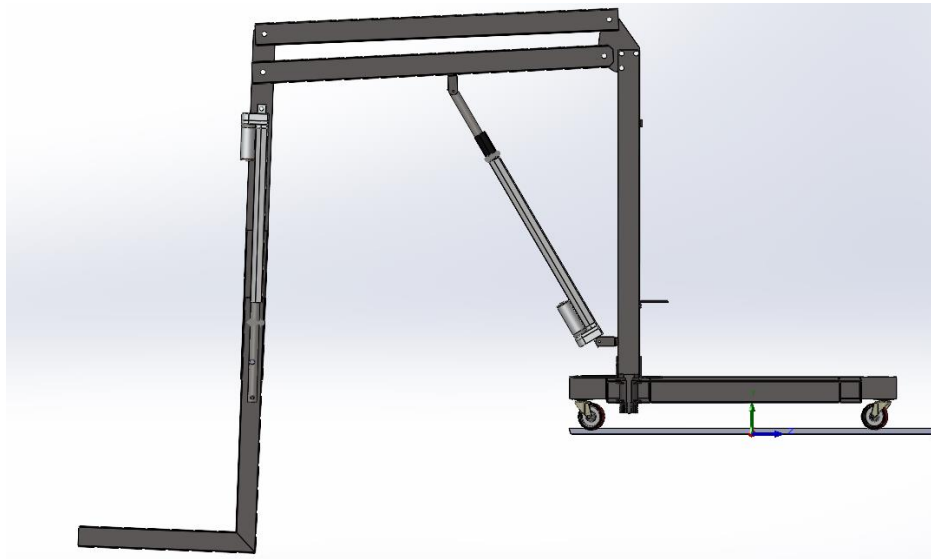


Figura 6. Sistema de silla ajustable con actuador lineal.

1.2.1 Ventajas y desventajas

Ventajas

- Comodidad para el operario: No es necesario ajustar manualmente la posición de la silla.
- Opción adicional de ajuste de bajada o subida de la silla: Ya no existen solo dos niveles de ajuste, sino que esta altura se puede ajustar de acuerdo con la necesidad.

Desventajas

- Precio alto: Se debe adquirir otro actuador lineal.
- Riesgo en caso de falla del actuador: Si el actuador llegase a fallar presentaría un alto riesgo para el usuario considerando que este tiene movilidad reducida.

1.3. Matriz de ponderación

La denominación para cada alternativa y los criterios bajo los cuales se va a calificar a cada solución se especifican a continuación en la figura 7:

PROBLEMA	Limitación de guardado
SOLUCION	<ul style="list-style-type: none"> • Solución A: Silla de altura ajustable manual • Solución B: Silla de altura ajustable automática
CRITERIOS	Seguridad Costo bajo Funcionalidad Durabilidad

Figura 7. Soluciones y criterios del problema 1

En base a esto se muestra en orden los criterios de incidencia desde el más relevante al menos relevante en la tabla 3:

Tabla 3. Matriz de criterios ponderados para el problema 1.

CRITERIO	Ponderado del Criterio 1	Ponderado Calificación Criterio 1: Seguridad	Producto	Ponderado del Criterio 2	Ponderado Calificación Criterio 2: Costo Bajo	Producto	Ponderado del Criterio 3	Ponderado Calificación Criterio 3: Funcionalidad	Producto
Solución A	0.4	0.67	0.267	0.3	0.33	0.1	0.15	0.33	0.05
Solución B	0.4	0.33	0.133	0.3	0.67	0.2	0.15	0.67	0.1

Ponderado del Criterio 4	Ponderado Calificación Criterio 4: Durabilidad	Producto	SUMA DE LOS PRODUCTOS	PRIORIDAD
0.15	0.67	0.100	0.53	1
0.15	0.33	0.050	0.47	2

1.3.1. Descripción matriz de ponderación

En base a la tabla 3, se llega a la conclusión de que la solución A es la mejor opción para resolver el problema de limitación de guardado.

Se considera la seguridad como el criterio más importante, siendo la solución B la más viable para salvaguardar la integridad del paciente y el operador. En comparación de la solución A que requiere una mayor manipulación manual, aumentado el riesgo de algún tipo de lesión.

2. Problema 2: Mecanismo de giro

La persona que haga uso de la grúa debe efectuar la transferencia desde su silla de ruedas al asiento de la grúa, siendo fundamental que este último se encuentre posicionado de manera que facilite esta acción. Con el propósito de optimizar este proceso, se ha implementado un mecanismo de giro que permite al usuario trasladarse desde la superficie a la piscina. Actualmente, la grúa dispone de un eje engrasado que efectúa la rotación de forma manual. Sin embargo, para cumplir con la demanda de automatización y reducir la fricción, se han propuesto tres alternativas de sistema de giro, que incluyen una caja reductora con engranajes cónicos, un tornillo sin fin con corona y engranajes en el mismo eje de transmisión.

2.1. Alternativa 1: engranajes cónicos

Un sistema de giro mediante engranajes cónicos es un mecanismo que utiliza dos engranajes cónicos para transmitir movimiento rotativo entre dos ejes que se cruzan en un punto, permitiendo un cambio de dirección y una reducción o aumento de la velocidad de rotación. En la figura 8 se presenta en un esquema del sistema de engranajes cónicos planteado.

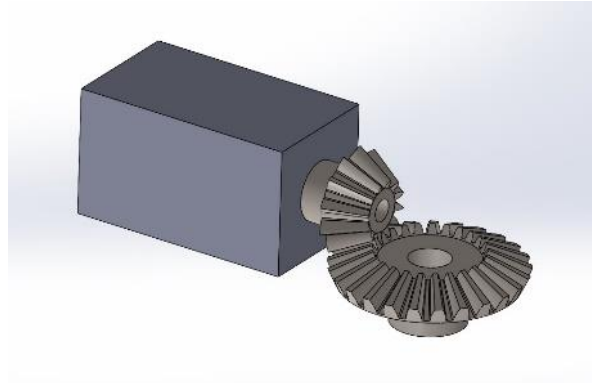


Figura 8. Sistema de giro con engranajes cónicos.

2.1.1. Ventajas y desventajas

Ventajas:

- **Transmisión eficiente de potencia:** Los engranajes cónicos permiten una transmisión eficiente de potencia desde el motor a la carga, lo que significa que se pierde relativamente poca energía en forma de calor debido a la fricción.
- **Alta capacidad de carga:** Los engranajes cónicos son capaces de manejar cargas pesadas, lo que los hace adecuados para aplicaciones en las que se requiere una gran cantidad de torque.
- **Compactos:** Comparados con otros mecanismos de reducción de velocidad, los engranajes cónicos son relativamente compactos, lo que es beneficioso cuando se tiene espacio limitado.

Desventajas:

- **Necesidad de una lubricación adecuada:** Para funcionar de manera eficiente y evitar el desgaste prematuro, los engranajes cónicos requieren una lubricación adecuada. Esto significa que deben ser mantenidos regularmente, lo que puede aumentar los costos de mantenimiento.

- Mayor complejidad de fabricación: Los engranajes cónicos son más difíciles de fabricar que otros tipos de engranajes debido a su forma cónica, lo que puede aumentar los costos de producción.
- Posible error de alineación: La correcta alineación de los engranajes cónicos es crítica para un funcionamiento suave y eficiente. Si los engranajes no están alineados correctamente, pueden producir desgaste prematuro y ruido excesivo.

2.2.Alternativa 2: Tornillo sin fin con corona

Un sistema de giro de reducción de velocidad mediante tornillo sin fin con corona es un mecanismo utilizado para disminuir la velocidad de rotación de un eje de entrada y transmitirla a una de salida de forma perpendicular. El elemento principal del sistema es un tornillo con una rosca helicoidal que gira en contacto con una corona dentada. El tornillo sin fin suele ser el eje de entrada, y su giro se inicia desde una fuente de energía, como un motor. En la figura 9 se presenta un esquema representativo del sistema de tornillo sin fin con corona planteado.

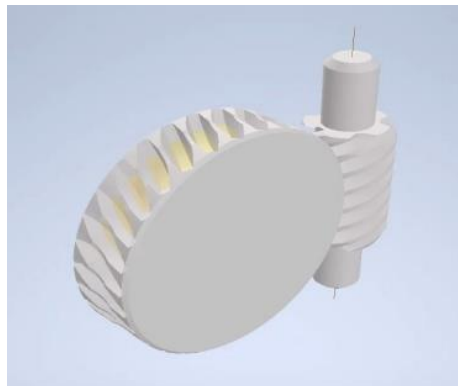


Figura 9. Sistema de giro con tornillo sin fin.

2.2.1. Ventajas y desventajas

Ventajas:

- **Alta reducción de velocidad:** Uno de los beneficios clave de un sistema de tornillo sin fin con corona es su capacidad para proporcionar una reducción de velocidad significativa y adaptar la velocidad de salida a las necesidades específicas del equipo o proceso.
- **Alto par de torsión:** El sistema de tornillo sin fin con corona ofrece un alto par de torsión en el eje de salida, lo que lo hace adecuado para aplicaciones que requieren una gran cantidad de torque, como en sistemas de elevación y maquinaria pesada.
- **Suavidad y precisión:** Este mecanismo tiende a funcionar de manera suave y precisa, lo que es beneficioso en aplicaciones que requieren un control preciso y un movimiento uniforme.
- **Eficiencia:** A menudo, los sistemas de tornillo sin fin con corona son altamente eficientes en la transmisión de potencia, lo que significa que se desperdicia muy poca energía en forma de calor debido a la fricción.

Desventajas:

- **Desgaste y vida útil:** El desgaste de los dientes del tornillo sin fin y la corona dentada puede ser un problema en aplicaciones de altas cargas. Esto puede reducir la vida útil del sistema y requerir un mantenimiento regular.
- **Costo y complejidad de fabricación:** Los componentes de un sistema de tornillo sin fin con corona son más complejos de fabricar que algunos otros tipos de sistemas de reducción de velocidad. Esto puede resultar en un costo inicial más alto y en la necesidad de fabricación precisa.

- **Reversión limitada:** En general, los sistemas de tornillo sin fin con corona no se recomiendan para aplicaciones que requieren una reversión frecuente de la dirección debido al alto desgaste y la posibilidad de daño en los componentes.
- **Tamaño y espacio:** En comparación con otros sistemas de reducción de velocidad, los sistemas de tornillo sin fin con corona pueden ocupar más espacio debido a su diseño y disposición de los componentes.

2.3.Alternativa 3: Tren de engranajes rectos

Un sistema de giro de reducción de velocidad mediante engranajes en el mismo eje de transmisión es un mecanismo que se utiliza para disminuir la velocidad de rotación en un eje de transmisión sin recurrir a la introducción de componentes adicionales, como ejes secundarios. En la figura 10 se presenta el sistema de engranajes rectos planteados

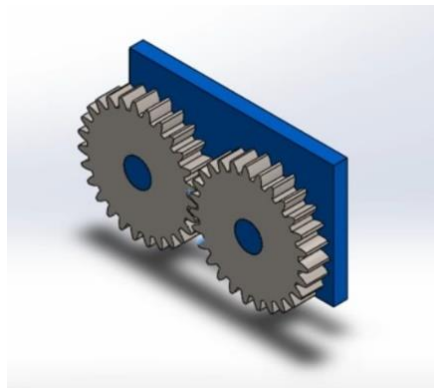


Figura 10. Sistema de giro por medio de engranajes rectos

2.3.1. Ventajas y desventajas

Ventajas

- **Sencillez:** Este sistema es muy simple y fácil de diseñar, ya que no requiere componentes adicionales ni cambios en la configuración del eje de transmisión.

- **Eficiencia:** Al eliminar ejes secundarios o componentes adicionales, se minimiza la pérdida de energía por fricción y, por lo tanto, se mantiene una alta eficiencia en la transmisión de potencia.
- **Menos espacio:** La disposición de engranajes en el mismo eje ocupa menos espacio en comparación con otros sistemas de reducción de velocidad que requieren cambios de dirección o transmisión de potencia en ángulos. Esto es útil en aplicaciones con limitaciones de espacio.

Desventajas:

- **Limitación de la relación de reducción:** La reducción de velocidad en este sistema puede ser limitada en comparación con otros sistemas de reducción de velocidad más complejos. No es adecuado para reducciones extremadamente grandes.
- **Requiere una precisión de fabricación:** Debido a que los engranajes en el mismo eje deben ser fabricados con alta precisión para funcionar correctamente, se necesita un proceso de fabricación cuidadoso para asegurar que los dientes de los engranajes encajen perfectamente.

2.4. Matriz de ponderación

La denominación para cada alternativa y los criterios bajo los cuales se va a calificar a cada solución se especifican a continuación en la figura 11:

PROBLEMA	Implementación de sistema de giro
SOLUCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Solución A: Engranajes conicos • Solución B: Tornillo sin fin • Solución C: Engranaje eje transmisión
CRITERIOS	<p>Costo bajo</p> <p>Facilidad de implementación</p> <p>Reducción de velocidad</p> <p>Menor espacio</p>

Figura 11. Soluciones y criterios del problema 2

En base a esto se muestra en orden los criterios de incidencia desde el más relevante al menos relevante en la tabla 4:

Tabla 4. Matriz de criterios ponderados para el problema 2.

CRITERIO	Ponderado del Criterio 1	Ponderado Calificación Criterio 1: Costo Bajo	Producto	Ponderado del Criterio 2	Ponderado Calificación Criterio 2: Facilidad de Implementación	Producto	Ponderado del Criterio 3	Ponderado Calificación Criterio 3: Reducción de velocidad	Producto
Solución A	0.4	0.25	0.100	0.3	0.38	0.113	0.15	0.63	0.094
Solución B	0.4	0.38	0.150	0.3	0.75	0.225	0.15	0.25	0.038
Solución C	0.4	0.38	0.150	0.3	0.38	0.113	0.15	0.63	0.094

Ponderado del Criterio 4	Ponderado Calificación Criterio 4: Menor espacio	Producto	SUMA DE LOS PRODUCTOS	PRIORIDAD
0.15	0.25	0.038	0.34	2
0.15	0.75	0.113	0.53	1
0.15	0.50	0.075	0.43	3

2.4.1. Descripción de matriz de ponderación

La solución A se perfila como la opción más viable, ya que ofrece una mayor reducción de velocidad y carga soportada. Esta elección se alinea con los objetivos del proyecto, especialmente

en lo que respecta a la reducción de velocidad, lo que permitirá obtener una mayor fuerza a menor velocidad, un requisito clave para el funcionamiento de la grúa.

3. Problema 3: Cómo estabilizar y asegurar la grúa.

La grúa de este proyecto fue diseñada para que esta sea móvil, en lugar de estar empotrada. Por lo que esta grúa debe tener algún tipo de seguridad para mantenerse en equilibrio estático considerando el peso que debe soportar y/o levantar. Se plantean las siguientes alternativas para solucionar este problema:

3.1. Alternativa 1: Anclaje al suelo con gancho.

Este método sirve para asegurar que la grúa se mantenga firmemente sujeta al suelo, mediante dos ganchos situados en los puntos más importantes de la base para mejor estabilidad, y que se empotren en la piscina.

Como se puede observar en la figura 12, la alternativa de anclaje se diseñaría con dos cilindros ensamblados a la base de la grúa y dentro de ellos otros que pueden deslizarse abajo para empotrarse en el suelo. La piscina deberá estar previamente preparada con unos agujeros con el diámetro de estos cilindros para que se anclen.

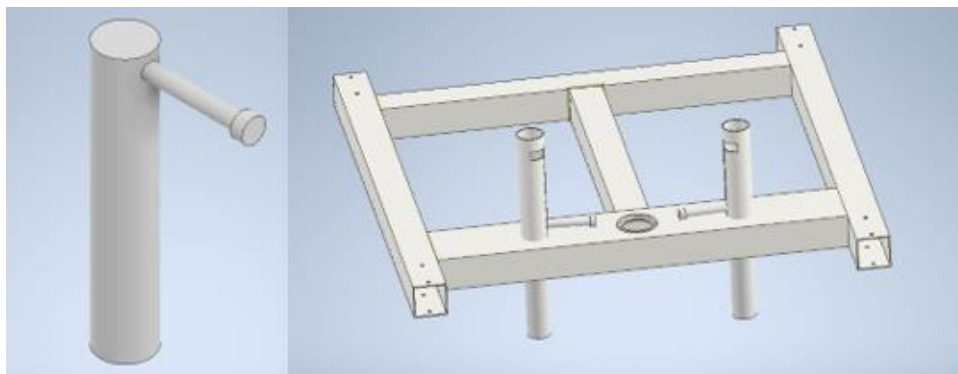


Figura 12.1 Sistema de anclaje para la grúa.

3.1.1 Ventajas y desventajas

Ventajas

- Garantiza una mejor estabilidad y seguridad.
- Es más cómodo para el paciente durante el movimiento de la grúa.
- Mejor ergonomía para el operador y el paciente.

Desventajas

- La superficie de la piscina debe estar previamente preparada para el anclaje.
- No se puede aplicar en cualquier tipo de piscina.

3.2. Alternativa 2: Estabilidad y fijación con contrapeso.

Este método consiste en equilibrar los momentos y fuerzas causadas por el peso que levanta la grúa para mantenerse estático y seguro al paciente. Estos contrapesos suelen estar hechos de materiales densos y pesados para equilibrar la carga. Algunos de los materiales comunes utilizados son: hormigón, acero, plomo. El operador deberá poder trasladar la grúa con todo su contrapeso.

La figura 13 muestra la ubicación del contrapeso para brindarle estabilidad a la grúa, para tener mayor torque y menor necesidad de contrapeso este se lo ubica en la parte más extrema de la base.

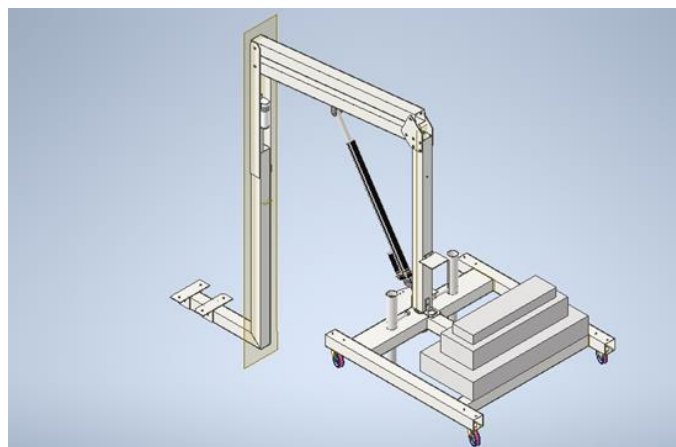


Figura 13.2 Representación de contrapeso ubicado en el extremo de la base

3.2.1 Ventajas y desventajas

Ventajas

- Se puede usar la grúa en cualquier tipo de piscina.
- No necesita anclaje ni preparación de la piscina.
- Buena estabilidad y seguridad.
- Mayor facilidad de manejo para el operador.
- Costo bajo.

Desventajas

- El diseño necesita un espacio reservado para el contrapeso.
- Dificultad en el traslado del contrapeso, o instalación del contrapeso.
- Mayor peso en la grúa.

3.3. Matriz de ponderación

La denominación para cada alternativa y los criterios bajo los cuales se va a calificar a cada solución se especifican a continuación en la figura 14:

PROBLEMA	Mantener el equilibrio estático y asegurar la grúa
SOLUCION	<ul style="list-style-type: none"> • Solución A: Anclaje al suelo con gancho • Solución B: Estabilidad mediante contrapeso
CRITERIOS	<ul style="list-style-type: none"> Ergonomía Baja necesidad de Mantenimiento Seguridad Costo bajo

Figura 14. Soluciones y criterios del problema 3

En base a esto se muestra en orden los criterios de incidencia desde el más relevante al menos relevante en la tabla 5:

Tabla 5. Matriz de criterios ponderados para el problema 3.

CRITERIO	Ponderado del Criterio 1	Ponderado Calificación Criterio 1: SEGURIDAD	Producto	Ponderado del Criterio 2	Ponderado Calificación Criterio 2: ERGONOMÍA	Producto	Ponderado del Criterio 3	Ponderado Calificación Criterio 3: MANTENIMIENTO	Producto
Solución A	0.35	0.67	0.233	0.35	0.33	0.117	0.2	0.33	0.067
Solución B	0.35	0.33	0.117	0.35	0.67	0.233	0.2	0.67	0.133

Ponderado del Criterio 4	Ponderado Calificación Criterio 4: BAJO COSTO	Producto	SUMA DE LOS PRODUCTOS	PRIORIDAD
0.1	0.67	0.067	0.48	2
0.1	0.33	0.033	0.52	1

3.3.1. Descripción matriz ponderación

La alternativa que más conviene según los criterios establecidos es la B, es decir, el de usar un contrapeso. Para implementar este método primero se debe realizar los respectivos cálculos de estática considerando las cargas y momentos. Estos cálculos son muy importantes para garantizar la seguridad del cliente y operador. A través de los cálculos el contrapeso proporciona una estructura estable y segura.

4. Vida útil de la batería

La autonomía de la fuente de alimentación para la parte electrónica y mecánica de la grúa es crucial para la funcionalidad y seguridad. Adicional, este aspecto tiene implicaciones financieras y ambientales, siendo las baterías de menor tiempo de vida útil (desechables) las más

económicas en el mercado. Este proyecto busca maximizar la vida útil de la batería, con el fin de ofrecer la mejor experiencia posible para los usuarios, y al mismo tiempo que cumpla con los estándares de seguridad y rendimiento.

4.1. Alternativa 1: Batería de plomo-ácido

La integración de baterías de carro en nuestro diseño de grúa representa una opción viable, pero con sus propias implicaciones y retos a considerar cuidadosamente. En consonancia con las necesidades específicas de nuestros usuarios, estas baterías deberán ser capaces de mantener un rendimiento constante durante las horas de uso requeridas. En la figura 15 se muestra una imagen representativa del tipo de batería al que se refiere esta alternativa.



Figura 15. Batería de plomo-ácido.

4.1.1. Ventajas y desventajas de las baterías plomo-ácido.

Ventajas

- Facilidad de reemplazo: cuando la batería ha completado con su vida útil, estas se pueden retirar y reemplazar por una nueva, para minimizar el tiempo de inactividad de la grúa. Se puede establecer el procedimiento claro para el reemplazo de la batería, esto se informa al cliente por medio del manual de usuario para una orientación adecuada.

- Menor mantenimiento: una característica de estas baterías es que requiere menor mantenimiento, evitando que el usuario se preocupe por los ciclos de carga y descarga, y con esto dañar la batería debido a una carga inadecuada.
- Mayor duración de almacenamiento: la vida útil de estas baterías suele ser más larga si la grúa se usa de forma esporádica.

Desventajas

- Costos a largo plazo: A pesar de que el costo inicial es menor, con el paso de tiempo y el cambio continuo de las baterías resulta ser más costo que invertir en una recargable.
- Impacto ambiental: Al ser desechables implica una generación de residuos, el cual si no es controlado se vuelve un impacto ambiental sumamente negativo, es por ello, que dentro del manual de usuario se debe establecer puntos de desechos controlados para baterías. Este manual se presenta a mayor detalle en el anexo B.
- Disponibilidad y adquisición: Para garantizar el rendimiento y desempeño de las baterías es recomendable no adquirir baterías de bajo costo. El trabajo de adquisición y disponibilidad de baterías dependerá del proveedor para que el usuario lo adquiera.

4.2. Alternativa 2: Batería recargable

La elección de baterías recargables emerge como una alternativa prometedora, ya que, ofrece un equilibrio óptimo entre varios aspectos como sostenibilidad, rendimiento y economía. Las baterías recargables abren un abanico de oportunidades que para el usuario implica mejorar su experiencia de uso y promover prácticas sostenibles. Dentro de esta alternativa se examinan los efectos positivos y desafíos relacionados a la integración de estas baterías. En la figura 16 se muestra una imagen representativa de este tipo de baterías.



Figura 16. Batería recargable.

4.2.1. Ventajas y desventajas de las baterías recargables.

Ventajas

- Disminución de costos a largo plazo: Este tipo de baterías tienden a ser más costosas dentro del mercado, pero su vida útil a la larga resulta ser más económica, ya que, se pueden recargar y reutilizar varias veces.
- Menor impacto ambiental: Al tener varios ciclos de carga y descarga reducen significativamente la generación de residuos y el impacto ambiental.
- Capacidad y duración: Las baterías recargables generalmente suelen ofrecer una mejor capacidad, lo que se traduce en una prolongada duración de uso antes de requerir una recarga.

Desventajas

- Ciclos de vida limitados: Dependiendo las características técnicas de las baterías recargables están tienen un número limitado de carga y descarga, antes de perder su capacidad.

- **Números de cargas:** El usuario deberá tener una responsabilidad adicional en proporcionar la carga necesaria, para tener un mayor alcance posible. Dentro del manual de usuario se establecerán los requerimientos necesarios para orientarlo en los casos de carga y descarga. En el anexo B se presenta el manual de mantenimiento de la grúa.

4.3. Matriz de ponderación

PROBLEMA Vida útil de la batería

SOLUCION

- Solución A: Batería recargable
- Solución B: Batería plomo-ácido

CRITERIOS

- Durabilidad
- Costo inicial
- Desempeño
- Impacto ambiental
- Facilidad de mantenimiento y reemplazo

Figura 17. Soluciones y criterios del problema 4.

Tabla 6. Matriz de criterios ponderados para el problema 4.

CRITERIO	Ponderado del Criterio 1	Ponderado Calificación Criterio 1: Durabilidad	Producto	Ponderado del Criterio 2	Ponderado Calificación Criterio 2: Costo Inicial	Producto	Ponderado del Criterio 3	Ponderado Calificación Criterio 3: Desempeño	Producto
Solución A	0.31818182	0.67	0.212	0.27272727	0.33	0.091	0.18181818	0.50	0.091
Solución B	0.31818182	0.33	0.106	0.27272727	0.67	0.182	0.18181818	0.50	0.091

Ponderado del Criterio 4	Ponderado Calificación Criterio 4: Impacto Ambiental	Producto	Ponderado del Criterio 4	Ponderado Calificación Criterio 5: Facilidad de mantenimiento y reemplazo	Producto	SUMA DE LOS PRODUCTOS	PRIORIDAD
0.13636364	0.67	0.091	0.09090909	0.67	0.061	0.55	1
0.13636364	0.33	0.045	0.09090909	0.33	0.030	0.45	2

14	Realizar análisis de factor de seguridad, desgaste y otros factores (preliminar)	2-oct-23	8-oct-23		DON E	DON E	
15	Adquisición de los materiales	8-oct-23	14-oct-23		DON E	DON E	
16	Prepararse: Rediseñar con los componentes a disposición	8-oct-23	17-oct-23		DON E	DON E	
17	Realización de cálculos finales y punto crítico de la estructura	2-oct-23	8-oct-23			DON E	
18	Selección y pruebas de sistema de engranaje para rotación	4-oct-23	12-oct-23		DON E	DON E	
19	Realización de simulación de fatiga	4-oct-23	12-oct-23			DON E	
20	Postergar: Rediseño o reemplazo de piezas / Evitar: Probar y simular el diseño en CAD	4-oct-23	14-oct-23			DON E	
21	Actualización de portafolio con información obtenida	12-oct-23	20-oct-23			DON E	
24	Reducir: El diseño debe ser amigable para el operador	13-oct-23	21-oct-23		DON E	DON E	
25	Asegurar: Que el grupo cuente con el equipo de protección personal. Nunca trabajar solo.	14-oct-23	22-oct-23		DON E	DON E	
26	Postergar: Revisión de normas referente al tema	15-oct-23	23-oct-23			DON E	
27	implementación de componentes a la grúa	23-oct-23	5-nov-23				
28	Mitigar: Soldar de nuevo	6-nov-23	15-nov-23				
29	Programación y diseño de elementos electrónicos. Pruebas de funcionalidad.	7-nov-23	16-nov-23				
30	Asegurar: Probar la eficiencia del aislamiento.	8-nov-23	17-nov-23				
31	Asegurar: Cinturón adaptable	9-nov-23	18-nov-23				
32	Pruebas de funcionamiento	30-oct-23	19-nov-23				
33	Poster e información para feria de ingeniería	18-nov-23	18-nov-23				
34	Corrección de inconvenientes	20-nov-23	3-dic-23				
35	Reunión de preguntas e inquietudes con maestros correspondientes	25-nov-23	3-dic-23				
36	Actualización de portafolio	25-nov-23	6-dic-23				

Normas de ingeniería

1. ISO 9606 - International standard that establishes technical requirements for the qualification of welders

ISO 9606, titulada porque conlleva las "Especificaciones y calificaciones para procedimientos de soldadura de materiales metálicos", es una norma internacional que especifica los requisitos para la calificación de soldadores y procedimientos de soldadura en materiales metálicos. Es ampliamente reconocida y utilizada en todo el mundo como estándar para garantizar la calidad y seguridad de las operaciones de soldadura. En las cuales para la construcción de la grúa para discapacitados son las siguientes:

Procedimientos de soldadura: La norma también se aplica a la cualificación de procedimientos de soldadura. Esto significa que no solo se evalúa la habilidad de los soldadores individuales, sino también se establecen los procedimientos de soldadura que se deben seguir para garantizar la calidad de las uniones soldadas. Esto incluye la selección de parámetros de soldadura, como corriente, voltaje, tipo de electrodo, etc.

Materiales y Aplicaciones: Cubre una amplia gama de materiales metálicos, incluidos acero, aluminio, acero inoxidable, etc. También se utiliza en diversas aplicaciones como construcción, fabricación de maquinaria, aeroespacial y más.

2. IEC 60034-5 - Máquinas eléctricas rotativas - Parte 5: Grado de protección proporcionada por el diseño general de máquinas eléctricas rotativas (código IP).

La norma IEC 60034-5 titulada especifica el nivel de protección proporcionada por el diseño general de máquinas eléctricas rotativas, por ejemplo, motores eléctricos contra el ingreso de sólidos y líquidos.

Estos son algunos de los aspectos clave del estándar: La norma proporciona ejemplos de aplicaciones y situaciones específicas en las que se pueden utilizar motores con diferentes

clasificaciones de IP, lo que ayuda a los fabricantes y usuarios a comprender mejor cómo se debe aplicar la norma en la práctica.

Verificaciones y pruebas: Describe las verificaciones y procedimientos de prueba que se deben realizar para determinar la clasificación IP de una máquina eléctrica rotativa. Estas pruebas incluyen pruebas de resistencia al polvo y pruebas de resistencia al agua.

3. ISO 16840-1 - Wheelchair seating

La norma ISO 16840-1 se centra en sillas de ruedas y asientos para personas con discapacidades, incluye importantes consideraciones ergonómicas para garantizar la comodidad y seguridad del usuario.

Soporte postural: Esta norma específica pautas para el diseño de asientos de sillas de ruedas diseñados para brindar un soporte adecuado a la postura del usuario. Esto incluye considerar la posición de la columna, pelvis y extremidades para evitar la fatiga y tensión excesiva en las partes del cuerpo.

Reposabrazos y pies: Los reposabrazos y pies están diseñados ergonómicamente para garantizar comodidad y apoyo en las extremidades superiores e inferiores. Incluye altura e inclinación regulable.

Seguridad: Además de la comodidad, la norma también se centra en la seguridad ergonómica, garantizando que los usuarios estén protegidos contra caídas o lesiones cuando utilizan una silla de ruedas.

4. Americans with Disabilities Act (ADA) 1009 - Swimming Pools, Wading Pools and Spas

Esta norma estadounidense enfocada en grúas de piscinas y Spas, donde detalla rangos de dimensiones específicas que estas deben cumplir para la comodidad, seguridad y ergonomía del cliente. Entre los principales parámetros que nos especifica esta norma están:

Locación de la grúa: Hay un mínimo de distancia que debe estar separado del borde de la piscina para evitar accidentes.

Espacio libre: Debe tener un área específica para la facilidad del operador.

Altura del asiento: El asiento debe estar en un rango determinado de altura para asegurar la comodidad del cliente.

Profundidad de la grúa: Se determina una altura mínima que debe sumergirse la grúa en función del nivel del agua para cumplir con el objetivo de la hidroterapia.

5. ISO 10535 - Hoists for the transfer of disabled persons

La norma ISO 10535, titulada "Ascensores para personas con discapacidad - Ascensores inclinados destinados al transporte de personas con movilidad reducida" establece los requisitos esenciales y las directrices para el diseño, fabricación, instalación, inspección y mantenimiento de ascensores inclinados que están diseñados específicamente para el transporte de personas con discapacidad o movilidad reducida. Tiene como objetivo garantizar que los ascensores diseñados para el transporte de personas con movilidad limitada sean seguros, funcionales y accesibles, promoviendo de esta forma la inclusión y la igualdad de oportunidades para todas las personas.

Los aspectos relevantes que aborda esta norma son:

Requisitos de Seguridad: Esto abarca desde la resistencia estructural del equipo hasta la protección contra caídas y otros peligros potenciales.

Accesibilidad: Se incluyen aspectos como el diseño de los asientos, los controles y los sistemas de frenado para garantizar una experiencia segura y cómoda.

Requisitos de Diseño y Fabricación: Se incluyen aspectos relevantes para el proceso de diseño lo que incluye la selección de materiales, las dimensiones, la capacidad de carga y más aspectos técnicos.

Instalación y Mantenimiento: Se establecen recomendaciones para su mantenimiento continuo para garantizar su funcionamiento seguro y eficiente a lo largo del tiempo.

Pruebas: Se establecen los distintos métodos de prueba a los cuales debe ser sometido el equipo una vez que ha sido diseñado en base a las recomendaciones de la norma, los cuales evalúan la resistencia, equilibrio, seguridad y funcionalidad.

6. NFPA 70 - National Fire Protection

Es un conjunto de regulaciones y estándares eléctricos ampliamente reconocido y adoptado en los Estados Unidos. Esta norma se utiliza para establecer requisitos específicos y proporcionar directrices para la instalación segura de sistemas eléctricos en edificios, estructuras y áreas al aire libre. Su principal objetivo es garantizar la seguridad de las personas y la propiedad, con relación al uso e instalación de equipos eléctricos.

Requisitos para Instalaciones Eléctricas: Se establecen directrices específicas para la instalación de sistemas eléctricos para viviendas residenciales, instalaciones industriales y comerciales. Esto incluye la selección y el uso adecuado de conductores, cables, dispositivos de protección y equipos eléctricos en general.

Seguridad: Se establecen reglas para la prevención de incendios, descargas eléctricas, la protección de las personas y la propiedad.

Protección contra Sobrecargas y Cortocircuitos: Se establece como seleccionar y configurar dispositivos de protección, como disyuntores y fusibles, para proteger circuitos y equipos contra sobrecargas y cortocircuitos.

Equipamiento Específico: Se especifican los requisitos para equipos eléctricos, como paneles de distribución, tomacorrientes, iluminación y sistemas de cableado.

Instalaciones al Aire Libre: Proporciona pautas para la instalación segura de equipos eléctricos en áreas al aire libre, incluyendo piscinas.

Inspección y Mantenimiento: Establece la importancia de inspeccionar los sistemas eléctricos para garantizar su funcionamiento seguro a lo largo del tiempo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de materiales y componentes

Selección de materiales

Para este proceso de selección de materiales requiere considerar varios criterios ingenieriles para garantizar su durabilidad y minimizar el costo del equipo; las cuales se detallan a continuación.

Durabilidad: El desgaste y corrosión son procesos naturales que enfrenta la grúa cuando se encuentra expuestas a condiciones ambientales adversas, como es el agua con cloro. Es importante seleccionar materiales y recubrimientos que garanticen la durabilidad y seguridad a la estructura. ASTM (2017) recomienda el uso de acero inoxidable para la construcción de estas grúas, ya que es un material muy resistente a la corrosión.

Costos: según Williams, J. (2018), los materiales más resistentes a la corrosión, como el acero inoxidable, son también los más costosos, es por esto que es necesario realizar una evaluación del presupuesto antes de tomar una decisión, como también apoyarse en los cálculos y simulaciones para determinar el espesor de ciertas estructuras. En ciertos casos, se puede utilizar materiales menos costosos como el teflón, aluminio, sin comprometer la seguridad o funcionalidad de la grúa.

En base a estos criterios se detallan los siguientes materiales para realizar las modificaciones de la grúa para discapacitados.

- **Acero ASTM A36:** es un tipo de material resistente y duradero con varias aplicaciones en ingenierías. El acero A36 contiene entre 0,06 y 0,25% de carbono, lo que le confiere sus propiedades mecánicas, una resistencia a la fluencia mínima

de 250 MPa (36300 psi) y una resistencia a la tracción mínima de 400 MPa (58000 psi). También tiene una ductilidad razonable, con una elongación mínima a la rotura del 20%. (ASTM. 2017).

- Hormigón (adoquín): este tipo de material se deriva del pavimento prefabricado para la construcción de calles, plazas, jardines. Se fabrica a través de piedra triturada, arena y agua; donde se caracteriza por su alta resistencia, durabilidad y versatilidad. El hormigón está disponible en una gran variedad de formas, tamaños y colores. (ICI. 2023).
- Teflón: este material tiene el propósito de reducir la fricción y crea una barrera de aislamiento entre dos superficies metálicas. Este material hecho de un polímero sintético es resistente al calor y la abrasión. (VARGORT. 2020).

Selección de contrapeso

Para determinar el contrapeso se utilizarán los adoquines cuadrados de 30x30x8 cm para colocar en la base de la grúa, el cual tiene una masa de 16 kg. Conociendo los 110 kg que logra cargar la grúa y las dimensiones de la base con la distancia obtenida respecto al punto de origen, se calcula el peso mínimo que se necesita para contrarrestar el momento causado por la persona. Se realiza una sumatoria de momentos igual a cero considerando las fuerzas del peso total de la grúa, el peso de máximo de la persona, el contrapeso y las reacciones que tienen las ruedas con el piso. Estos cálculos se realizan en dos puntos críticos cuando el brazo se encuentra a 90 grados encima del agua y cuando la grúa está de lado para cuando la persona se suba. Como fenómeno físico en la figura 18 se considera las normales en las ruedas para la selección del contrapeso.

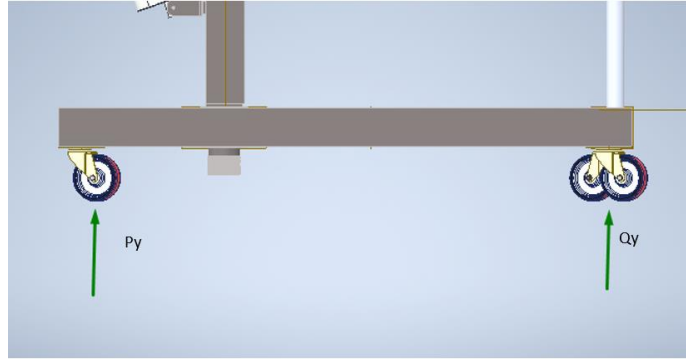


Figura 18. Normal de las ruedas.

Para obtener el peso mínimo necesario se debe considerar el momento justo en el que la grúa se gira a causa del peso de la persona, esto quiere decir que en ese instante la reacción en Q_y es cero. Se realiza el cálculo de momento en el punto P considerando esto obtiene lo siguiente:

Posición de frente:

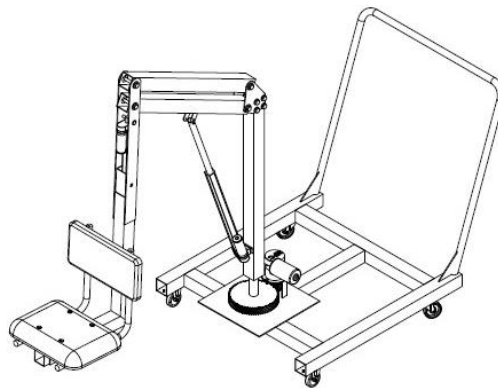


Figura 19. Grúa a 90° de frente.

$$\sum M_P = 0$$

$$-R * (0.491) + W * (0.946) - CM(0.057) = 0$$

Donde:

R = contrapeso

$W =$ peso de 110 kg

$CM =$ peso de la grúa en su centro de masa

$$R = 2037.14N$$

$$R = 207.66kgf$$

Posición de lado:

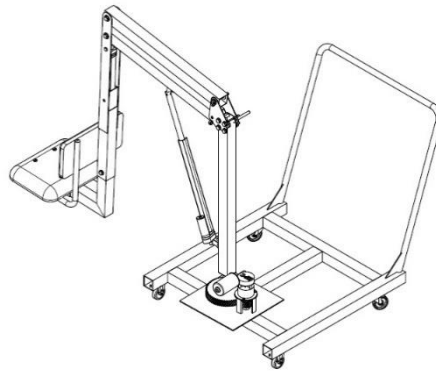


Figura 20. Grúa a 90° de lado.

$$\sum M_p = 0$$

$$-R * (0.491) + W * (0.946) - CM(0.057) = 0$$

$$R = 1610.97N$$

$$R = 164.22 kgf$$

Selección de motor

En base a pruebas que se realizaron con un torquímetro para medir el torque necesario para girar el brazo de la grúa con un peso de 121 kg, se obtuvo como resultado de 120 Nm, esta prueba se realizó con el bocín inicial de la grúa el cual generaba fricción en las paredes debido a la falta de lubricación. Se plantea la implementación de un sistema de engranajes para reducir la fricción y tener una mejor rotación. Esto se logra a través, una relación de transmisión de 1:4, por lo cual se requeriría un motor que provea mínimo 27.5 Nm. A partir de esto, el torque de salida es mayor.

Inicialmente, se seleccionó un motor DC de 12 V y 6 rpm para proporcionar el torque necesario y permitir el movimiento rotativo de la grúa. Esta elección se basó en la compatibilidad con la fuente de alimentación, una batería de 12 V, que también alimentaría otros componentes, incluyendo los dos actuadores lineales. El motor DC especificado se puede observar en la figura 21.



makermotor High Torque
motorreductor 12 V dc 6rpm
Transportador Motor de
engranajes + eje
acoplamiento

Figura 21: Motor de engranajes DC Makermotor

A pesar de la aparente capacidad del motor para los requisitos iniciales, tras llevar a cabo varios ciclos de funcionamiento de la grúa, se evidenció una limitación significativa con una carga de 83 kg. El motor no logró sostener el torque necesario y finalmente experimentó un fallo, este

contratiempo ha llevado a explorar alternativas y optimizar la elección de motores para garantizar una operación confiable y duradera de la grúa.

Como solución, en el mercado se encontró un motor reductor con un torque de salida de 31 Nm, con el cual se cumple con el requerimiento de par para la aplicación en el sistema de giro de la grúa, ya que, posee una mayor potencia.

La velocidad de giro se determinó experimentalmente cronometrando el giro de la grúa manualmente. Dividiendo el recorrido entre el tiempo de giro se obtuvo que la velocidad de giro debe ser igual o menor a 5 rpm para asegurar un movimiento suave y seguro para el cliente. La velocidad de salida del motor reductor seleccionado es de 17 rpm. Debido a la relación de transmisión que proveen los engranajes, esta velocidad se ve reducida a 4.25 rpm, valor que se encuentra dentro del rango permisible. El motor de la figura 22 cumple con las características necesarias para la rotación del mástil de la grúa.



MOTOREDUCTOR WEG
MONOFASICO 0.5HP +
ORTOGONAL ALUMINIO i:100
17RPM FS1.1 (541016B)

Figura 22. Motor reductor Motor WEG.

Selección de engranajes

En la fase de selección de engranajes para la grúa, se optó por utilizar un piñón de 16 dientes y un engranaje de 69 dientes procedentes de la caja de cambios de un Chery Tiggo 2 como se observa en la figura 23. Esta elección se basó en la robustez y eficiencia comprobadas de estos componentes en la aplicación automotriz. Aprovechando la tecnología de la caja de cambios

existente, se adaptó el mástil de la grúa mediante la incorporación de un eje de transmisión, permitiendo así una rotación suave y controlada. Esta decisión no solo contribuye a la durabilidad del sistema de rotación, sino que también representa una solución práctica al reutilizar componentes confiables provenientes de un contexto automotriz reconocido por su rendimiento.



Figura 23. Engranaje y piñón adaptado.

Selección de componentes electrónicos

Actuador 1

Para determinar el actuador adecuado, se analizaron las fuerzas principales a las que el componente estaría expuesto. El actuador es responsable de levantar el brazo de la grúa hasta una posición cómoda del cliente, para ser trasladado fácilmente desde la silla de ruedas hasta el asiento de la grúa. A partir de la figura 24 se lleva a cabo este análisis, calculando las fuerzas que actúan en el brazo EF.

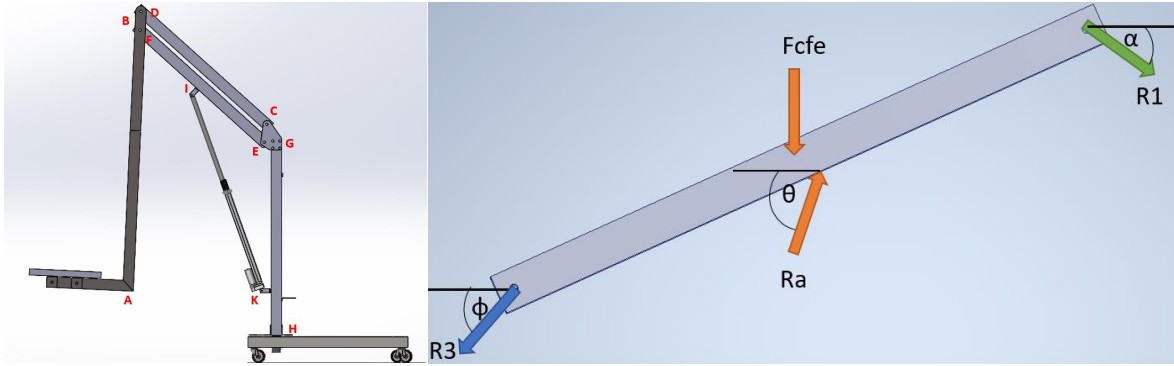


Figura 24. Diagrama de cuerpo libre reacciones actuador.

Cálculos de la fuerza mínima a que debe aguantar el actuador 1:

Datos:

$$R_{1x} = 3183.16 \text{ N}$$

$$R_{1y} = 1080 \text{ N}$$

Procedimiento

Se encuentra mediante la fórmula los ángulos que tiene el actuador.

$$\cos\theta = \frac{456 \text{ mm}}{1034.32 \text{ mm}}$$

$$\cos\theta = 63.28^\circ$$

Realizando la sumatoria de momentos en el punto E se obtiene la reacción del actuador en el eje "Y"

$$\sum M_E = 0$$

$$-1080 \cdot (925 \times 10^{-3}) + R_{ay} \cdot (465 \times 10^{-3}) = 0$$

$$R_{ay} = 2148.38 \text{ N}$$

Fuerzas restantes del actuador

$$R_a = \frac{R_{ay}}{\text{sen}(63.28)}$$

$$R_a = \frac{2148.38}{\text{sen}(63.28)}$$

$$R_a = 2405.22N$$

$$R_{ax} = R_a \cdot \cos(63.28) = 2405.22 \cdot \cos(63.28)$$

$$R_{ax} = 1081.46 N$$

Actuador 2

Para la selección del segundo actuador, se tomaron en cuenta los parámetros de uso como ejes principales. Estos parámetros incluyen la resistencia al agua y áreas húmedas, así como la fuerza que va a estar ejerciendo directamente en el actuador. Dentro de la figura 25 la fuerza resultante que va a estar ejercida en el actuador 2 es la suma de la masa del brazo de la silla, la persona y un momento debido a la distancia desde el pistón al asiento.

