# UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

## Dispositivo de Recolección de Desechos Flotantes para Ríos: Modelo aplicado al DMQ.

**Angie Denisse Melo Ruiz**
**Andrés Sebastián Patiño Romero**
**Mateo José Puente Cárdenas**
**David Matías Silva Parra**

**Ingeniería Mecánica**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Mecánico

Quito, 16 de diciembre de 2024

# UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**HOJA DE CALIFICACIÓN**
**DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Dispositivo de Recolección de Desechos Flotantes para Ríos: Modelo aplicado al DMQ.**

**Angie Denisse Melo Ruiz**
**Andrés Sebastián Patiño Romero**
**Mateo José Puente Cárdenas**
**David Matías Silva Parra**

**Calificación**

**Nombre del profesor, Título académico** **Alfredo Valarezo, Ph.D. M.Sc**

**Firma del profesor** _____.

Quito, 16 de diciembre de 2024

# © 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: Angie Denisse Melo Ruiz

Código: 00322168

Cédula de identidad: 0930571286

Lugar y fecha: Quito, 16 de diciembre de 2024

# © 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: Andrés Sebastián Patiño Romero

Código: 00215754

Cédula de identidad: 1751204346

Lugar y fecha: Quito, 16 de diciembre de 2024

# © 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: Mateo José Puente Cárdenas

Código: 00320571

Cédula de identidad: 1720168325

Lugar y fecha: Quito, 16 de diciembre de 2024

# © 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: David Matías Silva Parra

Código: 00321544

Cédula de identidad: 0604410480

Lugar y fecha: Quito, 16 de diciembre de 2024

# 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

La contaminación por desechos flotantes en los ríos urbanos es un problema ambiental y social que afecta gravemente a los ecosistemas acuáticos y a las comunidades cercanas, disminuyendo la calidad del agua y perjudicando la fauna y flora locales (Baquerizo et al., 2019). Este proyecto se enfoca en el desarrollo de un dispositivo para la recolección de desechos flotantes en ríos del Distrito Metropolitano de Quito, específicamente en los ríos San Pedro y Chiche. La motivación principal radica en mitigar los efectos negativos de la acumulación de residuos plásticos y otros materiales flotantes, promoviendo la sostenibilidad y el cuidado ambiental.

El diseño seleccionado es un sistema flotante fijo anclado, compuesto por flotadores de aluminio, una banda transportadora para la recolección y transporte de residuos, un sistema de anclaje con cables de acero galvanizado, un contenedor de almacenamiento de 200 L y un sistema eléctrico basado en baterías recargables de ciclo profundo. Este dispositivo también utiliza inteligencia artificial para identificar áreas de alta acumulación de desechos. Los resultados obtenidos a partir de simulaciones y pruebas muestran que el dispositivo logra recolectar 100 sólidos por minuto, mantiene la estabilidad en condiciones de carga variables, y genera un impacto hidrodinámico mínimo. Además, cuenta con un sistema de extracción capaz de transportar la canasta recolectora hacia la ribera del río para la descarga de desechos.

El dispositivo es adaptable, eficiente y escalable. Su implementación no solo contribuye a reducir la contaminación plástica en ríos, sino que también establece un modelo replicable para proyectos similares en otras regiones. Como trabajo futuro, se plantea incorporar fuentes de energía renovable, realizar pruebas en diferentes cuerpos de agua, y explorar su escalabilidad para aplicaciones más amplias.

**Palabras clave:** contaminación plástica, desechos flotantes, sistema flotante, banda transportadora, inteligencia artificial, Distrito Metropolitano de Quito, ríos, sostenibilidad

## ABSTRACT

Floating waste contamination in urban rivers is a significant environmental and social issue that severely affects aquatic ecosystems and nearby communities, reducing water quality and harming local flora and fauna (Baquerizo et al., 2019). This project focuses on developing a device for collecting floating waste in rivers of the Metropolitan District of Quito, specifically the San Pedro and Chiche rivers. The primary motivation is to mitigate the negative effects of plastic waste accumulation and other floating materials while promoting sustainability and environmental care.

The selected design is a fixed floating system anchored with aluminum floaters, a conveyor belt for waste collection and transport, an anchoring system with galvanized steel cables, a 200 L storage container, and an electrical system powered by rechargeable deep-cycle batteries. Additionally, the device utilizes artificial intelligence to identify areas with high waste accumulation. Results from simulations and tests show that the device collects 100 solids per minute, maintains stability under variable loading conditions, and generates minimal hydrodynamic impact. In addition, it has an extraction system capable of transporting the collection basket to the riverbank for the discharge of waste.