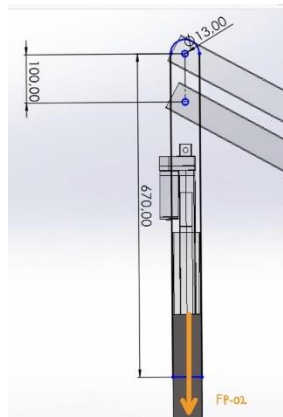


Figura 25. Actuador soporte de brazo estereoscópico.

$$M = F_a * D$$

$$\sum F = F_{P-02} + m_{brazo} + m_{persona}$$

$$F_{P-02} = F_a * D$$

$$F_{P-02} = 110 * 9.8 + 9.8 * 3.9$$

$$F_{P-02} = 1116.22 N$$

Motor

Considerando las especificaciones previamente delineadas del motor, su aplicación se centra en el sistema de giro. Este motor posibilitará, a través de la caja de transmisión, una rotación de 180° en sentido horario o antihorario del brazo. Con el propósito de habilitar este mecanismo, se ha concebido un diseño de motor que incorpora una función de cambio de polaridad, representado en la figura 26. Este aspecto técnico posibilita que el motor retorne o posicione el brazo de la grúa según las preferencias o necesidades específicas del cliente.

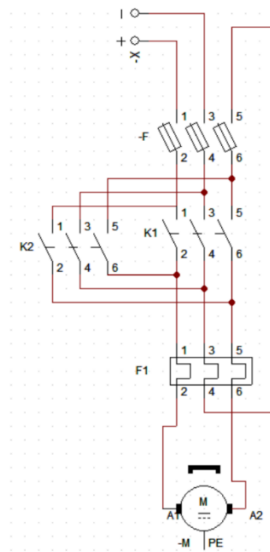










Figura 26. Polaridad inversa del motor de potencia.

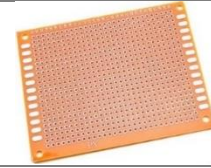
Para ejercer el control sobre los componentes, es indispensable contar con un sistema de control debidamente estructurado. En el listado de la tabla 8 se describen los dispositivos usados en el circuito.

Tabla 8. Lista de componentes electrónicos.

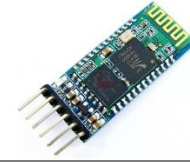
Componente	Descripción	Imagen referente
DRIVER BT2	Disponer de tres controladores que canalizan la energía proveniente de la batería hacia cada uno de los componentes. Entre los elementos implementados, destacan dos actuadores lineales y un motor.	
CABLE DE COBRE RECUBIERTO	Se utilizó como elemento de transmisión de corriente entre los drivers y componentes del sistema.	
NANO ARDUINO	Dispositivo encargado de mantener el programa en funcionamiento y los elementos implementados en el circuito.	
TOGGLE SWITCH	Selector de componente a accionar. Se programó que cada configuración sea de activado o desactivado.	
PULSADOR	Contar con dos pulsadores los cuales al mantenerlos presionados según su configuración extienden o recogen los pistones.	
PARO DE EMERGENCIA	Encargado de desenergizar el circuito de control.	
CABLE MACHO MACHO	Para concretar la interconexión del circuito, se procedió a utilizar cables macho-macho con el fin de establecer conexiones adecuadas.	
SWITCH ON OFF INDUSTRIAL	Utilizado para encender o apagar el Arduino y todo el circuito.	

**PLACA DE
COBRE PARA
SOLDAR**

Se utiliza como placa para el circuito y se une mediante soldadura.

**MODULO
BLUETOOTH**

Panel de control vía bluetooth mediante una aplicación la que nos permite controlar los componentes a larga distancia



A continuación, se presenta el circuito implementado en el panel de control eléctrico, así como las conexiones directas entre sus componentes. Este sistema se enfoca en considerar minuciosamente las entradas y salidas de cada elemento, como se representa en la figura 27, proporcionando una visión integral de la interrelación funcional de los diversos dispositivos en el sistema. La comprensión detallada de estas conexiones resulta esencial para un funcionamiento óptico del panel de control.

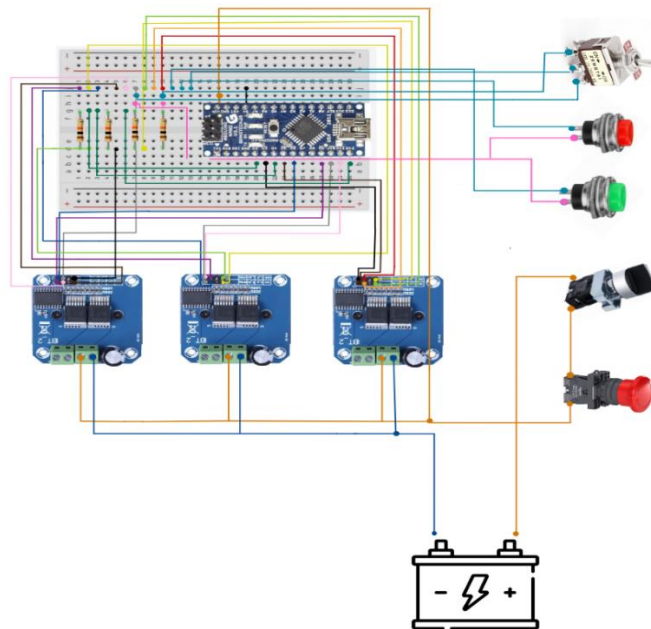
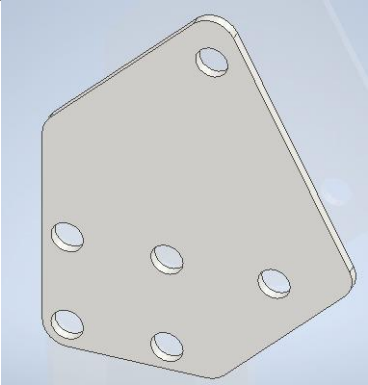
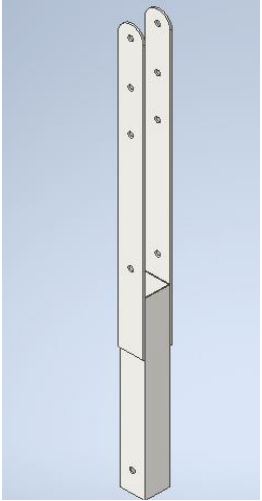
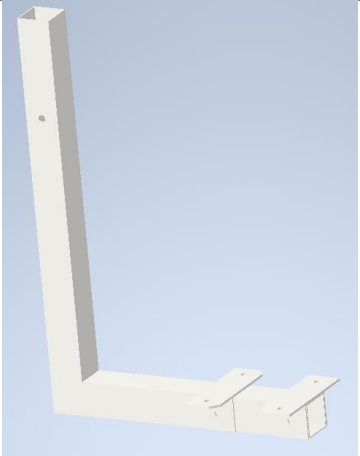


Figura 27. Plano del circuito eléctrico del panel de control.

Tabla 9. Componentes para el diseño de fabricación.

Componente	Descripción	Imagen referente
Placa de unión	<p>Placa de acero negro (ASTM A36) de 6 mm de espesor, con modificaciones en las distancias de los agujeros con el fin de lograr una mejor articulación de los brazos, y reducir la altura total de la grúa.</p>	
Brazo con platinas	<p>Platinas de 800x60x6 mm alargadas y soldadas al tubo original para la colocación de un nuevo actuador, que permitirá sumergir al paciente a una altura deseada y controlada de forma remota, gracias a la adquisición de un tubo en L de menores dimensiones.</p>	
Brazo en L	<p>Tubo de 40x40x4 mm soldado en L para implementar la silla, junto al nuevo actuador que irá anclado para controlar su ascenso y descenso.</p>	

A continuación, se explicarán los diferentes planes de fabricación de los componentes implementados en la grúa. Este diseño de fabricación se ilustrará utilizando diagramas de proceso que resaltarán aspectos clave de la operación de construcción. La visualización gráfica proporcionará una mejor comprensión de cada paso del proceso, desde la selección de materiales hasta la producción final de cada componente. Adicionalmente, se proporcionará una descripción detallada en la hoja de proceso, pormenorizando especificaciones técnicas, tolerancias y cualquier consideración especial. Se incluyen los planos de detalle y de conjunto en el Anexo C para proporcionar una representación detallada y clara de las dimensiones y procesos llevados a cabo en cada componente.

Placa de unión

Las placas de unión son las encargadas de sujetar el mástil con los brazos paralelos de la grúa. Este elemento es importante, ya que, también cumple con la función de mantener la distancia óptima entre los brazos paralelos para evitar el contacto y desgaste al momento de levantar y bajar a la persona.

I. Inicio y final	II. Lista de procesos
Platina de acero ASTM A36	Corte por láser
Mecanizado	Tratamiento superficial
Mediciones	Pintura electrostática
Perforaciones	texturizada

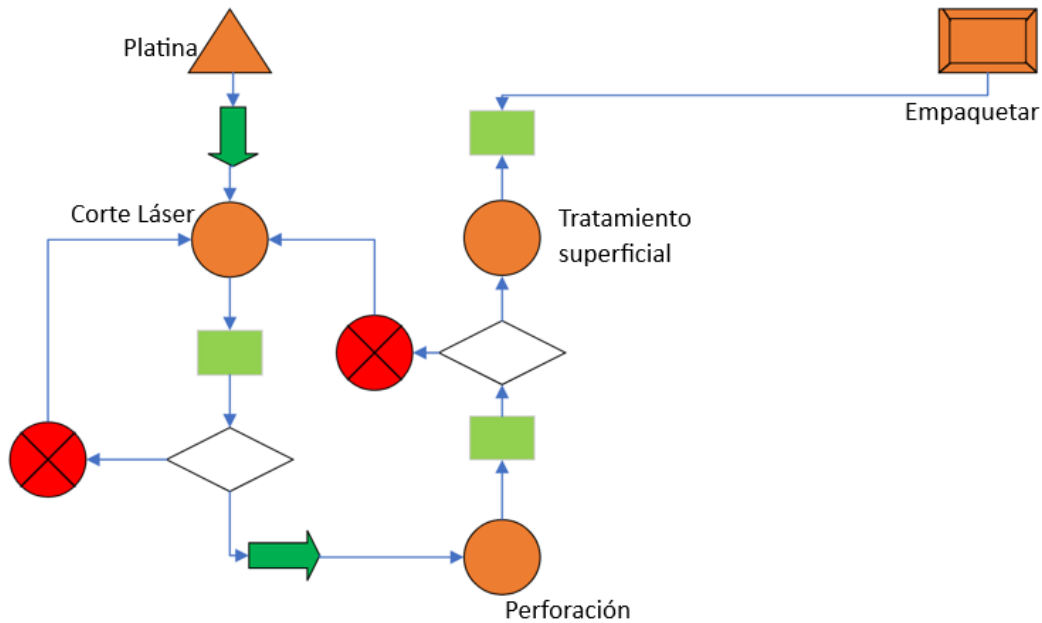


Figura 29. Diagrama de procesos placa de unión.

Hoja de Proceso											
Conjunto		Grúa para pistón		Material		Hierro Forjado					
Plano		Platina		Dimensiones en		6.3 [mm]					
Realizado		M. Bariga		Comprobado		M. León					
Fecha		18-10-2023		Fecha		18-10-2023					
Esquema	Operación	Mecanizado	Etapas	Fases	Herramienta de meca	Distancia Rec	Número de Pasadas	Herramienta de control	Trabajo en Máquina	Tiempo de verificación	
	1	Corte	Fresadora	1	Disco de Corte	6 [cm]	8	Calibrador	0.5 [h]	0.05 [h]	
	2	Taladrado	Fresadora	1	Broca	6 [mm]	12	Calibrador	0.3 [h]	0.01 [h]	
	4	Acabado	Amoladora	1	Disco de desbaste	6 [cm]	5	Control Visual	0.10 [h]	0.02 [h]	

Figura 30. Hoja de procesos placa de unión.

Con estos procesos de fabricación también se considera la aplicación de una protección IP, una pintura con características anticorrosivas. Esto junto a la implementación de arandelas de teflón en las superficies de contacto móvil para facilitar la articulación, y arandelas metálicas en los pernos empotrados al mástil.

1. Brazo con platinas

Este brazo sirve como principal punto de anclaje del actuador y como guía para el tubo que será sumergido y elevado. Este brazo está sometido a varios procesos, entre ellos la soldadura Este aspecto es importante, ya que, se toma en cuenta la rectitud en las platinas para tener un brazo recto y cómodo.

I. Inicio y final

Tubo cuadrado de acero	Perforado
ASTM A36	Limpieza
Platina de acero ASTM A36	Soldadura
Corte	

II. Lista de Procesos

Tratamiento superficial: Pintura electrostática Texturizada

Perforación y corte con láser (platina)

Corte con amoladora

Soldadura

Perforación con fresadora (tubo)

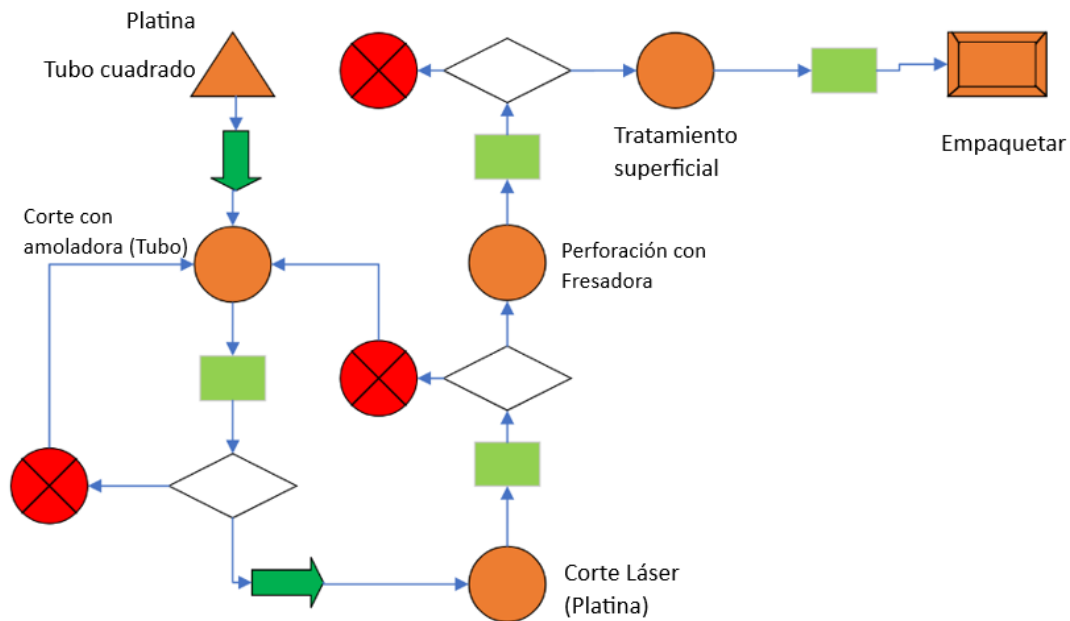


Figura 31. Diagrama de procesos brazo.

Hoja de Proceso											
Conjunto		Grúa para pizicini		Material		Hierro Forjado					
Plano		Base en "L"		Dimensiones en		1[m]					
Realizado		M. Baranga		Comprobado		M. León					
Fecha		18-10-2023		Fecha		18-10-2023					
Esquema	Operación	Mecanizado	Etapas	Fases	Herramienta de mecanizado	Distancia Recorrida	Número de Pasadas	Herramienta de control	Trabajo en Máquina	Tiempo de verificación	
	1	Corte	Cierra eléctrica	1	Disco de Corte	6 [cm]	8	Calibrador	0.5 [h]	0.05 [h]	
	2	Taladrado	Fresadora	1	Bloca	6 [mm]	10	Calibrador	0.3 [h]	0.01 [h]	
	3	Unión	Soldadura	1	Soldadura MIG	12 [cm]	5	Control Visual	0.3 [h]	0.03 [h]	
	4	Acabado	Amoladora	1	Disco de desbaste	12 [cm]	5	Control Visual	0.10 [h]	0.02 [h]	

Figura 32. Hoja de procesos brazo.

Al ser un fragmento que va a estar expuesto al agua es importante implementar la pintura anticorrosiva por dentro y fuera del brazo. De igual forma la implementación de arandelas de teflón

en las partes móviles de los brazos superiores, y la colocación de tuercas en el actuador para posicionarlo y anclarlo.

2. Brazo en L

Tubo de menores dimensiones que van dentro del brazo con platinas, el cual será accionado por el actuador lineal de manera vertical para ubicar a la persona a la altura deseada dentro y fuera de la piscina.

I. Inicio y Final

2 tubos cuadrados de acero ASTM A36

Corte

Perforado

Soldadura

Pintura Electrostática Texturizada

II. Lista de procesos

Corte con amoladora

Perforación con fresadora

Soldadura

Tratamiento Superficial – Pintura

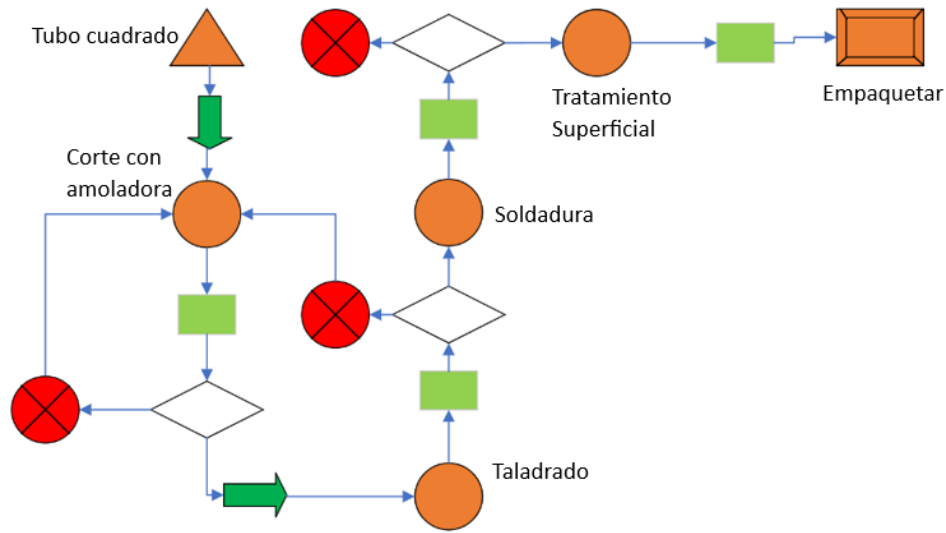


Figura 33. Diagrama de procesos brazo en L.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="font-size: small;"> <p>Hoja de Proceso</p> <p>Conjunto: Grus para pisicir Plano: Base en "L" Realizado: M. Barriga Fecha: 18-10-2023</p> </div> <div style="font-size: small;"> <p>Material: Hierro Forjado Dimensiones en: 1[m] Comprobado: M. León Fecha: 18-10-2023</p> </div> <div style="text-align: right;"> </div> </div>											
Esquema	Operación	Mecanizado	Etapas	Fases	Herramienta de mecanizado	Distancia Recorrida	Número de Pasadas	Herramienta de control	Trabajo en Máquina	Tiempo de verificación	
	1	Corte	Cierra eléctrica	1	Disco de Corte	6 [cm]	8	Calibrador	0.5 [h]	0.05 [h]	
	2	Taladrado	Fresadora	1	Broca	6 [mm]	12	Calibrador	0.3 [h]	0.01 [h]	
	3	Unión	Soldadura	1	Soldadura MIG	6 [cm]	5	Control Visual	0.3 [h]	0.03 [h]	
	4	Acabado	Amoladora	1	Disco de desbaste	6 [cm]	5	Control Visual	0.10 [h]	0.02 [h]	

Figura 34. Hoja de procesos brazo en L.

Dentro el proceso de soldadura se realizan pruebas de simple inspección y filtración por agua, para sellar posibles grietas. El brazo en L es la pieza que más tiempo va a estar en contacto con el agua.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Informe de diseño

Dentro del informe de diseño detallado, se incluyen cuidadosamente los diversos archivos de proceso asociados con cada componente rediseñado específico de la grúa original. Estas hojas de proceso proporcionan una descripción detallada de las etapas y consideraciones clave involucradas en la actualización de cada componente, proporcionando así una guía completa del proceso de fabricación modificado. Cada archivo de proceso está organizado de forma clara y adecuada, cubriendo temas como materiales utilizados, métodos de fabricación, tolerancias críticas. Este documento detallado no sólo actúa como un registro claro de los cambios implementados, sino también como una valiosa herramienta de referencia para garantizar la coherencia y la calidad durante la producción. Proporcionar estos archivos de proceso refuerza la transparencia y la trazabilidad de todo el proceso de rediseño, destacando nuestro enfoque integral y orientado a resultados para mejorar cada elemento de la grúa.

Tabla 10. Hoja de proceso mástil.


Hoja de proceso	
Fecha	22/12/2023
Componente	Mástil
Número de plano	19
Esquema General	
Tolerancia	Corte: ± 1 [mm]
	Agujeros: ± 0.5 [mm]
Responsable de medidas	Martín Páez

Tabla 11. Especificaciones mástil.

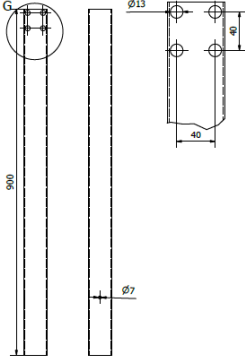
Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Tubo cuadrado 60x60x2 acero A36	Corte con amoladora Cuatro agujeros de 13 mm de diámetro.	Amoladora

Tabla 12. Hoja de proceso placa de unión brazos con mástil.

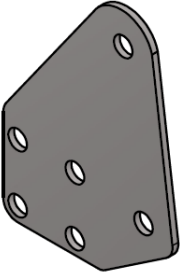
Hoja de proceso	
Fecha	22/12/2023
Componente	Placa unión brazos y mástil
Número de plano	19
Esquema General	
Tolerancia	Corte plasma: ± 0.5 [mm]
Responsable de medidas	Martín Páez

Tabla 132. Especificaciones Placa unión brazos y mástil.

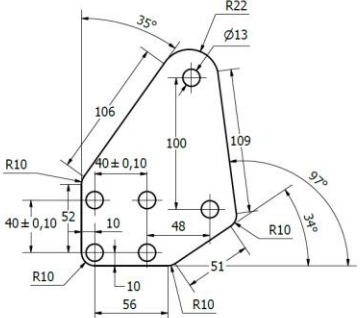
Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Plancha de Acero A36 de 4mm de espesor.	Corte plasma de placa de acero A36. Seis agujeros de 13 mm de diámetro. Fillet de 10 mm de radio.	Cortadora plasma

Tabla 14.3 Hoja de proceso subensamble brazo articulado para asiento.

Hoja de proceso	
Fecha	22/12/2023
Componente	Subensamble Brazo articulado para asiento
Número de plano	22
Esquema General	
Tolerancia	Corte: ± 1 [mm]
	Agujero: ± 0.5 [mm]
Responsable de medidas	Martín Páez

Tabla 154. Hoja de proceso subensamble brazo articulado de asiento parte superior.


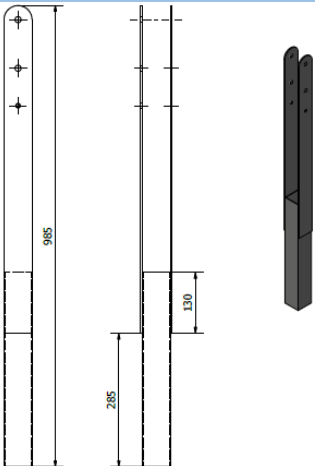
Hoja de proceso	
Fecha	22/12/2023
Componente	Subensamble Brazo articulado para asiento parte superior
Número de plano	23
Esquema General	
Tolerancia	Corte: ± 1 [mm]
	Agujero: ± 0.5 [mm]
Responsable de medidas	Martín Páez

Tabla 165. Especificaciones Subensamble Brazo articulado de asiento parte superior.

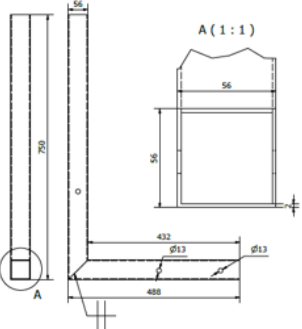
Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Acero A36	Soldadura realizada con SMAW con electrodo 1640 para unir las platinas con el tubo estructural.	Soldadura SMAW

	<p>Platinas de Acero A36 de 4mm de espesor</p>	<p>Agujeros de $\varnothing 13$ y $\varnothing 10$ pasantes realizados con taladro pedestal. Cortes realizados con amoladora.</p>	<p>Taladro pedestal Amoladora</p>
	<p>Tubo 60x60x2 Acero A36</p>	<p>Corte con amoladora</p>	<p>Amoladora</p>

Tabla 176. Hojas de proceso brazo articulado para asiento parte móvil.

Hoja de proceso	
Fecha	22/12/2023
Componente	Subensamble Brazo articulado para asiento parte móvil
Número de plano	26
Esquema General	
Tolerancia	Corte: ± 1 [mm]
	Agujero: ± 0.5 [mm]
Responsable de medidas	Martín Páez

Tabla 187. Especificaciones brazo articulado para asiento parte móvil.

Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Tubo 40x40x2 acero A36	Corte con amoladora. Soldadura SMAW con electrodo 6014	Amoladora Soldadura SMAW

Análisis de ingeniería

Dentro del análisis de ingeniería se realizó un estudio de cada componente principal de la grúa, con el objetivo de conocer en profundidad las fuerzas y esfuerzos a los que están asociados. Este proceso integral incluye cálculos estáticos, cinemáticos, dinámicos, así como evaluaciones de los mecanismos subyacentes que conforman el sistema. Se han implementado métodos para modelar y simular el comportamiento de la grúa bajo diferentes condiciones operativas, proporcionando una comprensión precisa de su desempeño bajo diferentes cargas y escenarios. Además, se aplicaron estrictos criterios de factor de seguridad para garantizar que cada componente no solo cumpla con los requisitos funcionales, sino que también garantice la seguridad y confiabilidad del dispositivo en todo momento. A través de esta evaluación, se proporcionará información sobre la resistencia estructural y el rendimiento de la grúa.

Cinemática

Estas modificaciones se basaron en las normas ingenieriles para rediseñar las nuevas alternativas estructurales. Se realizaron pruebas con la grúa original y los resultados obtenidos fueron que el diseño inicial no era capaz de sumergir al cliente en la piscina a tal punto que existiese la fuerza de flotabilidad necesaria para facilitarle el descenso a la piscina. Esto se logra sumergiendo al paciente hasta los hombros, sin embargo, el brazo de la grúa lo sumergía solamente hasta el ombligo. Para solucionar este problema relacionado a la estructura de la grúa y como sus componentes se mueven para llegar de un punto a otro, se utilizaron criterios de cinemática. En las siguientes figuras se muestra la grúa original en las dos posiciones de interés.

- **Grúa Original**

En la figura 35 se presenta la posición máxima de elevación de la grúa inicial, mientras que en la figura 36 la posición máxima de inmersión.

Posición 1 (Brazo elevado al máximo)

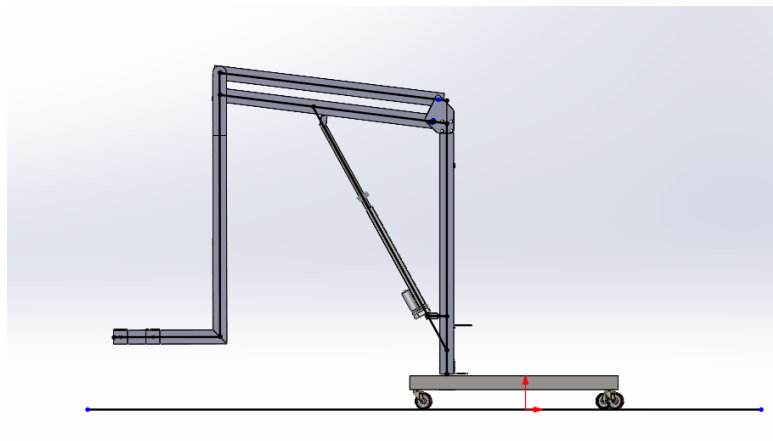


Figura 35. Brazo de la grúa elevado.

Posición 2 (Brazo retraído)

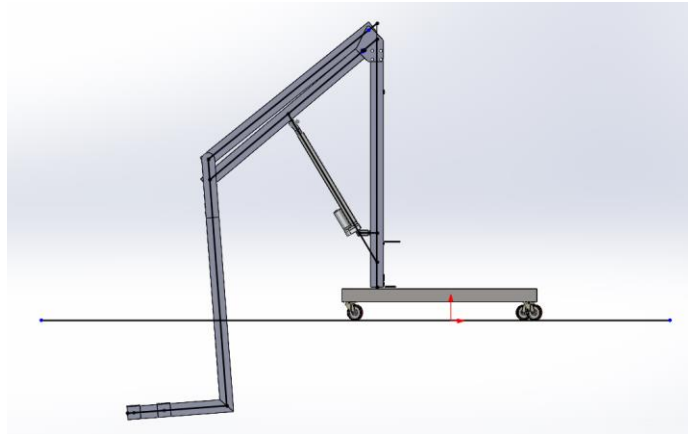


Figura 36. Brazo de la grúa retraído.

Para establecer las alturas que la grúa debe alcanzar, se utilizaron los criterios de ADA 1009, los cuales establecen lo siguiente:

1009.2.4 **Altura del asiento.** La altura del asiento elevador debe estar diseñada para permitir una parada a un mínimo de 16 pulgadas (405 mm) y un máximo de 19 pulgadas (485 mm) medidos desde la plataforma hasta la parte superior de la superficie del asiento cuando está en la posición elevada (de carga).

1009.2.8 **Profundidad sumergida.** El elevador deberá estar diseñado de manera que el asiento se sumerja a una profundidad de agua de 18 pulgadas (455 mm) como mínimo por debajo del nivel del agua estacionario (2010).

En la figura 37 se presenta la grúa original y las posiciones que alcanzaba en relación con las que los criterios que ADA recomienda para el manejo de pacientes con discapacidades móviles para ingresar a una piscina.

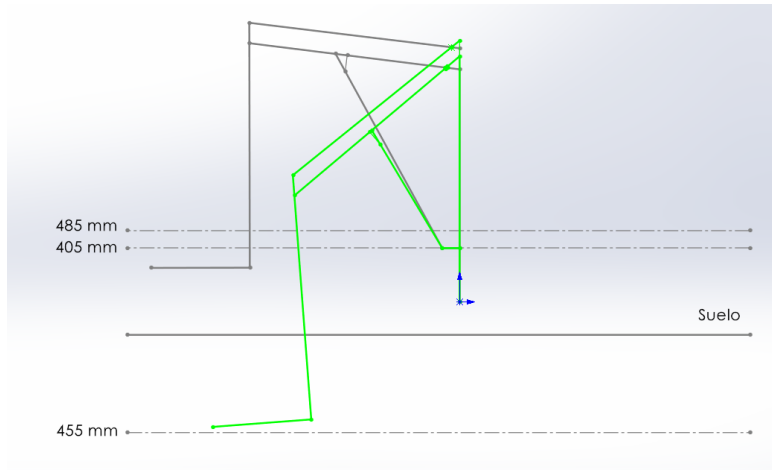


Figura 37. Posiciones de la grúa y alturas recomendadas por ADA.

- **Grúa Modificada**

Se utilizó el método de síntesis gráfica para modificar las longitudes de los brazos en base al criterio de realizar el menor número de cambios posible para aprovechar el modelo recibido.

Las soluciones tomadas fueron:

- Aumentar la longitud del brazo en “L”.
- Reducir la longitud del eslabón paralelo superior.
- Cambiar las placas de unión.
- Aumentar la distancia de separación entre los eslabones paralelos.

El modelado representa el diseño que mejor se adecua a los requerimientos del cliente, asegurando tanto la seguridad como la comodidad del usuario. Este innovador diseño consiste en una grúa por contrapeso, distribuido en la base trasera, y además dispone de dos actuadores lineales. Uno de los actuadores ejerce el levantamiento y descenso vertical de la silla en L, esta acción cumple con dos funciones la primera en poder sumergir al paciente a una altura adecuada, y la segunda levanta el asiento para tener una mejor comodidad de guardado. El otro actuador se encarga del levantamiento para extender y contraer el mecanismo del brazo de la grúa. La

implementación de estos actuadores permite al usuario operar de forma remota las acciones de la grúa para ubicarse dentro y fuera de la piscina.

En base a estos cambios, se muestra la nueva estructura propuesta para cumplir con la tarea de llevar al paciente desde la silla de ruedas hasta sumergirlo hasta los hombros en la piscina para facilitar su descenso. En la figura 38 se presenta la posición máxima de elevación de la grúa modificada, mientras que en la figura 39 la posición máxima de inmersión.

Posición 1 (Brazo elevado al máximo)

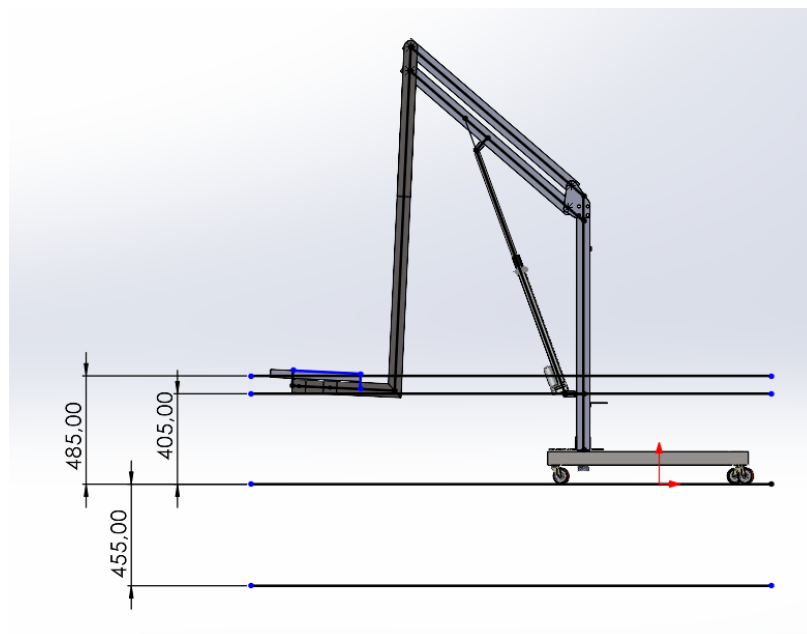


Figura 38. Brazo de la grúa elevado.

Posición 2 (Brazo retraído)

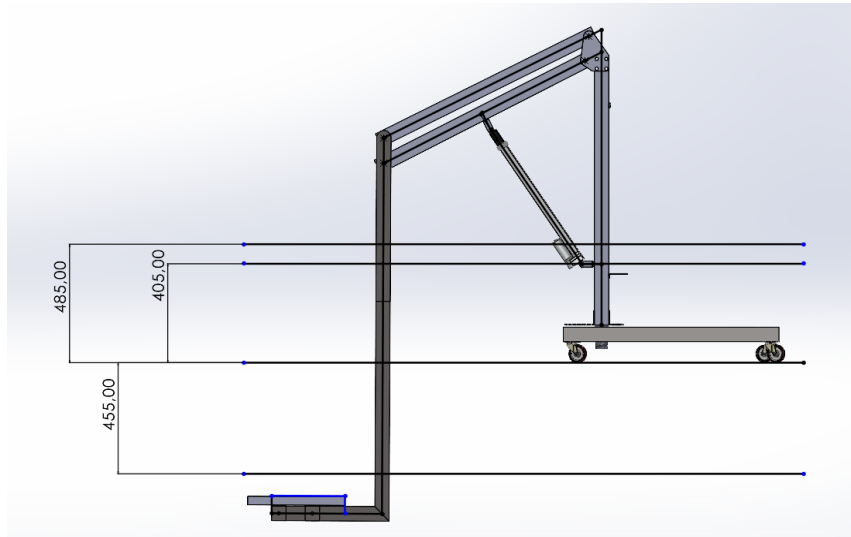


Figura 39. Brazo de la grúa retraído.

En la figura 40 se presentan las nuevas posiciones que alcanza la grúa y como se relacionan con las alturas recomendadas por ADA 1009.

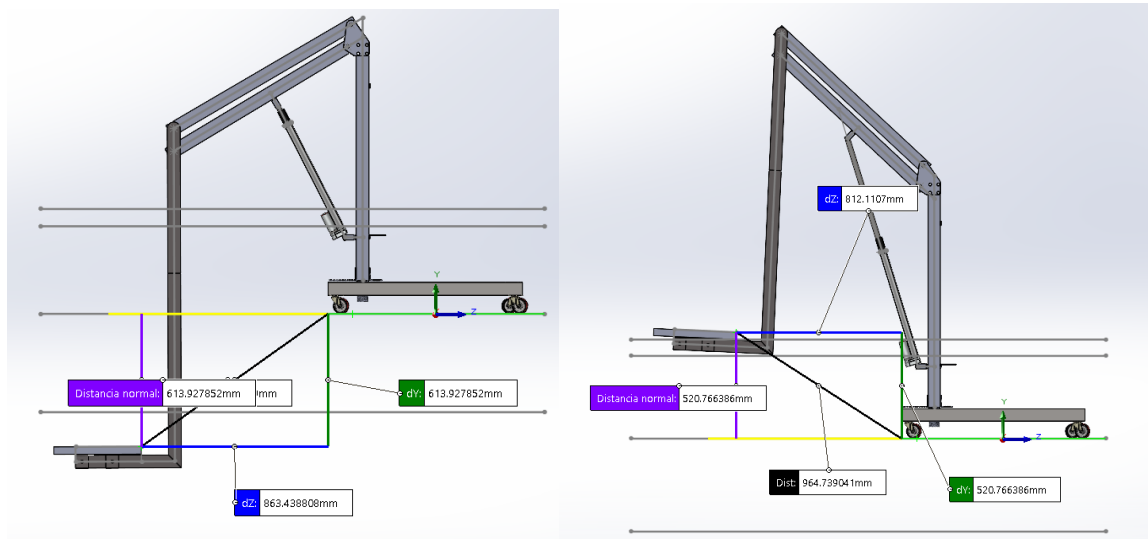


Figura 40. Posiciones alcanzadas por la grúa modificada.

Dinámica

El brazo de la grúa se puede representar por un mecanismo de 4 barras, el cual al tener una persona sentada en el extremo de la silla y un actuador lineal empujando o retrayéndose para subir o bajar al cliente, está siendo sometido a distintas fuerzas a lo largo de todo el recorrido que realiza. Para determinar estas fuerzas a las que se encuentra el brazo, se realizó una simulación en el software de Adams, donde se importó la estructura realizada en SolidWorks, se añadieron restricciones de movimiento y el desplazamiento realizado por el pistón a los 5 mm/s que determina el fabricante. En la figura 41 se muestra el perfil de la grúa simplificada que se realizó en la simulación.

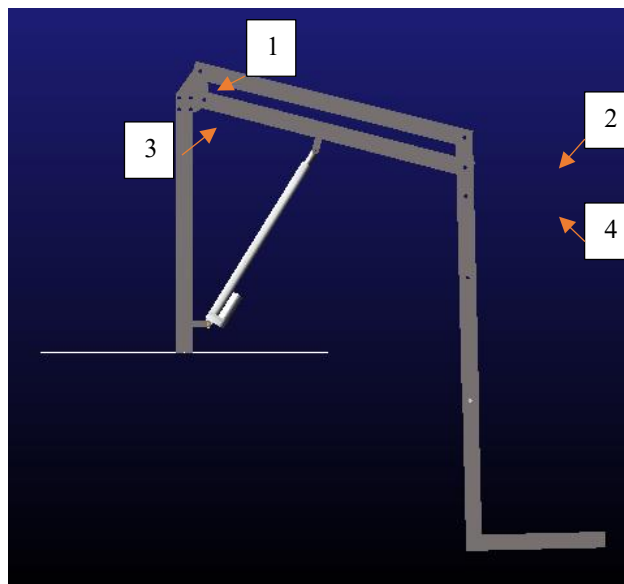


Figura 41. Perfil de la grúa en Adams.

Una vez agregada la carga puntual en el extremo de la silla para representar el efecto del peso de la persona sobre la estructura, se dio paso a la simulación. En la figura 42 se muestra el gráfico de las fuerzas a las que se encuentran sometidas las conexiones de los perfiles CD y EF con la placa de unión y con el brazo en “L”, el cual sostiene a las personas en función del tiempo, el cual se estableció tanto para el movimiento de subida como para el de bajada.

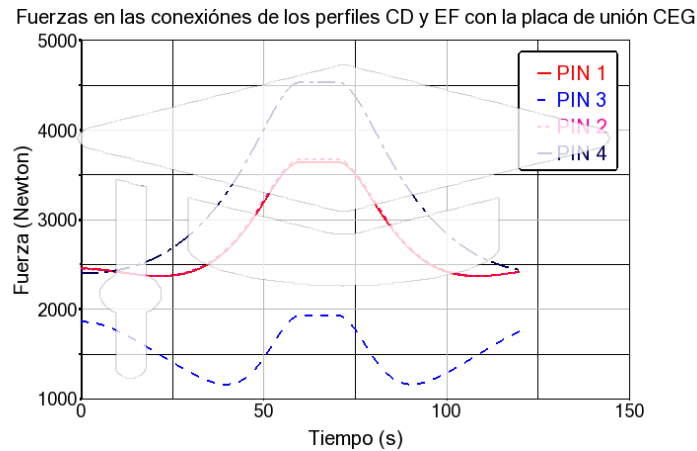


Figura 42. Fuerzas en las conexiones de los brazos CD y EF.

En este gráfico se presentan las magnitudes de las fuerzas que se alcanza en cada conexión, del cual se observa que el pin 4 es el que mayor magnitud alcanza cuando el brazo está completamente elevado, llegando aproximadamente a 4556 N.

La fuerza que se ejerce sobre el actuador por el peso de la estructura en movimiento y la persona, es un indicador de que tan resistente a la carga debe ser el actuador que se elija para trabajar en esta aplicación. En la figura 43 se muestra la magnitud de la fuerza sometida al actuador, nuevamente alcanzando un valor máximo en la posición más elevada. Este valor alcanza un máximo de 2940 N.



Figura 43. Magnitud de la fuerza presente sobre el actuador.

Centro de masa

Debido a la distancia y fuerza causada por la persona subida, la grúa tiende a volcarse. El objetivo del contrapeso es contrarrestar este momento para que la grúa se mantenga estática y segura. Para lograr esto se deben considerar las fuerzas que causan momentos a la grúa desde su centro de masa y realizar sumatoria de momentos igual a cero, debido a que es un problema estático.

Para calcular el centro de masa se usa la siguiente ecuación:

$$X_{CM} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i x_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

Con esta fórmula se debe conseguir los pesos y distancias en x de cada pieza, la distancia debe ser con referencia a un punto en específico. Para este caso se realizó las medidas con referencia a la rueda delantera. La figura 44 muestra los cuerpos que se tomaron en cuenta para este cálculo en posición de frente.

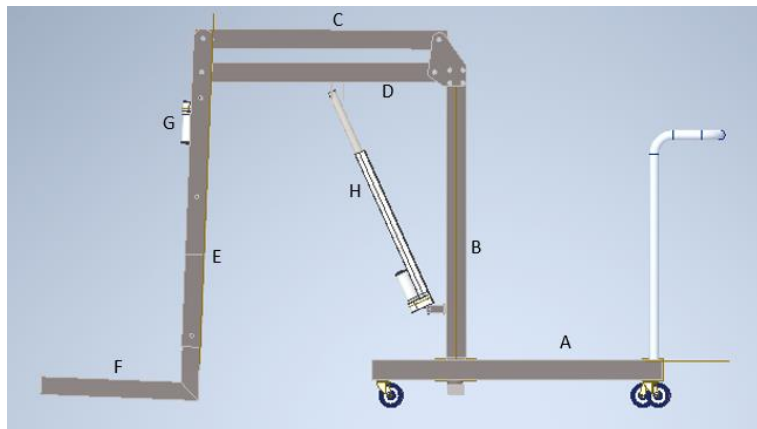


Figura 44. Esquema centro de masa.

En la tabla 19 se muestran las medidas y pesos obtenidos por cada cuerpo. Con estos datos se obtiene el siguiente cálculo de centro de masa.

Tabla 19. Masa y distancia en x en posición de 90°.

Pieza o cuerpo	Masa [kg]	Distancia en x [m]
A	15.11	-0.454
B	4.14	-0.225
C	2.832	0.192
D	2.787	0.206
E	4.09	0.585
F	4	0.693
G	1.5	0
H	2.2	0.585

$$X_{CM} = \frac{-6.86 - 0.93 + 0.54 + 0.57 + 2.39 + 2.772 + 0 + 1.287}{36.66 \text{ kg}}$$

$$X_{CM} = -0.057m$$

$$m_{total} = 36.66$$

Es importante calcular el centro de masa en las dos posiciones de la grúa; de frente y de lado. La figura 45 muestra los cuerpos que se tomaron en cuenta para este cálculo en posición de lado.

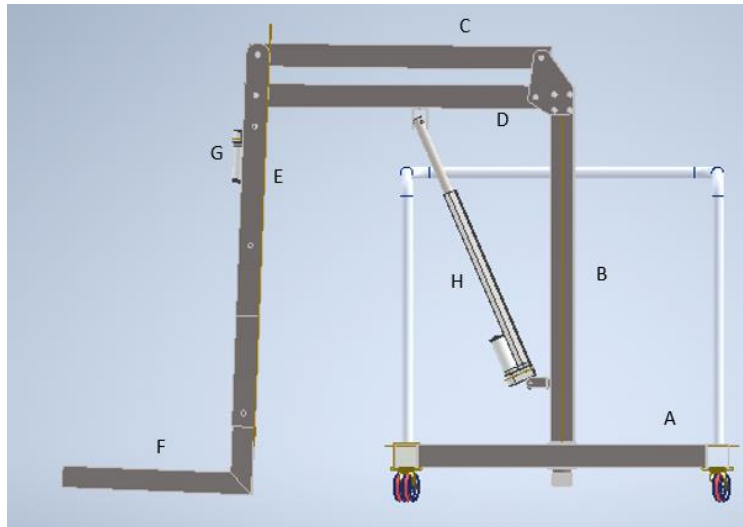


Figura 45. Esquema centro de masa de lado.

En la tabla 20 se muestran las medidas y pesos obtenidos por cada cuerpo. Con estos datos se obtiene el siguiente cálculo de centro de masa.

Tabla 20. Masa y distancia en x en posición de 90° de lado.

Pieza o cuerpo	Masa [kg]	Distancia en x [m]
A	15.11	-0.398
B	4.14	-0.398
C	2.832	0
D	2.787	0
E	4.09	0.412
F	4	0.52
G	1.5	0.173
H	2.2	0.412

$$X_{CM} = \frac{-6.013 - 0.648 + 0 + 0 + 1.68 + 2.08 + 0.2595 + 0.9064}{36.66 \text{ kg}}$$

$$X_{CM} = -0.12m$$

$$m_{total} = 36.66kg$$

Torque del Motor

Uno de los cálculos más importantes es el torque que necesita la grúa para superar el peso máximo determinado. Para hacer este cálculo se debe considerar la distancia desde el punto donde se aplica la carga hasta el tubo empotrado en la base y la inercia que debe superar. Se usa la siguiente fórmula del torque:

$$\tau = I * \alpha$$

Se usan las distancias y carga que se muestra en la figura para calcular la inercia del torque.

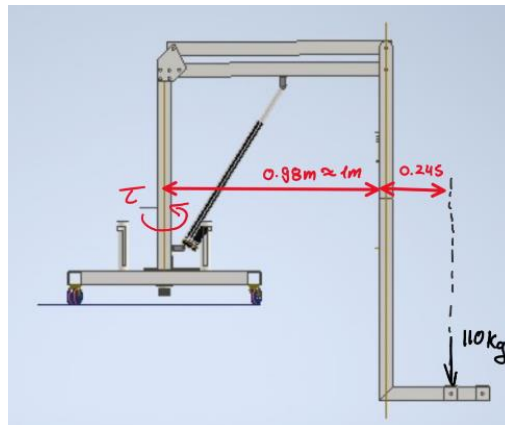


Figura 46: Medidas para cálculo de torque.

$$I = M * d^2$$

Para la aceleración angular se usa la velocidad máxima que debe tener con carga según la norma ISO 10535, esta velocidad es de 15 m/s y se calcula la aceleración que tiene el motor. Se usan las fórmulas de cinemática.

$$V_f = V_0 + at$$

$$a = \frac{V_f}{t}$$

$$\alpha = \frac{a}{r}$$

Con estos datos se obtiene el siguiente torque:

$$\tau = 170.5 \text{ kg} * m^2 * 0.72 \frac{\text{rad}}{s^2} = 123 \text{ Nm}$$

Este torque obtenido es un estimado, ya que, se asumió el tiempo de aceleración de motor, sin embargo, se realizaron pruebas con la grúa en la que se usó un torquímetro para saber cuánto torque es necesario con la carga que se está aplicando. Esta prueba dio como resultado un torque de 120 Nm.

Este torque es muy importante para determinar qué tipo de motores se pueden usar para esta aplicación, así como también se debe determinar un sistema de engranajes que disminuya la velocidad para aumentar el torque.

Estática

Para el estudio de la estática se consideraron 3 escenarios críticos donde la grúa es posicionada, como se observa en la figura 47. La primera posición es a 90°; la segunda es cuando se encuentra en su punto más alto, es decir, el pistón esta extendido hasta su límite; la tercera posición es cuando está en la posición más baja, cuando el pistón se haya comprimido lo máximo

permisible. Estos escenarios nos permitirán realizar los diagramas de cuerpo libre dependiendo del ángulo formado, y considerando siempre la carga máxima de 110 kg.



Figura 47. Posiciones críticas para el análisis estático.

Con estas posiciones se realiza el cálculo de las respectivas reacciones en cada sección de la grúa, para ello en la figura 48 se detallan las secciones para el análisis correspondiente.

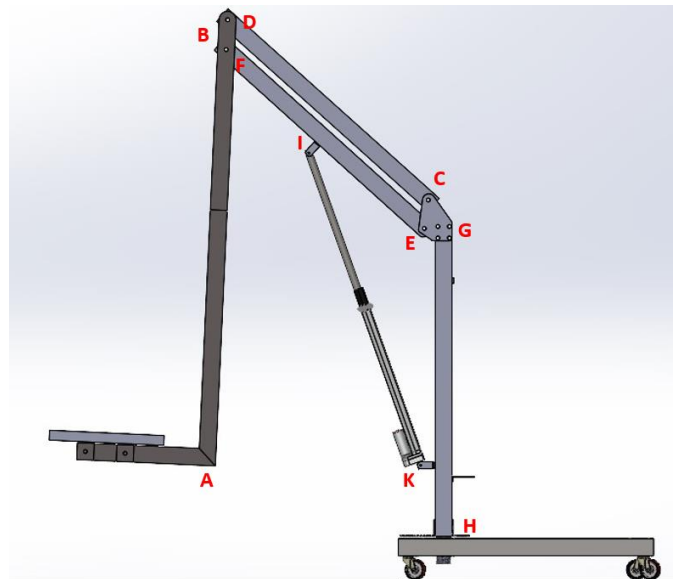


Figura 48. Secciones de análisis estático.

La realización de cálculos estáticos sobre la grúa es de gran importancia para garantizar su estabilidad, resistencia y seguridad. Estos cálculos ayudan a identificar y evaluar todas las cargas que actúan sobre la grúa en reposo, analizar el equilibrio de fuerzas y determinar los puntos de

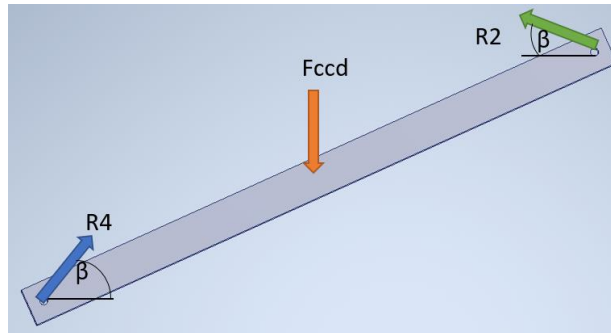
apoyo necesarios. Además, son esenciales para el diseño de estructuras y componentes, asegurando que tengan el tamaño adecuado para soportar cargas estáticas. Los cálculos estáticos también proporcionan información sobre esfuerzos, que permiten establecer factores de seguridad para el cumplimiento de normas y estándares de seguridad. A partir de los diagramas de cuerpo libre, detallados en la tabla 21, se determinan las diferentes reacciones en cada sección de análisis para cada posición crítica de la grúa.

Tabla 21. Diagramas de cuerpo libre análisis estático.

Sección	Diagrama de cuerpo libre	Nomenclatura
Brazo AB		<p>F_m: Fuerza ejercida por la masa máxima permisible de la grúa.</p> <p>F_{cab}: Fuerza ejercida por la masa del brazo AB.</p> <p>R_1 y R_2: Reacciones de las juntas ancladas a cada barra.</p> <p>β, α: Ángulos de las reacciones.</p>
Brazo FE		<p>F_{cfe}: Fuerza ejercida por la masa del brazo.</p> <p>R_a: Reacción ejercida por el actuador lineal</p> <p>R_1 y R_3: Reacciones de las juntas ancladas a cada barra.</p>

θ, ϕ y α : Ángulos de las reacciones.

Brazo CD

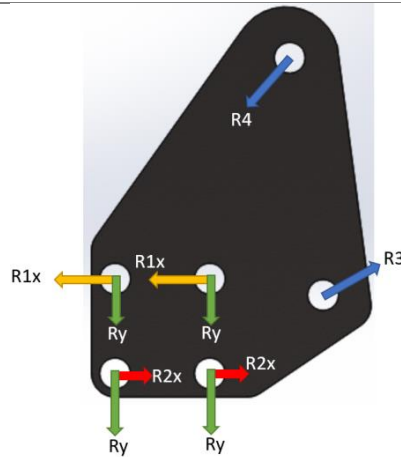


F_{ccd} : Fuerza ejercida por la masa del brazo CD.

R_2 y R_4 : Reacciones de las juntas ancladas a cada barra.

β : Ángulo de la reacción.

Placas de unión

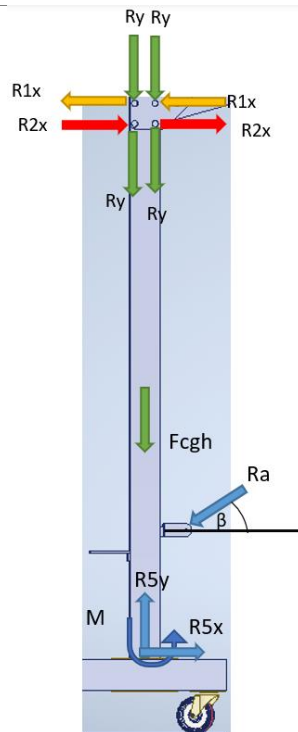


R_x y R_y : Reacciones de las platinas.

R_2 y R_4 : Reacciones de las juntas ancladas a cada barra.

β : Ángulo de la reacción.

Brazo HG



F_{cgh} : Fuerza ejercida por la masa del brazo GH.

R_a : Reacción del actuador.

M : Momento flector de la barra.

R_x y R_y : Reacciones de las platinas.

R_5 : Reacción de la barra GH

β : Ángulo de la reacción.

A partir de los diagramas de cuerpo libre se realizan los cálculos pertinentes para determinar las diferentes reacciones, momentos y ángulos. Utilizando valores conocidos, como la masa del brazo y el ángulo de reacción, obtenidos a través del modelo en SolidWorks se obtuvieron los siguientes resultados en la tabla 22:

Tabla 22. Resultado de reacciones.

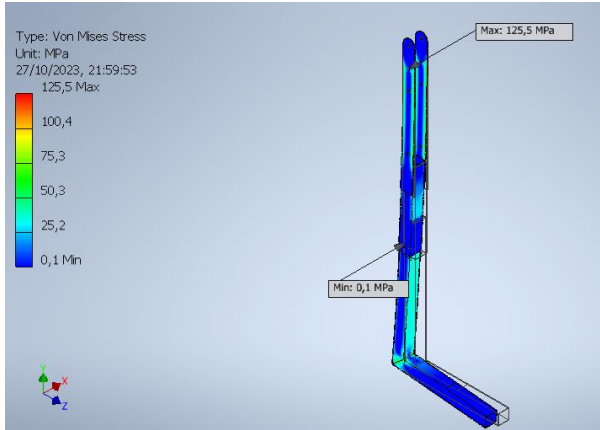
Resultados		Posición a 90°	Posición más alta	Posición más baja
Incógnita	Nomenclatura	Magnitud [N]	Magnitud [N]	Magnitud [N]
Reacción 1	R1	3267.8	3329.9	3477.6
	Rx1	3047.3	3329.1	1782.2
	Ry1	1180	73.87	2986.2
Reacción 2	R2	3047.3	3548.9	3552.13
	Rx2	0	3329.1	1462.7
	Ry2	3047.3	1229.5	3237.4
Reacción 3	R3	2177.7	4716.1	4932.2
	Rx3	2177.7	4010.8	4287.1
	Ry3	0	2480.94	2438.7
Reacción 4	R4	3047.3	3551.9	3652.1
	Rx4	0	3509.7	3378.4
	Ry4	3047.3	545.89	1387.2
Reacción 5	R5	1628.9	5278.8	5455.1
	Rx5	438.8	4372.9	4239.8
	Ry5	1568.7	3224.8	3432.6
Reacciones Platinas	R1x	3524.2	3840.6	4347.4
	R2x	3086.02	4372.9	4238.3
	Ry	5229.1	5129.4	5239.1
Reacciones Actuador	Ra	2175.8	4293.1	4489.4
	Rax	877	2817.61	2723.4
	Ray	1991.2	3239.1	3569

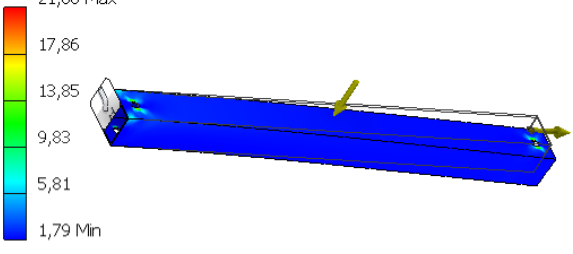
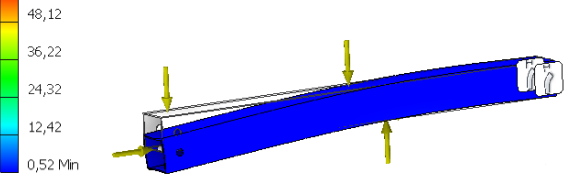
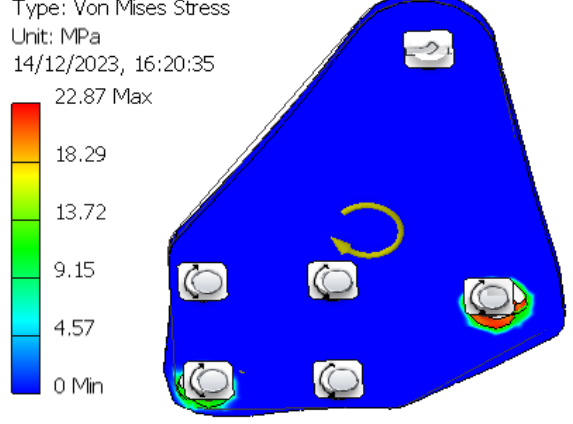
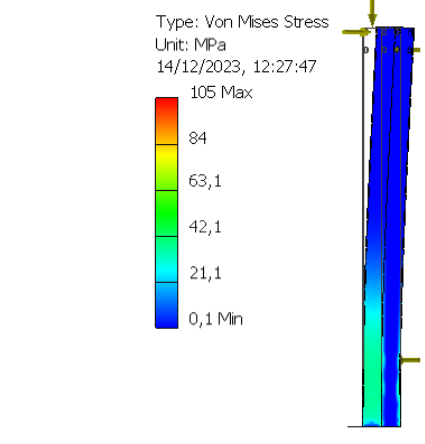
En el anexo A se presentan los cálculos que se realizaron para esta sección.

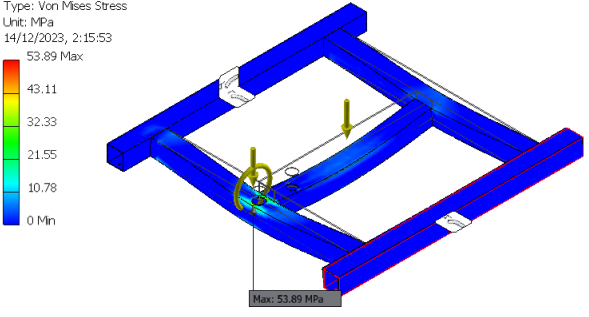
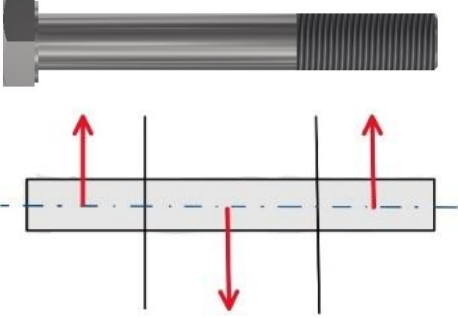
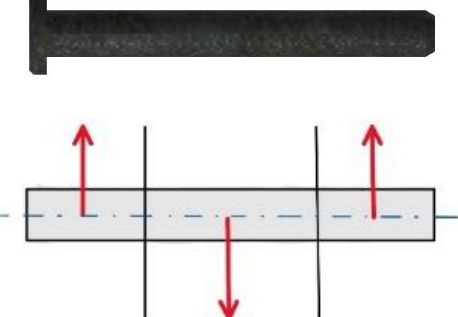
Simulación Esfuerzos Estática

Para justificar los resultados obtenidos en los cálculos de estática se realizaron simulaciones considerando la condición inicial del peso que debe cargar la grúa (110 kg). Partiendo de esto se obtienen resultados de esfuerzos máximos y mínimos, además de su factor de seguridad considerando que el material es acero A36. En la tabla 23 se muestran los resultados de dichas simulaciones de cada componente de la grúa con su esfuerzo máximo de Von Mises.

Tabla 23. Resultados de simulaciones.

Componente	Simulación CAD	Piezas	Resultados
Brazo Articulado de Asiento		Platina	Concentración de esfuerzos: 96.3 MPa Esfuerzo CAD: 100.4 MPa Factor de seguridad: 2.96
		Tubo 60x60x2	Esfuerzo Máx.: 62.4 MPa Esfuerzo CAD: 55.209 MPa Factor de seguridad: 4.43
		Tubo 50x50x2	Esfuerzo Máx.: 47.2 MPa Esfuerzo CAD: 50.3 MPa Factor de seguridad: 5.19
		Actuador 2 (20 in, 3000N)	Esfuerzo Máx.: 1080 MPa Factor de Seguridad: 2.77

<p>Brazo Articulado Superior</p>	<p>Type: Von Mises Stress Unit: MPa 14/12/2023, 14:30:24 21,88 Max</p> 	<p>N/A</p>	<p>Concentración de esfuerzos: 24.035 MPa Esfuerzo CAD: 21.88 MPa Factor de seguridad: 11.39</p>
<p>Brazo Articulado Inferior</p>	<p>Type: Von Mises Stress Unit: MPa 14/12/2023, 14:38:34 60,03 Max</p> 	<p>N/A</p>	<p>Concentración de esfuerzos: 24.035 MPa Esfuerzo CAD: 21.88 MPa Factor de seguridad: 11.39</p>
<p>Placas de Unión</p>	<p>Type: Von Mises Stress Unit: MPa 14/12/2023, 16:20:35 22.87 Max</p> 	<p>N/A</p>	<p>Esfuerzo Máx.: 47.2 MPa Esfuerzo CAD: 22.87 MPa Factor de seguridad: 10.81</p>
<p>Mástil</p>	<p>Type: Von Mises Stress Unit: MPa 14/12/2023, 12:27:47 105 Max</p> 	<p>Mástil</p>	<p>Concentración de esfuerzos: 88 MPa Esfuerzo CAD: 105MPa Factor de seguridad: 2.78</p>
		<p>Conexión Actuador 1 (12 in, 6000N)</p>	<p>Fuerza Máxima: 2896 N Factor de Seguridad: 2.07</p>

Plataforma	<p>Type: Von Mises Stress Unit: MPa 14/12/2023, 2:15:53 53.89 Max</p> 	Largueros Laterales	Esfuerzo Teórico: 58.55 MPa Esfuerzo CAD: 46.81 Factor de seguridad: 4.18
		Larguero Central	Esfuerzo Teórico: 33.24 MPa Esfuerzo CAD: 33.3 Factor de seguridad: 7.37
		Travesaño anterior	Esfuerzo Máx.: 47.83 MPa Esfuerzo CAD: 43.11 Factor de seguridad: 5.12
		Travesaño posterior	Esfuerzo Teórico: 51.22 MPa Esfuerzo CAD: 44.91 Factor de seguridad: 4.78
Pernos M12X1.25		N/A	Esfuerzo Cortante Máximo: 50 MPa (Para todos los pernos) Factor de Seguridad: 2.5
Pines de actuador		N/A	Esfuerzo Cortante Máximo: 21.48 MPa Factor de Seguridad: 2.17

Plan de prueba

La implementación de un plan de pruebas integral, que incluya aumentos progresivos de carga, así como pruebas detalladas de movimiento e inclinación, se vuelve obligatoria en el diseño y la producción de grúas. Este enfoque metodológico se basa en la necesidad no solo de la resistencia estructural de la grúa, sino también de su capacidad para operar de manera segura y eficiente en diversas condiciones. Los aumentos graduales de carga permiten evaluar la resistencia y la estabilidad de la grúa en diferentes condiciones operativas, garantizando que pueda manejar cargas máximas de manera confiable. Por otro lado, las pruebas de movimiento e inclinación son necesarias para garantizar que la grúa pueda moverse y operar en diversas ubicaciones, manteniendo niveles óptimos de seguridad. Este enfoque proactivo de las pruebas no solo identifica posibles debilidades de diseño, sino que también respalda la entrega de grúas que cumplen con los más altos estándares de rendimiento y seguridad en situaciones del mundo real. En la tabla 24 se indica el plan de pruebas que se realizaron por día.

Tabla 24. Plan de prueba.

	DESCRIPCIÓN	PESO [kg]	FECHA	DURACIÓN [DÍAS]	# PRUEBAS	OBSERVACIONES
1	Prueba de movilidad sin contrapeso.	0	28-11-23	1	>10	Funcionamiento correcto y facilidad para subir desniveles.
2	Prueba de movilidad con contrapeso.	206.77	28-11-23	1	>10	Funcionamiento correcto en superficies planas y complicaciones para subir desniveles
3	Se prueba el mecanismo de la grúa sin añadir ningún peso adicional.	0	01-12-23	1	5	El funcionamiento es correcto
4	Se prueba el mecanismo de la grúa añadiendo únicamente 16kg de peso muerto.	16	02-12-23	1	12	El funcionamiento es correcto

5	Se prueba el mecanismo de la grúa añadiendo únicamente 32kg de peso muerto.	32	03-12-23	1	12	El funcionamiento es correcto
6	Se prueba el mecanismo de la grúa añadiendo únicamente 48kg de peso muerto.	48	04-12-23	1	12	El funcionamiento es correcto
7	Se prueba el mecanismo de la grúa añadiendo únicamente 64kg de peso muerto.	64	05-12-23	1	12	El funcionamiento es correcto
8	Se prueba el mecanismo de la grúa añadiendo el peso de una persona de 64kg.	67	06-12-23	1	8	La grúa sufre un imprevisto en el motor en la 5 prueba, y se deja un tiempo para volver a operarlo.
9	Se prueba el mecanismo de la grúa añadiendo el peso de una persona de 64kg más un bloque de hormigón.	83	07-12-23	1	8	El motor sufrió un sobre esfuerzo, se reemplazó y se continuo con las pruebas
10	Se prueba el mecanismo de la grúa añadiendo el peso de una persona de 64kg más dos bloques de hormigón.	99	08-12-23	1	8	El funcionamiento es correcto
11	Se prueba el mecanismo de la grúa añadiendo el peso de una persona de 70kg.	70	09-12-23	1	10	El funcionamiento es correcto
12	Se prueba el mecanismo de la grúa añadiendo el peso de una persona de 64kg más un bloque de hormigón.	86	11-12-23	1	8	El funcionamiento es correcto
13	Se prueba el mecanismo de la grúa añadiendo el peso de una persona de 64kg más dos bloques de hormigón.	102	12-12-23	1	8	El funcionamiento es correcto
14	Se prueba el mecanismo de la grúa añadiendo el peso de una persona de 64kg más tres bloques de hormigón.	110	13-12-23	1	8	El funcionamiento es correcto

Durante las pruebas, al aplicar un peso de 83 kg en la grúa, se identificó un fallo en el motor, lo que requirió su sustitución por un componente funcional adicional. Posteriormente, con el nuevo motor, se prosiguió con las pruebas de funcionamiento, alcanzando finalmente el peso objetivo de 110 kg. En las figuras 49 y 50, se presentan las pruebas realizadas en donde se usaron bloques de hormigón para el peso muerto.



Figura 49: Pruebas realizadas de la grúa con 0 kg.



Figura 50: Pruebas realizadas de la grúa con 48 kg.

Por comodidad, pasados los 60 kg de peso se reemplazaron los pesos muertos por una persona como se muestra en la figura 51 y para llegar al peso máximo se añadieron gradualmente unos pocos bloques de hormigón.



Figura 51: Pruebas realizadas de la grúa con 100 kg.

A continuación, el enlace de video pruebas: https://youtu.be/ZMuJbcu_1nk

Pruebas de velocidad según la norma ISO 10535

En la norma se especifica que la velocidad de elevación y descenso no debe ser superior a 0.15 m/s cuando la grúa está cargada, y no debe superar los 0.25 m/s cuando ésta se encuentra descargada.

Para comprobar que la grúa se encuentra dentro de estos límites se tomó el tiempo de carrera de cada actuador lineal desde el momento que el actuador está completamente comprimido hasta que llega a su máximo alcance, detallado en la tabla 25. Se realizaron varias mediciones debido a las incertidumbres y se tomó el promedio de todas las pruebas con la grúa descargada y cargada con 48kg. En la norma no se especifica un límite de velocidad de rotación, sin embargo,

se tomará en cuenta los mismos límites que se especifican para el movimiento vertical. A continuación, se muestra una tabla con los resultados obtenidos de velocidades.

Tabla 25. Carrera actuadores.





Componentes	Movimiento	Grúa Descargada	Grúa Cargada
Actuador 1 (18in)	Elevación	0.013m/s	0.0078m/s
	Descenso	0.013m/s	0.0078m/s
Actuador 2 (20in)	Elevación	0.012m/s	0.0082m/s
	Descenso	0.012m/s	0.0082m/s
Motor	Rotación	4.28 rpm	3.33rpm




Seguridad a través del diseño

Integrar la seguridad en cada fase de diseño es un requisito clave a la hora de diseñar y fabricar grúas. La seguridad no es sólo un complemento, sino un principio rector que influye en todas las decisiones de ingeniería y fabricación. Desde el diseño inicial hasta la implementación final, es prioridad desarrollar grúas que no sólo sean eficientes y funcionales, sino que también proporcionen un entorno seguro y confiable para usuarios y cuidadores. Este enfoque proactivo permite identificar y abordar riesgos potenciales en las primeras etapas del proceso de diseño, garantizando que la seguridad esté integrada en cada componente y aspecto de la elevación. Después de analizar y considerar los riesgos en el uso de este tipo de grúas, se buscó solucionar o disminuir cada uno de estos riesgos. En la tabla 26 se puede observar cada componente de seguridad implementado en el equipo con el fin de mantener una grúa con mayor seguridad, movilidad y ergonomía.

Tabla 26. Seguridad a través del diseño.

Elemento	Descripción	Imagen
Ruedas con bloqueo	La grúa posee 4 ruedas capaces de soportar 120 kg cada una. Dos de ellas cuentan con un sistema de bloqueo para evitar el desplazamiento repentino de la grúa.	
Arneses en la silla	La silla cumple con dos pares de arneses. El primero se ajusta en el pecho de la persona de arriba hacia abajo, y la otra ajusta en la cintura.	
Tie down para adoquines	Los tie downs se ajustan a los adoquines para que estos eviten el desplome y cause un accidente. Estos se anclan a la base de la grúa.	
Tuerca de seguridad	El mástil rotor cuenta con una tuerca de seguridad para evitar el desprendimiento de la base, por el momento flector causado por la persona.	

<p>Soporte de eje</p>	<p>El eje de transmisión que va dentro del mástil tiene un soporte inicial para darle un mejor estabilizador cuanto los engranajes actúen, y también cuanto tienda a flejar el mástil.</p>	
<p>Rieles de guiamiento</p>	<p>Estos rieles alinean al tubo en L en el centro del tubo de mayor dimensión, para evitar el contacto y desgaste cuando el actuador lineal se accione y genere la posible fricción. Con esto no existe un sobreesfuerzo en el actuador, ni desgaste del tubo.</p>	
<p>Paro de emergencia</p>	<p>Botón de emergencia en caso de un mal funcionamiento, o mal operación del usuario corta inmediatamente la corriente proporcionada a los actuadores.</p>	
<p>Caja de seguridad</p>	<p>Mantiene firme y aislados los componentes electrónicos para evitar el enredamiento y el contacto entre cables, para evitar un corto circuito.</p>	

	También ayuda a mantener los dispositivos fuera del contacto del agua.	
Soporte estabilizador de motor	Soporte soldado a la base y empernada al motor para estabilizar el motor al momento de transporte, y tiempo de operación; con el fin de reducir la fatiga.	
Refuerzos tubo de empuje	Refuerzos en triangulo soldados en la base para evitar la deformación de los tubos al momento de la movilización, y el desprendimiento de este.	
Tapa	La tapa ayuda a aislar el motor con el agua. Además, es un gran soporte para el panel de control, y mejor comodidad del operario. La tapa cuenta con compuerta que permiten al usuario acceder a los engranajes y adoquines de manera segura.	

Trabajos a futuro

El prototipo presentado en este proyecto cumple con varios de los requerimientos planteados por el cliente, sin embargo, se considera que existen mejoras y cambios que se pueden implementar para mejorar la experiencia y comodidad del usuario y del cliente.

- **Velocidad de giro**

Durante la fase de pruebas con el motor AC se observó que sería mejor reducir la velocidad de giro. Para ello se proponen dos soluciones: el cambio del sistema de engranajes por uno que ofrezca una relación de transmisión mayor, o el cambio de motor por uno con igual o mayor torque, pero con una velocidad menor.

- **Movilidad**

La implementación de un motor reductor implicó la conexión a corriente directa de 110V, durante el accionamiento de la rotación; impidiendo la movilidad completa de la grúa. Como trabajos a futuro se plantean algunas posibles soluciones de mejora. Una de ellas es la adquisición de un inversor de 12 V a 110V, con una capacidad de 4000 W como se muestra en la figura 52.



Figura 52. Inversor de 12 V a 110V de 4000W.

- **Batería**

Debido a que el motor reductor tiene una potencia de 0.5 hp y un amperaje de 6 A, es necesario la adquisición de una batería de mayor amperaje para soportar la operación de los actuadores y el motor, para que no haya caídas de potencia. De esta forma se puede usar únicamente la batería de 12 V como fuente de alimentación.

- **Motor**

Otra posible solución que se plantea es la importación de un motor reductor de corriente directa de alto torque. Se propone el motor que se muestra en la figura 53:



Figura 53: BISON DC Gearmotor

Este motor reductor de la marca GRAINGER es capaz de proveer 37.5 Nm de torque a 10 rpm de velocidad, con lo cual cumple con los requerimientos de torque y velocidad necesarios, ya que el motor AC implementado al final tenía una velocidad muy alta (17 rpm) y no era seguro para llevar a cabo el giro del paciente. En el siguiente enlace se puede acceder a la página oficial donde se encuentran las especificaciones detalladas del motor y se puede definir si se realiza o no el cambio: <https://www.grainger.com/product/BISON-DC-Gearmotor-Right-Angle-35TU97>

- **Apoya pies**

Una mejora que puede implementarse en el asiento es el diseño de un apoya pies, como se muestra en la figura 54, para que el paciente tenga una mejor compostura, seguridad y comodidad. Este componente brinda estabilidad y soporte adicional durante la transferencia y el movimiento de la grúa. Facilita la transferencia y posicionamiento para prevenir caídas o movimiento inseguros que ponen en riesgo tanto al paciente como a la persona encargada de brindar su ayuda. Este apoya pies debe ser articulado de tal forma que se pueda retraer y guardar cuando la grúa no se esté usando para reducir el tamaño de guardado de la grúa.



Figura 54. Propuesta de diseño de porta pies.

- **Contrapeso**

Debido a las dimensiones de la grúa la implementación de adoquines como contrapeso es la solución más accesible y económica. Sin embargo, existe la opción de realizar un contrapeso con el agua de la piscina. Implementar un llenado de un tanque para reutilizar el agua de la piscina como contrapeso implica la aplicación de diferentes conceptos de dinámica de sistemas y control, como el esquema de la figura 55. Se tendría que diseñar un sistema de control que regule el nivel del agua por medio de sensores de nivel; colocar actuadores de válvulas de entrada de agua al tanque para regular el flujo de agua hacia el tanque; diseñar un tanque hermético para almacenar el agua; crear la interfaz de usuario con un control PID para optimizar el rendimiento del sistema y mantener el nivel de agua deseado.

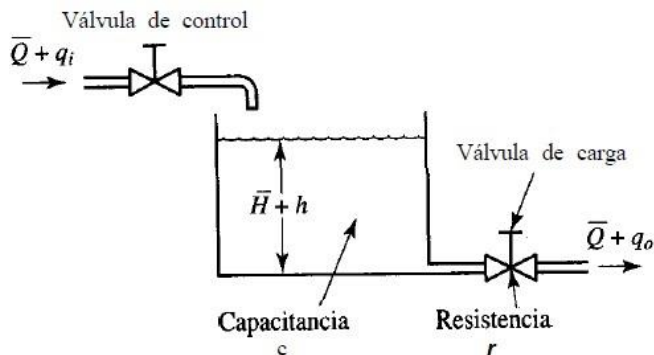


Figura 55. Dinámica de un sistema de nivel de agua.

CONCLUSIONES

Se ha alcanzado con éxito los objetivos planteados, destacando la integración de elementos clave para garantizar la funcionalidad, seguridad y accesibilidad del dispositivo.

En primer lugar, se logró desarrollar una grúa con movimiento vertical y rotativo, capaz de soportar un peso máximo de 110 kg, cumpliendo así con los requisitos de carga especificados. Este logro se traduce en una solución versátil y adaptable a diversas necesidades. La conformidad con las normativas de diseño y seguridad ISO 10535 y ADA 1009 fue un aspecto prioritario durante todo el proceso. La grúa ha sido rigurosamente evaluada para cumplir con las velocidades máximas de movimiento, fuerzas de empuje establecidas, así como los alcances de profundidad y altura definidos por dichas normas. Este enfoque garantiza la seguridad del usuario y la conformidad con los estándares internacionales y locales.

Los criterios ingenieriles fundamentales, incluyendo seguridad, ergonomía y facilidad de uso, fueron coronados de manera integral en el diseño. La implementación de controles intuitivos y sistemas de seguridad robustos contribuye a una experiencia de usuario segura y cómoda, asegurando que la grúa sea accesible para personas con discapacidades. Además, se logró mantener un enfoque económico sin sacrificar la calidad y el rendimiento del producto. El diseño de la grúa

se caracteriza por una eficiencia en costos que la posiciona como una alternativa más accesible en comparación con otras grúas disponibles en el mercado.

En base al propósito del proyecto se considera que los resultados obtenidos han sido satisfactorios. Los requerimientos de peso máximo, material, tipo de silla, sistema de contrapeso, sistema de giro y altura máxima se han cumplido y se ha logrado realizar pruebas de funcionamiento, satisfaciendo las especificaciones establecidas por el cliente en cuanto a limitaciones de altura, movilidad, sumergimiento y facilidad de manejo. El requerimiento de peso de 65 kg no se pudo satisfacer ya que se optó por una grúa completamente móvil sin necesidad de preinstalación, por lo cual se utilizó un sistema de contrapeso modular de bloques con el que la grúa llega a pesar 306 kg en total.

Durante el proceso de pruebas se presentaron complicaciones con el motor seleccionado inicialmente, ante lo cual se recurrió a la búsqueda de motores a nivel nacional, optando finalmente por el cambio a un motor de corriente alterna con la potencia suficiente para cumplir con los requerimientos. El periodo de pruebas fue crucial para verificar el correcto funcionamiento del diseño propuesto. Este proceso, que incluyó ajustes necesarios durante la fase de pruebas, culminó con la construcción y puesta en funcionamiento exitosa de una grúa que cumplió con las expectativas del cliente, demostrando la eficacia del enfoque de simulación y diseño implementado.

En resumen, el proyecto ha alcanzado con éxito sus objetivos, proporcionando una solución integral y eficiente para la movilidad de personas discapacitadas en piscinas. La grúa de piscina diseñada no solo cumple con las expectativas en términos de funcionalidad y seguridad, sino que también se destaca por su enfoque accesible y rentable. Este proyecto representa un paso

significativo hacia la mejora de la calidad de vida de las personas con discapacidades, brindando una herramienta esencial para su participación plena en actividades recreativas.

REFERENCIAS

American Society for Testing and Materials (ASTM). (2017). A240/A240M-17: Standard Specification for Stainless Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling. West Conshohocken, PA: ASTM International.

American Society for Testing and Materials (ASTM). (2017). A36/A36M-17: Standard Specification for Structural Steel Grades A36 and A283. West Conshohocken, PA: ASTM International. Recuperado de https://www.academia.edu/7369425/ASTM_SPECIFICATIONS_SPECIFICATION_A36_A36_A36_A36_A131_Type_of_Steel_Carbon_Carbon_Carbon_Carbon_Carbon_Requirements_for_Delivery_A6_A6_A6_A6_A6

Angamarca Burgos, C. M. (2022). Dispositivo para el ingreso de personas con movilidad reducida a piscinas de rehabilitación [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12243>

Banco de Desarrollo el Ecuador. (2023). EL TURISMO COMO HERRAMIENTA DE DESARROLLO NACIONAL. Recuperado de <https://bde.fin.ec/turismo-2/>

Compliance, A. (2023). *1009 Swimming Pools, Wading Pools, and Spas - ADA Compliance - ADA Compliance*. Ada-Compliance.com. <https://www.ada-compliance.com/ada-compliance/1009-swimming-pools-wading-pools-and-spas>

CONADIS. (2022). Estadística de discapacidad. Gobierno del Ecuador. Recuperado de <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>

Dhanoosha, M., & Reddy, V. G. (2016). Detail Design and Analysis of A Free Standing I Beam Jib Crane. *International Research Journal of Engineering and Technology*. www.irjet.net

Instituto de la Construcción (ICI). (2023). *Hormigón adoquín: características y aplicaciones*. Madrid, España: ICI.

Ley Orgánica de Discapacidades, Pub. L. No. Art. 58, 14 (2012).

Ministerio de Inclusión, Económica y Social. 2017. Caracterización del servicio de personas con discapacidad. Recuperado de <https://info.inclusion.gob.ec/index.php/informes-pcdusrext/2017-inf-pcd-usrint?download=216:informe-personas-con-discapacidad-octubre>

Morales, L., Caro, J., Amador, B., & García, J. (2021). Diseño de dispositivo mecánico para el traslado de pacientes con discapacidad motriz. *Revista UIS Ingenierías*, 21(1), 1–14. <https://doi.org/10.18273/revuin.v21n1-2022001>

NOLAN, J. E. Swimming pool chair lift. U.S.: Pat. 4.221.008, 1980.

NORTON, R. (2011). *Diseño de máquinas*. Cuarta Edición. Pearson.

Sanchez, G., Loyola, M., Janer, D., Fábregas, F., & Santoyo, C. (2007). *Actividad acuática adaptada en el tratamiento rehabilitador interdisciplinario de la esclerosis múltiple*.

Shigley, J. E., Nisbett, J. K., & Budynas, R. G. (2019). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. McGraw-Hill Interamericana.

S.R. Smith. (2011). POOL ACCESS EQUIPMENT SERIOUS EQUIPMENT • SERIOUS FUN
• ACCESS FOR ALL.R. Smith. (2012). History and Evolution of Swimming Pool Lifts.

VARGORT. (2020). Arandelas de plástico teflón. Recuperado de

<https://www.vargort.com/productos/plastico-ptfe-teflon/arandelas-de-plastico-teflon/#:~:text=Ventajas%20de%20nuestras%20arandelas%20de%20pl%C3%A1stico%20PTFE&text=>

Williams, J. C. (2018). Corrosion Engineering: Principles and Practice (3rd ed.). New York, NY: McGraw-Hill Education.

ANEXOS

Anexo A: Cálculos

Se realizan los cálculos y simulación para cada componente o pieza de la grúa para conocer las fuerzas y esfuerzos que se están aplicando. Estos cálculos incluyen estática, dinámica, mecanismos y factor de seguridad.

Torque del Motor

Se usa la siguiente fórmula del torque:

$$\tau = I * \alpha$$

Se emplean las distancias y cargas indicadas en la figura 56 con el propósito de calcular la inercia necesaria para el torque que debe tener el motor para el giro del brazo de la grúa.

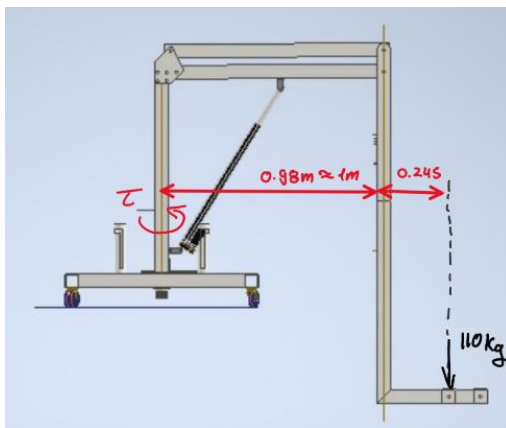


Figura 56: Medidas para cálculo de torque.

$$I = M * d^2$$

$$I = 110kg * 1.245^2m^2$$

$$I = 170.5 kg * m^2$$

Se usan las fórmulas de cinemática.

$$V_f = V_0 + at$$

$$a = \frac{V_f}{t}$$

$$a = \frac{0.15 \frac{m}{s}}{0.15s} = 1 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha = \frac{a}{r}$$

$$\alpha = \frac{1 \frac{m}{s^2}}{1.245m} = 0.803 \text{ rad/s}^2$$

Con estos datos se obtiene el siguiente torque:

$$\tau = 170.5 \text{ kg} * m^2 * 0.803 \frac{\text{rad}}{s^2} = 136.91 \text{ Nm}$$

Estática

Posición perpendicular

En la figura 57, se presentan los puntos de referencia utilizados para la realización de los diversos cálculos estáticos.

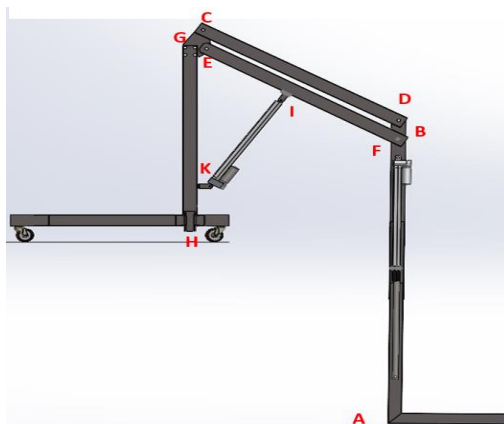


Figura 57. Esquema de puntos de referencia.

Estática para el brazo articulado de asiento

El brazo AB tiene tres componentes; la parte de abajo que puede subir y bajar gracias al actuador que se encuentra adentro, y la parte de arriba que sostiene al actuador. Sin embargo, para el cálculo estático no se consideran estos componentes ya que estos se convierten en una sola.

Se parte de este brazo, ya que, ahí se tiene el peso máximo que debe soportar la grúa para obtener las fuerzas de reacción en cada punto. En la barra AB existe el peso del material, el peso de 110 kg y las reacciones en los agujeros. En la figura 58 se muestra un diagrama de las fuerzas que tiene esta barra:

Se tienen tres incógnitas: R_2 , R_{1x} y R_{1y} . Las cuales se pueden calcular con un sistema de ecuaciones usando sumatoria de fuerzas y sumatoria de momentos.

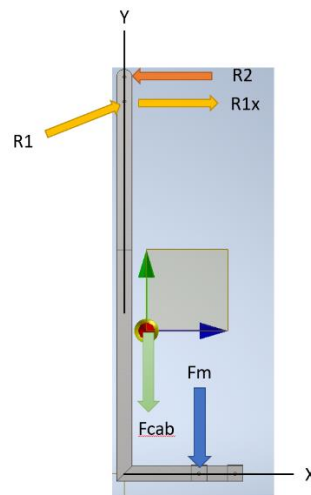


Figura 58. DCL brazo AB a 90°.

Sistema de ecuaciones

Sumatoria de momentos en R1

$$\sum_{R1} M = 0$$

$$-F_m * d_m + R_{x2} * d_{Rx2} - F_{Cab} * d_{Wab} = 0$$

$$R2 = \frac{F_m * d_m + F_{Cab} * d_{Wab}}{d_{Rx2}}$$

$$= 3047.31 [N]$$

Sumatoria de fuerzas en Y

$$\sum Fy = 0$$

$$-R_{y1} + R_{y2} - Fm - Fcab = 0$$

$$R_{y1} = R_{y2} - Fm - Fcab$$

$$R_{y1} = 1180.04 [N]$$

Sumatoria de fuerza en X

$$\sum Fx = 0$$

$$R_{x1} - R2 = 0$$

$$R_{x1} = 3047.31 [N]$$

Diagrama de Momentos

En las figuras 59, 60 y 61 se exhibe el diagrama de momentos y esfuerzos derivados de los cálculos obtenidos a partir de las fuerzas actuantes en el brazo AB.

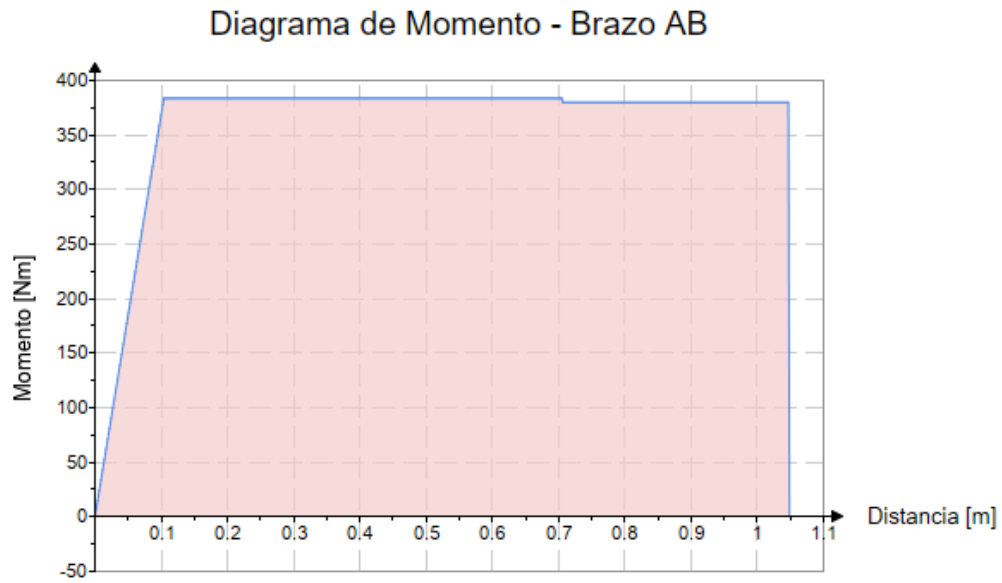


Figura 59. Diagrama de Momento - Brazo AB

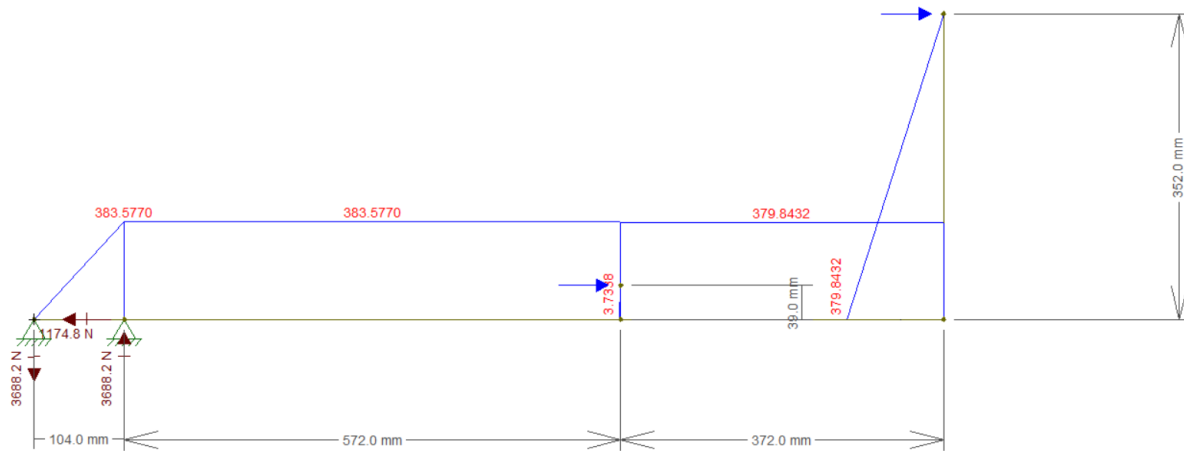


Figura 60. Diagrama de momento sobre el brazo AB

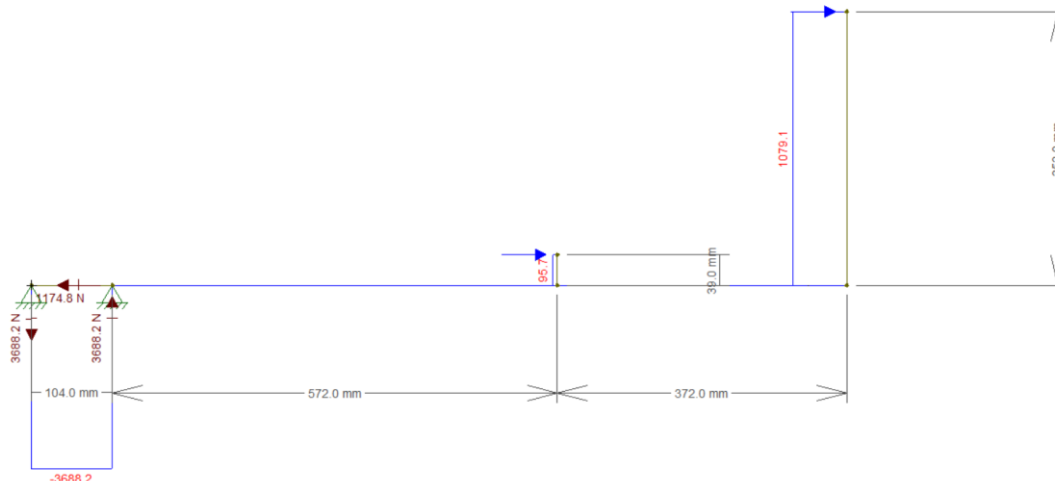


Figura 61. Diagrama de Esfuerzo Cortante - Brazo AB

Cálculo de esfuerzos

$$\sigma_{flexion} = \frac{Mc}{I}$$

Para el cálculo de las inercias hay que considerar que el área seccional es distinta en la parte de arriba con la de abajo. Con esto se obtienen distintos esfuerzos de flexión, pero el mismo axial.

$$I_{arriba} = 260458.667 \text{ mm}^4$$

$$I_{abajo} = 210240 \text{ mm}^4$$

$$c_1 = 30 \text{ mm}$$

$$c_2 = 28 \text{ mm}$$

$$\sigma_{flexion-arriba} = 36.04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{flexion-abajo} = 44.65 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{axial} = F/A$$

$$\sigma_{axial} = 2.54 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

El acero utilizado en la fabricación de la estructura de la grúa corresponde al acero estructural ASTM A36. En la figura 62 se muestra la simulación de Von Mises del brazo articulado móvil AB, donde se encuentra ubicado el asiento de la grúa.

$$S_y = 250 \text{ MPa}$$

$$\eta = 6.35 \text{ (Parte de arriba)}$$

$$\eta = 5.19 \text{ (Parte de abajo)}$$

Máx.: 138,02

von Mises (N/mm² (MPa))

138,02
124,22
110,42
96,615
82,813
69,011
55,209
41,407
27,604
13,802
7,8899e-07

Figura 62: Simulación brazo articulado de asiento parte móvil

En la figura 63 se presenta la simulación FDS llevada a cabo en el software Inventor para analizar las placas instaladas en el brazo articulado. En este contexto, se observa una concentración significativa de puntos de esfuerzo en la región correspondiente al área del orificio destinado al perno.