The device is adaptable, efficient, and scalable. Its implementation not only reduces plastic pollution in rivers but also establishes a replicable model for similar projects in other regions. Future work includes integrating renewable energy sources, testing in different water bodies, and exploring its scalability for broader applications.

**Keywords:** plastic pollution, floating waste, floating system, conveyor belt, artificial intelligence, Metropolitan District of Quito, rivers, sustainability

## TABLA DE CONTENIDO

**1 Introducción ..... 16**

**1.1 Diseño de alternativas y selección ..... 28**

**1.2 Manejo del proyecto ..... 45**

**1.3 Normativas ..... 47**

**2 Materiales Y Métodos ..... 49**

**2.1 Selección de materiales y componentes ..... 49**

**2.2 Diseño para la fabricación ..... 51**

**2.3 Hojas de proceso y cronograma ..... 56**

**2.4 Plan de verificación de tolerancias y dimensiones ..... 60**

**3 Resultados y discusión ..... 61**

**3.1 Análisis de Riesgos ..... 61**

**3.2 Informe de diseño ..... 69**

**3.3 Análisis de Ingeniería ..... 71**

3.3.1 Cálculos ..... 71

3.3.2 Simulaciones ..... 131

3.3.3 Experimentos ..... 139

**3.4 Plan de pruebas ..... 143**

**3.5 Manual de operación y mantenimiento ..... 143**

**3.6 Resultados y discusión ..... 143**

**3.7 Conclusiones ..... 147**

**3.8 Trabajo Futuro ..... 149**

**4 Referencias bibliográficas ..... 150**

**5 ANEXOS ..... 153**

**6 Anexo A: Conceptos DE DISEÑO Y SELECCIONES ..... 153**

**7 Anexo B. Dibujo CAD para dimensionamiento del dispositivo recolector. ..... 161**

**8 Anexo C. Propiedades del agua - Mecánica de fluidos de Munson, Young, & Okiishi (2016) ..... 164**

**9 Anexo D. Peso de la estructura sin flotadores en Inventor ..... 165**

**10 Anexo E. Cálculo de área sumergida de un flotador al estar el dispositivo descargado. ..... 166**

**11 Anexo F. Cálculo del coeficiente de arrastre, $CD$, para flotadores sumergidos. 167**

**12 Anexo G. Cálculo de área sumergida de un flotador al estar el dispositivo completamente cargado, caso crítico. ..... 169**

**13 Anexo H. Cálculo del coeficiente de arrastre, $CD$, para rodillo de banda recolectora. .....170**

**14 Anexo I. Cálculo de área sumergida de del rodillo inferior que mueve la banda recolectora. .....172**

**15 Anexo J. Manual de Operación y Mantenimiento. .....173**

**16 Anexo K. Detalles de Diagrama de Gantt y Presupuesto .....193**

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de diseños anteriores .....25
Tabla 2. Características de los ríos .....26
Tabla 3. Características del dispositivo .....26
Tabla 4. Presupuesto resumido .....46
Tabla 5. Componentes Sistema Eléctrico. .....49
Tabla 6. Hoja de procesos del dispositivo .....56
Tabla 7. Plan de verificación de tolerancias y dimensiones .....60
Tabla 8. Análisis de Riesgos y Decisión Tomada.....61
Tabla 9. Análisis de prioridad.....63
Tabla 10. Propiedades físicas del agua. .....93
Tabla 11. Proceso iterativo para encontrar la longitud de los flotadores apropiada. .....94
Tabla 12. Cálculo de tensión, fuerza resultante y longitud del cable para varias alturas de la canasta. .....115
Tabla 13. Resumen de los diagramas.....128
Tabla 14. Esfuerzos estáticos.....129
Tabla 15. Esfuerzos a fatiga.....130
Tabla 16. Cálculo de factor de seguridad.....131
Tabla 17. Cronograma de milestones.....143
Tabla 18. Métricas de entrenamiento (MAP) .....145
Tabla 19. Presupuesto detallado. .....194