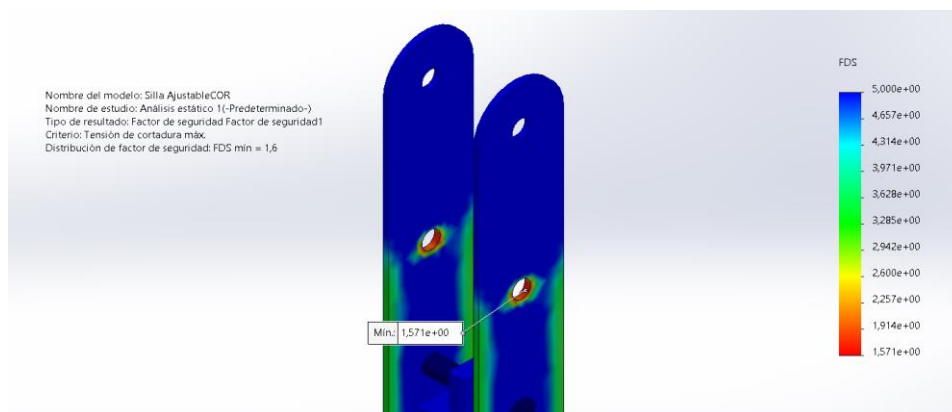


Figura 63: Simulación platinas brazo articulado de asiento

En la figura 64 se muestra la simulación de Von Mises Stress del brazo articulado móvil AB, donde se encuentra ubicado el asiento de la grúa.

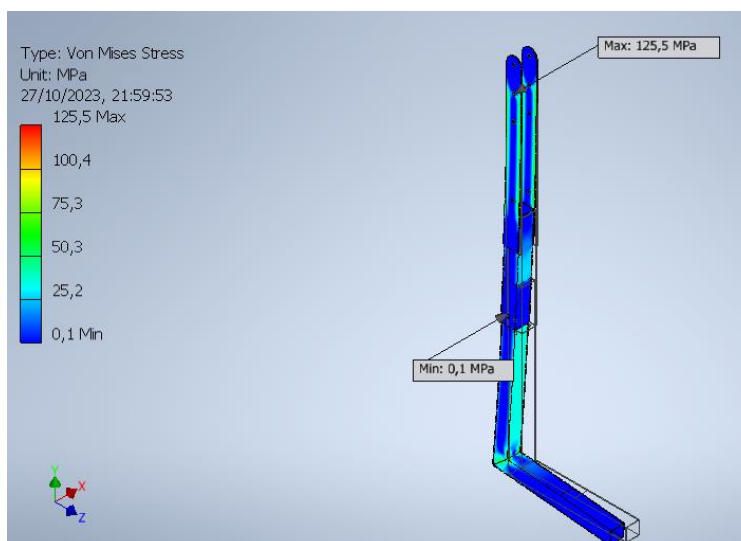


Figura 64: Simulación brazo articulado de asiento subensamblable

Estática para el brazo articulado superior DC

Para efectuar el análisis estático del brazo DC, se tomó en cuenta la orientación de las fuerzas que actúan sobre él, como se ilustra en la figura 65. Este análisis reveló que el brazo se encuentra sometido a fuerzas de tracción.

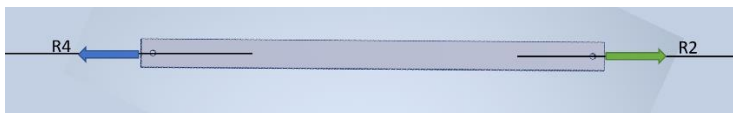


Figura 65: DC brazo articulado superior

$$R_2 = R_4$$

Cálculo de esfuerzos

$$\sigma_{axial} = F/A$$

$$\sigma_{axial} = 6.58 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

Acero estructural ASTM a36

$$S_y = 245 \text{ MPa}$$

$$\eta = 37.21$$

La figura 66 exhibe la simulación de Von Mises Stress aplicada al brazo articulado DC. Este componente, sujeto a fuerzas de tracción, experimenta dichas tensiones debido a sus conexiones con otros elementos de la grúa, siendo sus únicos puntos de unión los extremos del brazo.

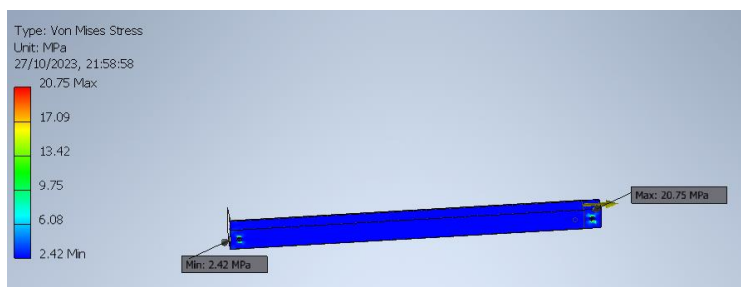


Figura 66: Simulación brazo articulado superior DC

Estática para el brazo articulado inferior EIF

Para efectuar el análisis estático del brazo EIF, se tomó en cuenta la orientación y las fuerzas que actúan sobre él, como se ilustra en la figura 67. Este análisis reveló que el brazo posee diferentes fuerzas con ángulos de acuerdo a sus puntos de conexión.

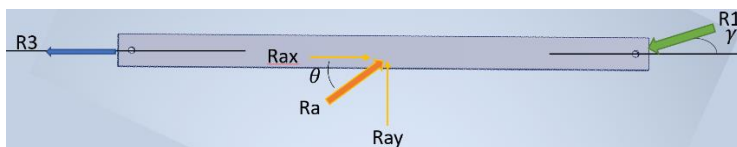


Figura 67: EIF brazo articulado inferior

$$R_{ay} = R_a \text{ sen } \theta$$

$$R_{ax} = R_a \text{ cos } \theta$$

$$W=27.34$$

Sumatoria en R3

$$\sum MR_3 = 0$$

$$-R_{y1} * d_{R3R1} + R_{ay} * d_{R3Ra} + R_{ax} * d_R + w * d_{R3R1/2} = 0$$

$$R_a = 2175.79 [N]$$

$$R_{ay} = \text{sen } \theta * R_a$$

$$R_{ay} = 1991.22 [N]$$

$$R_{ax} = \text{cos } \theta * R_a$$

$$R_{ax} = 876.98 [N]$$

Sumatoria en Y

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{ay} - R_{y1} - w + R_{y3} = 0$$

$$R_{ay} = -783.84 [N]$$

Sumatoria en X

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{ax} - R_{x1} + R_{x3} = 0$$

$$R_{x3} = 2177.65 [N]$$

Cálculo de esfuerzos

$$\sigma_{flexion} = \frac{Mc}{I}$$

$$I = 260458.667 \text{ mm}^4$$

$$c = 30 \text{ mm}$$

$$\sigma_{flexion} = 39.55 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{axial} = F/A$$

$$\sigma_{axial} = 6.58 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

Hierro estructura ASTM a36

$$S_y = 245 \text{ MPa}$$

$$\eta = 7.43$$

En la figura 68 se presenta la simulación de Von Mises Stress aplicada al brazo articulado EIF. Este componente, sometido a fuerzas con un ángulo debido a sus conexiones con otros elementos de la grúa, experimenta fuerzas en los extremos y una fuerza casi en el centro del brazo.

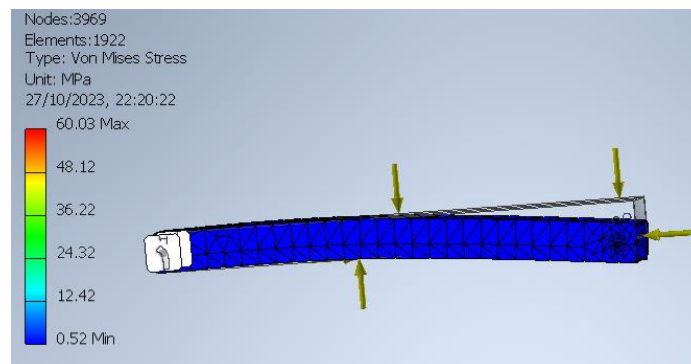


Figura 68: Simulación de esfuerzos brazo articulado inferior EIF

Calculo Placas de unión brazos-mástil

Con el fin de realizar el análisis estático de las placas CGE, se consideró la orientación y las fuerzas que actúan en las uniones de las placas. Este análisis reveló que la placa, al contar con tres uniones distintas experimenta diversas fuerzas como se ilustra en la figura 69.

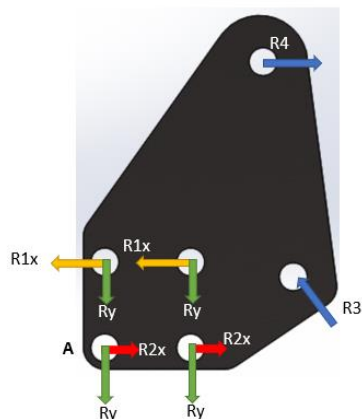


Figura 69: CGE placas de unión brazos-mástil

En la figura 70 se muestra la descomposición de fuerzas presentes en la placa de unión CGE

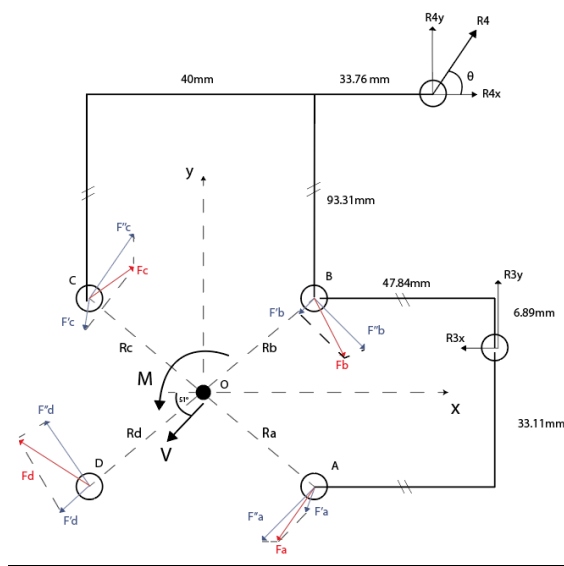


Figura 70: Diagramas de fuerzas placas de unión brazos-mástil (fuerzas descompuestas)

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{3y} + 4R_y = 0$$

$$R_y = -195.96 [N] (\text{para 1 placa})$$

$$R_y = -97.98 [N] (\text{para 2 placas})$$

$$\sum M_A = 0$$

$$2 * R_{1x}(d_{R_{1x}}) + 2 * R_y(d_{R_y}) + R_{3y}(d_{R_{3y}}) + R_{3x}(d_{R_{3x}}) - R_4(d_{R_4}) = 0$$

$$R_{1x} = 3524.2 [N] (\text{para 1 placa})$$

$$R_{1x} = 1762.1 [N] (\text{para 2 placas})$$

$$\sum F_x = 0$$

$$R_4 - 2R_{1x} - R_{3x} - 2R_{2x} = 0$$

$$R_{2x} = 3086.025 [N] (\text{para 1 placa})$$

$$R_{2x} = 1543.01 [N] (\text{para 2 placas})$$

Estática para del mástil GKH

Con el propósito de llevar a cabo el análisis estático en el mástil GKH, se evaluaron la orientación y las fuerzas actuantes en el componente. Se determinó que el mástil experimenta fuerzas de compresión, pero simultáneamente sufre una fuerza de flexión debido a la interacción con el actuador, representada como la fuerza Ra, como se evidencia en la figura 71.

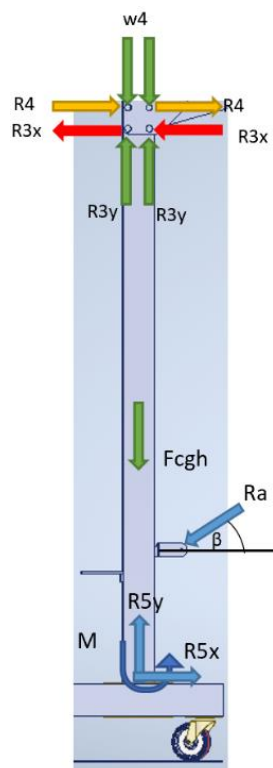


Figura 71: GKH mástil

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{y3} - R_{ay} + R_{5y} - w = 0$$

$$R_{5y} = 1568.7 \text{ [N]}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$R_4 - R_{3x} - R_{ax} + R_{5x} = 0$$

$$R_{5x} = 438.8 \text{ [N]}$$

$$V_{max} = 3047.31 \text{ [N]}$$

Cálculo de esfuerzos

$$\sigma_{flexion} = \frac{Mc}{I}$$

$$I = 260458.667 \text{ mm}^4$$

$$c = 30\text{mm}$$

$$\sigma_{flexion} = 51.56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{axial} = F/A$$

$$\sigma_{axial} = 3.38 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

Hierro estructura ASTM a36

$$S_y = 245 \text{ MPa}$$

$$\eta = 5.08$$

En la figura 72 se presenta la simulación elementos finitos con un total de 6885 nodos en el mallado. Este componente tiene una concentración de esfuerzos en la parte de la union con el actuador denominado como KI

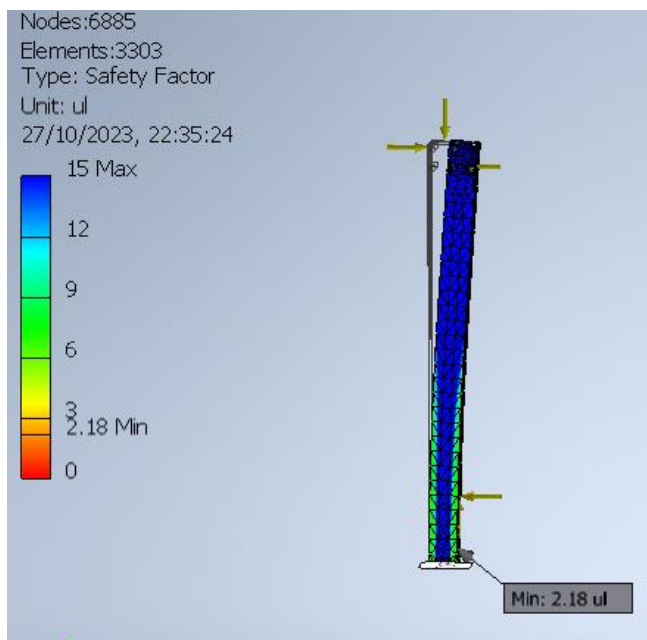


Figura 72: Simulación de esfuerzos en el mástil

Cálculo Plataforma

Para el cálculo de la base se consideran las cargas que se le aplican (peso total de la grúa y contrapeso) y las reacciones que tienen las ruedas con respecto al piso. Como se muestra en la figura 73, se denominan los componentes en los que se debe realizar los cálculos de esfuerzos.

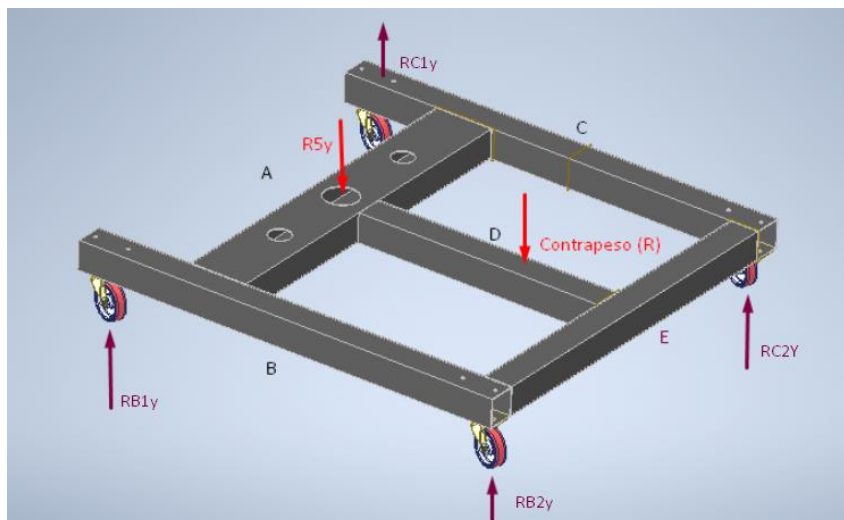


Figura 73: Distribución de fuerzas a lo largo de la plataforma

Travesaño anterior:

En las figuras 74 y 75 se ilustran las fuerzas presentes en los distintos componentes que conforman la plataforma, base de la grúa.

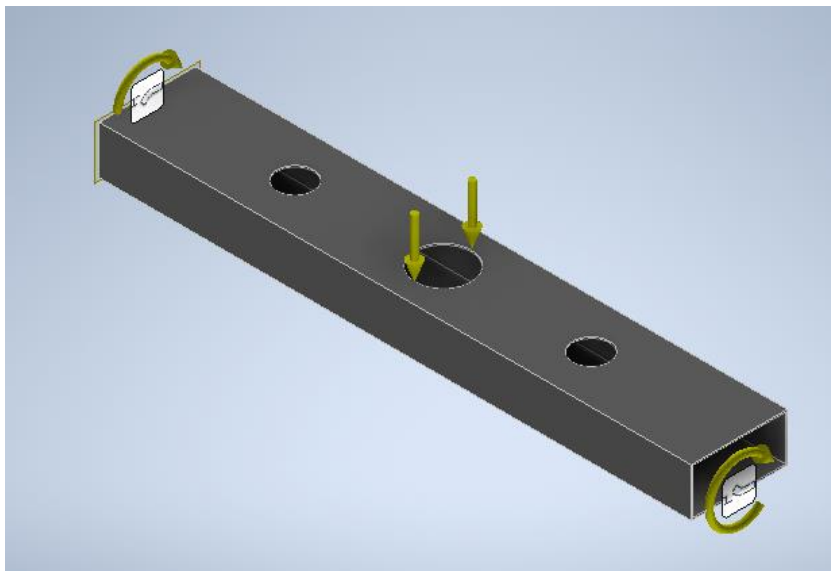


Figura 74: Diagramas de fuerzas 3D travesaño anterior

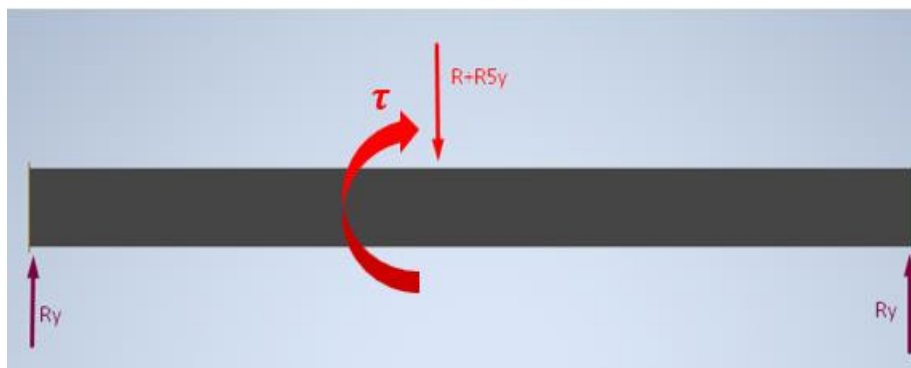


Figura 75: Travesaño

En esta parte se tiene el peso de la grúa ($R5y$) y el peso del contrapeso (R), además como el contrapeso se encuentra a una distancia de la barra A este produce un momento que en la barra se traduce como una torsión.

$$\sum F_y = 0$$

$$2R_y - R_{5y} - R = 0$$

$$R_y = 1674.91 Nm$$

$$M_{max} = R_y * 0.360 = 602.96 [Nm]$$

En la figura 76 se ilustra el diagrama de fuerzas y momentos obtenido del travesaño presente en la base de la estructura de a grúa

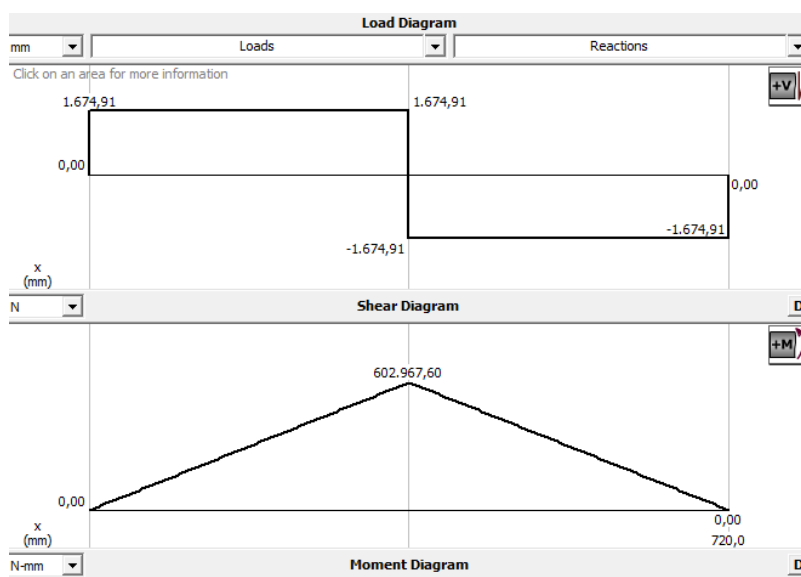


Figura 76: Diagramas de fuerzas y momentos de travesaño anterior

Cálculo de esfuerzos

$$\sigma_{flexion} = \frac{Mc}{I}$$

$$I = \frac{b * h^3}{12} - \frac{b_1 * h_1^3}{12}$$

$$I = 462378.67 \text{ mm}^4$$

$$c = 30mm$$

$$\sigma_{flexion} = 39.12 MPa$$

$$\tau_{xy} = \frac{Tr}{J}$$

$$r = 30mm$$

$$T = 2060N * 0.371m = 764.26 Nm$$

$$J = I * 2$$

$$\tau_{xy} = 8.46 MPa$$

Esfuerzo Von mises:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_x = 39.12MPa$$

$$\sigma_y = 0MPa$$

$$\tau_{xy} = 8.46MPa$$

$$\sigma' = 41.77 MPa$$

En la figura 77 se presenta la simulación de elementos finitos con 6346 nodos, en la cual se observa que los puntos con mayor concentración de esfuerzos corresponden a las áreas de conexión con el mástil. Esta incidencia se atribuye a la presencia de esfuerzos residuales generados por la unión con un área circular.

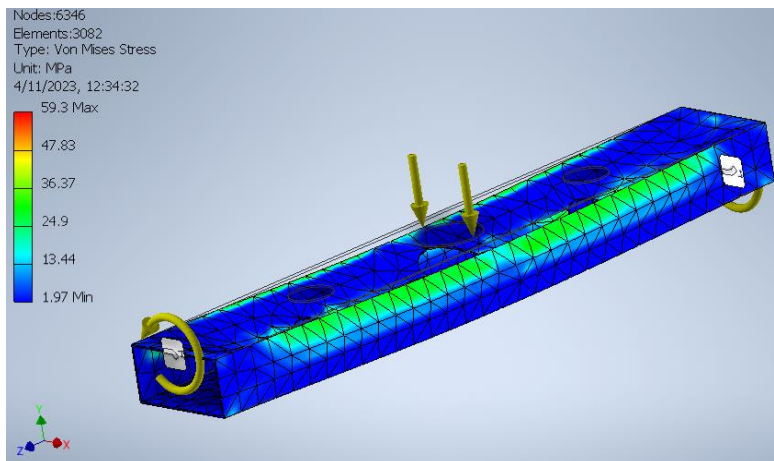


Figura 77: Simulación Travesaño

Factor de seguridad

Hierro estructura ASTM a36

$$S_y = 245 \text{ MPa}$$

$$\eta = 5.86$$

Larguero central:

En la figura 78 y 79 se ilustra dos vistas diferentes que contienen el diagrama de esfuerzos presente en el larguero central de la base.

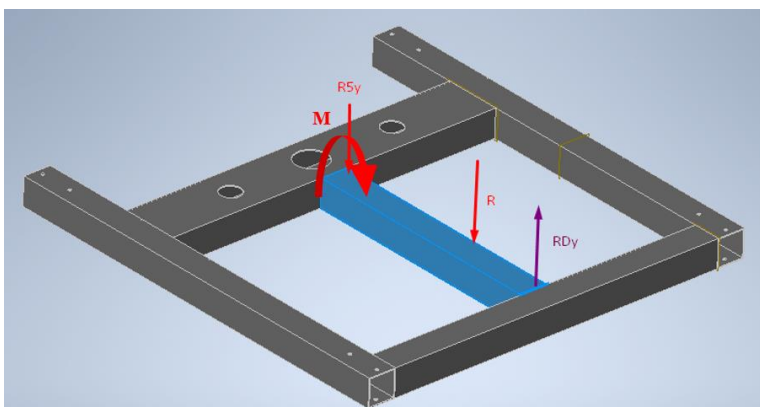


Figura 78: Diagramas de fuerzas 3D larguero central

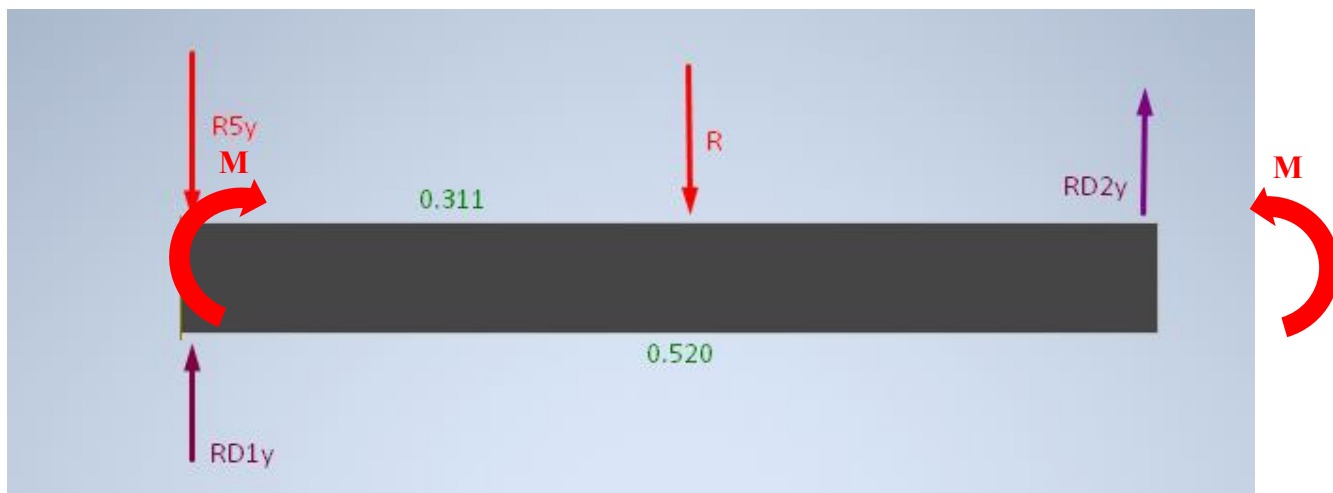


Figura 79: DCL larguero central

Donde:

$$M = 1289.82N * 0.06m = 77.39$$

$$\sum M_{G2} = 0$$

$$R_{5y}(0.520) - M + R(0.209) - R_{G1y}(0.520) = 0$$

$$R_{G1y} = 1968.95N$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{G1y} + R_{G2y} - R_{5y} - R = 0$$

$$R_{G2y} = 1380.87N$$

En la figura 80 se muestra el diagrama de esfuerzos y momentos presentes en el larguero central obtenido así los máximos y mínimos.

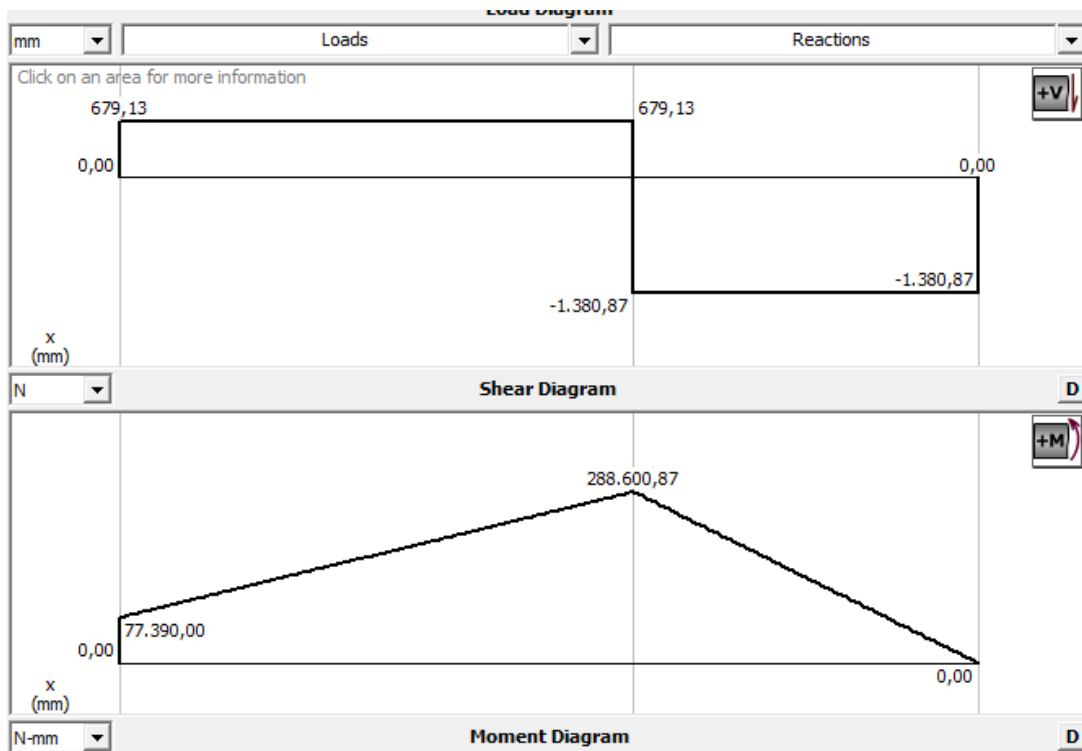


Figura 80: Diagramas de fuerzas y momentos del larguero central

$$M_{max} = 288600.87 \text{ Nmm}$$

Cálculo de esfuerzos

$$\sigma_{flexion} = \frac{Mc}{I}$$

$$I = \frac{b * h^3}{12} - \frac{b_1 * h_1^3}{12}$$

$$I = 260458.67 \text{ mm}^4$$

$$c = 30 \text{ mm}$$

$$\sigma_{flexion} = 33.24 \text{ MPa}$$

En la figura 81 se exhibe la simulación de elementos finitos del larguero central, utilizando una malla compuesta por 3827 nodos. Los resultados indican que no se observa ninguna concentración significativa de esfuerzos que pueda generar una falla en la estructura.

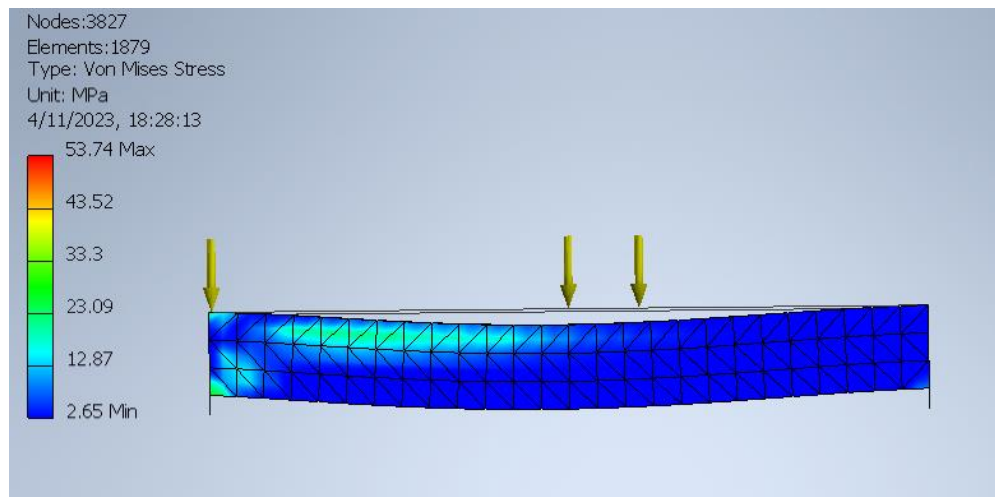


Figura 81: Simulación larguero central

Factor de seguridad

Hierro estructura ASTM a36

$$S_y = 245 \text{ MPa}$$

$$\eta = 7.37$$

Largueros laterales

En la figura 82 se presenta el diagrama de esfuerzos correspondiente al larguero lateral de la base, teniendo en cuenta la conexión de las garruchas a este componente de la estructura base.

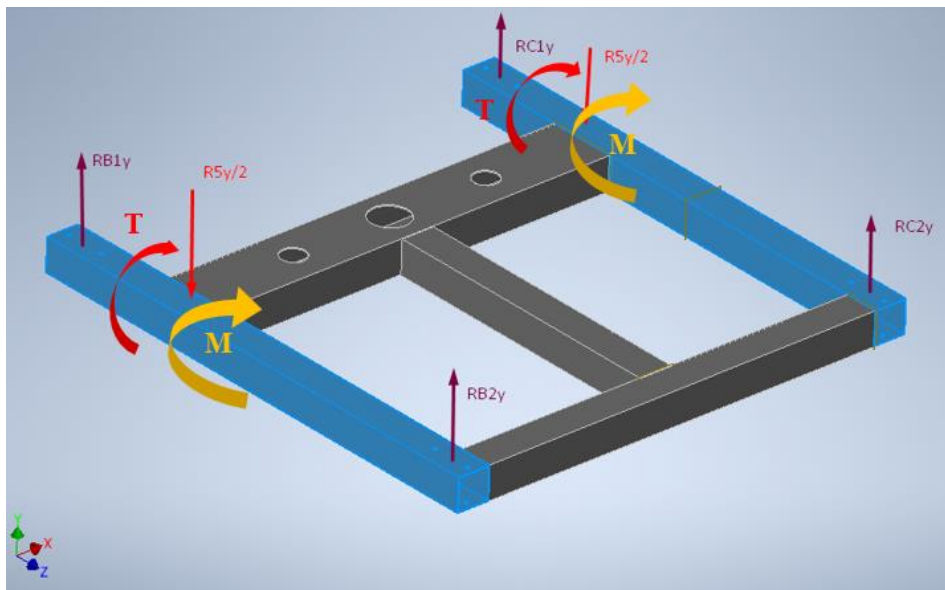


Figura 82: Diagramas de fuerzas 3D largueros laterales

Para estas partes se debe tomar en cuenta que las fuerzas y reacciones que se transmiten con las otras piezas se dividen en dos debido a que se trata de una estructura simétrica y las fuerzas se distribuyen por igual en las partes B y C. Debido a la fuerza del peso de la grúa y la del contrapeso existen fuerzas trasladadas, momentos (M) y Torsión (T). Se llevaron a cabo sumatorias de fuerzas y momentos, y se procedió a comparar los resultados con la información obtenida en la figura 84, resultando en lo siguiente:

Donde:

$$M = M_D = 288.6 \text{ Nm}$$

$$\sum M_{B1} = 0$$

$$-R_y(0.221) - \frac{M_D}{2} + R_{B2y}(0.82) = 0$$

$$R_{B2y} = 655.59 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{B1y} + R_y - R_{B2y} = 0$$

$$R_{B1y} = 1019.37 \text{ N}$$

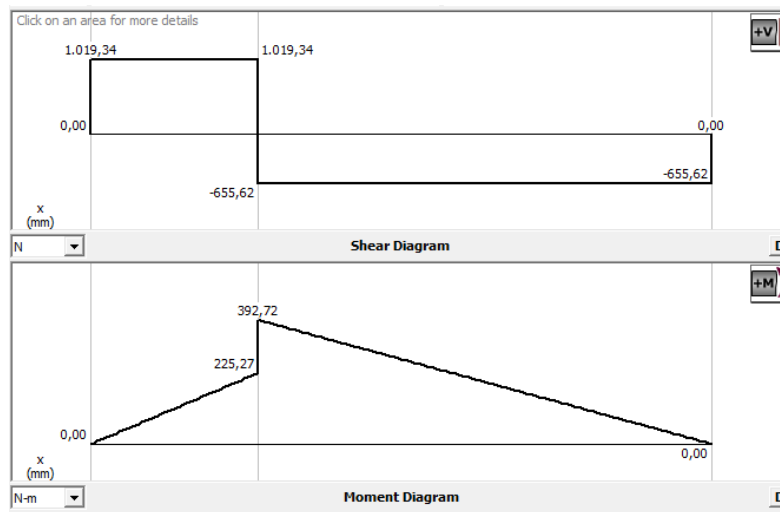


Figura 83: Diagramas de fuerzas y momentos de largueros laterales

Cálculo de esfuerzos

$$M_{max} = 392.72 \text{ Nm}$$

$$\sigma_{flexion} = \frac{Mc}{I}$$

$$I = \frac{b * h^3}{12} - \frac{b_1 * h_1^3}{12}$$

$$I = 260458.67 \text{ mm}^4$$

$$c = 30 \text{ mm}$$

$$\sigma_{flexion} = 45.23$$

$$\tau_{xy} = \frac{Tr}{J}$$

$$r = 30mm$$

$$T = 1289.82N * 0.4m = 515.928 Nm$$

$$J = I * 2$$

$$\tau_{xy} = 21.47 MPa$$

Esfuerzo Von mises:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_x = 45.23MPa$$

$$\sigma_y = 0MPa$$

$$\tau_{xy} = 21.47MPa$$

$$\sigma' = 58.55 MPa$$

Factor de seguridad

Hierro estructura ASTM a36

$$S_y = 245 MPa$$

$$\eta = 4.18$$

En la figura 84 se exhibe la simulación de elementos finitos, caracterizada por una malla conformada por 3971 nodos. Los resultados indican que no se observan niveles significativos de concentración de esfuerzos en la estructura analizada.

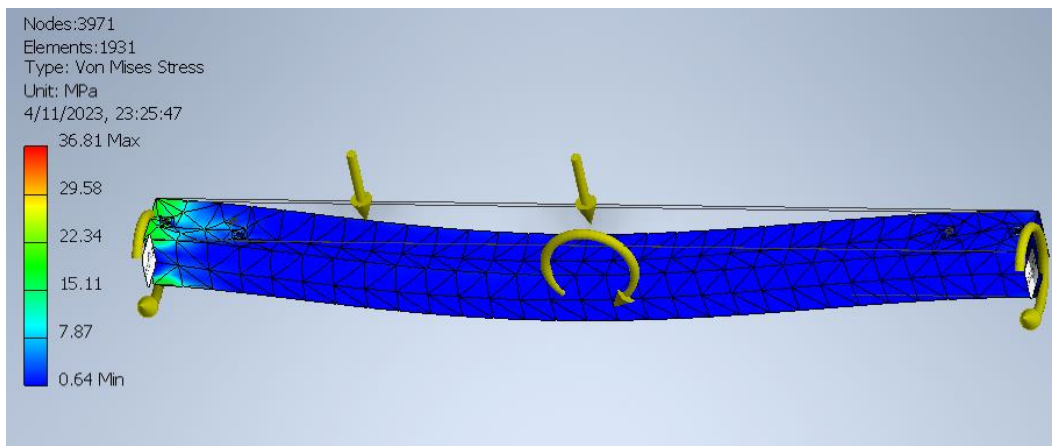


Figura 84: Simulación de esfuerzos de largueros laterales

Travesaño Posterior

En la figura 85 se ilustra las fuerzas presentes en el estaño posterior de la base.

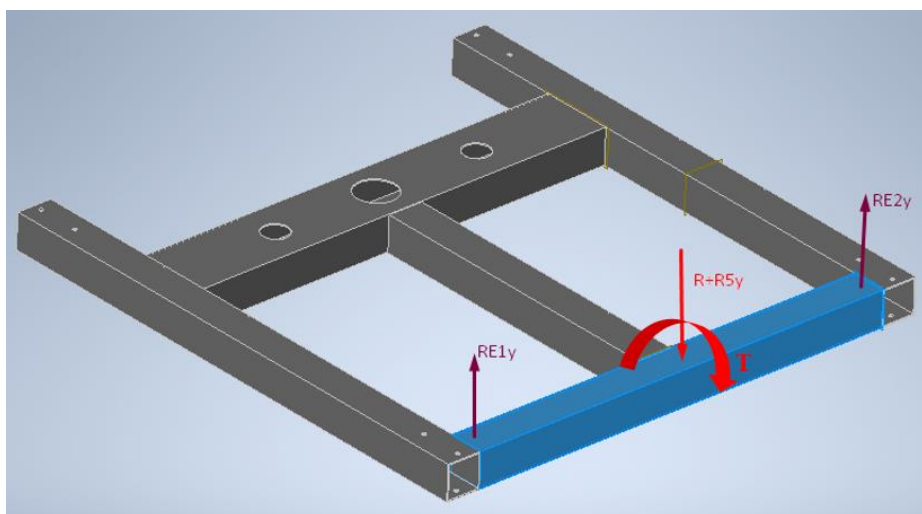


Figura 85: Diagrama de fuerzas 3D travesaño posterior

$$R_{E1y} = R_{E2y} = R_{Ey}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$2R_{Ey} + R + R_{5y} = 0$$

$$R_{Ey} = 1674.91 \text{ N}$$

En la figura 86 se presenta el diagrama de fuerza y momento del travesaño posterior, el cual sirve como punto de referencia para la comparación con los resultados obtenidos a través de fórmulas analíticas.

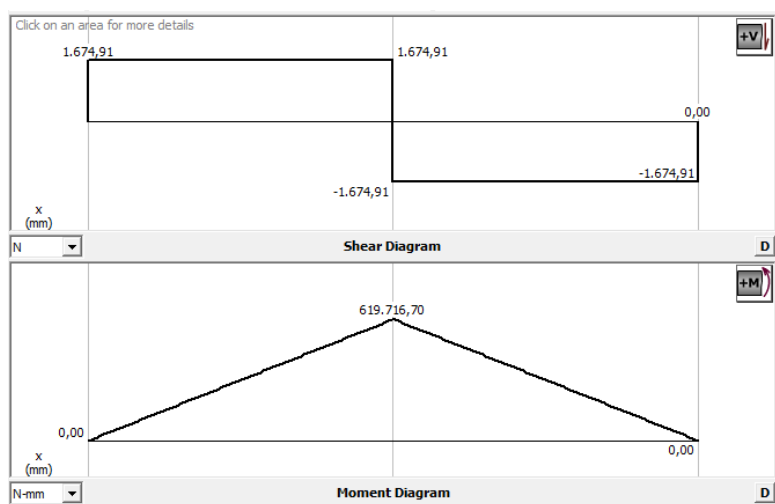


Figura 86: Diagramas de fuerzas y momentos de travesaño posterior

Cálculo de esfuerzos

$$M_{max} = 619.716 \text{ Nm}$$

$$\sigma_{flexion} = \frac{Mc}{I}$$

$$I = \frac{b * h^3}{12} - \frac{b_1 * h_1^3}{12}$$

$$I = 260458.67 \text{ mm}^4$$

$$c = 30mm$$

$$\sigma_{flexion} = 71.37MPa$$

$$\tau_{xy} = \frac{Tr}{J}$$

$$r = 30mm$$

$$T_1 = 2060 * 0.289m = 595.295 Nm$$

$$T_2 = 1289.82 * 0.610m = 786.79 Nm$$

$$T_{total} = 1382.085 Nm$$

$$J = I * 2$$

$$\tau_{xy} = 79.6 MPa$$

Esfuerzo Von mises:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_x = 71.37MPa$$

$$\sigma_y = 0MPa$$

$$\tau_{xy} = 79.59MPa$$

$$\sigma' = 155.25 MPa$$

Factor de seguridad

Hierro estructura ASTM a36

$$S_y = 245 \text{ MPa}$$

$$\eta = 1.58$$

En la figura 87 se ilustra la simulación de elementos finitos, utilizando una malla compuesta por 2734 nodos, que revela una concentración de esfuerzos en la parte inferior del travesaño posterior.

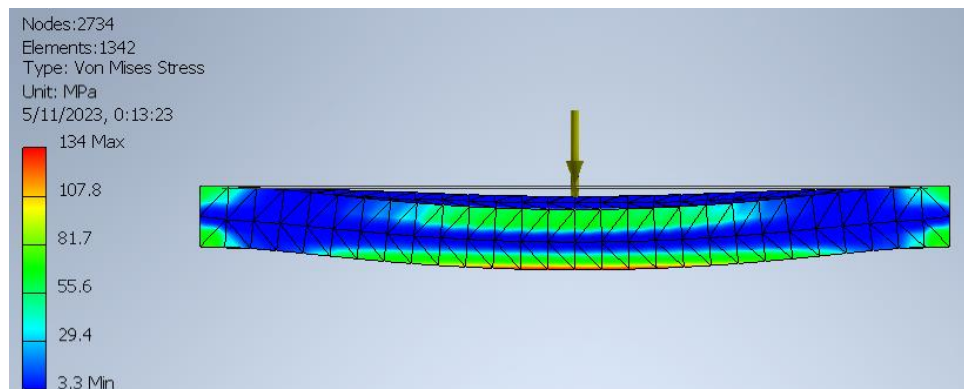


Figura 87: Simulación de esfuerzos travesaño posterior.

Posición más alta y baja

Para el cálculo de ambos casos se tiene el mismo sistema de ecuaciones, al igual que sus incógnitas. Lo diferente uno del otro es la dirección de las reacciones que se tomen en cada parte de análisis. Las distancias, ángulos, y masas para ambos casos serán recolectados del ensamble de CAD modelado como se muestra en la figura 88. Con esto se establece los puntos de referencia, y al final se tiene una tabla con los resultados para ambos casos. Establecimiento de puntos de referencia en la figura 89

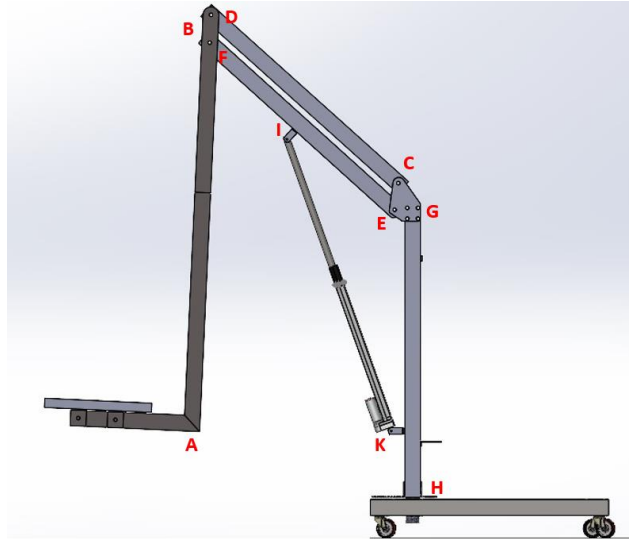


Figura 88: Posición de la grúa en punto más alto



Figura 89: Posición de la grúa en punto más bajo

Estática para el brazo articulado de asiento

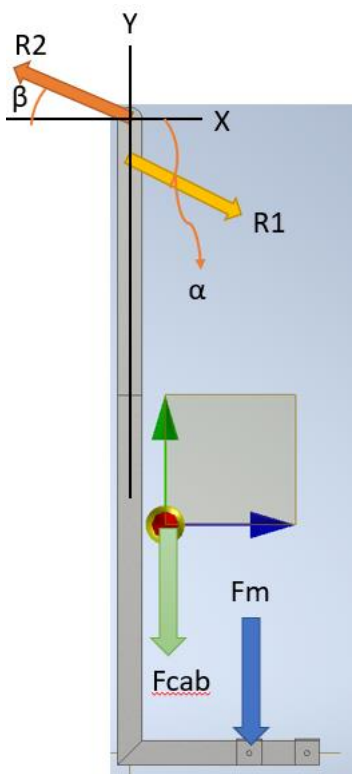


Figura 90. AB brazo articulado de asiento.

Datos

F_m : Fuerza ejercida por la masa máxima permisible de la grúa.

F_{cab} : Fuerza ejercida por la masa del brazo AB.

R_1 y R_2 : Reacciones de las juntas ancladas a cada barra.

β, α : Ángulos de las reacciones.

Sistema de ecuaciones

Sumatoria de momentos en R1

$$\sum M_{R1} = 0$$

$$-Fm * dm + R_{x2} * d_{Rx1} - Fc_{xab} * d_{Fc_{x1ab}} = 0$$

$$-Fm * dm + R2 \cos(\beta) * d_{Rx1} - Fc_{xab} * d_{Fc_{x1ab}} = 0$$

$$R2 = \frac{Fm * dm + Fc_{xab} * d_{Fc_{x1ab}}}{\cos(\beta) * d_{Rx2}}$$

Sumatoria de fuerzas en Y

$$\sum Fy = 0$$

$$-R_{y1} + R_{y2} - Fm - Fcab = 0$$

$$R_{y1} = R_{y2} - Fm - Fcab$$

Sumatoria de fuerza en X

$$\sum Fx = 0$$

$$R_{x1} - R2 \cos(\beta) = 0$$

Reacciones

$$R_1 = \frac{R_{x1}}{\cos(\alpha)}$$

$$R_{y2} = \text{sen}(\beta) R_2$$

$$R_{x2} = \text{cos}(\beta) R_2$$

Estática para brazo articulado inferior

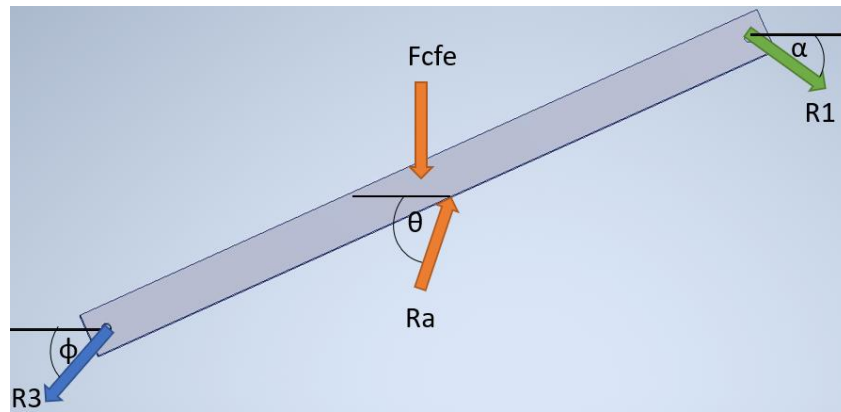


Figura 91. DCL brazo articulado inferior.

Datos

Fcfe: Fuerza ejercida por la masa del brazo.

Ra: Reacción ejercida por el actuador lineal

R1 y R3: Reacciones de las juntas ancladas a cada barra.

θ , ϕ y α : Ángulos de las reacciones.

Sistema de ecuaciones

Sumatoria de fuerzas en R3

$$\sum M_{R3} = 0$$

$$Ra * \cos(\theta) * d_{Ray} + Ra * \text{sen}(\theta) * d_{Rax} + R_{y1} * d_{Rx1} - R_{x1} * d_{Ry1} - Fc_{fe} * d_{Fcfe} = 0$$

$$Ra = \frac{-R_{y1} * d_{Rx1} + R_{x1} * d_{R1} + Fc_{fe} * d_{Fcfe}}{\cos(\theta) * d_{Ray} + Ra * \text{sen}(\theta) * d_{Rax}}$$

Componentes de Ra

$$Ray = Ra * \cos(\theta)$$

$$Rax = Ra * \text{sen}(\theta)$$

Sumatoria de fuerzas en X

$$\sum Fx = 0$$

$$R_{x1} + Ra_x - R_{x3} = 0$$

$$R_{x3} = R_{x1} + Ra_x$$

Sumatoria de fuerzas en Y

$$\sum Fy = 0$$

$$-R_{y1} + Ra_y - R_{y3} - Fc_{fe} = 0$$

$$R_{y3} = -R_{y1} + Ra_y - Fc_{fe}$$

Módulo de R3

$$R_3 = \sqrt{R_{x3}^2 + R_{y3}^2}$$

Ángulo de R3

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{R_{x3}}{R_{y3}} \right)$$

Estática para brazo articulado superior

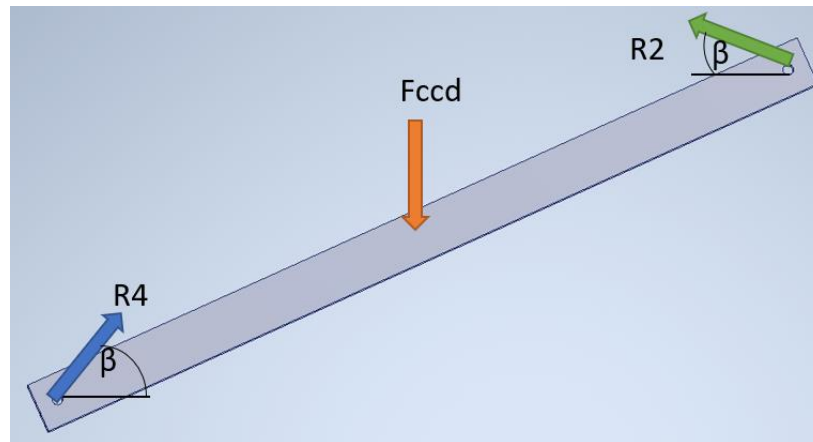


Figura 92. DCL brazo articulado superior

Datos

Fccd: Fuerza ejercida por la masa del brazo CD.

R2 y R4: Reacciones de las juntas ancladas a cada barra.

β : Ángulo de la reacción.

Sistema de ecuaciones

Sumatoria de fuerzas en X

$$\sum F_x = 0$$

$$-R_{x4} + R_{x2} = 0$$

$$R_{x4} = R_{x2}$$

Sumatoria de fuerzas en Y

$$\sum Fy = 0$$

$$R_{y4} - R_{y2} + F_{c_{cd}} = 0$$

$$R_{y4} = R_{y2} - F_{c_{cd}}$$

Módulo de R4

$$R_4 = \sqrt{R_{x4}^2 + R_{y4}^2}$$

Estática para placas de unión brazos-mástil

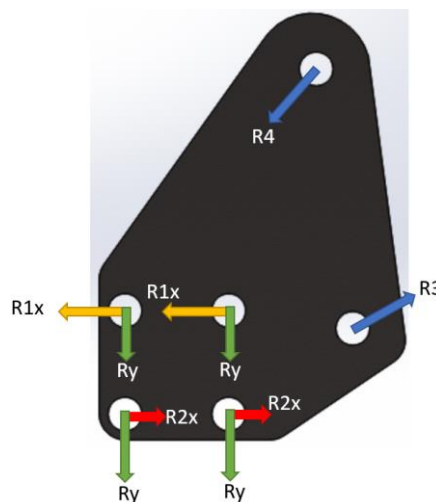


Figura 93. DCL Placas de unión brazos-mástil.

Datos

R_x y R_y : Reacciones de las platinas.

R_2 y R_4 : Reacciones de las juntas ancladas a cada barra.

β : Ángulo de la reacción.

Sistema de ecuaciones

Sumatoria de fuerzas en Y

$$\sum F_y = 0$$

$$-R_{y4} + R_{y3} - 4 * R_y = 0$$

$$R_y = \frac{R_{y3} - R_{y4}}{4}$$

Sumatoria de momentos en R_{x2} inferior izquierda

$$\sum M_{R_{x2}} = 0$$

$$2R_{x1} * d_{Ry1} + R_y * d_{Ryx} + R_{y3} * d_{xRy3} + R_{x3} * d_{yRy3} - R_{y4} * d_{xRy4} + R_{x3} * d_{yRy4} = 0$$

$$R_{x1} = \frac{-2R_y * d_{Ryx} + R_{y3} * d_{xRy3} - R_{x3} * d_{yRy3} + R_{y4} * d_{xRy4} - R_{x3} * d_{yRy4}}{2 * d_{Ry1}}$$

Sumatoria de fuerzas en X

$$\sum F_x = 0$$

$$-2R_{1x} + R_{2x} - R_{x4} + R_{x3} = 0$$

$$R_{2x} = 2R_{1x} + R_{x4} - R_{x3}$$

Debido a que se tratan de dos platinas cada reacción de se divide para dos para tener las componentes individuales.

$$R_{y_{cu}} = \frac{R_y}{2}$$

$$R_{x1_{cu}} = \frac{R_{x1}}{2}$$

$$R_{x2_{cu}} = \frac{R_{x2}}{2}$$

Estática para mástil

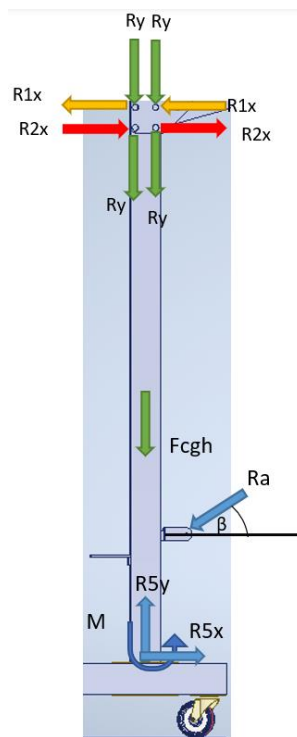


Figura 94. DCL mástil.

Datos

Fcgh: Fuerza ejercida por la masa del brazo

Rx y Ry: Reacciones de las platinas.

GH.

R5: Reacción de la barra GH

Ra: Reacción del actuador.

β : Ángulo de la reacción.

M: Momento flector de la barra.

Sistema de ecuaciones

Sumatoria de fuerzas en Y

$$\sum Fy = 0$$

$$R_{y5} - 4Ry - Fc_{gh} - R_{ya} = 0$$

$$R_{y5} = 4Ry + Fc_{gh} + R_{ya}$$

Sumatoria de fuerzas en X

$$\sum Fx = 0$$

$$R_{x5} - 2R1x + 2R2x - R_{xa} = 0$$

$$R_{x5} = 2R1x - 2R2x + R_{xa}$$

Módulo de R5

$$R5 = \sqrt{R_{x5}^2 + R_{y5}^2}$$

Selección de engranajes

Para transmitir el movimiento del motor al eje que se conecta al mástil de la grúa es necesario un tren de engranajes simple, el cual se encargará también de aumentar el torque a costo de una reducción en la velocidad de salida. Para ello, es necesario dimensionar y diseñar estos engranajes a fin de que cumplan con esta tarea. Se propone el uso de engranajes rectos para esta aplicación. En base al motor seleccionado, se parte desde datos de entrada conocidos y se establecen los parámetros de salida de acuerdo con los requerimientos de esta aplicación.

Los datos de partida se muestran a continuación:

Par de entrada: 31 Nm

Velocidad de entrada: 17 rpm

Relación de transmisión: 4

Ángulo de presión: 20°

Con estos datos se determina la velocidad de salida, la cual sería la velocidad de giro del asiento:

$$\omega_{out} = \frac{\omega_{out}}{n} = \frac{17 \text{ rpm}}{4} = 4.25 \text{ rpm}$$

Para empezar con los cálculos es necesario suponer ciertas medidas, las cuales se comprobarán más adelante, lo cual determinará si se debe iterar o no.

$$N_p = 15$$

$$d_p = 60 \text{ mm}$$

Con estos datos se puede calcular el número de dientes del engrane y el módulo:

$$N_G = r_{engrane} \times N_p = 4 \times 15 = 60$$

$$m = \frac{d_p}{N_p} = \frac{60 \text{ mm}}{15} = 4 \text{ mm}$$

Y para ciertos cálculos también se define el paso diametral:

$$Pd = \frac{N_p}{d} = \frac{15}{1.77165in} = 6.35 \left[\frac{1}{in} \right]$$

A continuación, se proceden a determinar factores necesarios para determinar los esfuerzos de flexión que se generan sobre los dientes tanto del piñón como del engranaje.

Factor geométrico de flexión

Este se selecciona en base al número de dientes del piñón y del engranaje, así como de la carga aplicada en el punto más alto de contacto, los cuales se grafican en la figura 95.

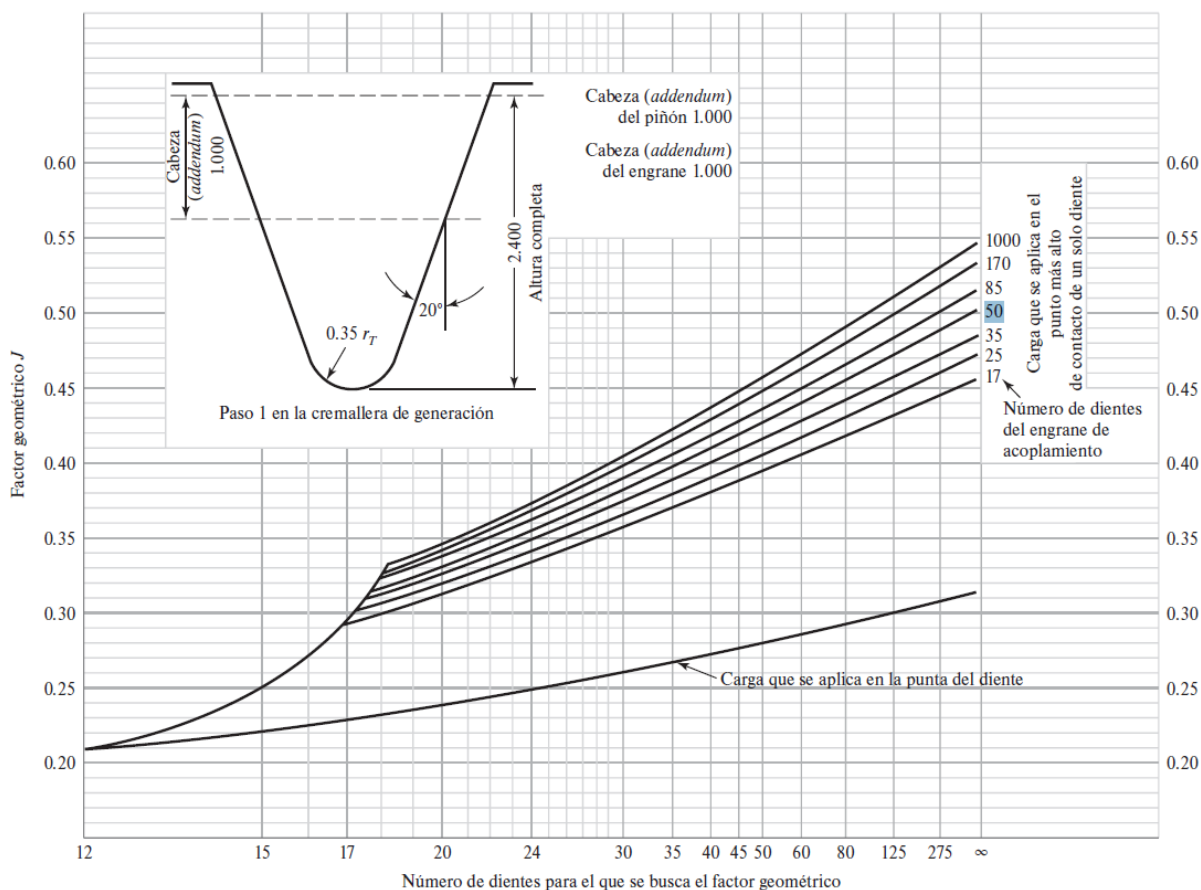


Figura 95. Factor geométrico J para flexión de la AGMA, para 20°, y dientes de profundidad total con carga en la punta.

Nota. Tomado de Diseño en Ingeniería Mecánica (pág. 716), por Shigley, 2015, McGrawHillEducation.

Se definen J_p y J_g con los valores 0.22 y 0.29, respectivamente.

Factor de velocidad, K_v

En primer lugar, se calcula la velocidad en la línea de paso V_t

$$V_t = \frac{d_p}{2} \omega_p = \frac{60 \text{ mm}}{2} \times 17 \text{ rpm} \times 2\pi = 3204.42 \frac{\text{mm}}{\text{min}} = 0.0534 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

A continuación, se calculan los factores A y B que intervienen en la fórmula de K_v . Dado que no se necesitan engranajes de alta precisión, se propone un índice de calidad Q_v con valor de 6.

$$B = \frac{(12 - Q_v)^2}{4} = 0.8255$$

$$A = 50 + 56(1 - B) = 59.77$$

Una vez determinados todos estos datos, se procede a calcular el factor de velocidad.

$$K_v = \left(\frac{A}{A + \sqrt{200V_t}} \right)^B = 0.97$$

En caso de optar por una calidad menor, se puede usar un índice de calidad igual a 4, con lo cual el factor de velocidad se modificaría al siguiente valor:

$$K_v = \frac{50}{50 + \sqrt{200V_t}} = 0.957$$

Factor de distribución de carga, K_m

Para una selección óptima, se obedece a la sugerencia del autor, el cual recomienda mantener el factor ancho de cara con un valor nominal de $\frac{12}{p_d}$

$$F = \frac{12}{p_d} = \frac{12}{6.35} = 1.8898 \text{ in} = 48 \text{ mm}$$

En la figura 118 se presentan los valores que adopta el factor de carga K_m de acuerdo con el ancho de cara de los engranajes.

Ancho de cara in (mm)	K_m
<2 (50)	1.6
6 (150)	1.7
9 (250)	1.8
≥ 20 (500)	2.0

Figura 96. Factores K_m de distribución de carga

Nota. Tomado de Diseño de máquinas (pág. 609), por Norton, R., 2011, Pearson.

En base al ancho de cara definido previamente, se toma el valor de K_m igual a 1.6

Factor de aplicación (sobrecarga), K_a

La tabla 27 presenta los valores que adopta el factor K_a de acuerdo con la fuente de potencia empleada y el funcionamiento requerido en la máquina impulsada.

Tabla 27. Factores de sobrecarga, K_a

Máquina impulsada			
Fuente de potencia	Uniforme	Impacto moderado	Impacto pesado
Uniforme	1.00	1.25	1.75
Impacto ligero	1.25	1.50	2.00
Impacto medio	1.50	1.75	2.25

Nota. Tomado de Diseño en Ingeniería Mecánica (pág. 729), por Shigley, 2015, McGrawHillEducation.

Dado que se va a usar un motor eléctrico a una velocidad constante y del cual se requiere un funcionamiento de impacto uniforme, se toma este factor con un valor igual a 1, ya que no se esperan torques o fuerzas variantes en el tiempo ni de la maquina impulsora ni de la impulsada.

Factor de tamaño K_s y factor de espesor de aro K_b

Estos factores se establecen con un valor igual a 1 por el hecho de que los engranajes con los que se pretende trabajar son de cortas dimensiones y no cuentan con aro y brazos radiales.

Carga sobre los engranajes

Para determinar las fuerzas que están actuando sobre los engranajes es necesario en primer lugar determinar los torques. El torque de entrada es conocido y se encuentra en los datos conocidos, pero es necesario determinar el torque de salida:

$$T_g = m_g \times T_p = 124 \text{ Nm}$$

Con estos valores de torque se procede a calcular las cargas que se aplican sobre los engranajes.

$$\text{Componente tangencial: } W_t = \frac{T_p}{\frac{d}{2}} = \frac{124}{\frac{0.24}{2}} = 1033.33 \text{ N}$$

$$\text{Componente radial: } W_r = W_t \times \tan(\phi) = 376.10 \text{ N}$$

$$\text{Carga total: } W_r = \frac{W_t}{\cos(\phi)} = 1099.65 \text{ N}$$

Con estos datos calculados se procede a calcular los esfuerzos de flexión en el piñón y en el engrane, respectivamente:

$$\sigma_{bp} = \frac{W_t}{Fm_j} \times \frac{K_a K_m}{K_v} K_s K_B K_I = 80.064 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bg} = \frac{W_t}{FmJ} \times \frac{K_a K_m}{K_v} K_s K_B K_I = 69.0205 \text{ MPa}$$

Cálculo del esfuerzo superficial

Debido a que se genera una combinación de rodamiento y deslizamiento en el lugar de contacto entre los dientes del piñón y del engrane, es necesario calcular los esfuerzos que se generan en la superficie del diente. Según indica Norton (2011), los esfuerzos superficiales son “esfuerzos de contacto hertzianos dinámicos en el rodamiento y deslizamiento combinados” (pág. 580). Para ello, los cálculos se realizarán en base a la fórmula de resistencia contra el picado de la AGMA, la cual se muestra a continuación.

$$\sigma_{cpg} = C_p \sqrt{\frac{W_t}{FId} \frac{C_a C_m}{C_v} C_s C_f}$$

Donde:

W_t : Fuerza tangencial sobre el diente.

d : Diámetro de paso del piñón.

F : Ancho de cara.

I : Factor geométrico superficial adimensional de resistencia al picado.

C_p : Coeficiente elástico.

C_a, C_m, C_v, C_s : Iguales, respectivamente a K_a, K_m, K_v, K_s que se utilizaron para calcular los esfuerzos por flexión.

Factor geométrico superficial

Para el cálculo de este factor intervienen los radios de curvatura de los dientes y el ángulo de presión. La AGMA provee la siguiente fórmula para el cálculo del factor geométrico superficial I:

$$I = \frac{\cos \phi}{\left(\frac{1}{\rho_p} + \frac{1}{\rho_g}\right) d_p}$$

El radio de curvatura del piñón se calcula con la siguiente fórmula:

$$\rho_p = \sqrt{\left(r_p + \frac{1 + x_p}{p_d}\right)^2 - (r_p \cos \phi)^2} - \frac{\pi}{p_d} \cos \phi = 0.283 \text{ in}$$

El radio de curvatura del engrane se calcula con la siguiente fórmula:

$$\rho_g = C \sin \phi + \rho_p = 1.736 \text{ in}$$

Con estos valores calculados se puede determinar el factor I, el cual será igual a 0.0969.

Coefficiente elástico C_p

El factor de coeficiente elástico se utiliza para tomar en cuenta las diferencias que se puedan presentar entre los materiales de los dientes de los engranajes. Este factor se calcula a partir de

$$C_p = \sqrt{\frac{1}{\pi \left[\left(\frac{1 - \nu_p^2}{E_p}\right) + \left(\frac{1 - \nu_g^2}{E_g}\right) \right]}}$$

Donde:

E: Módulos de elasticidad de los materiales

v: Coeficientes de Poisson

Los valores de los módulos de elasticidad para el piñón y el engrane se tomaron de la tabla 27:

Tabla 28. Coeficiente elástico C_p de la AGMA.

Material del piñón	E_p psi (MPa)	Material del engrane					
		Acero	Hierro maleable	Hierro nodular	Hierro fundido	Bronce al aluminio	Bronce al estaño
Acero	30E6 (2E5)	2 300 (191)	2 180 (181)	2 160 (179)	2 100 (174)	1 950 (162)	1 900 (158)
Hierro maleable	25E6 (1.7E5)	2 180 (181)	2 090 (174)	2 070 (172)	2 020 (168)	1 900 (158)	1 850 (154)
Hierro nodular	24E6 (1.7E5)	2 160 (179)	2 070 (172)	2 050 (170)	2 000 (166)	1 880 (156)	1 830 (152)
Hierro fundido	22E6 (1.5E5)	2 100 (174)	2 020 (168)	2 000 (166)	1 960 (163)	1 850 (154)	1 800 (149)
Bronce al aluminio	17.5E6 (1.2E5)	1 950 (162)	1 900 (158)	1 880 (156)	1 850 (154)	1 750 (145)	1 700 (141)
Bronce al estaño	16E6 (1.1E5)	1 900 (158)	1 850 (154)	1 830 (152)	1 800 (149)	1 700 (141)	1 650 (137)

Nota. Tomado de *Diseño de máquinas* (pág. 582), por Norton, R., 2011, Pearson.

Se escogió que tanto el material del piñón como el del engrane sean de Acero. El coeficiente de Poisson se escogió con un valor igual a 0.28 para este material.

Con estos valores se calculó que el coeficiente elástico para esta aplicación es de $185.8643 \text{ MPa}^{0.5}$.

Una vez determinados estos valores, se calculó el esfuerzo superficial del engranaje piñón-engrane.

$$\sigma_{cpg} = 723.22 \text{ MPa}$$

Resistencia de fatiga por flexión S_{fb} en los engranes

La AGMA provee la figura 97 que se presenta a continuación para determinar el valor de resistencia a la fatiga por flexión en aceros. El autor considera que estos valores deben ser corregidos por factores adicionales que se establecerán posteriormente.

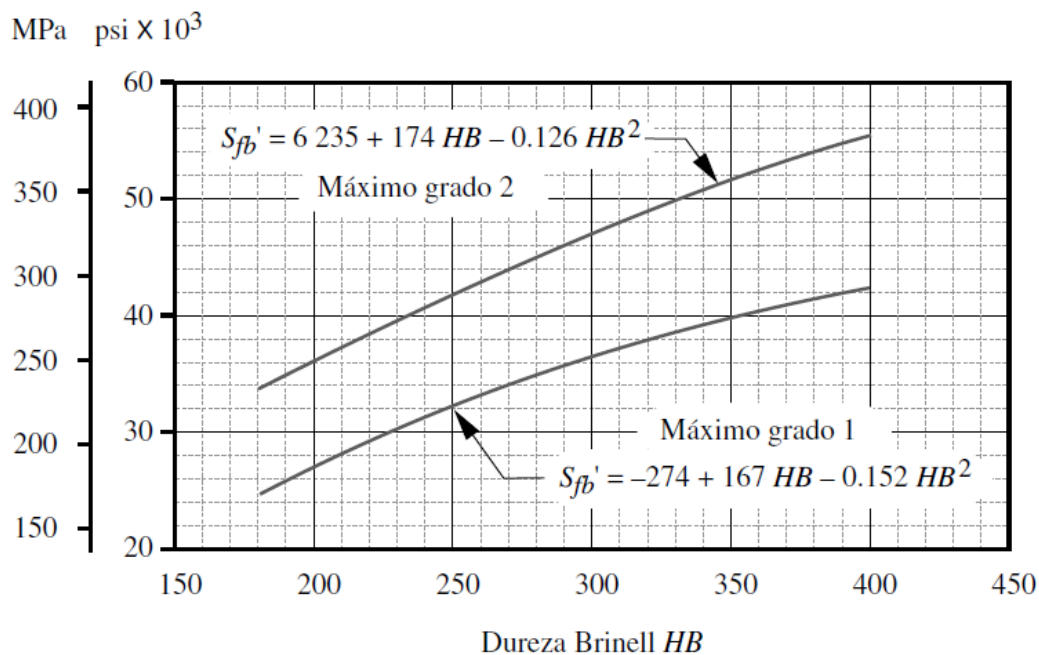


Figura 97. Resistencias de la AGMA para fatiga por flexión S'_{fb} en aceros.

Nota. Tomado de *Diseño de máquinas* (pág. 589), por Norton, R., 2011, Pearson.

La selección del material en este punto del diseño es arbitraria, ya que no hay suficiente información para determinar cuál es el correcto. Se propone un acero AGMA grado 1 con una

dureza superficial mínima de 160 HB. Se utiliza la fórmula presentada en la figura para el cálculo de esta resistencia.

$$S'_{fb} = -274 + 167HB - 0.152HB^2 = 22554.8 \text{ kpsi} = 155.550 \text{ MPa}$$

Los factores de corrección se describen a continuación:

Factor de vida K_L

Para determinar este factor, es necesario en primer lugar definir el número de ciclos de vida requeridos para los engranes. En este caso, el piñón es el que va a resistir el mayor número de cargas repetidas en los dientes, por lo cual, se lo toma para calcular la vida en base a ello.

Se calcula para una vida de 5 años en base a un uso de 1 hora diaria por tres días a la semana. El número de ciclos se calcula a continuación:

$$N = 17 \text{ rpm} \left(\frac{60 \text{ min}}{\text{hr}} \right) \left(\frac{144 \text{ hr}}{\text{año}} \right) (10 \text{ años}) = 734400 \text{ ciclos}$$

Con este número de ciclos se acude a la figura 98, con la cual se determina el valor correcto de este factor de vida para esta aplicación.

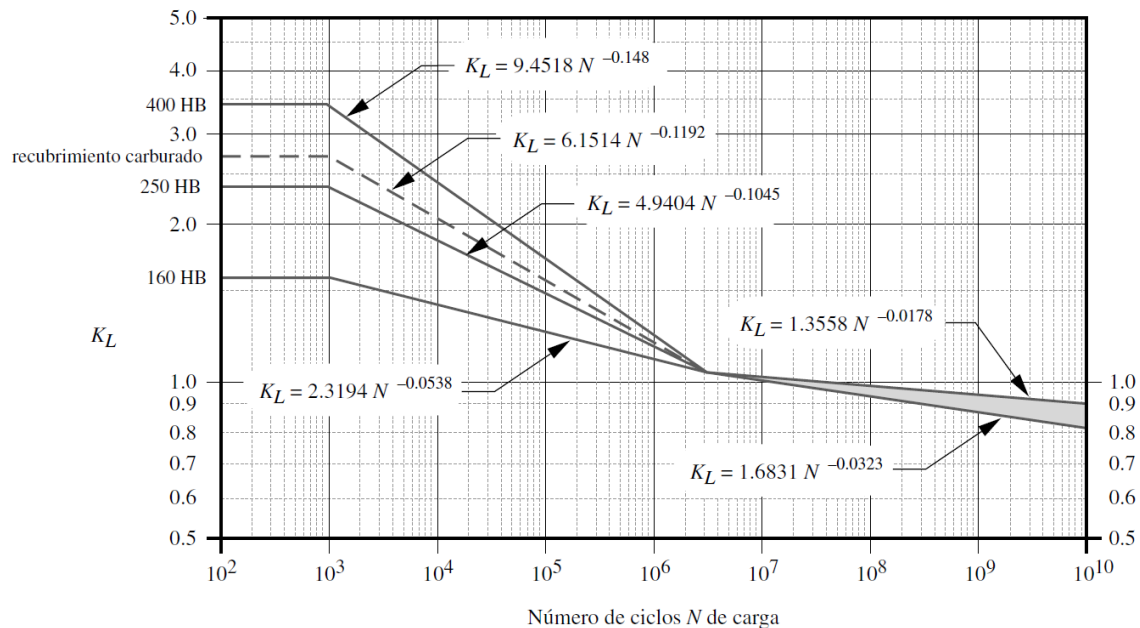


Figura 98. Factor de vida K_L de resistencia a la flexión de la AGMA.

Nota. Tomado de *Diseño de máquinas* (pág. 587), por Norton, R., 2011, Pearson.

En base a la tabla previa, se escoge la siguiente fórmula y en base al N° de ciclos se determina el valor de K_L .

$$K_L = 2.3194N^{-0.0538} = 1.121$$

Factor de temperatura K_t

No se prevé que la temperatura del engrane sea mayor a 250 °F, por lo cual, este factor se iguala a 1.

Factor de confiabilidad K_R

Se escoge un factor de confiabilidad del 90%. En la tabla 29 se muestran los respectivos valores de K_R para distintos tipos valores de confiabilidad. En este caso, el factor de confiabilidad sería de 0.85 para esta aplicación.

Tabla 29. Factor K_R de la AGMA

% de confiabilidad	K_R
90	0.85
99	1.00
99.9	1.25
99.99	1.50

Nota. Tomado de Diseño de máquinas (pág. 587), por Norton, R., 2011, Pearson.

Con estos datos se calcula la resistencia corregida de fatiga por flexión en base a la fórmula presentada a continuación:

$$S_{fb} = \frac{K_L}{K_T K_R} S'_{fb} = 205.23 \text{ MPa}$$

Resistencia a la fatiga superficial de la AGMA para materiales de engranes

Similar al cálculo de la resistencia de fatiga por flexión, en la resistencia a la fatiga superficial también se aplicarán factores de corrección que se describirán a continuación.

La figura 99 provista por la AGMA se puede estimar la resistencia sin corregir a la fatiga superficial. Se utiliza de igual forma un acero AGMA grado 1 de dureza Brinell igual 160 HB.

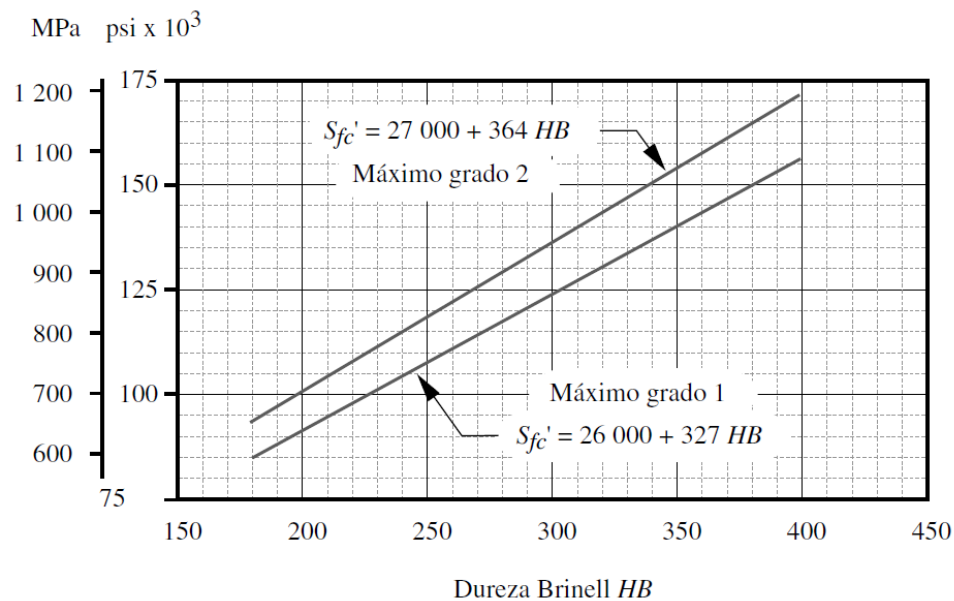


Figura 99. Resistencias de la AGMA para fatiga superficial S'_{fc} en aceros

Nota. Tomado de *Diseño de máquinas* (pág. 591), por Norton, R., 2011, Pearson.

La fórmula utilizada en este caso para el material propuesto pertenece a la curva inferior.

El valor de S'_{fc} resulta igual a:

$$S'_{fc} = 26000 + 327HB = 78320 \text{ kpsi} = 540.138 \text{ MPa}$$

Factor de vida superficial C_L

El factor de vida superficial se determina con la figura 100 en base a el N° de ciclos de carga que se determinó previamente.

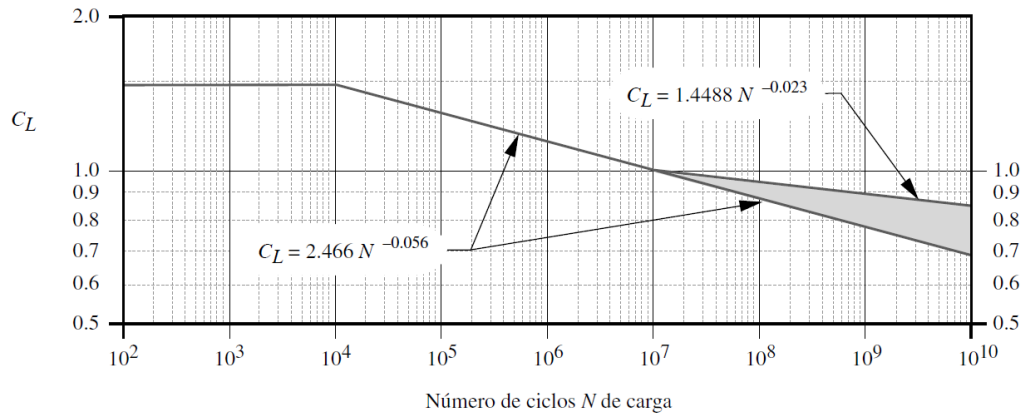


Figura 100. Factor de vida de la AGMA para resistencia superficial a la fatiga C_L

Nota. Tomado de Diseño de máquinas (pág. 589), por Norton, R., 2011, Pearson.

En base a esto, se determina que el valor de C_L será igual a

$$C_L = 2.466N^{-0.056} = 1.157$$

Factor de razón de dureza C_H

Este factor es función de la razón de engrane y de la dureza relativa entre el piñón y el engrane. Como el piñón y el engranaje tienen la misma dureza de material, $C_h = 1$.

Los factores de temperatura y confiabilidad se toman igual a K_t y K_r , respectivamente.

La resistencia a la fatiga superficial es, entonces,

$$S_{fc} = \frac{C_L C_H}{C_T C_R} S'_{fc} = 735.506 \text{ MPa}$$

Factores de seguridad del engranaje piñón-engrane para esta aplicación

Una vez realizados los cálculos previos, el siguiente paso es determinar los factores de seguridad. La estrategia tomada para dar con los valores de factor de seguridad correctos se realizó en base a la recomendación del autor Norton (2011) tal como sigue “los factores de seguridad

contra fallas por flexión deben ser más grandes que los de fallas superficiales”. El mismo explica que esto es debido a que la falla por flexión es repentina y catastrófica, mientras que la falla superficial envía señales audibles que permitirían advertir sobre el desperfecto y realizar un cambio oportuno.

Los factores de seguridad contra la falla por flexión se calculan tanto para el piñón como para el engranaje de la siguiente forma:

$$N_{b_{\text{piñón}}} = \frac{S_{fb}}{\sigma_{b_{\text{piñón}}}} = 2.563$$

$$N_{b_{\text{engrane}}} = \frac{S_{fb}}{\sigma_{b_{\text{engrane}}}} = 2.9735$$

El factor de seguridad contra la falla superficial se calcula igual a:

$$N_{c_{\text{piñón-engrane}}} = \left(\frac{S_{fc}}{\sigma_{c_{\text{piñón}}}} \right)^2 = 1.0342$$

Siguiendo la estrategia mencionada previamente, se toman estos valores y no se realizan iteraciones sobre los cálculos.

A continuación, se presentan los datos de los engranajes con los que se realizaría el sistema de transmisión para esta aplicación:

Piñón:

N° de dientes: 15

Módulo: 4

Ángulo de presión: 20°

Diámetro de paso: 60 mm

Engranaje:

N° de dientes: 60

Módulo: 4

Ángulo de presión: 20°

Diámetro de paso: 240 mm

Material (ambos engranajes comparten el mismo material):

Acero clase AGMA A1.

Dureza superficial mínima: 160HB

Tratamiento térmico: Endurecido totalmente

ANEXO B: MANUAL DE MANTENIMIENTO

Índice

Figura 1. Peligro de vuelco..... 2
 Figura 2. Frenos..... 2
 Figura 3. Riesgo Eléctrico 1
 Figura 4. Capacidad máxima 110kg..... 1
 Figura 5. Brazo asiento móvil..... 2
 Figura 6. Brazo superior e inferior..... 2
 Figura 7. Posición Sumergida..... 2
 Figura 8. Posición de inicio de grúa..... 2
 Figura 9. Patrón de bloques y aseguramiento..... 3
 Figura 10. Fuente de poder. 3
 Figura 11. Paneles de control..... 3
 Figura 12. Posición de uso..... 4
 Figura 13. Posición de carga..... 4



Figura 3. Riesgo Eléctrico

	ADVERTENCIA
	<p style="text-align: center;">PELIGROS DE VUELCO</p> <ul style="list-style-type: none"> • LOS BRAZOS ESTABILIZADORES DEBEN ESTAR COMPLETAMENTE EXTENDIDOS ANTES DE CADA USO Y DEBEN UTILIZARSE EN TODO MOMENTO CUANDO EL USUARIO ESTÉ SENTADO. • EL ELEVADOR NO SE PUEDE UTILIZAR SIN LOS BRAZOS ESTABILIZADORES TOTALMENTE EXTENDIDOS. • NUNCA INTENTE RETRAER LOS BRAZOS ESTABILIZADORES CUANDO EL ELEVADOR ESTÉ EN USO. • NO REPOSICIONE EL ELEVADOR CUANDO ESTÉ EN USO. • UTILIZAR EN UNA SUPERFICIE FIRME Y NIVELADA QUE NO EXCEDA UN 2° PENDIENTE. • ASEGÚRESE DE QUE ESTÉN INSTALADOS LOS PESO DE LASTRE ADECUADOS EN LA BASE DEL ELEVADOR ANTES DE CADA USO. • NO UTILIZAR EL ASCENSOR PARA TRANSPORTAR USUARIOS DE UN LUGAR A LUGAR. • EL LÍMITE DE USO ES UNA PERSONA QUE PESA MENOS DEL LÍMITE DE PESO MÁXIMO DE 242 LB (110 kg).

Figura 1. Peligro de vuelco

	ADVERTENCIA
	<ul style="list-style-type: none"> • LAS RUEDAS TRASERAS DEBEN ESTAR BLOQUEADAS EN TODO MOMENTO MIENTRAS EL ELEVADOR ESTÉ EN USO. • NO BLOQUEAR LAS RUEDAS PUEDE RESULTAR EN UN MOVIMIENTO NO DESEADO O VUELCO.

Figura 2. Frenos



**Capacidad Máxima
110 kg**

Figura 4. Capacidad máxima 110kg

LEER ESTAS RECOMENDACIONES ANTES DE SU INSTALACIÓN Y USO

INTRODUCCIÓN

Lea este documento para que le ayude a tener una operación y mantenimiento de la grúa de la manera adecuada.

ARMADO

La grúa se compone de tres partes para el armado:

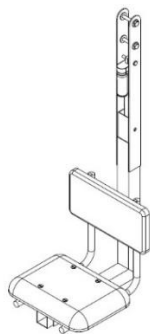


Figura 5. Brazo asiento móvil

Insertar los cuatro pernos de la silla en las platinas base del brazo en “L” y ajustarlos. Empernar el pistón con el motor en la parte de arriba en el tercer hueco de las platinas soldadas al tubo de mayor dimensión. Colocar el brazo en “L” dentro del tubo y empernar la punta del pistón en el hueco lateral del tubo en “L”.

1. Brazo articulado superior e inferior

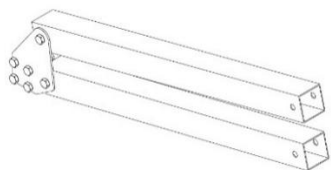


Figura 6. Brazo superior e inferior

Empernar los dos brazos en los huecos laterales de las platinas con arandelas de teflón.

2. Mástil y plataforma

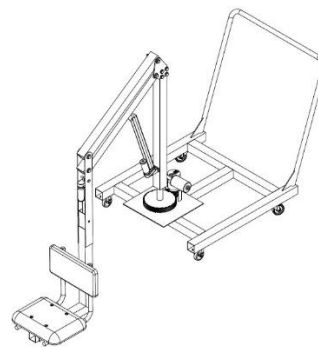


Figura 7. Posición Sumergida

Colocar los dos brazos al mástil vertical con arandelas metálicas unidas a las platinas. Empernar el brazo con la silla a los brazos articulados. Con ayuda de los pines posicionar el actuador 1 en el brazo articulado inferior y el mástil.

USO PREVISTO

La grúa está diseñada con el propósito específico de facilitar el acceso a piscinas para personas con discapacidad. Se requiere que la superficie de instalación sea preferentemente lisa, exenta de irregularidades que puedan ocasionar movimientos bruscos y potencialmente perjudiciales para los componentes electrónicos de la maquinaria. Durante el proceso de transporte y colocación que se realiza utilizando el tubo de empuje colocado en la base de la máquina, se enfatiza la importancia de manipular la grúa sin carga alguna, esto incluye el contrapeso. La ubicación precisa de la grúa en la orilla de la piscina implica una distancia específica de 100 mm desde la altura de las ruedas al borde del entorno acuático.



Figura 8. Posición de inicio de grúa

Una vez establecida la estructura en su posición de inicio, se instruye la disposición cuidadosa de bloques de hormigón según las directrices proporcionadas, con el fin de asegurar la base sólida de la estructura y brindar estabilidad para la operación segura y eficiente de la grúa. **Se recomienda seguir el patrón de bloques ya**

establecido, debido que brindará mejor estabilidad y la funcionalidad al momento de armar el contrapeso.

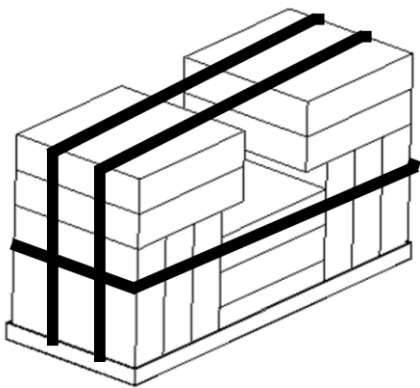


Figura 9. Patrón de bloques y aseguramiento.

Con los tie downs asegure los bloques como se muestra en la figura siendo el punto de apoyo las plantitas base, las cuales deben ser ajustados por alrededor de su cara inferior.

Colocar la batería en la apertura intermedia para aislarla, y asegurar su estabilidad. Recomendación no ejercer una fuerza excesiva que ponga en riesgo la condición de la batería contra los bloques.



Figura 10. Fuente de poder.

Batería marca Bosch de 36 amperios y de 12 voltios dc. Carga la batería diariamente y evita descargas completas para prolongar su vida útil. No es necesario descargar completamente la batería antes de recargarla. No coloque la batería sobre superficies conductoras, como el metal. En temperaturas extremas, retira la batería para evitar acortar su vida útil. Para desconectar la batería se desconecta primero el terminal negativo y luego el positivo, mientras que para conectarla primero se conecta el terminal positivo y luego el negativo.