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de dispositivos recolectores de basura en cuerpos de agua .....19
Figura 2. Dispositivo de recolección propuesto por Criollo, et al. .....24
Figura 3. Dispositivo de recolección propuesto por Estrella, et al. .....25
Figura 4. Diseño flotante fijo-anclado. .....28
Figura 5. Diseño totalmente fijo. .....29
Figura 6. Diseño flotante con libre movimiento (RC) .....30
Figura 7. Flotadores de trabajo de titulación de la Universidad San Francisco de Quito (Estrella, D., et al., 2021). .....32
Figura 8. Flotadores hechos en base a una plancha rolada de aluminio. .....32
Figura 9. Flotadores hechos en base a tubos PVC y componentes plásticos. .....33
Figura 10. Flotadores hechos con fibra de vidrio. .....33
Figura 11. Flotadores tipo catamarán comerciales. (Alibaba, 2024). .....34
Figura 12. Anclaje al lecho del río. (Institución Superior de Navegación, 2024). .....36
Figura 13. Anclaje mediante cables al costado del río. .....36
Figura 14. Anclaje mediante pasarela. .....37
Figura 15. Sistema de extracción mediante cables y poleas .....38
Figura 16. Sistema de extracción mediante pasarela fija o puente. .....39
Figura 17. Sistema de extracción mediante operador en embarcación. .....40
Figura 18. Sistema de extracción del dispositivo entero a tierra. .....40
Figura 19. Batería de carro. .....42
Figura 20. Combustibles fósiles. .....42
Figura 21. Instalación de paneles solares. .....43
Figura 22. Turbina hidro-cinética .....43
Figura 23. Cronograma resumido .....45
Figura 24. Diagrama de flujo de fabricación del dispositivo. .....51
Figura 25. Diagrama de flujo del ensamble del dispositivo. .....52
Figura 26. Diagrama de flujo de inspección del dispositivo. .....53
Figura 27. Diagrama de flujo de fabricación de la estructura metálica. .....54
Figura 28. Diagrama de flujo de fabricación de los flotadores. .....55
Figura 29. Diagrama de flujo de fabricación del sistema eléctrico. .....56
Figura 30. Elementos extraídos del trabajo Bote recolector de basura flotante para ríos Amazónicos de Estrella et. al (2021). .....69
Figura 31. Diseño final del dispositivo recolector. .....71
Figura 32. Viga seleccionada para selección de perfil estructural. .....72
Figura 33. DCL para viga analizada. .....73
Figura 34. Catálogo de DIPAC sobre tubos estructurales cuadrados. .....75
Figura 35. Plano referencial de estructura metálica. .....77
Figura 36. Vista de viga apoyo de caja de sistema eléctrico. .....77
Figura 37. Carga distribuida sobre la caja eléctrica. .....78
Figura 38. DCL del ítem número 1. .....79
Figura 39. Diagramas de Cortante y de Momento del ítem número 1. .....80
Figura 40. DCL del ítem número 2. .....80
Figura 41. Diagramas de Cortante y de Momento del ítem número 2. .....81
Figura 42. Viga estructural analizada. .....82
Figura 43. DCL de carga sobre la viga estructural. .....83
Figura 44. Viga apoyo de banda transportadora. .....84
Figura 45. DCL para viga soporte de banda transportadora. .....85

Figura 46. Propiedades de modelo de banda. ....85
Figura 47. Propiedades de modelo de Rodillo Inferior. ....86
Figura 48. Diseño de perfil de los flotadores. ....89
Figura 49. Cálculo del área del perfil. ....90
Figura 50. Cálculo del calado del flotador. ....92
Figura 51. Volumen sumergido de un flotador con el dispositivo descargado. ....99
Figura 52. Volumen sumergido de un flotador en caso crítico. ....101
Figura 53. Rodillo inferior – Banda transportadora. ....102
Figura 54. Esquema referencial del sistema de extracción. ....105
Figura 55. Esquema del movimiento de la canasta en el sistema de extracción. ....106
Figura 56. Sistema de extracción sin canasta de desechos – sin adición de pesos. ....107
Figura 57. Sistema de extracción con canasta de desechos y suposiciones a considerar. ....108
Figura 58. Altura de la canasta - Sistema de extracción - Casos generales. ....108
Figura 59. Diagrama de cuerpo libre – Punto de sujeción entre canasta de recolección y cable. ....110
Figura 60. Longitud del cable. ....111
Figura 61. DCL de la polea en la estructura del sistema de extracción. ....113
Figura 62. Altura de la canasta - Sistema de extracción - Caso crítico. ....114
Figura 63. Esquema de la vista superior del sistema de anclaje. ....116
Figura 64. Esquema del sistema mecánico de reducción de velocidad. ....118
Figura 65. Esquema de energía útil de diferentes baterías. ....122
Figura 66. Banda Transportadora. ....123
Figura 67. Espesor de carcasa (Cronos belt, 2017). ....124
Figura 68. Calidades de cobertura (Cronos belt, 2017). ....124
Figura 69. Banda nervada. ....125
Figura 70. Propiedades físicas de la banda (Estrella, et al.). ....125
Figura 71. Factor de espesor en función de la carcasa (Salinero, 2013). ....126
Figura 72. Medidas del eje. ....127
Figura 73. Fuerzas aplicadas al eje. ....128
Figura 74. Concentración de esfuerzos para ejes con diferente diámetro (Dubynas & Nisbett, 2015). ....130
Figura 75. Factor de sensibilidad a la muesca (Dubynas &Nisbett, 2015). ....130
Figura 76. Presión total ejercida en la tapa frontal del flotador. ....132
Figura 77. Presión total ejercida en el rodillo inferior sumergido. ....133
Figura 78. Resultados de Factor de Seguridad en simulación de Stress Analysis para el dispositivo de recolección. ....134
Figura 79. Resultados de esfuerzos de Von Mises en simulación de Stress Analysis para el dispositivo de recolección. ....134
Figura 80. Resultados de desplazamiento en simulación de Stress Analysis para el dispositivo de recolección. ....135
Figura 81. Resultados de Factor de Seguridad en simulación de Stress Analysis para el sistema de extracción pivotante. ....136
Figura 82. Resultados de esfuerzos de Von Mises en simulación de Stress Analysis para el sistema de extracción pivotante. ....136
Figura 83. Resultados de desplazamiento en simulación de Stress Analysis para el sistema de extracción pivotante. ....137
Figura 84. Resultados de Factor de Seguridad en simulación de Stress Analysis para el sistema de extracción fijo. ....137

Figura 85. Resultados de esfuerzos de Von Mises en simulación de Stress Analysis para el sistema de extracción fijo. ..... 138
Figura 86. Resultados de desplazamiento en simulación de Stress Analysis para el sistema de extracción fijo. ..... 138
Figura 87. Evidencia del éxito del experimento de flotabilidad de los flotadores. ..... 139
Figura 88. Experimento del funcionamiento del sistema completo de extracción. ..... 140
Figura 89. Cámara tapo C310 IP66. ..... 140
Figura 90. Día de pruebas en el Río Chiche con cámara. ..... 141
Figura 91. Ambiente de trabajo de RoboFLOW. ..... 141
Figura 92. Prueba de estabilidad del dispositivo recolector. ..... 142
Figura 93. Reconocimiento de desechos flotantes con YOLOv8s. ..... 146
Figura 94. Secuencia de recolección. ..... 147
Figura 95. Dibujo CAD para dimensionamiento del dispositivo recolector. ..... 161
Figura 96. Propiedades físicas del agua (Mecánica de Fluidos by: Munson, Young, & Okiishi, 2016) ..... 164
Figura 97. Peso de la estructura sin flotadores en Autodesk Inventor. ..... 165
Figura 98. Área sumergida de un flotador al estar el dispositivo descargado. ..... 166
Figura 99. Coeficiente de arrastre de cuerpos tridimensionales – Parte 2 (Fluid Mechanics by: Frank M. White, 2008). ..... 167
Figura 100. Área sumergida de un flotador en estado crítico. ..... 169
Figura 101. Coeficiente de arrastre de cuerpos tridimensionales – Parte 1 (Fluid Mechanics by: Frank M. White, 2008). ..... 170
Figura 102. Área sumergida del rodillo inferior que mueve la banda recolectora. ..... 172
Figura 103. Cronograma detallado ..... 193

# 1 INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento poblacional, sumado a una gestión inadecuada de residuos y desechos, ha incrementado significativamente los niveles de contaminación en los ríos a nivel nacional. Los ríos más afectados, como el río Guayas, Machángara y Esmeraldas, enfrentan altos niveles de contaminación debido a que en ellos desembocan afluentes y ríos más pequeños de todo el país, que atraviesan áreas urbanas densamente pobladas y en los cuales se acumulan desperdicios y desechos (Dávalos, 2022). En estos afluentes y ríos se pueden encontrar materiales flotantes como botellas plásticas, bolsas y envoltorios, cartón, entre otras (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2020). La concentración de estos residuos no solo afecta la higiene y la calidad de vida de las personas que viven cerca de estos cuerpos de agua, también genera un impacto significativo en los ecosistemas acuáticos, y perjudica la flora y fauna que habitan en torno al río (Baquerizo et al., 2019).