OPERACIÓN

Se dispone de dos tipos de paneles de control. El panel físico consta de tres drivers encargados de regular el funcionamiento de los dos actuadores y el giro del motor. Este panel físico incluye un paro de emergencia, un

interruptor de encendido y apagado, un selector de componente, así como botones específicos para las funciones de estirar y recoger. Además, se incorpora un Panel Virtual accesible a través de una aplicación desarrollada en Android mediante MIT App Inventor, permitiendo la manipulación del panel mediante tecnología Bluetooth. Este panel virtual replica las funciones del panel físico, con un selector de componente y botones dedicados para las acciones de estirar y recoger.



Figura 11. Paneles de control

- Actuador 1: Inmersión controlada de la persona en la piscina, proporcionando un movimiento vertical preciso y seguro.
- Actuador 2: Elevación del brazo a la altura correspondiente a una silla de ruedas, facilitando así el acceso y salida de la persona de manera ergonómica y eficiente.
- Sistema de giro: Sistema consiste en la rotación de la posición, permitiendo la entrada y salida fluida de la persona en la piscina. La capacidad de giro de la estructura asegura un movimiento suave y controlado.

AL COMENZAR

Para poner en marcha la grúa, es imperativo realizar una revisión exhaustiva de los siguientes parámetros:

1. Asegurarse de que la grúa esté configurada de acuerdo con la disposición mostrada en la figura 9.
2. Verificar con precisión que el contrapeso esté debidamente asegurado y en su posición correcta.
3. Energizar la grúa mediante la batería correspondiente, garantizando un suministro eléctrico adecuado.
4. Realizar pruebas de funcionalidad tanto con el panel físico como con el panel digital para confirmar su correcto funcionamiento.
5. Accionar el motor y ajustar la grúa a la configuración representada en la figura 10.
6. Activar el actuador 1 para posicionarlo a la altura adecuada correspondiente a la silla de ruedas.

7. Colocar al paciente en la grúa, asegurándose de seguir los protocolos de seguridad y confort establecidos.
8. Activar el motor a la posición de inicio y proceder a presionar el actuador 2 para sumergir al paciente en la piscina.
9. Recomendación, no accionar los actuadores por más de 2 minutos consecutivos, ya que, a partir de ese intervalo de tiempo se deben reposar por 15 minutos.

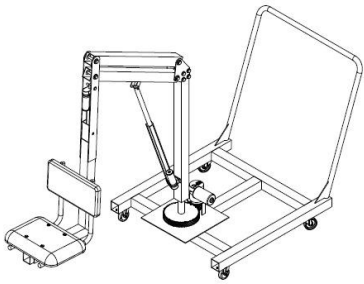


Figura 12. Posición de uso

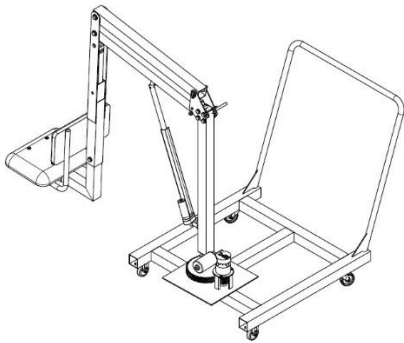
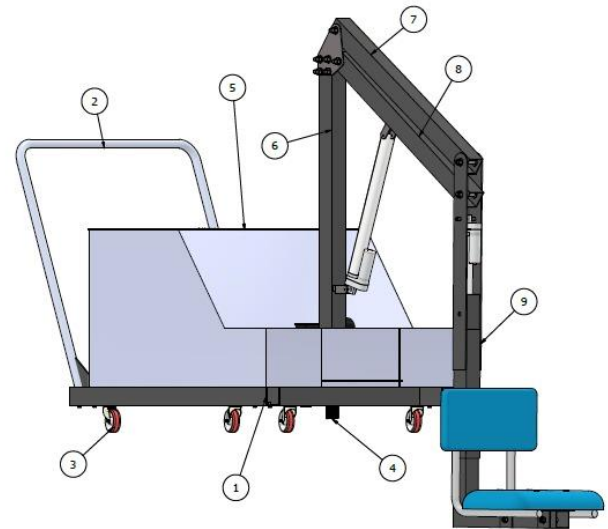


Figura 13. Posición de carga

AL FINALIZAR

1. Coloque la grúa en su posición inicial designada.
2. Desconecte la máquina de la fuente de alimentación, en este caso, la batería.
3. Retire los bloques de hormigón que funcionan como contrapeso.
4. Se recomienda mantener la grúa ensamblada si el lugar de almacenamiento está cerca. Sin embargo, si es necesario transportarla por algún medio de transporte, la opción más adecuada es desmontarla.

PLANO DE ENSAMBLAJE

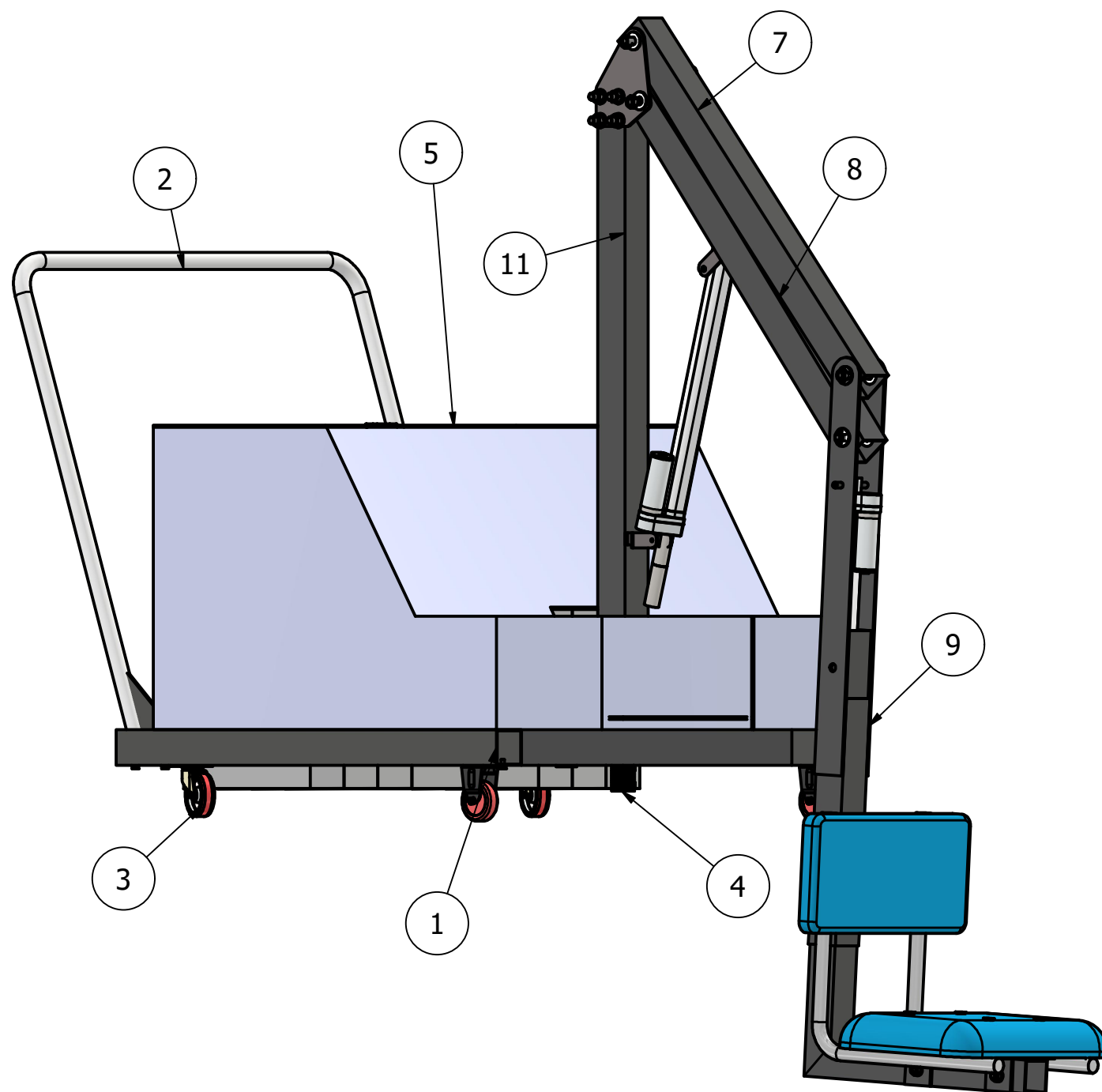


PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	Plataforma de la Grúa
2	1	Tubo de Empuje
3	4	Garruchas Nylon 19 a Freno INOX 100 x 24mm C/C 120 kg
4	1	Ensamble Sistema de Giro
5	1	Tapa Protectora de Grúa
6	1	Mástil
7	1	Brazo Articulado Superior
8	1	Brazo Articulado Inferior
9	1	Ensamble Brazo articulado de Asiento

PLAN DE MANTENIMIENTO

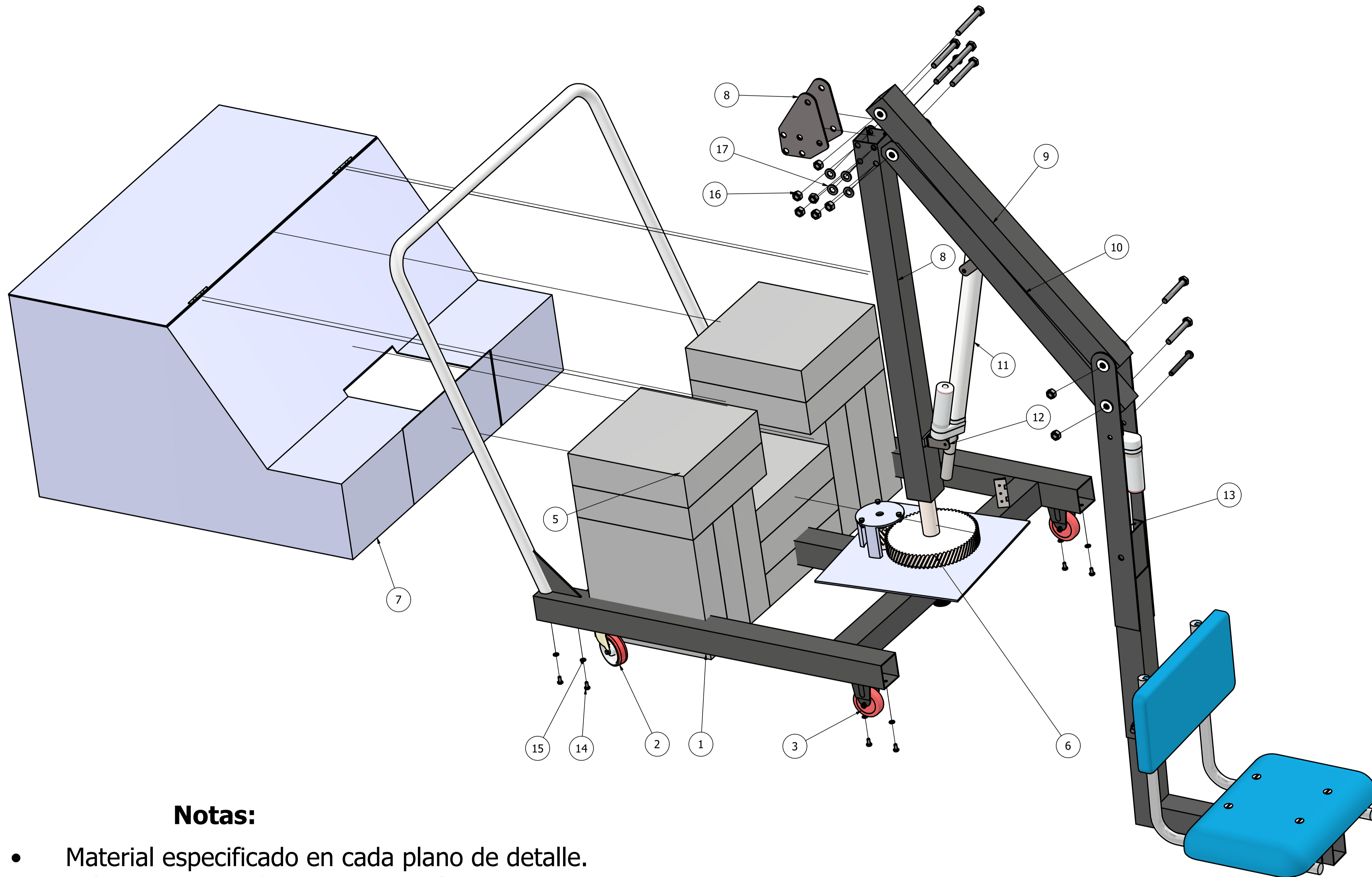
MÓVIL
REHABILITACIÓN

Descripción Equipo	NIVEL 1	Componente	Descripción	QTY	LUBRICACIÓN	CAMBIO DE REPUESTO	INSPECCIÓN CON LOS SENTIDOS
	Sub equipo						
Sistema mecánico							
MOTOR							
MOTOR		MOTOR REDUCTOR DE 110 V. 5.38A FUNCIONAMIENTO 17RPM				60 MESES	
INVERSOR		12V A 110V DE 4000VATIOS				60 MESES	
ENGRANAJE		ENGRANAJE HELICOIDAL MODULO 2.5		1			24 MESES
PIÑÓN		PIÑÓN HELICOIDAL MODULO 2.5		1			24 MESES
SOPORTE		PLACA METALICA A36		1			24 MESES
RODAMIENTO		RODAMIENTO CONICOS 35MM IN 72MM EX		2	3 MESES		
ESTRUCTURA							
ACTUADOR LINEAL		ACTUADOR HIDRAULICO 24IN		1			12 MESES
ACTUADOR LINEAL		ACTUADOR HIDRAULICO 56IN		1			12 MESES
PLATAFORMA		PLATAFORMA DE SOPORTE CONTRAPESO		1			12 MESES
TUBO DE EMPUJE		ACERO A36 CON PINTURA ELECTROESTATICA		1			12 MESES
MASTITL		ACERO ESTRUCTURAL A36 CON PINTURA ELECTROESTATICA		1			12 MESES
PLACAS DE UNION		ACERO A36 CON PINTURA ELECTROESTATICA		2			12 MESES
BRAZO ARTICULADO SUPERIOR		ACERO ESTRUCTURAL A36 CON PINTURA ELECTROESTATICA		1			12 MESES
BRAZO ARTICULADO INFERIOR		ACERO ESTRUCTURAL A36 CON PINTURA ELECTROESTATICA		1			12 MESES
PIEZA UNION ACTUADOR		ACERO ESTRUCTURAL A36 CON PINTURA ELECTROESTATICA		4			12 MESES
BRAZO ARTICULADO DE ASIENTO		ACERO ESTRUCTURAL A36 CON PINTURA ELECTROESTATICA		1			12 MESES
BRAZO ARTICULADO DE ASIENTO MÓVIL		ACERO ESTRUCTURAL A36 CON PINTURA ELECTROESTATICA		1			12 MESES
ARANDELAS DE TEFLON		M12X2.5		16		36 MESES	12 MESES
ARANDELAS METALICAS		M12X2.5		16		36 MESES	
ARANDELAS METALICAS		M6X1.6				36 MESES	
PERNO INOXIDABLES		M12X1.25X0.95		12		36 MESES	
TUERCA INOXIDABLES		M12X1.25X0.95		12		36 MESES	
PERNO INOXIDABLES		M6X16		4		36 MESES	
TUERCA INOXIDABLES		M6X16		4		36 MESES	
ASIENTO		ASIENTO ERGONOMICO		1			12 MESES
TAPA		PROTECCIÓN METALICA PARA EL CONTRAPESO Y COMPONENTES		1			12 MESES
GARRUCHAS CON FRENO		GARRUCHA NYLON 19A FRENO INOX 100X24 MM c/c 120 kg		2		36 MESES	
GARRUCHAS SIMPLES		GARRUCHA NYLON 18A INOX 100X24 MM c/c 120 kg		2		36 MESES	
BLOQUES		HORMIGON 16KG 300 x 300 x 80 MM		13		60 MESES	
SISTEMA ELECTRONICO							
PANEL DE CONTROL							
ARDUINO		NANOARDUINO		1			12 MESES
DRIVER IBT2		DRIVER IBT2 CONEXIONES MOTOR Y ACTUADORES		3			12 MESES
CABLE		CABLE DE COBRE RECUBIERTO		7M			12 MESES
FUENTE DE PODER		12V Y 30A		1			12 MESES
BATERIA RECARGABLE		BATERIA DE PLOMO ÁCIDO		1			12 MESES



PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	Plataforma de la Grúa
2	1	Tubo de Empuje
3	2	Garruchas Nylon 19 a Freno INOX 100 x 24mm C/C 120 kg
4	1	Ensamble Sistema de Giro
5	1	Tapa Protectora de Grúa
11	1	Mástil
7	1	Brazo Articulado Superior
8	1	Brazo Articulado Inferior
9	1	Ensamble Brazo articulado de Asiento
21	8	Arandelas de Teflon
22	2	item_0042012_rueda_fija_d75_detalle_3
23	1	HYDRAULIC ACTUATOR STROKECOR_Piston 22
24	1	ISO 2341 - A - 5 x 50
25	1	placa Mastil

Tolerancia 1.0±	Peso 306 kg	Denominación Grúa de piscina móvil para discapacitados	
Dibujado 5/12/2023 Martín Páez	Nombre	Código GPMD001	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante
Revisado 8/12/2023 Alfredo Valarezo			Hoja 01
Aprovado 18/12/2023 Alfredo Valarezo			



Notas:

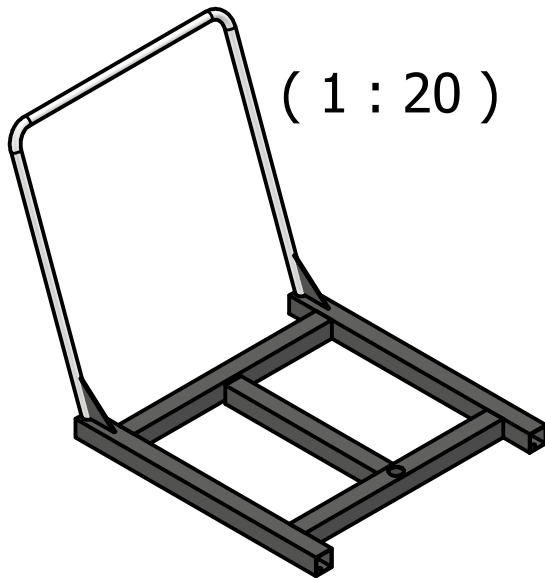
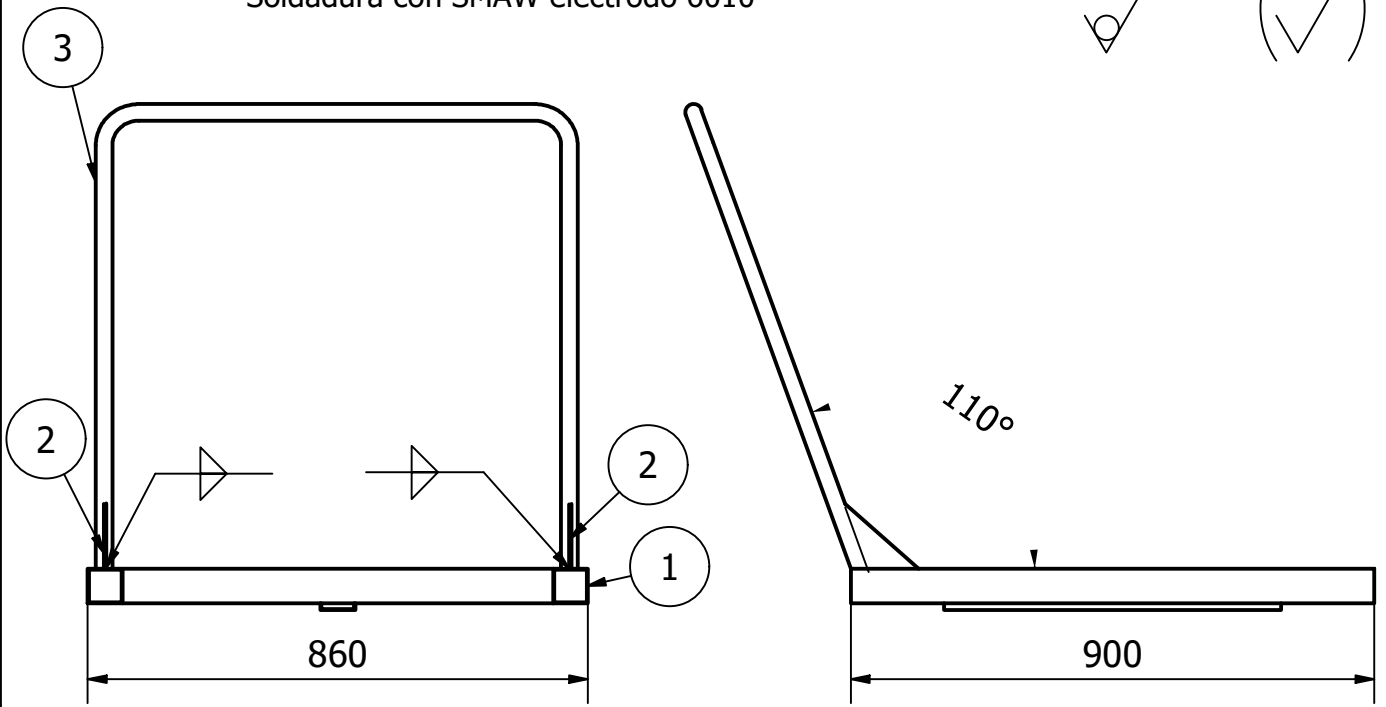
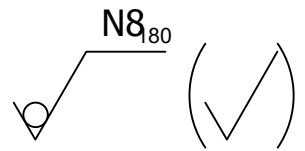
- Material especificado en cada plano de detalle.
- Soldadura especificada en cada plano de subensamble.
- Proceso de fabricación especificado en cada plano de taller.

PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	Plataforma de la Grúa
2	2	Garruchas Nylon 19 A freno INOX 100x24 mm C/C 120kg
3	2	Garruchas Nylon 18 A INOX 100x24 mm C/C 120kg
4	1	Ángulos de soporte de Bloques
5	13	Bloques 20x20x40
6	1	Ensamble Sistema de Giro
7	1	Tapa Protectora de Grúa
8	1	Mástil y placas de unión
9	1	Brazo Articulado Superior
10	1	Brazo Articulado Anterior
11	1	Actuador Lineal 16in
12	2	Pieza Union Actuador
14	4	BS EN ISO 4017 - M6 x 12
15	8	ISO 7089 - 6
16	6	ISO 8673 - M12x1,25
17	8	ISO 7089 - 12
18	5	DIN 960 - M12 x 1,25 x 95
13	1	Ensamble Brazo articulado de silla
23	1	HYDRAULIC ACTUATOR STROKECOR_Piston 22
24	1	ISO 2341 - A - 5 x 50
25	1	Placa Mastil

Tolerancia 1.0±	Peso 306 kg	Denominación	Escala 1:5
		Grúa de piscina móvil para discapacitados	
Fecha 5/12/2023 Nombre Martín Pérez		Código EGMD001	Hoja 02
Revisado 8/12/2023 Nombre Alfredo Valarezo			
Aprobado 18/12/2023 Nombre Alfredo Valarezo			

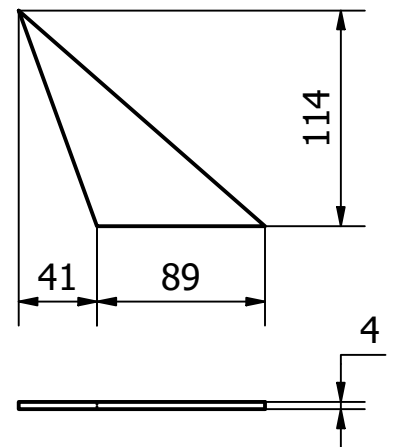
Notas:

Soldadura con SMAW electrodo 6010



Placas Empuje

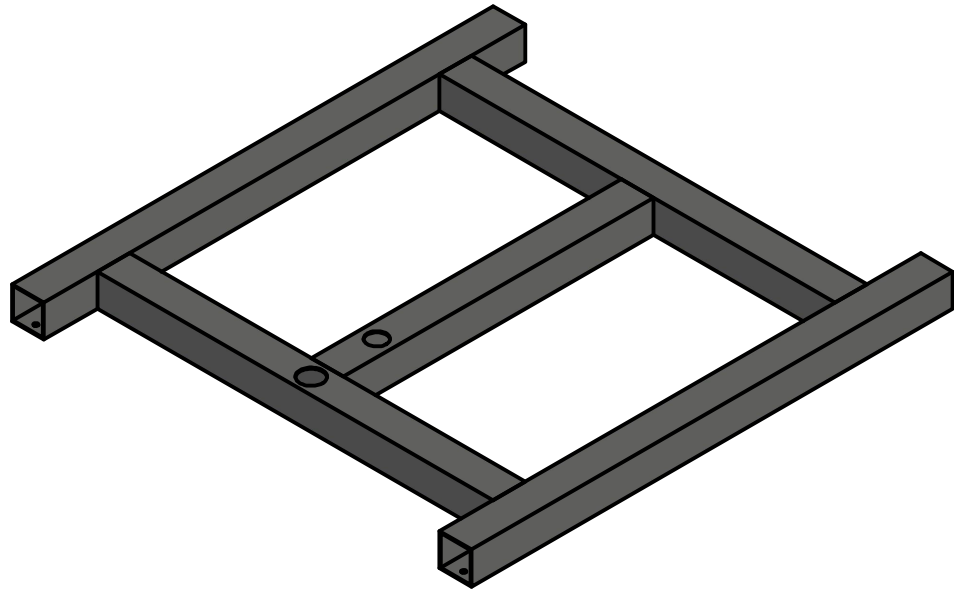
(1 : 4)



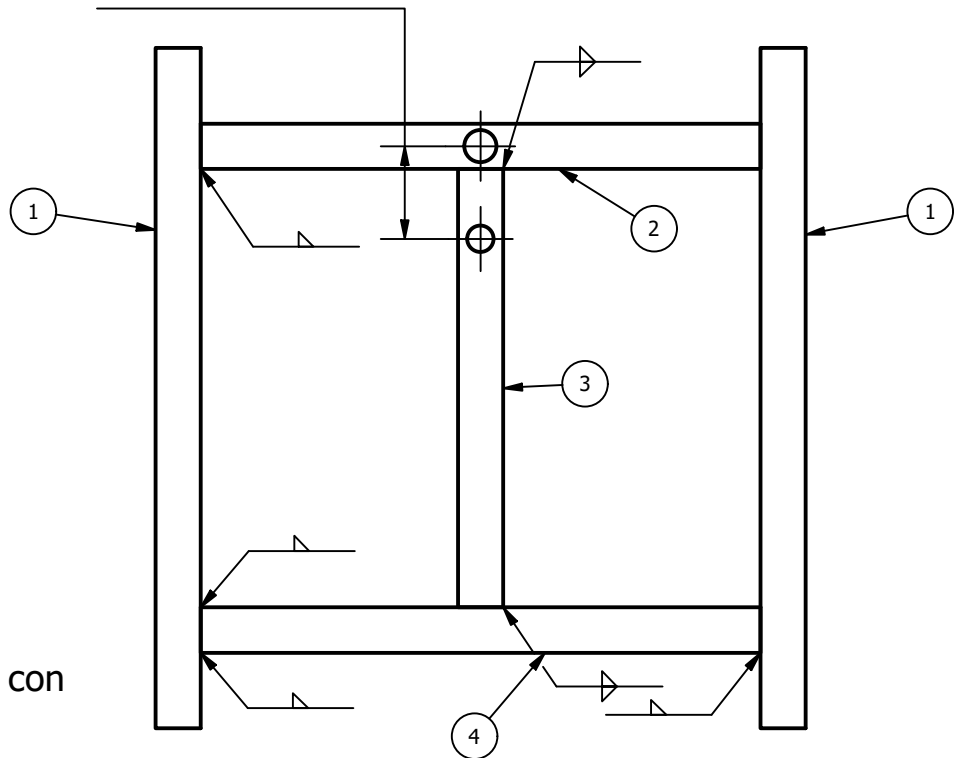
PARTS LIST

ITEM	QTY	PART NUMBER
1	2	Base de la grúa
2	2	Empuje Placas
3	1	Tubo de Empuje

Tolerancia 1.0±	Peso 16.8 kg	Denominación Plataforma de la grúa con empuje	
Dibujado 5/12/2023 Martín Páez	Fecha 8/12/2023 Alfredo Valarezo	Material Acero A36	Escala 1:13
		Código PGE001	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante
			Hoja 03



123 ± 0,05

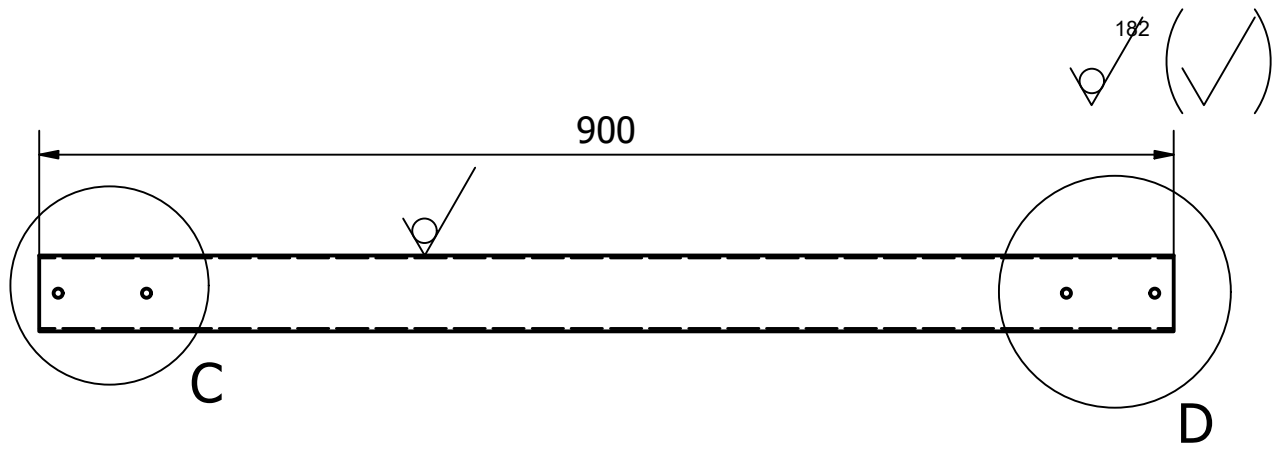


Notas:
Soldadura por SMAW con electrodo 6010

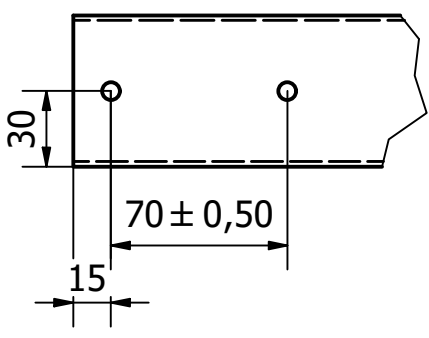
PARTS LIST

ITEM	QTY	TITLE	DESCRIPTION
1	2	Plataforma Larguero Lateral	Con agujeros por debajo para emperrar las garruchas
2	1	Plataforma Travesaño anterior	Con agujero para colocar el eje del mástil
3	1	Plataforma Larguero Central	Soportar el contrapeso
4	1	Plataforma Travesaño posterior	Soportar contrapeso

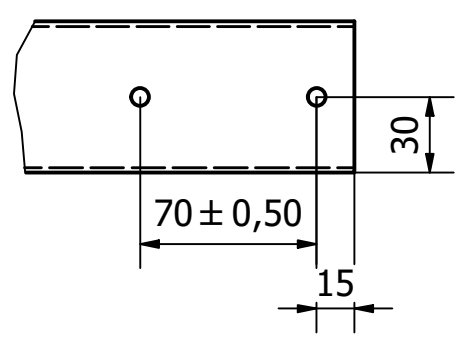
Tolerancia 1.0±		Peso 15 kg	Denominación Plataforma de la grúa	
Fecha 5/12/2023		Nombre Martín Páez	Material Acero Estructural A36	Escala 1:10
Revisado 8/12/2023		Alfredo Valarezo		
Aprovado 18/12/2023		Alfredo Valarezo		
		Código BPE002	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante	Hoja 04



Detalle C
(1 : 3)

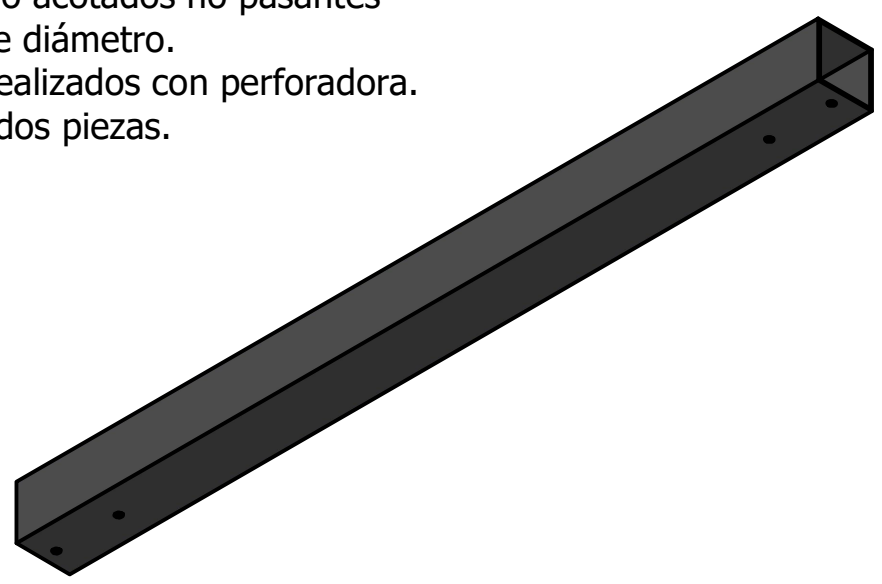


Detalle D
(1 : 3)

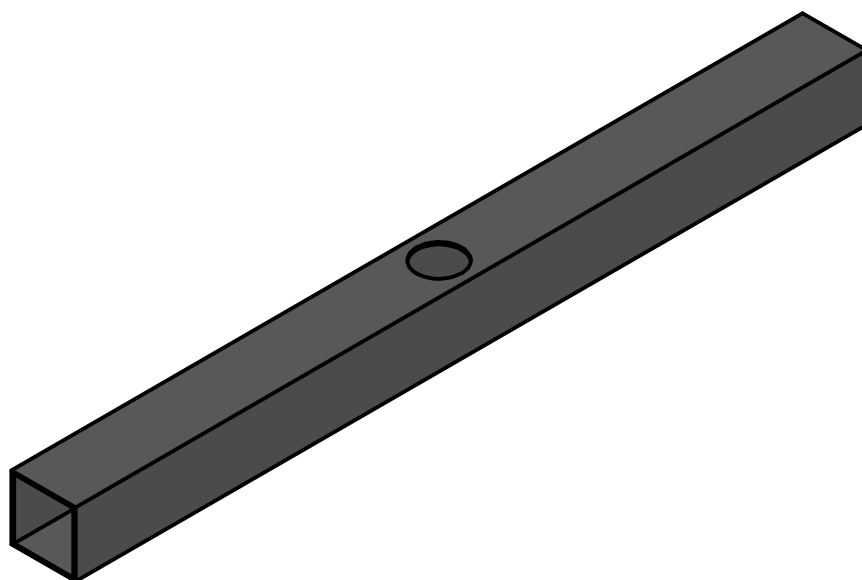
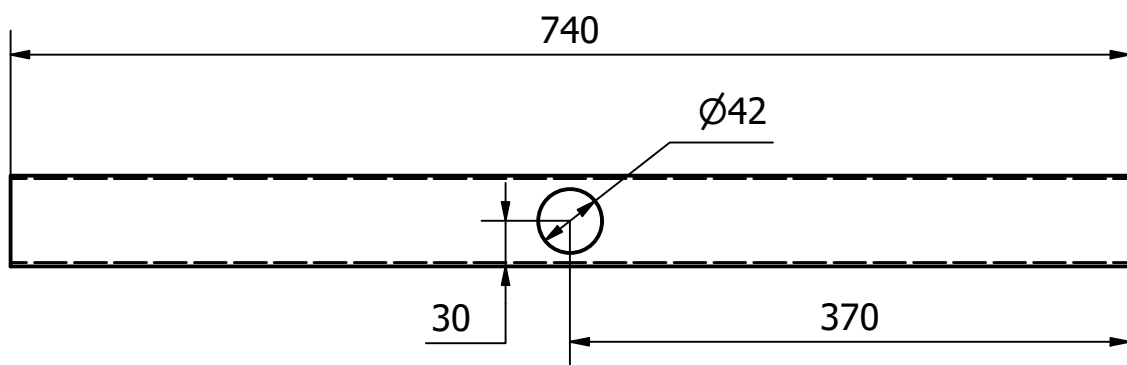


Notas:

- Agujeros no acotados no pasantes de 7mm de diámetro.
- Agujeros realizados con perforadora.
- Cantidad: dos piezas.

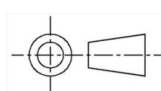



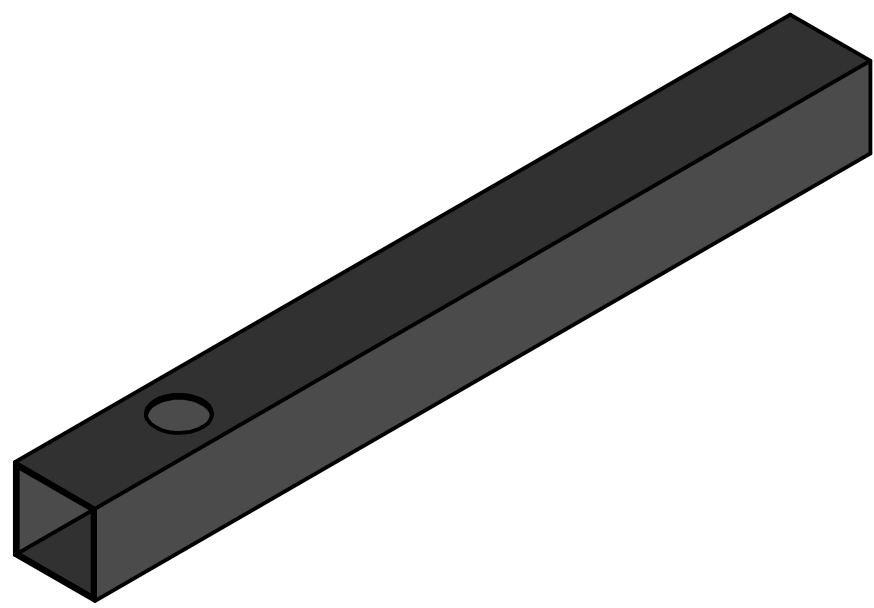
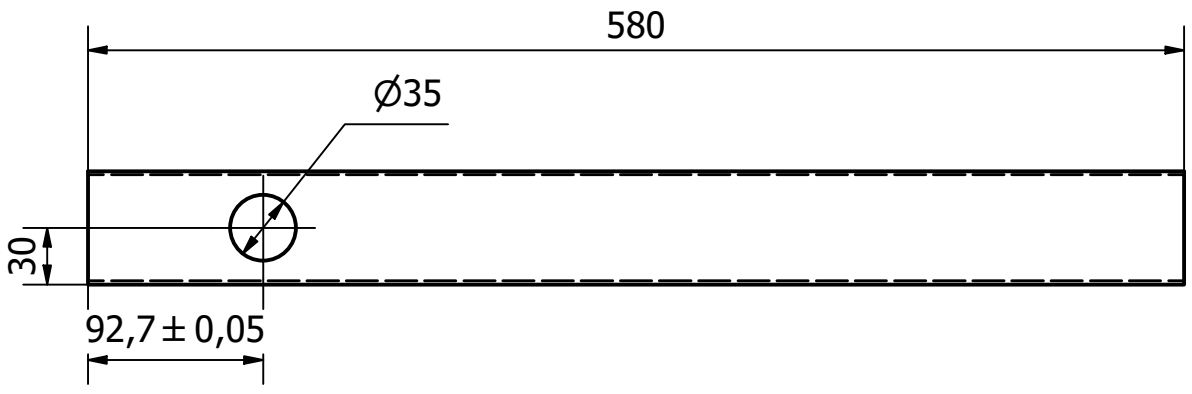
Tolerancia 1.0±		Denominación Plataforma Largueros Laterales		
Dibujado	Fecha 5/12/2023	Nombre Martín Páez	Material Tubo cuadrado 60x60x2 Acero Estructural A36	Escala 1:6
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo		
Aprovado	18/12/2023	Alfredo Valarezo		
		Código PLL900	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante	Hoja 05



Notas:

- Se realiza el corte por medio de amoladora con disco delgado abrasivo de corte.
- Agujero de tipo pasante realizado por medio de fresadora.

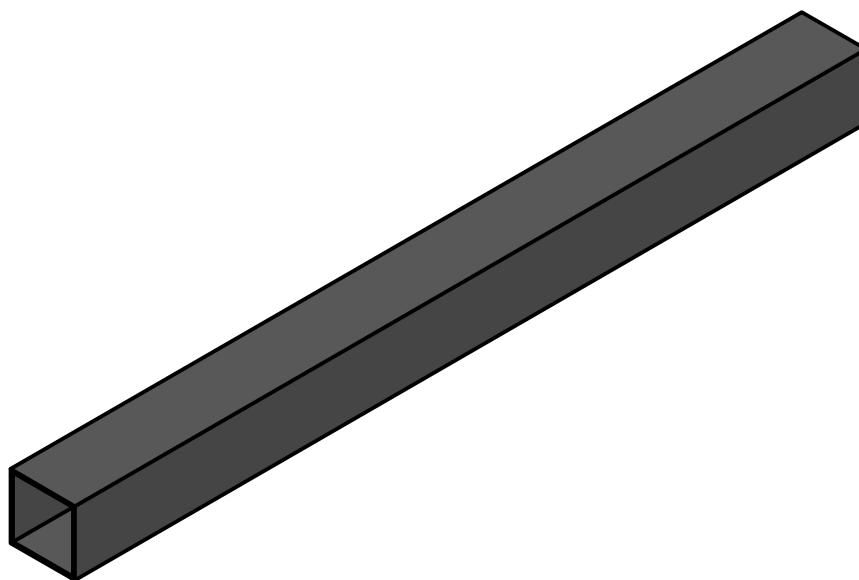
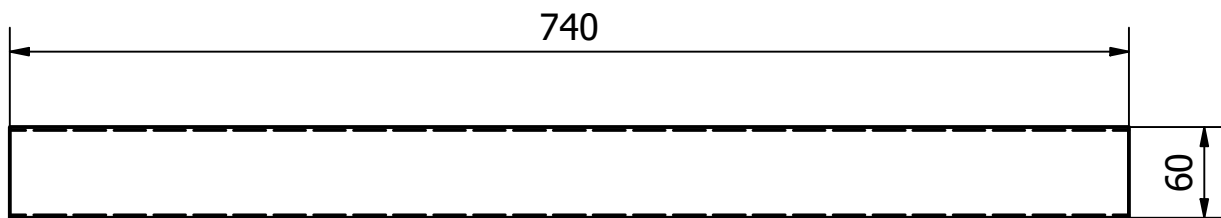
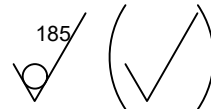
Tolerancia 5.0±		Denominación Plataforma travesaño anterior		
Dibujado	Fecha 5/12/2023	Nombre Martín Páez	Material Acero Estructural A36 60x60x2	Escala 1:5
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo		
Aprovado	18/12/2023	Alfredo Valarezo		
		Código PTA740	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante	Hoja 06



Notas:

- Se realiza el corte por medio de amoladora con disco delgado abrasivo de corte.
- Agujero de tipo pasante realizado por medio de fresadora.

Tolerancia 5,0±		Denominación Plataforma Larguero Central		
	Fecha	Nombre		Escala 1:5
Dibujado	5/12/2023	Martín Páez		
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo		
Aprovado	18/12/2023	Alfredo Valarezo		
		Código PLC580	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante	Hoja 07

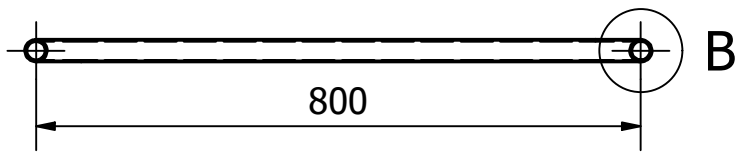


Notas:

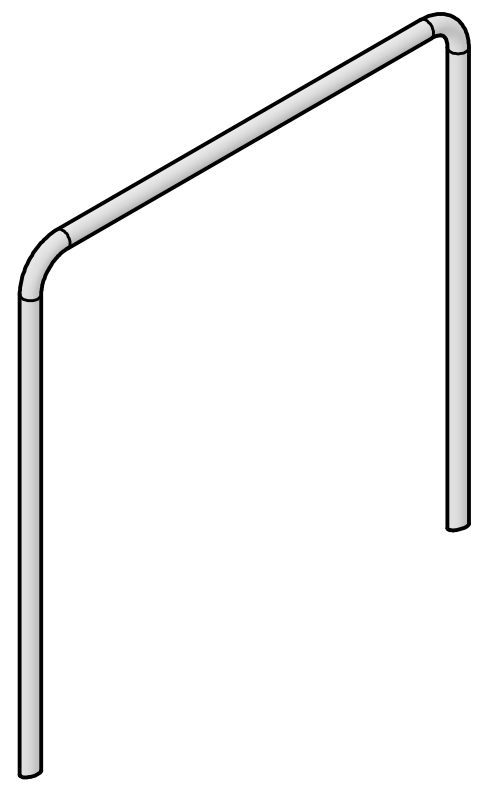
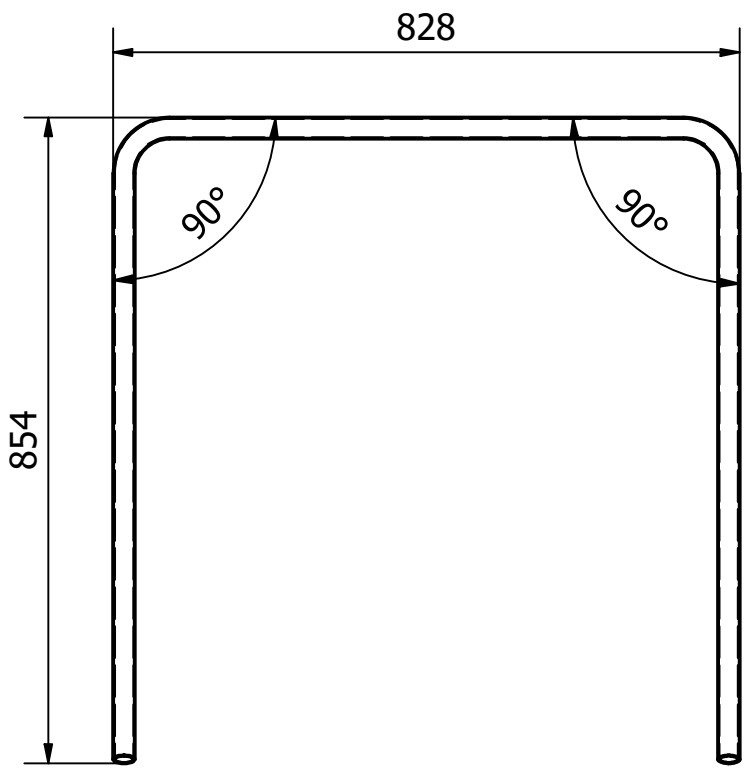
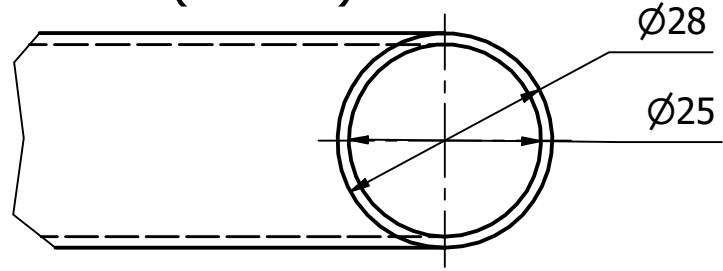
- Se realiza el corte por medio de amoladora con disco delgado abrasivo de corte.