La acumulación de basura flotante en los ríos trae consigo una serie de problemáticas. En primer lugar, los desechos plásticos constituyen un grave peligro para las especies acuáticas, ya que pueden enredarse o ingerir estos materiales, lo que frecuentemente resulta en la muerte de animales o en la alteración de su cadena alimenticia (US EPA, 2015). La contaminación visual también es un factor que degrada la calidad de vida en las zonas ribereñas, afectando tanto a residentes como al turismo y al disfrute del entorno natural (US EPA, 2015). Uno de los problemas contemporáneos más relevantes, directamente relacionado con la concentración de residuos plásticos en fuentes hídricas, es la presencia de microplásticos en organismos vivos que van desde plantas y pescados, hasta los propios humanos. Los microplásticos son pequeñas partículas plásticas resultantes de la degradación de piezas o desechos plásticos más grandes (NOAA, 2024; Ziani et al., 2023). Este tipo de partículas pueden pasar fácilmente por sistemas de filtración de agua, llegan a fuentes

hídricas como ríos, lagos y al mar (NOAA, 2024). La presencia de este contaminante se ha detectado en muchas especies marinas, así como en el agua y la comida que beben y comen los humanos. Estudios muestran que, una vez se han consumido estas partículas, se pueden distribuir hacia órganos como el hígado, los riñones, el corazón, pulmones y hasta el cerebro (Ziani et al., 2023). La ingestión de microplásticos podría implicar a futuro la interferencia con procesos biológicos importantes, como procesos endócrinos e inmunológicos, repercutiendo con problemas reproductivos y con un alto riesgo de generar cáncer (Ziani et al., 2023).

El creciente problema de la concentración de desechos plásticos en los ríos y sus efectos en la salud y la flora y fauna local, requieren la implementación de un dispositivo/sistema que permita limpiar continuamente el material flotante de estas fuentes hídricas y sus afluentes. Por lo que el objetivo del presente proyecto es diseñar y construir un prototipo de un dispositivo capaz de recoger, acumular y almacenar plásticos flotantes en ríos.

A lo largo de los años, la contaminación de los cuerpos de agua ha sido un d crítico, y aunque se han propuesto varias soluciones, estas aún no han logrado un impacto generalizado, especialmente en ríos urbanos como los de Quito. Uno de los principales problemas identificados es que "hay poca investigación sobre la contaminación por plásticos en los sistemas de agua dulce en comparación con los ambientes marinos" (Helinski et al., 2021). A pesar de que los ríos son el principal conducto para el transporte de residuos hacia los océanos, la mayoría de las investigaciones se han centrado en la contaminación marina, dejando un vacío importante en la comprensión de cómo mitigar eficazmente la contaminación en los sistemas fluviales. Este vacío es especialmente relevante en ciudades

como Quito, donde los ríos urbanos enfrentan altos niveles de contaminación debido a la urbanización y la falta de tratamiento adecuado de residuos sólidos y aguas residuales.

La investigación liderada por Olivia Helinski (2021) desarrolla un marco para la selección de dispositivos de captura de desechos plásticos en sistemas de agua dulce, basado en la evaluación de 40 tecnologías que incluyen barreras, receptáculos y vehículos acuáticos. El artículo menciona que "los dispositivos de captura de contaminación plástica ofrecen una forma de reducir la acumulación de plástico en el medio ambiente" y que es fundamental considerar "el costo, la eficiencia y los requisitos de mantenimiento" de cada tecnología antes de su implementación (Helinski et al., 2021). Además, el artículo destaca la importancia de realizar una evaluación de la cuenca hidrográfica y comprender las condiciones del sitio para seleccionar el dispositivo más adecuado (Helinski et al., 2021). Aunque estos dispositivos son efectivos en la captura de desechos en aguas dulces, el estudio subraya que "la gestión de los residuos en la fuente también es necesaria para limpiar nuestros océanos y vías fluviales" (Helinski et al., 2021).

El *Plastic Pollution Prevention and Collection Technology Inventory***,** desarrollado por investigadores de la Universidad de Duke, representa un esfuerzo significativo por sistematizar las tecnologías disponibles para la prevención y recolección de residuos plásticos en cuerpos de agua. Se identificaron 52 tecnologías, de las cuales el 59% se enfocan en la recolección de plásticos ya presentes en los ríos y lagunas. Sin embargo, el estudio señala que, a pesar de los esfuerzos, "su capacidad actual y su implementación generalizada son limitadas en comparación con su potencial y la vasta magnitud del problema de la contaminación plástica" (Schmaltz et al., 2020). Este es un aspecto crítico, ya que, si bien

existen soluciones tecnológicas para la recolección de plásticos, su implementación a gran escala sigue siendo un desafío, especialmente en regiones con recursos limitados.

Entre las tecnologías destacadas en el inventario, se encuentran dispositivos como “Interceptor”, desarrollado por *The Ocean Cleanup*, que utiliza brazos flotantes y cintas transportadoras para recolectar desechos en los ríos. Sin embargo, este tipo de dispositivos "no pueden aplicarse en todos los ríos debido a su gran tamaño" (C. D. Estrella et al., 2021). Otras tecnologías innovadoras incluyen a “*Mr. Trash Wheel*”, desarrollado en Baltimore, que ha sido altamente efectivo para recolectar residuos en cuerpos de agua urbanos mediante el uso de energía solar e hidráulica (Schmaltz et al., 2020). Últimamente se destaca *Clearbot*, un vehículo autónomo que utiliza inteligencia artificial para identificar y recolectar plásticos en cuerpos de agua. A diferencia de otros sistemas que dependen de mecanismos mecánicos, *Clearbot* emplea visión computarizada para detectar basura en tiempo real y ajustar su trayectoria de manera autónoma (Microsoft Asia, 2022), lo que lo convierte en una opción ideal para ríos urbanos como los de Quito, donde las condiciones cambian constantemente debido a las fluctuaciones en el caudal y las corrientes. Este tipo de restricciones muestran que, si bien se han desarrollado soluciones innovadoras, estas no son aplicables en todos los contextos fluviales, dejando un espacio para la creación de dispositivos que se adapten a ríos más pequeños y con corrientes variables. A continuación, se presentan las tecnologías mencionadas de izquierda a derecha: *The Interceptor*, *Mr. Trash Wheel* y *Clearbot*.

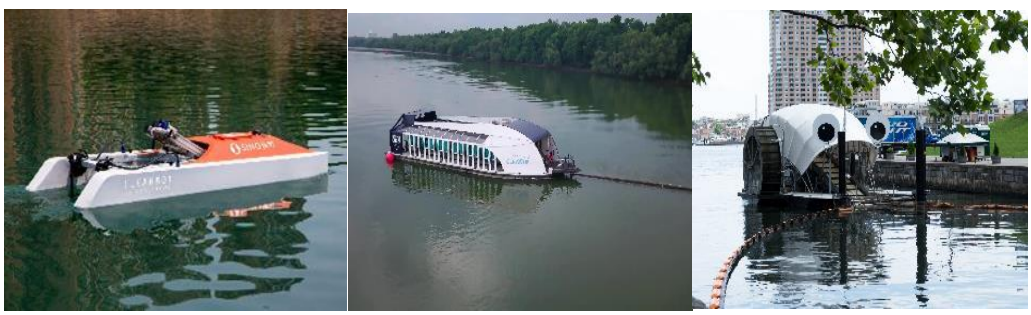


*Figura 1. Tipos de dispositivos recolectores de basura en cuerpos de agua*

A pesar de la existencia de dispositivos que utilizan visión computarizada para la recolección autónoma de desechos, aún persisten limitaciones en cuanto a la autonomía y capacidad de almacenamiento de estos dispositivos. Estas deficiencias reducen significativamente la eficiencia de los dispositivos cuando se enfrentan a cuerpos de agua más extensos o con altos volúmenes de basura (Haldorai et al., 2024). Por lo tanto, es necesario buscar mejoras que permitan un mejor rendimiento en entornos más exigentes.

El uso de inteligencia artificial (IA) representa una solución prometedora para abordar estas limitaciones. Con la IA, se puede optimizar el consumo de energía durante la operación de recolección, y mejorar la navegación del dispositivo recolector al ajustar su dirección según la densidad y distribución de los residuos en el agua. Además, gracias a la capacidad de aprendizaje automático, los dispositivos pueden adaptarse dinámicamente a las condiciones cambiantes de los ríos, lo que incrementa la eficiencia operativa y asegura una recolección más efectiva y sostenible a largo plazo (Lieshout et al., 2020).