Tolerancia 5.0±		Denominación Plataforma travesaño posterior		
	Fecha	Nombre		Escala 1:5
Dibujado	5/12/2023	Martín Páez		
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo		
Aprovado	18/12/2023	Alfredo Valarezo		
		Código PTP740	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante	Hoja 08

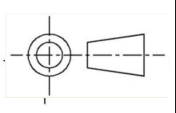

186 (✓)



Detalle B
(1 : 1)

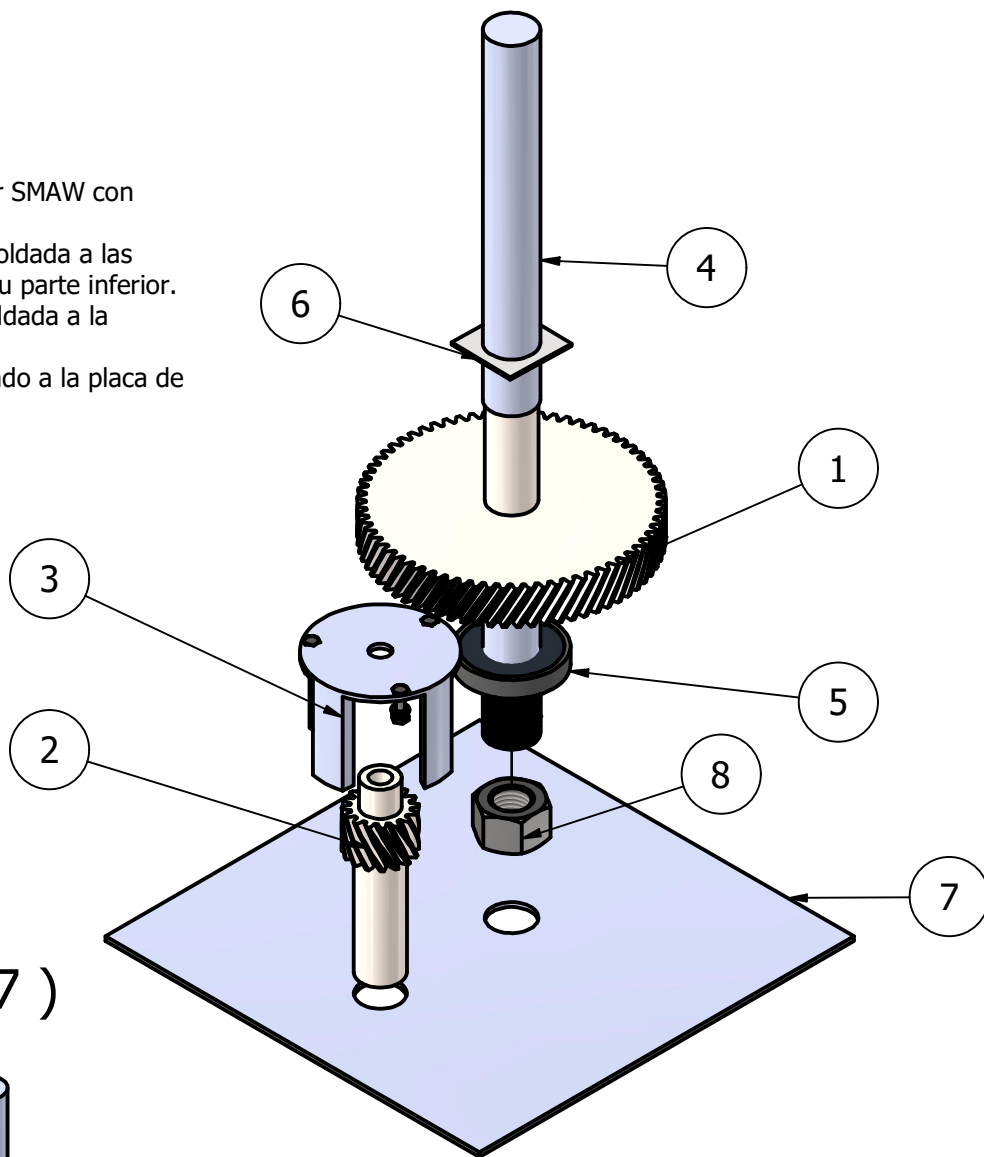


Notas:
Realizado con dobladora

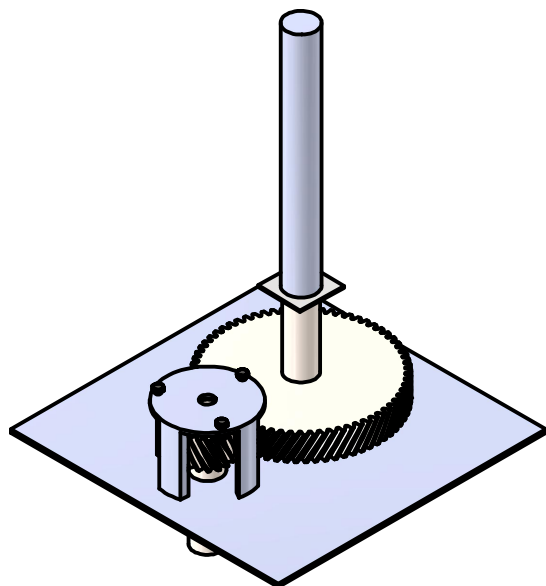
Tolerancia 10.0±		Denominación Tubo de Empuje														
<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Fecha</td> <td>Nombre</td> </tr> <tr> <td>Dibujado</td> <td>5/12/2023</td> <td>Martín Páez</td> </tr> <tr> <td>Revisado</td> <td>8/12/2023</td> <td>Alfredo Valarezo</td> </tr> <tr> <td>Aprovado</td> <td>18/12/2023</td> <td>Alfredo Valarezo</td> </tr> </table>			Fecha	Nombre	Dibujado	5/12/2023	Martín Páez	Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo	Aprovado	18/12/2023	Alfredo Valarezo	Material Tubo de Acero A36		Escala 1:10
	Fecha	Nombre														
Dibujado	5/12/2023	Martín Páez														
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo														
Aprovado	18/12/2023	Alfredo Valarezo														
		Código TE	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante	Hoja 09												

Notas:

- Soldadura realizada por SMAW con electrodo de 6014.
- Placa mástil debe ser soldada a las paredes del mástil en su parte inferior.
- Placa de engranajes soldada a la plataforma de la grúa.
- Soporte de motor soldado a la placa de engranajes.

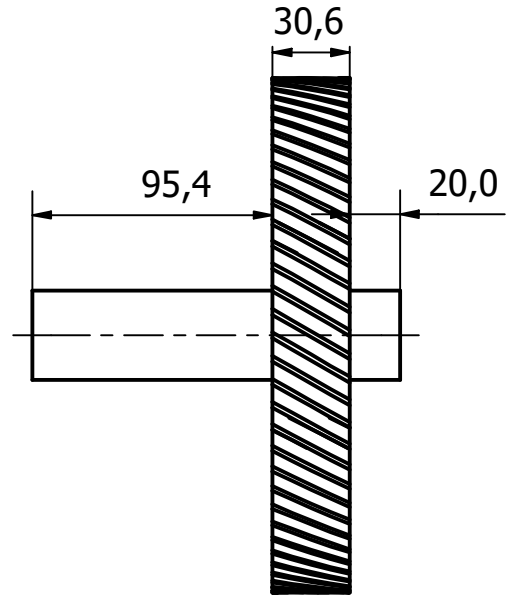
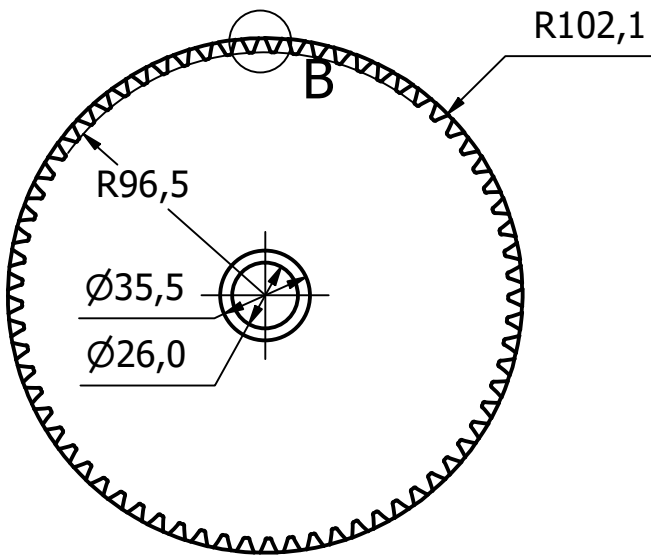
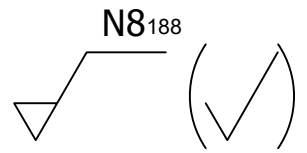


(1 : 7)

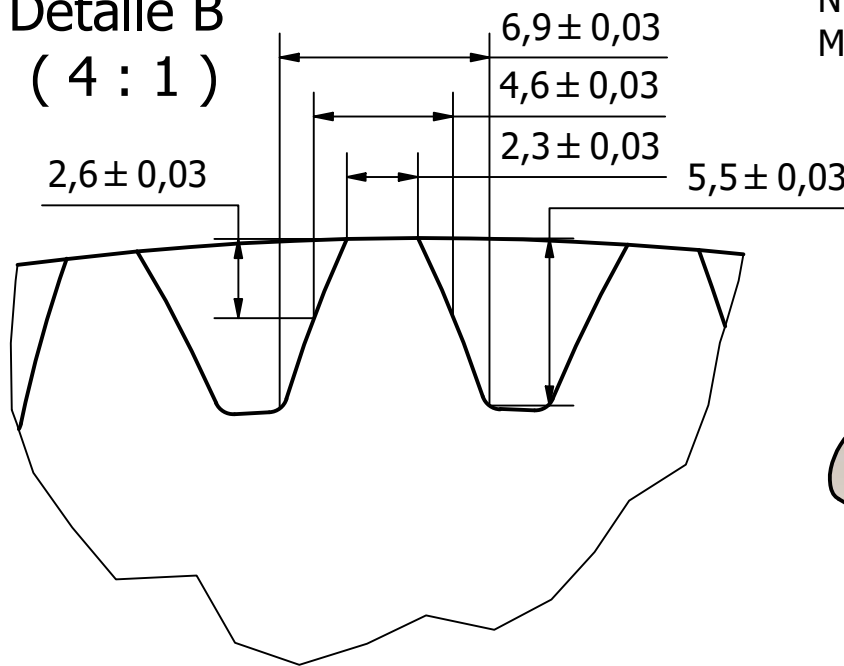


PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	Engranaje con soporte para eje
2	1	Piñon con cubo para motor
3	1	Soporte de Motor
4	1	Eje de giro Mástil
5	1	Rodamiento 35mm
6	1	Placa Acople Mastil
7	2	Soporte Engranajes Helicoidales
8	1	Nut GB/T 6175 M38

Tolerancia 0.1±	Peso 3.55 kg	Denominación Sistema de Giro con Motor	
Dibujado	Fecha	Nombre	Escala 1:5
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo	Hoja 10
Aprobado	18/12/2023	Alfredo Valarezo	
		Código SGM003	

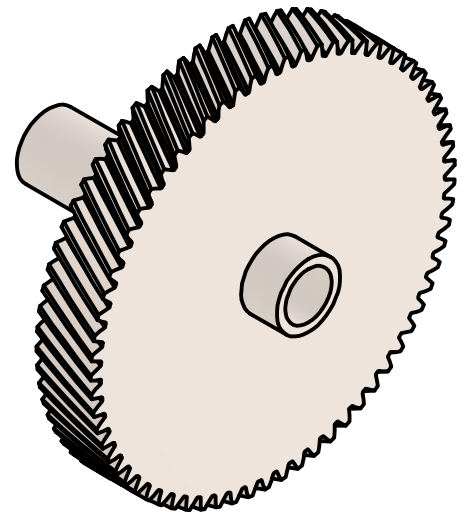


**Detalle B
(4 : 1)**



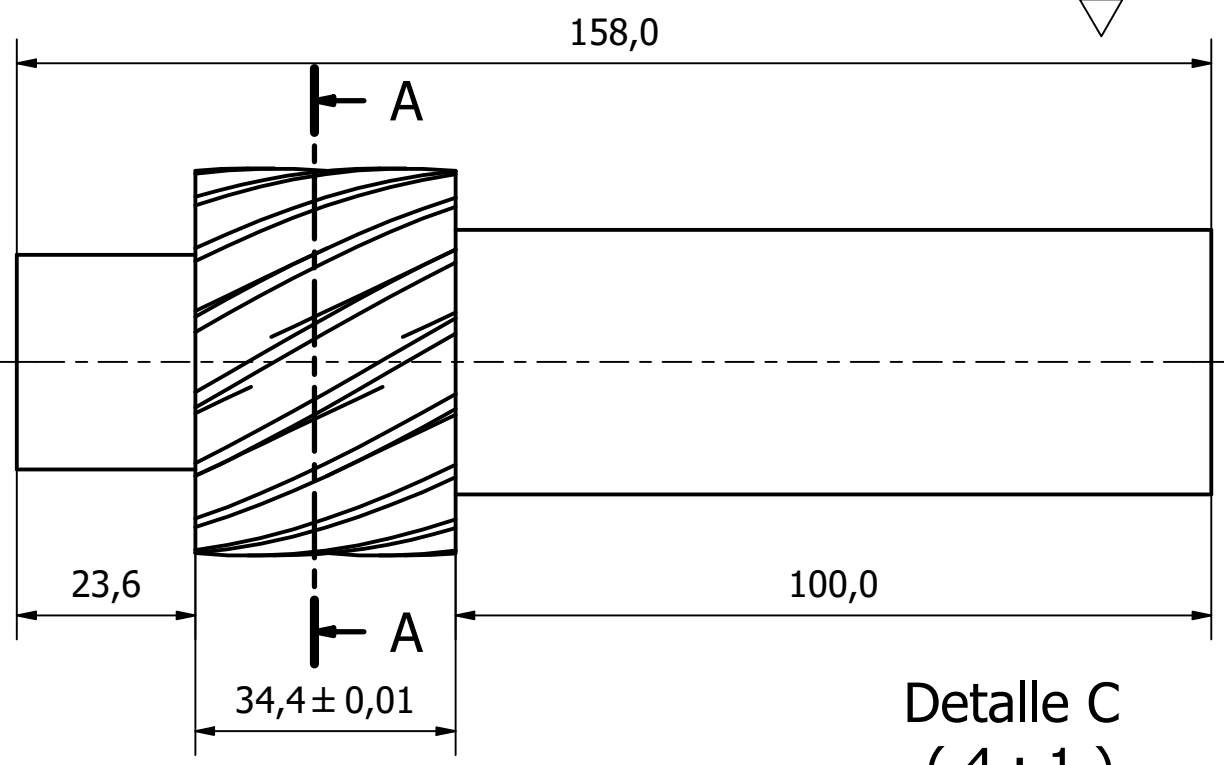
NOTAS

Numero de dientes: 69
Módulo: 2.5



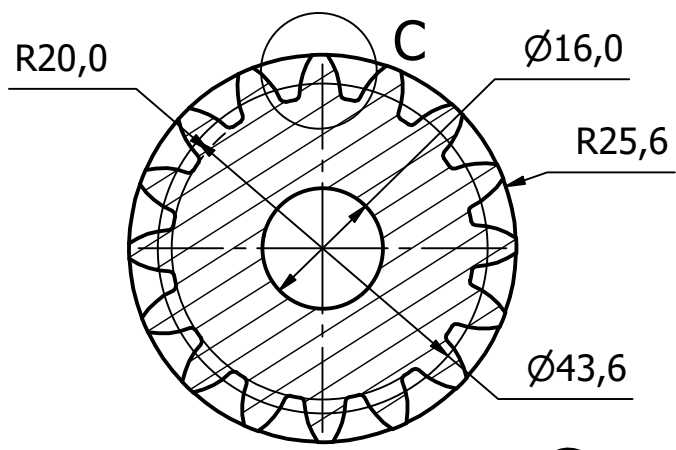
Tolerancia 0.1±		Denominación Engranaje con soporte para eje		
Dibujado	Fecha 5/12/2023	Nombre Martín Páez	Material Acero al carbono de aleación 15CrMo4	Escala 1:3
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo		
Aprovado	18/12/2023	Alfredo Valarezo		
		Código ESEM	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante	Hoja 11

N8
189

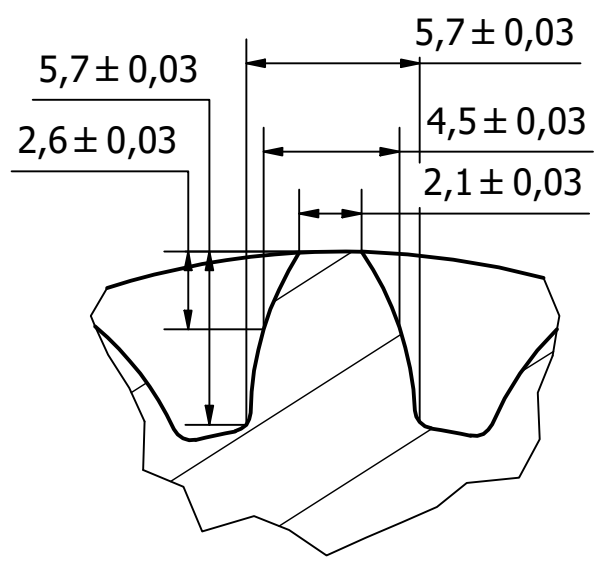


Corte A-A

Detalle C
(4 : 1)

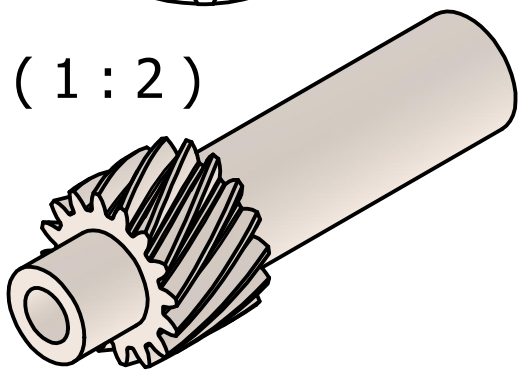


(1 : 2)

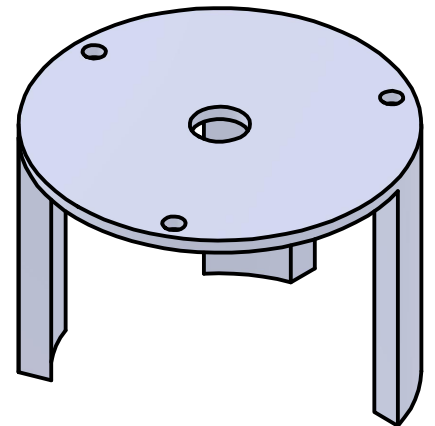
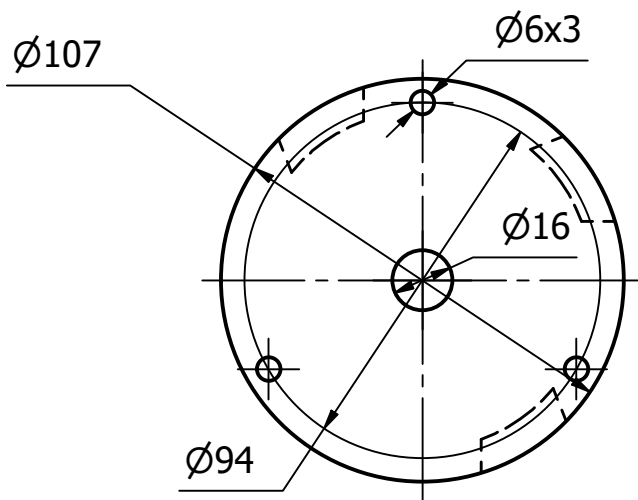
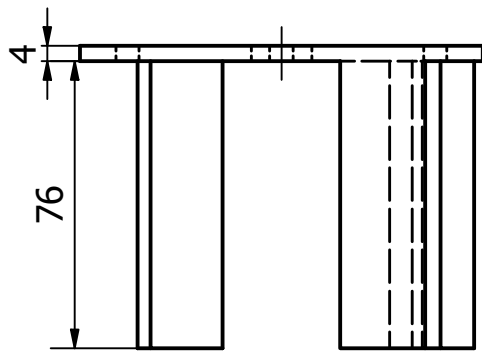
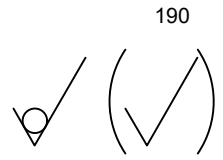
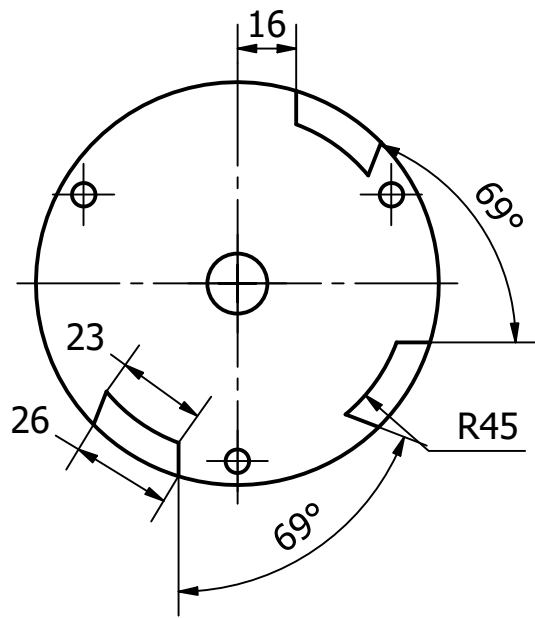


NOTAS

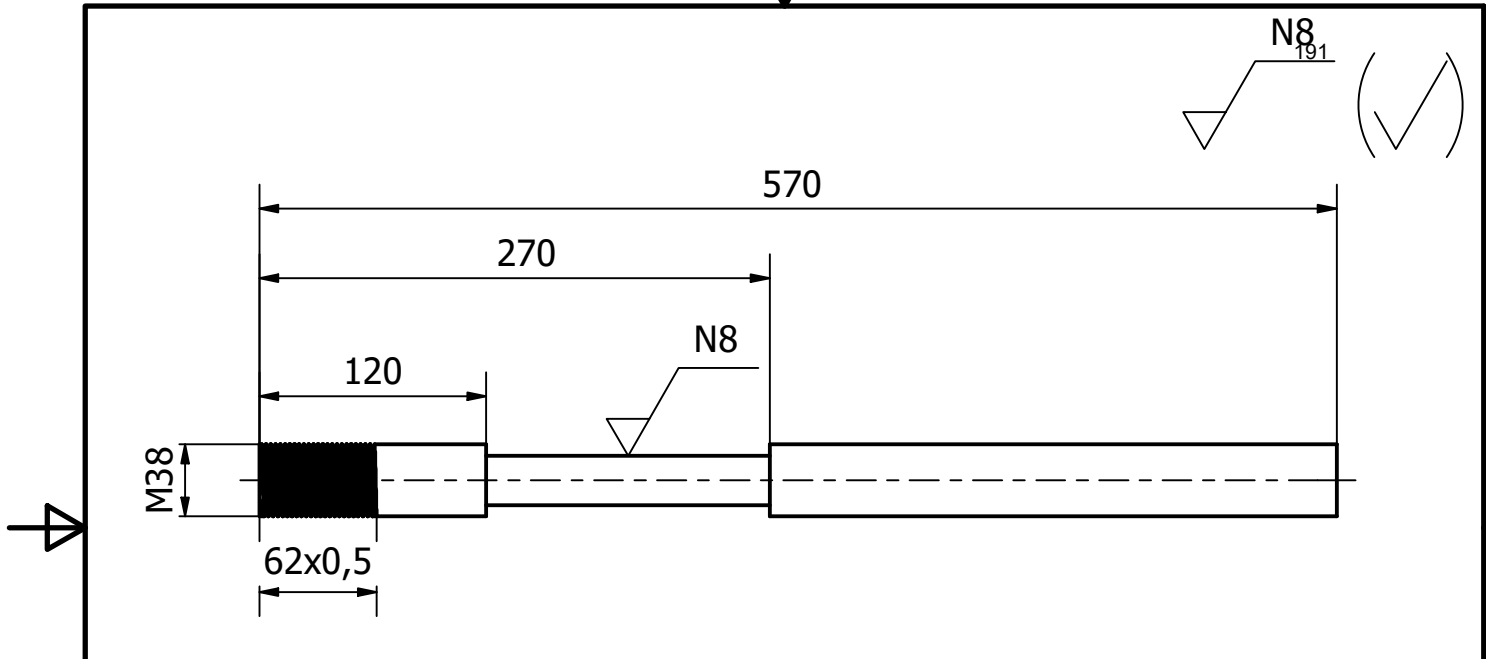
Numero de dientes: 16
Módulo: 2.5

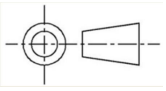



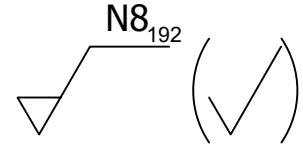
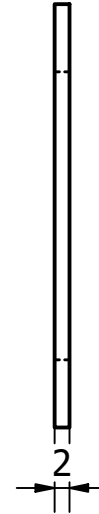
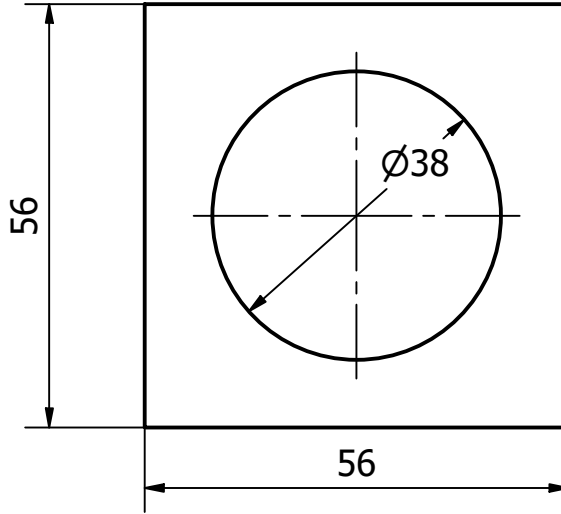
Tolerancia 0.1±		Denominación Piñón con cubo para motor		
Dibujado	Fecha 5/12/2023	Nombre Martín Páez	Material Acero al carbono de aleación 15CrMo4	Escala 1:1
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo		
Aprobado	18/12/2023	Alfredo Valarezo		
		Código PCM51	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante	Hoja 12



Tolerancia 1,0±		Denominación Soporte de motor														
<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Fecha</td> <td>Nombre</td> </tr> <tr> <td>Dibujado</td> <td>5/12/2023</td> <td>Martín Páez</td> </tr> <tr> <td>Revisado</td> <td>8/12/2023</td> <td>Alfredo Valarezo</td> </tr> <tr> <td>Aprovado</td> <td>18/12/2023</td> <td>Alfredo Valarezo</td> </tr> </table>			Fecha	Nombre	Dibujado	5/12/2023	Martín Páez	Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo	Aprovado	18/12/2023	Alfredo Valarezo	Material Acero A36		Escala 1:2
	Fecha	Nombre														
Dibujado	5/12/2023	Martín Páez														
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo														
Aprovado	18/12/2023	Alfredo Valarezo														
		Código SMP	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante	Hoja 13												



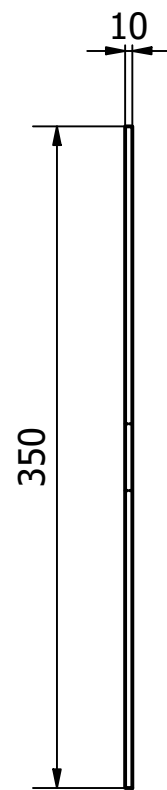
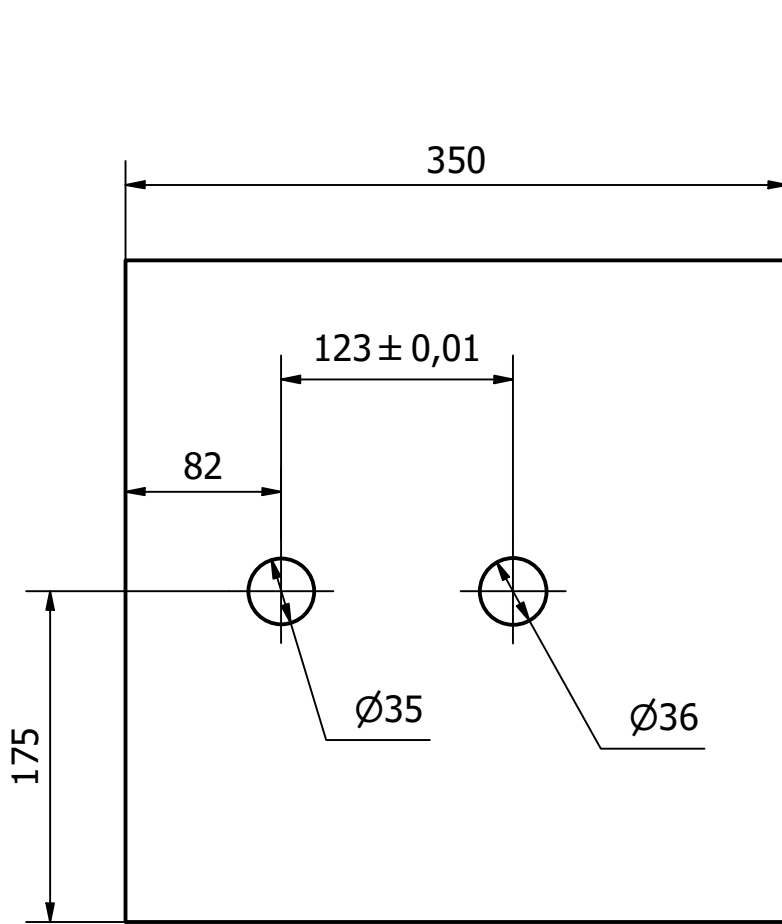
Tolerancia 1.0±		Denominación Eje de giro Mástil		
	Fecha	Nombre	Material Eje 1 1/2 in Acero de transmisión	Escala 1:4
Dibujado	5/12/2023	Martín Páez		
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo		
Aprovado	18/12/2023	Alfredo Valarezo		
		Código EGM	Trat. Superficial	Hoja 14



NOTAS

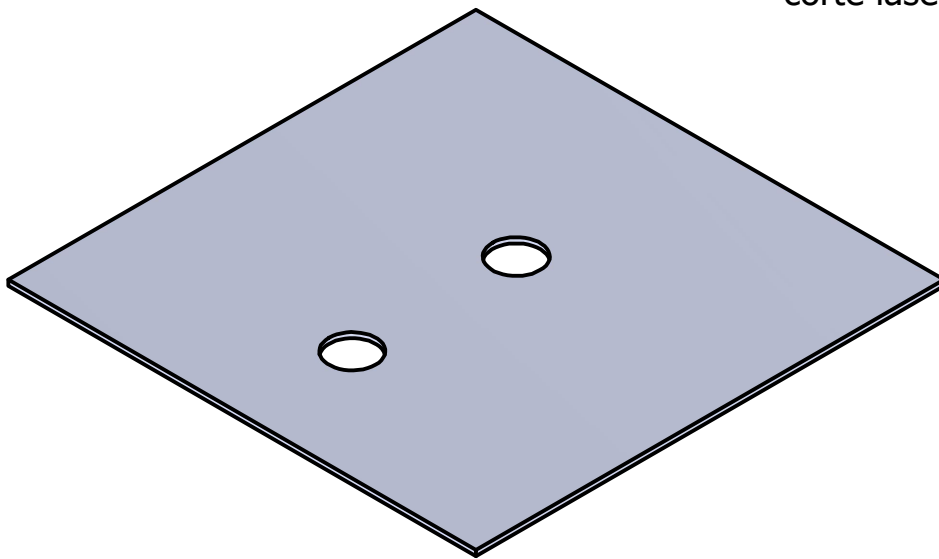
Agujero y corte realizado con fresadora

Tolerancia 1.0±		Denominación Placa acople mástil		
	Fecha	Material		Escala 1:1
Dibujado	5/12/2023	Acero Estructural A36		
Revisado	8/12/2023			
Aprovado	18/12/2023			
		Código PAM	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante	Hoja 15



NOTAS

Agujeros realizados con corte laser.



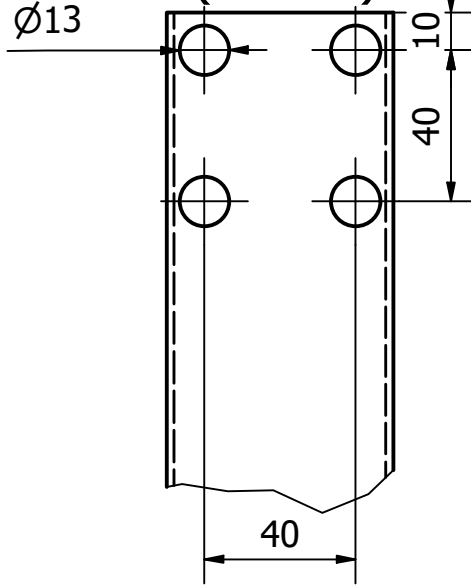
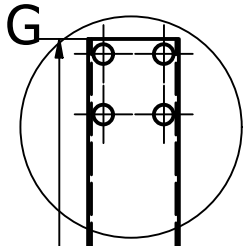
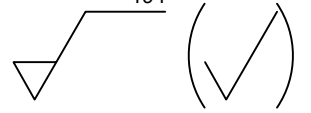
Tolerancia 1,0±		Denominación Soporte de engranajes helicoidales		
	Fecha	Nombre		Escala 1:4
Dibujado	5/12/2023	Martín Páez		
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo		
Aprovado	18/12/2023	Alfredo Valarezo		Hoja 16
		Código SEH350		

Notas:

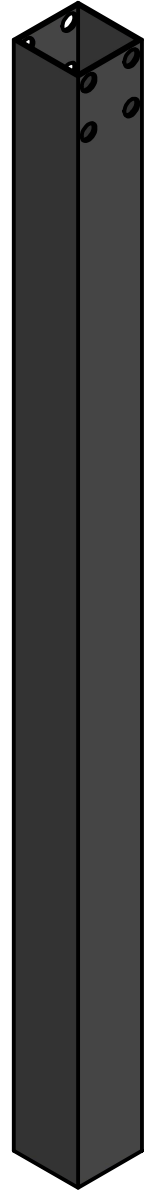
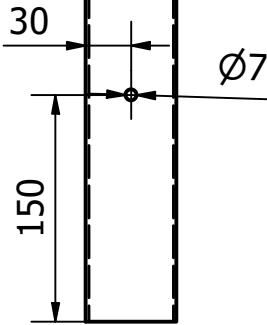
Agujeros realizados con taladro de pedestal

N8₉₄

Detalle G
(1 : 2)

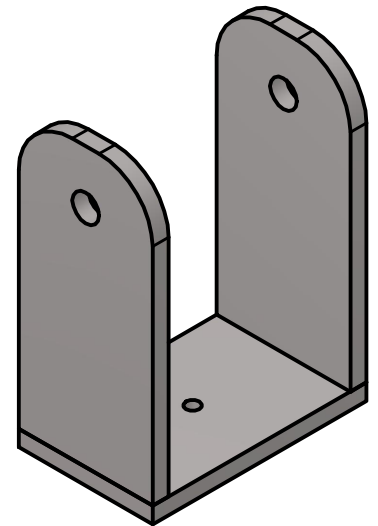
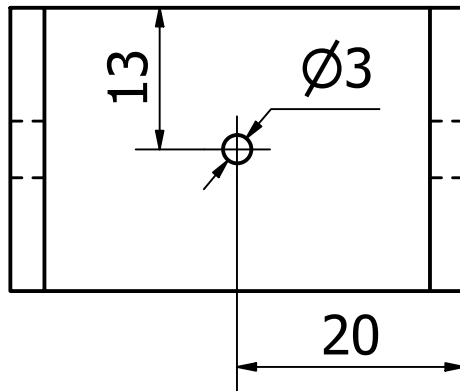
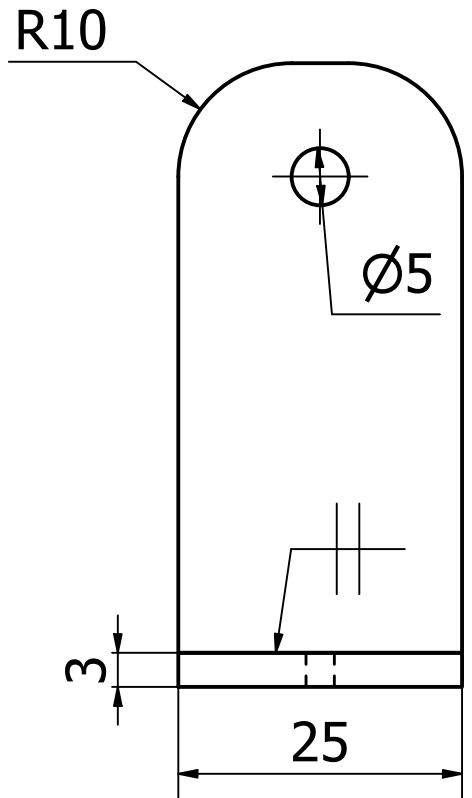
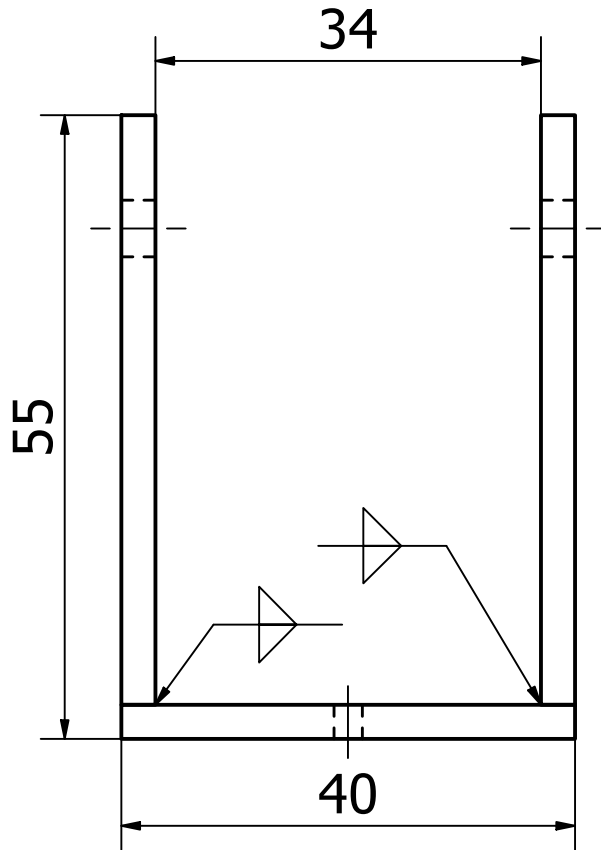


900



Tolerancia 1.0±		Denominación Mástil														
Material Acero Estructural A36 60x60x2		Escala 1:5														
<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Fecha</td> <td>Nombre</td> </tr> <tr> <td>Dibujado</td> <td>5/12/2023</td> <td>Martín Páez</td> </tr> <tr> <td>Revisado</td> <td>8/12/2023</td> <td>Alfredo Valarezo</td> </tr> <tr> <td>Aprovado</td> <td>18/12/2023</td> <td>Alfredo Valarezo</td> </tr> </table>			Fecha	Nombre	Dibujado	5/12/2023	Martín Páez	Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo	Aprovado	18/12/2023	Alfredo Valarezo	Código MSTL	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante	Hoja 17
	Fecha	Nombre														
Dibujado	5/12/2023	Martín Páez														
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo														
Aprovado	18/12/2023	Alfredo Valarezo														

N8¹⁹⁵

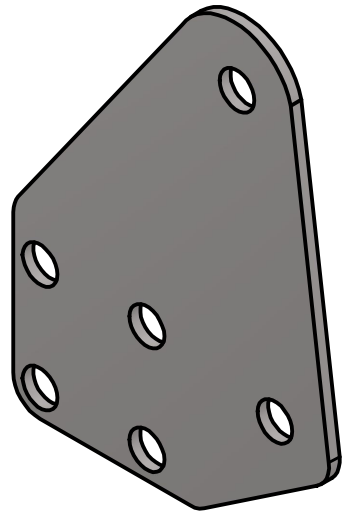
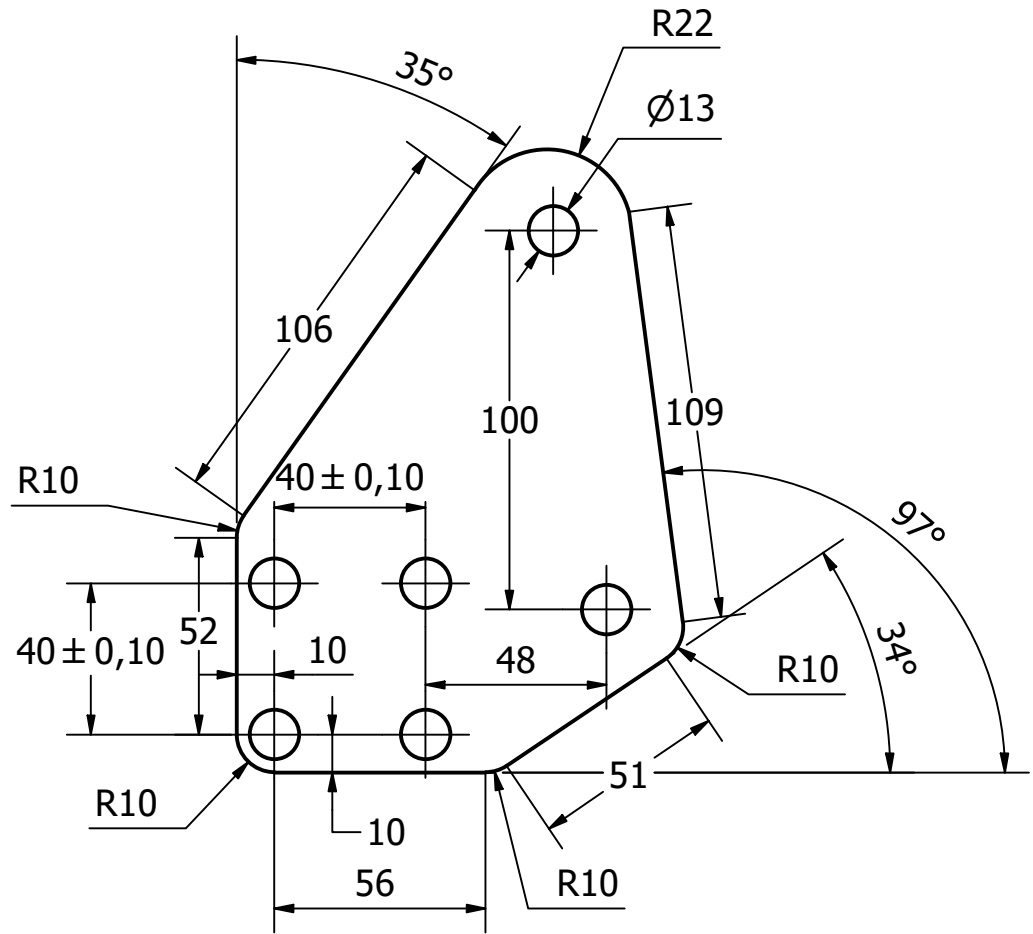
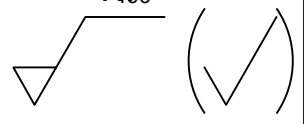


Notas:

Agujeros y Cortes realizados con corte laser.
Soldadura SMAW con electrodo 1640

Tolerancia 1.0±		Denominación Articulación Actuador		
Dibujado	Fecha 5/12/2023	Nombre Martín Páez	Material Acero A36	Escala 1,5:1
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo		
Aprovado	18/12/2023	Alfredo Valarezo		
		Código AA	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante	Hoja 18

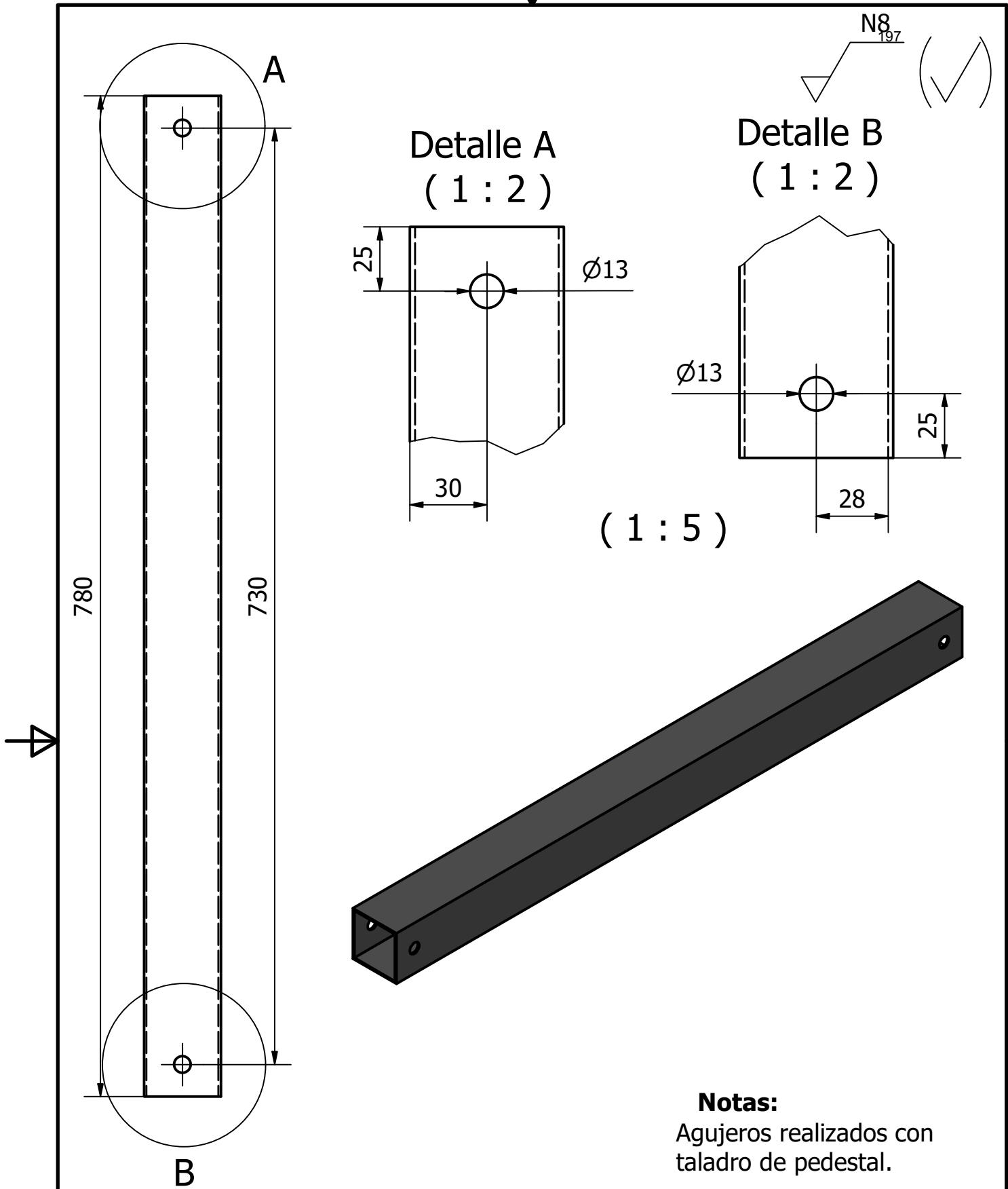
N76



Notas:

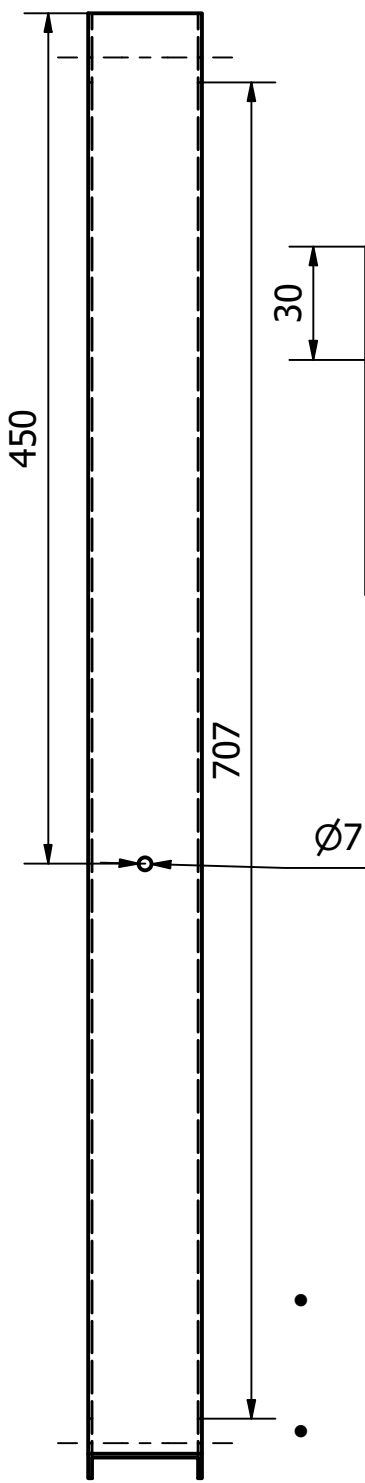
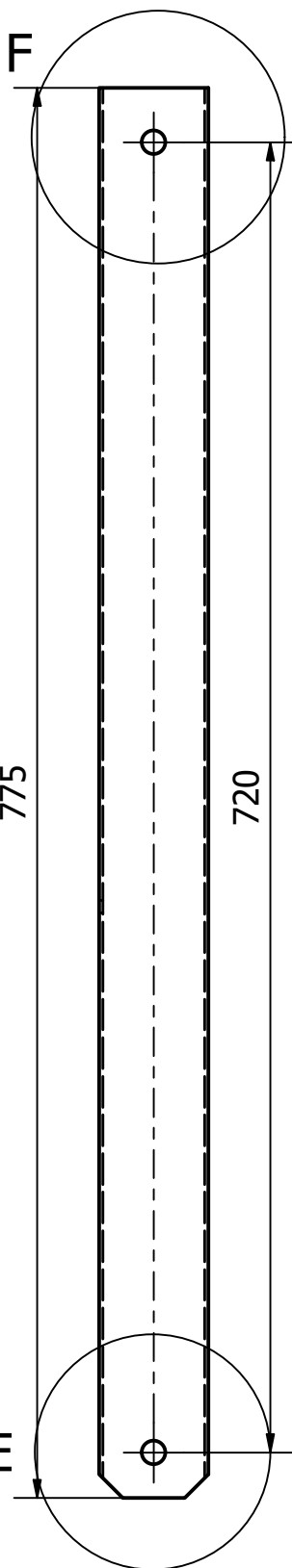
- Corte y agujeros realizados con corte plazma.
- Grosor de 4mm
- Cantidad: dos piezas.