Phirke et al. (2021) propusieron el diseño de un robot autónomo para la limpieza de cuerpos de agua estáticos como lagos y estanques. Este robot está equipado con un sistema de cinta transportadora, visión por computadora y un sistema de alimentación dual que combina energía solar y una batería, lo que lo hace altamente eficiente. Los autores destacan que el robot tiene la capacidad de recoger los residuos y otros desechos flotantes que se encuentran en el cuerpo de agua, de tal manera que la intervención humana sea la mínima posible lo cual también ayuda al objetivo de reducir los costos. (Phirke et al., 2021). No obstante, el diseño tiene limitaciones, ya que el robot solo puede ser utilizado en cuerpos de agua estáticos y se plantea la posibilidad de realizar modificaciones futuras para ayudar en la limpieza de cuerpos de agua con flujo. Con respecto al sistema de detección de basura, este está basado en un algoritmo de visión por computadora denominado YOLO, este software es el que permite la clasificación de objetos en tiempo real. “You Only Look Once (YOLO) es un

algoritmo de detección de objetos en tiempo real de última generación introducido en 2015 por Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick y Ali Farhadi en su famoso trabajo de investigación". (Zoumana, 2024). En este proyecto, se pretende hacer uso de YOLO para identificar cómo se comporta la basura plástica en el cauce del río. Principalmente se busca detectar dónde se acumulan los desechos, por dónde pasan, e identificar cómo se puede optimizar la trayectoria del dispositivo para recoger la mayor cantidad de residuos con el menor consumo energético.

A pesar de los avances significativos en el diseño de dispositivos para la captura de desechos plásticos, persisten limitaciones importantes en su aplicabilidad en entornos fluviales dinámicos. Helinski et al. (2021) ofrecen un amplio marco para la selección de tecnologías en cuerpos de agua dulce, pero sus soluciones requieren una gestión integral y planificación a largo plazo. Por ende, su eficacia puede verse limitada en contextos donde las condiciones del entorno cambian rápidamente. Por su parte, el diseño propuesto por Phirke et al. (2021) es eficiente para cuerpos de agua estáticos como lagos y estanques, pero está restringido a estos entornos y carece de validación en sistemas con flujo constante. Además, sus limitaciones en cuanto a la autonomía y adaptabilidad resaltan la necesidad de futuros desarrollos para optimizar su rendimiento en situaciones más complejas.

Otro aspecto crítico es la necesidad de soluciones que no solo sean autónomas, sino también eficientes y accesibles económicamente. En muchos estudios, se ha señalado que los dispositivos actuales "requieren de capital para una correcta implementación y mantenimiento de la tecnología" (Schmaltz et al., 2020). Esto es particularmente relevante en contextos urbanos de países en desarrollo, como Ecuador, donde los recursos económicos para implementar soluciones tecnológicas avanzadas son limitados. Además, las "maquinarias convencionales disponibles en el mercado tienen un costo muy elevado y no

son eficientes" (Khekare et al., 2019), y se ha observado una falta de dispositivos pequeños y eficientes en el mercado que puedan adaptarse a ríos urbanos.

Finalmente, se destaca la importancia de abordar la automatización en la recolección de residuos como un factor clave para mejorar la eficiencia y reducir la dependencia de la mano de obra humana. Estudios recientes han indicado que "la automatización juega un papel importante en todas las aplicaciones industriales, sin embargo, la eliminación adecuada de aguas residuales y la limpieza de desagües sigue siendo una tarea desafiante" (Moon & Bawane, 2020). En Quito, donde la infraestructura para el tratamiento de residuos es limitada, un dispositivo autónomo que utilice inteligencia artificial para identificar y recolectar residuos podría marcar una diferencia significativa en la reducción de la contaminación fluvial.

En resumen, aunque ya se han explorado ampliamente tecnologías como “Interceptor”, “Mr. Trash Wheel” y “Clearbot”, todavía quedan oportunidades para el desarrollo de un dispositivo autónomo de recolección de residuos en ríos que sea adaptable a las condiciones de Quito. Al integrar tecnologías de inteligencia artificial y energías renovables, estas soluciones pueden proporcionar un enfoque más eficiente y sostenible para la recolección de residuos en cuerpos de agua urbanos. Un ejemplo destacado es la iniciativa de Ichthion, que ha implementado su tecnología Azure en Ecuador, específicamente en el río Portoviejo, con el fin de interceptar hasta 80 toneladas de plásticos diarios. Este enfoque no solo reduce la cantidad de residuos que llegan al océano, sino que también contribuye a la economía circular al revalorizar los residuos plásticos recolectados (Ichthion, 2022). La adopción de tecnologías similares en Quito podría transformar la gestión de residuos en los

ríos urbanos, creando un impacto positivo tanto en el medio ambiente como en las comunidades locales.