Tolerancia 1.0±		Denominación Placa Union Brazos y Mástil														
<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Fecha</td> <td>Nombre</td> </tr> <tr> <td>Dibujado</td> <td>5/12/2023</td> <td>Martín Páez</td> </tr> <tr> <td>Revisado</td> <td>8/12/2023</td> <td>Alfredo Valarezo</td> </tr> <tr> <td>Aprovado</td> <td>18/12/2023</td> <td>Alfredo Valarezo</td> </tr> </table>			Fecha	Nombre	Dibujado	5/12/2023	Martín Páez	Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo	Aprovado	18/12/2023	Alfredo Valarezo	Material Placa de Acero A36		Escala 1:4
	Fecha	Nombre														
Dibujado	5/12/2023	Martín Páez														
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo														
Aprovado	18/12/2023	Alfredo Valarezo														
		Código PUCEG	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante	Hoja 19												

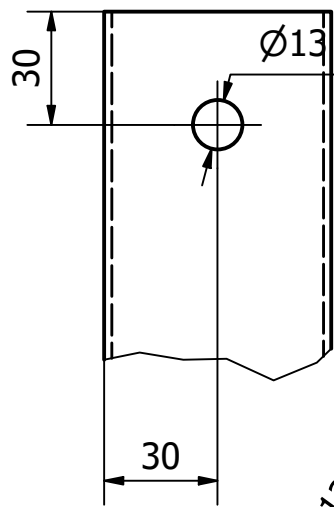


Notas:
 Agujeros realizados con taladro de pedestal.

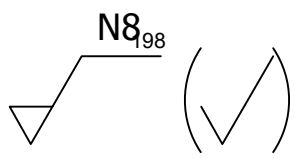
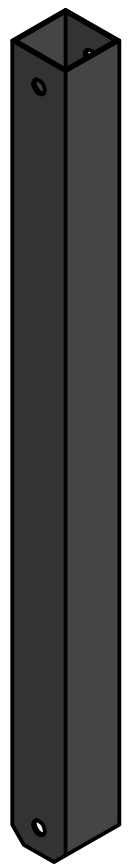
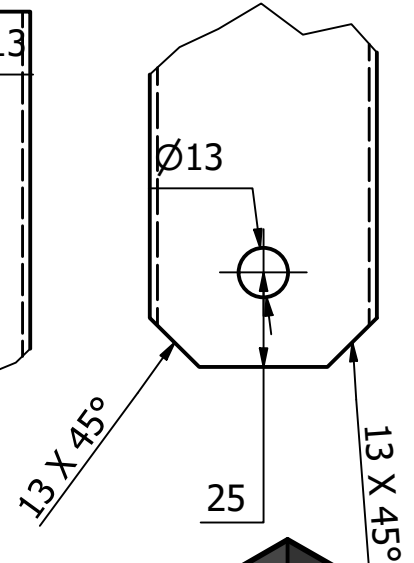
Tolerancia 1.0±		Denominación Brazo Articulado Superior		
Dibujado	Fecha 5/12/2023	Nombre Martín Páez	Material Acero Estructural A36 60x60x2	Escala 1:4
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo		
Aprobado	18/12/2023	Alfredo Valarezo		
		Código BAS780	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante	Hoja 20



Detalle F
(1 : 2)



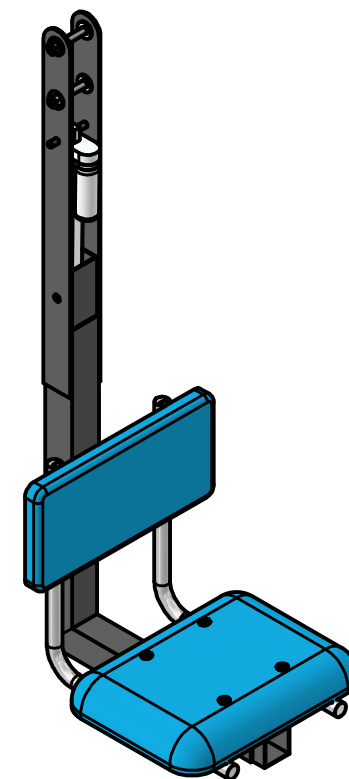
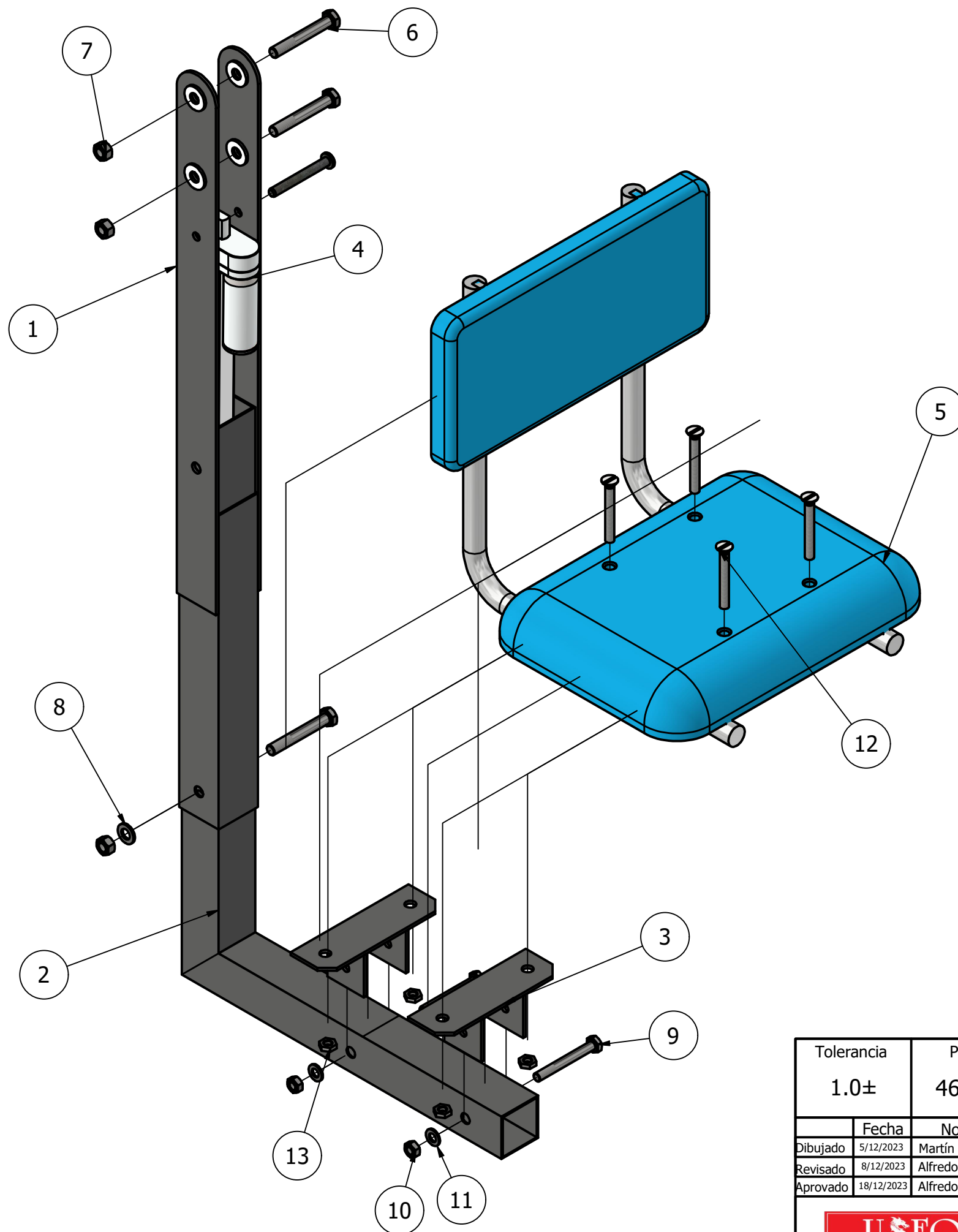
Detalle E
(1 : 2)



Notas:

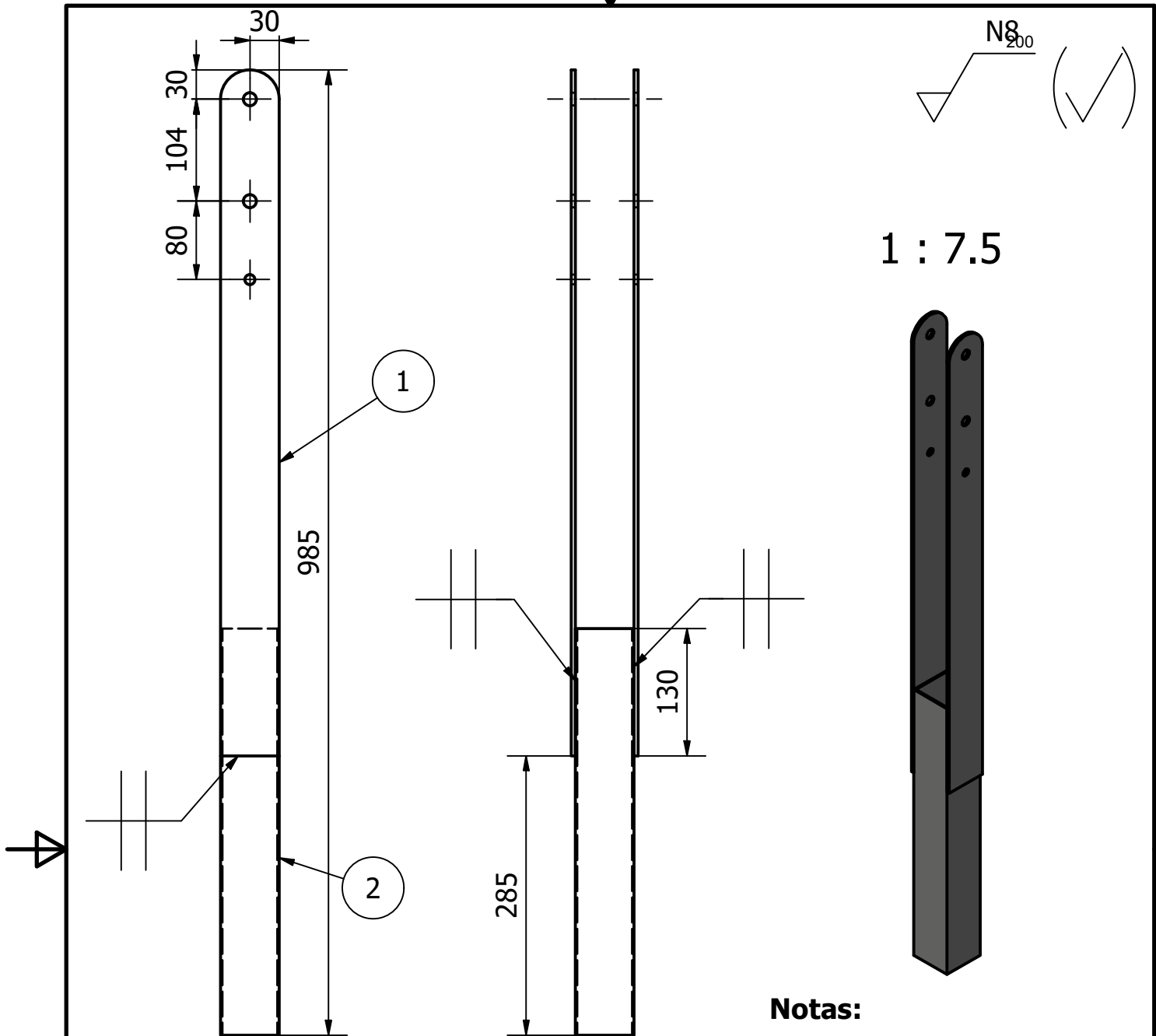
- Agujeros realizados con taladro de pedestal.
- Corte realizado con amoladora disco delgado abrasivo

Tolerancia 1.0±		Denominación Brazo Articulado Inferior		
Dibujado	Fecha 5/12/2023	Nombre Martín Páez	Material Acero Estructural A36 60x60x2	
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo		
Aprobado	18/12/2023	Alfredo Valarezo		
		Código BAI775	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante	Hoja 21



PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	Brazo de asiento parte superior
2	1	Brazo Alargado Actualizado Móvil
3	2	Soportes de acople asiento
4	1	Actuador Lineal 20in
5	1	Ensamble Asiento
6	3	DIN 960 - M12 x 1,25 x 85
7	2	ISO 8673 - M12x1,25
8	4	ISO 7089 - 12
9	1	DIN 960 - M10 x 1 x 85
10	2	ISO 8673 - M10 x 1
11	4	ISO 7089 - 10
12	4	ISO 2009 - M10 x 80
13	4	AS 1474 - M10
17	8	Arandelas de Teflon

Tolerancia 1.0±	Peso 46.3 kg	Denominación Brazo articulado para asiento	
Dibujado 5/12/2023	Fecha 5/12/2023	Nombre Martín Páez	Escala 1:5
Revisado 8/12/2023	Fecha 8/12/2023	Nombre Alfredo Valarezo	Hoja 22
Aprobado 18/12/2023	Fecha 18/12/2023	Nombre Alfredo Valarezo	
		Código BAS004	



Notas:

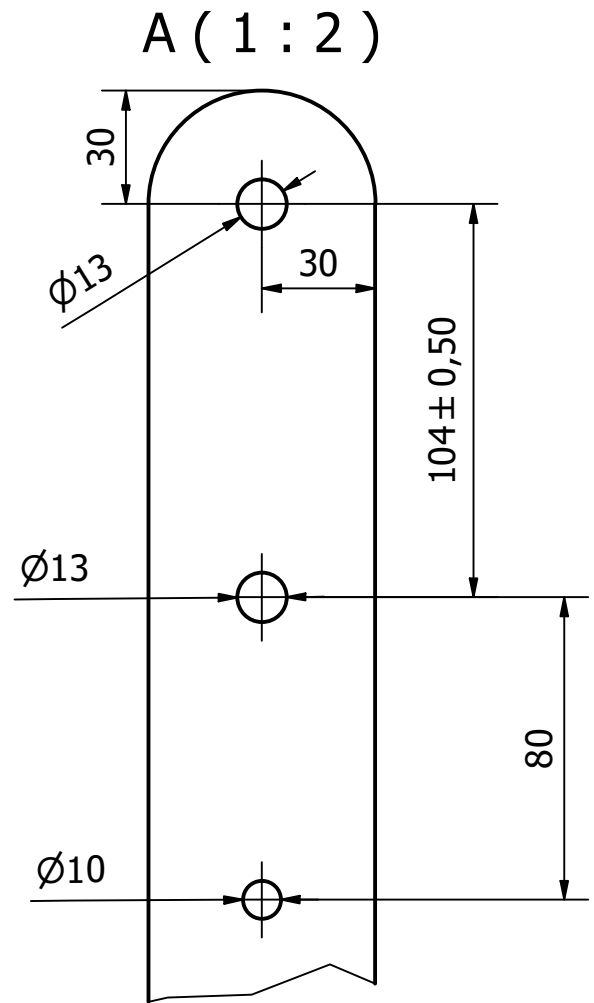
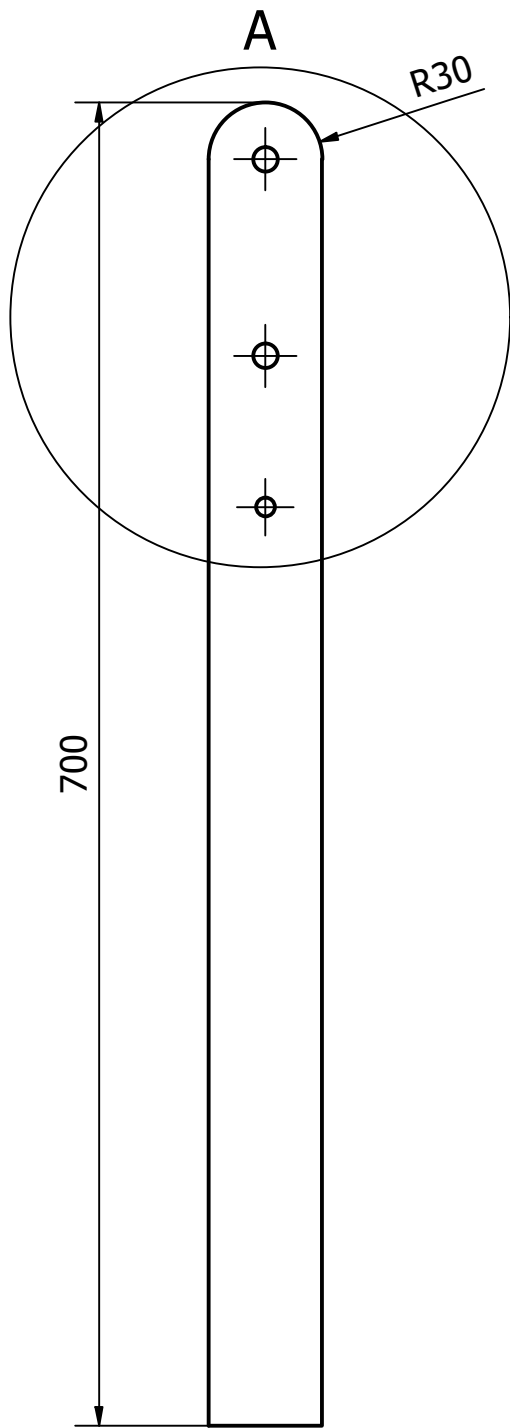
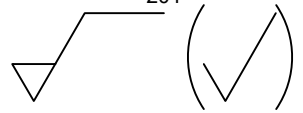
- Soldadura SMAW con electrodo 6010
- Espesor tubo: 2mm
- Espesor platina: 4mm

PARTS LIST

ITEM	QTY	PART NUMBER
1	2	Platinas Brazo de asiento parte superior
2	1	Tubo Brazo asiento parte superior

Tolerancia 5.0±		Denominación Brazo de asiento parte superior														
<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Fecha</td> <td>Nombre</td> </tr> <tr> <td>Dibujado</td> <td>5/12/2023</td> <td>Martín Páez</td> </tr> <tr> <td>Revisado</td> <td>8/12/2023</td> <td>Alfredo Valarezo</td> </tr> <tr> <td>Aprovado</td> <td>18/12/2023</td> <td>Alfredo Valarezo</td> </tr> </table>			Fecha	Nombre	Dibujado	5/12/2023	Martín Páez	Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo	Aprovado	18/12/2023	Alfredo Valarezo	Material Acero Estructural A36		Escala 1:5
	Fecha	Nombre														
Dibujado	5/12/2023	Martín Páez														
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo														
Aprovado	18/12/2023	Alfredo Valarezo														
		Código BAPS005	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante	Hoja 23												

N8₂₀₁


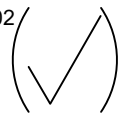
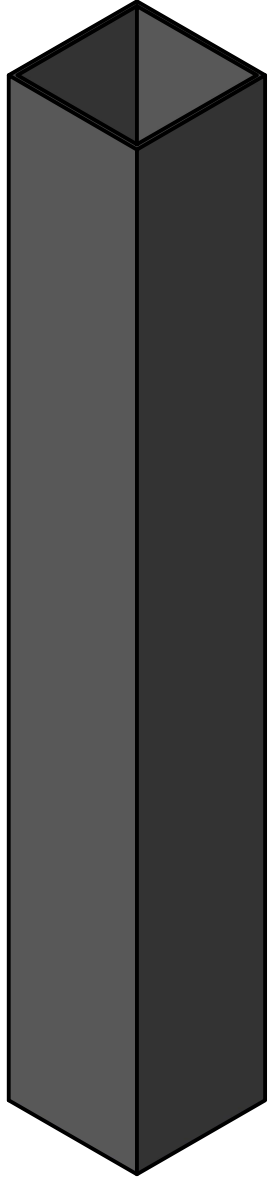
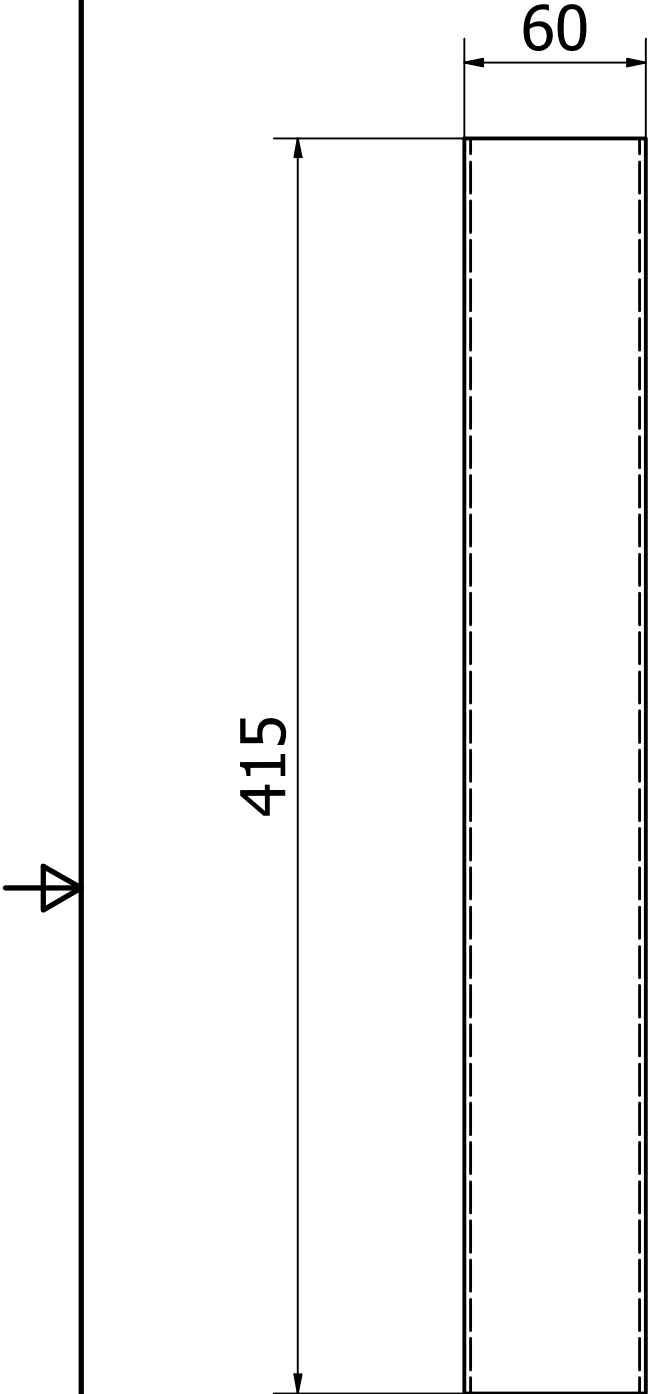


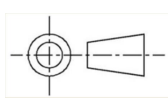

Notas:

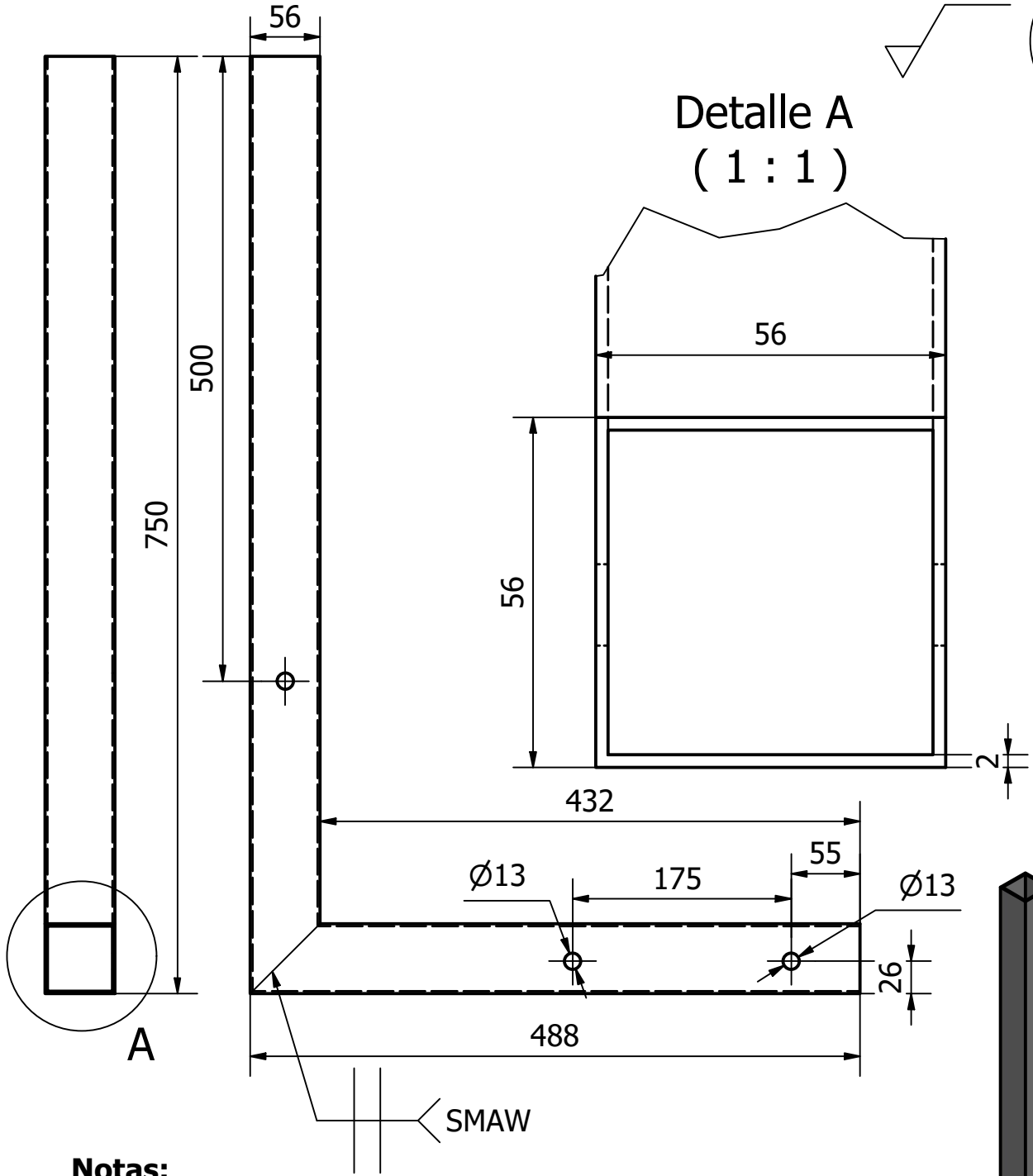
- Espesor de platina: 4mm
- Agujeros realizados con taladro de pedestal.
- Cantidad: dos piezas.

Tolerancia 1.0±		Denominación Platinas Brazo de asiento parte superior		
Dibujado	Fecha 5/12/2023	Nombre Martín Páez	Material Acero Estructural A36	Escala 1:4
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo		
Aprobado	18/12/2023	Alfredo Valarezo		
		Código PBA	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante	Hoja 24

202/

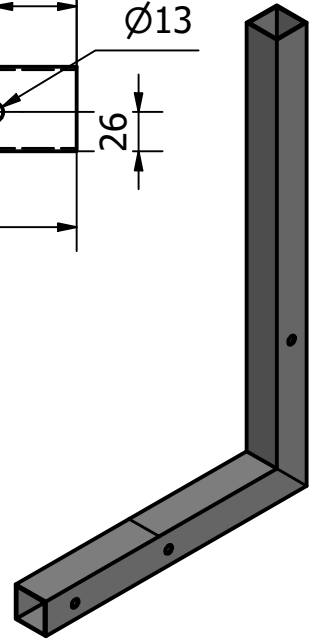




Tolerancia 1.0±		Denominación Tubo Brazo asiento parte superior		
	Fecha	Material		Escala 1:2,5
Dibujado	5/12/2023	Acero Estructural A36 60x60x2		
Revisado	8/12/2023			
Aprovado	18/12/2023			
		Código BAS415	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante	Hoja 25



Notas:

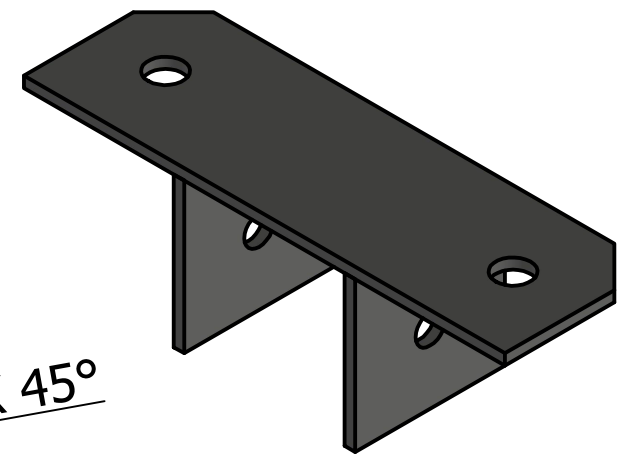
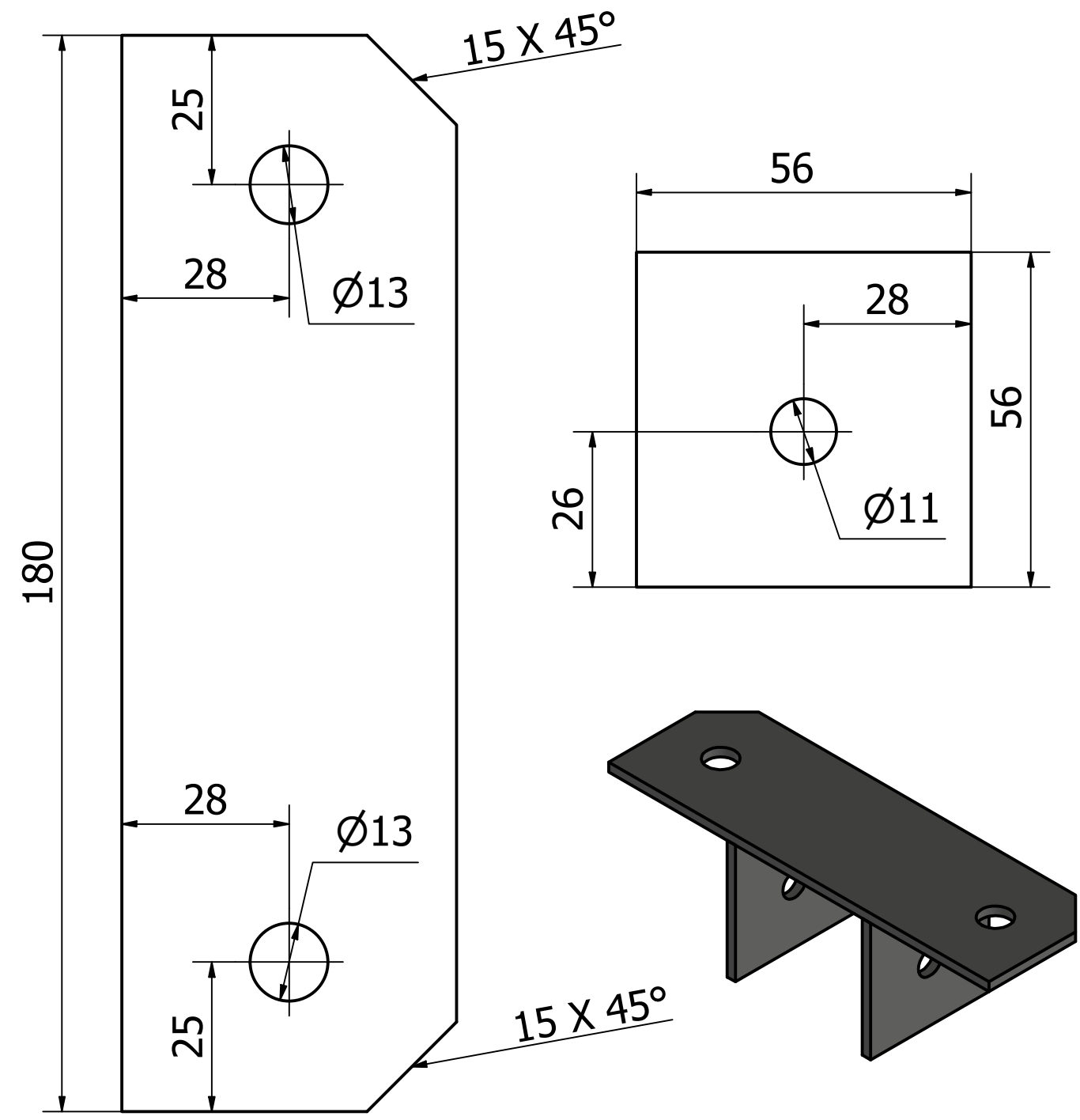
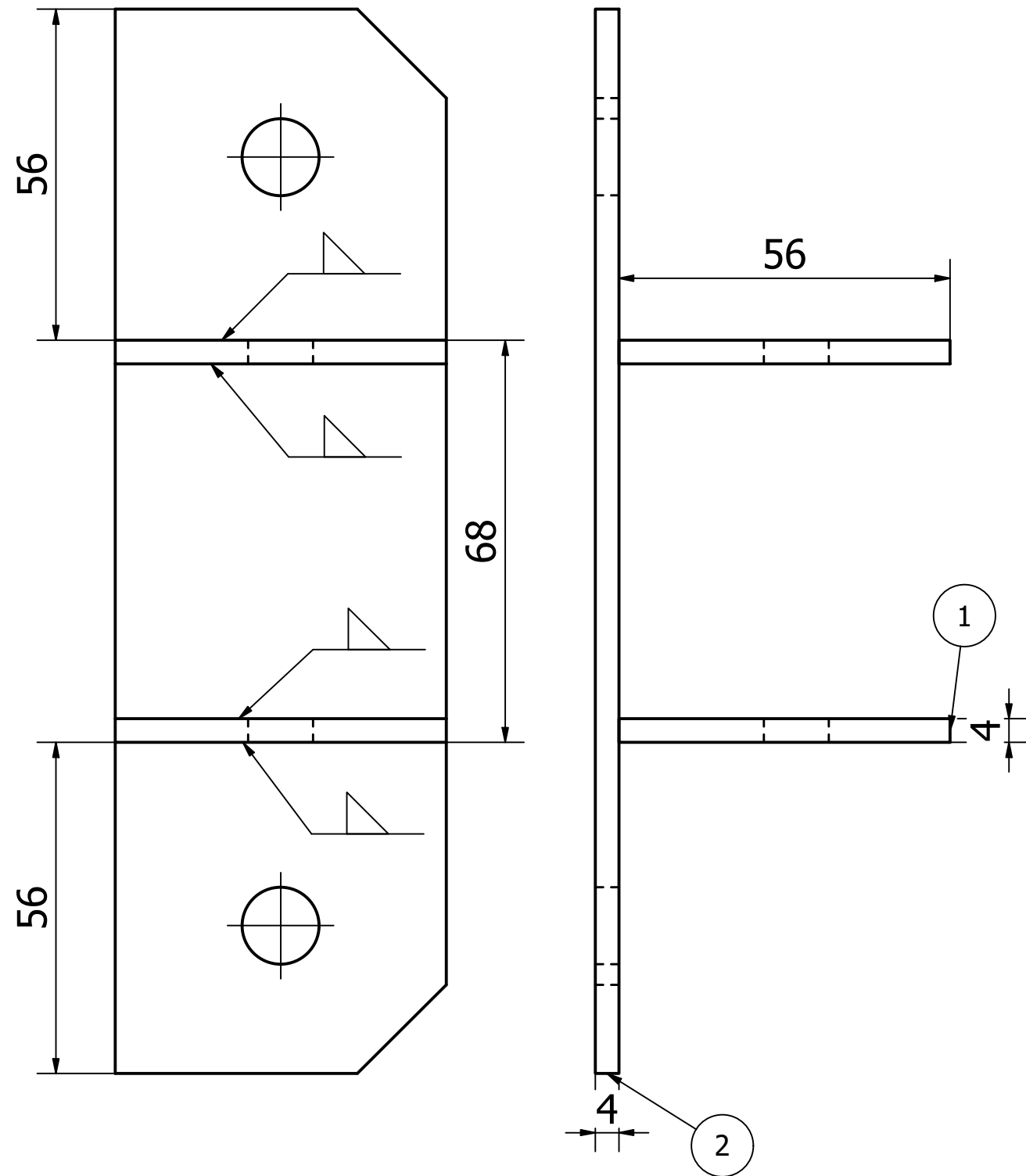
Agujeros realizados con taladro de pedestal.
 Corte realizado con amoladora con disco fino para corte
 SMAW con electrodo 6010



Tolerancia 5.0±		Denominación Brazo asiento parte móvil		
Dibujado	Fecha 5/12/2023	Nombre Martín Páez	Material Acero Estructural A36 56x56x2	Escala 1:5
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo		
Aprobado	18/12/2023	Alfredo Valarezo		
		Código BAPM	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante	Hoja 26


ENSAMBLE DE PIEZAS

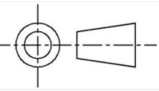
PIEZAS



Notas:

- Forma y agujeros realizados con corte laser.
- Cantidad: dos soportes de asiento.
- Soldadura realizada con SMAW por medio del electrodo 6010.

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	
1	2	Placas laterales soporte silla	
2	1	Placa soporte de silla	
Tolerancia	Peso	Denominación	
1.0±	0.5 kg	Soportes de acople asiento	
	Fecha	Nombre	Material
Dibujado	5/12/2023	Martín Páez	
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo	
Aprovado	18/12/2023	Alfredo Valarezo	
		Código	Trat. Superficial
		SAA006	Pintura electrostática antioxidante
		Hoja	27

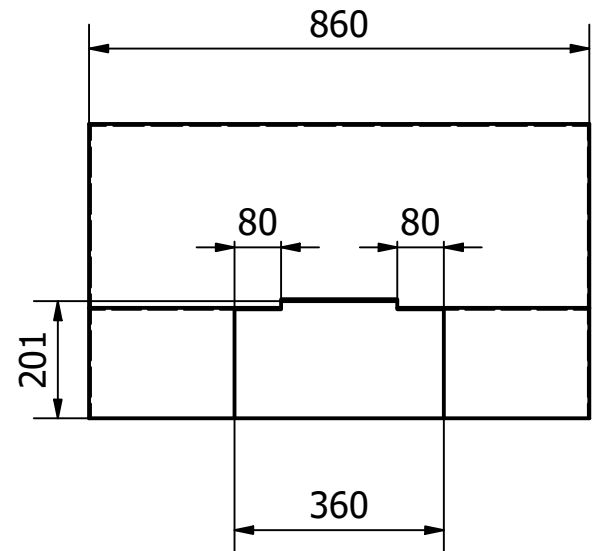
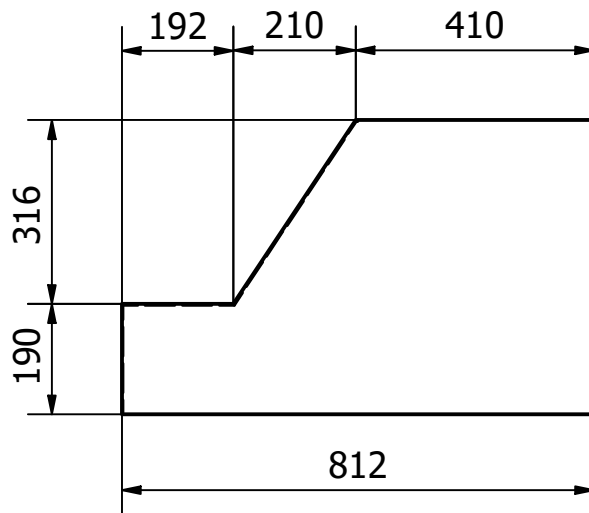
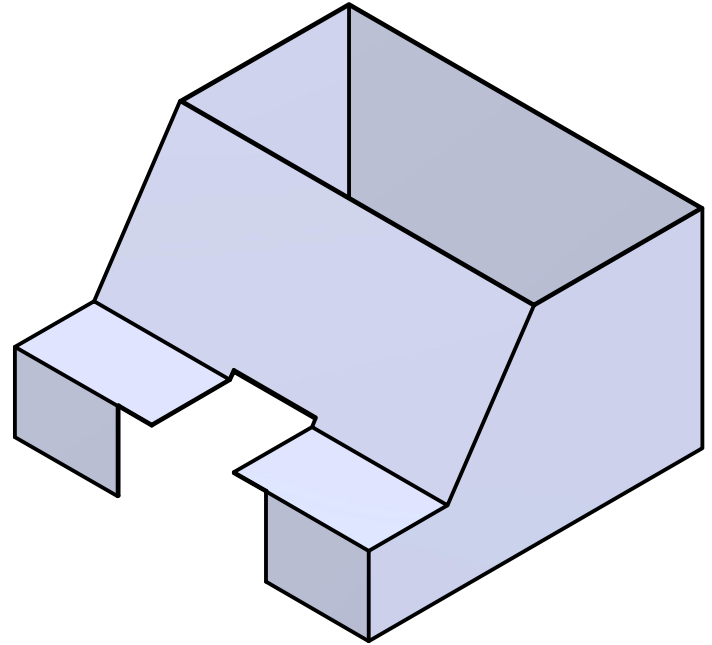
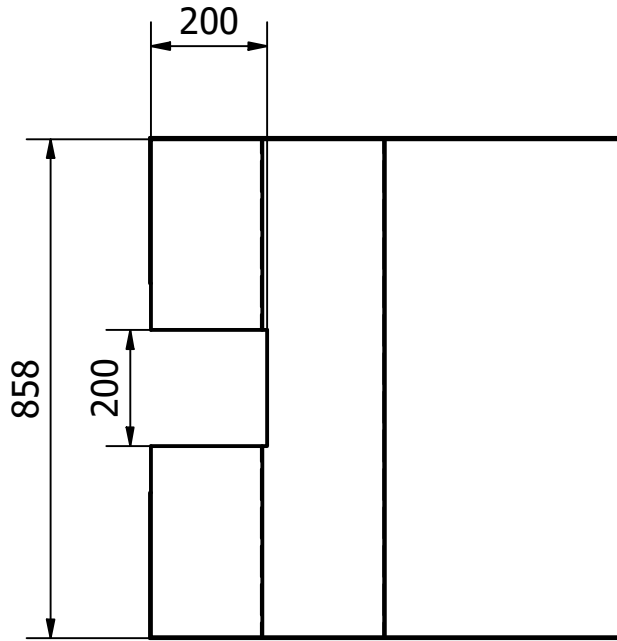
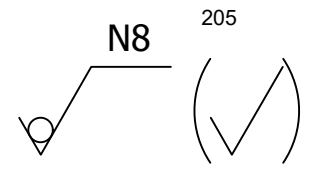


Escala
1:1

Hoja
27

NOTAS

Chapa metálica de 1mm de espesor



Tolerancia 5.0±		Denominación Tapa protectora de grúa		
Material Chapa metalica de acero A36		Escala 1:13		
Dibujado	Fecha 5/12/2023	Nombre Martín Páez		
Revisado	8/12/2023	Alfredo Valarezo		
Aprovado	18/12/2023	Alfredo Valarezo		
		Código TPG	Trat. Superficial Pintura electrostática antioxidante	Hoja 28