Anteriormente se han propuesto dos diseños de un dispositivo recolector de desechos flotantes en ríos para proyectos de titulación anteriores. El primer diseño, propuesto por (Criollo, 2020), manteniendo dentro del alcance del proyecto su uso en el río amazónico "Curaray". Criollo et. al, parte del diseño de una canoa estilo "panga", aprovechando su estructura y geometría, que permite lograr la flotabilidad necesaria para montar el mecanismo de recolección. El proyecto propone un dispositivo acoplable a la canoa, en el que un sistema de oruga transporta la basura flotante, con una capacidad de carga de 3.8 t/h, desde la superficie del río hasta un contenedor con una capacidad máxima de 24.7 kg; siendo necesario acoplar dos de estos dispositivos para mantener el equilibrio en la panga (Criollo, 2020). Este dispositivo está diseñado para ser operado por al menos una persona, quien se ubica en la canoa y debe acoplar el dispositivo de recolección, anclar la canoa, encender el motor eléctrico que acciona el sistema recolector y una vez se han llenado los contenedores, apagar el sistema eléctrico, desacoplar el dispositivo y vaciar los contenedores de desechos. Este diseño cuenta con una batería recargable que alimenta el motor eléctrico encargado de accionar el sistema de oruga. El proyecto también incluye el diseño del sistema de anclaje compuesto por un ancla de acero inoxidable de 18 kg y una cadena de 8mm de diámetro, así como un sistema de atrapamiento de basura que consiste en una boya-flotador y permiten direccionar la basura hacia los dispositivos recolectores acoplados (Criollo, 2020). Finalmente, el diseño de los contenedores de basura incorpora también una interfaz que permite medir la capacidad ocupada para moderar el funcionamiento del sistema de oruga y también almacenar los datos necesarios para cuantificar la cantidad de basura recogida. El

sistema eléctrico alerta al operador que el contenedor de basura se encuentra lleno y por ende debe apagar el sistema para evitar desbordamiento.

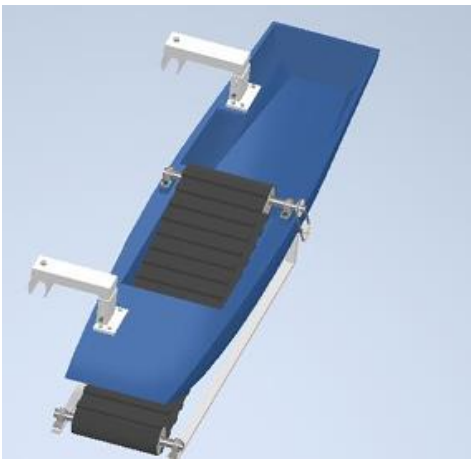


*Figura 2. Dispositivo de recolección propuesto por Criollo, et al.*

El segundo diseño fue propuesto por (C. Estrella et al., 2021) parte del diseño de (Criollo, 2020). Del mismo modo, el diseño de este proyecto se enfoca en la recolección de basura flotante que recorre el río amazónico "Curaray". El dispositivo hace uso también uso de un sistema de transporte tipo oruga, que ahora se apoya en dos flotadores, y de un solo contenedor para almacenar los desechos que fueron recolectados. La capacidad de carga del sistema oruga es de 6.24 t/h, mientras que la capacidad máxima del contenedor es de 60 kg (C. Estrella et al., 2021). Al igual que el diseño de Criollo, et. al, este dispositivo fue diseñado contemplando su uso en ríos amazónicos, en donde se espera mayor profundidad y amplitud que en los ríos característicos de la sierra ecuatoriana. Se trata de un dispositivo semiautomático que, una vez es anclado, se hace descender una cinta transportadora tipo oruga que recolecte transporte los desechos empujados por el cauce del río hacia el contenedor. En este caso, el sistema eléctrico del proyecto usa una batería de carro de 24 que alimenta un motor DC de 1.6 HP. El sistema de flotación consiste en la adaptación de 2 barriles plásticos de 60 L, que soportan la banda transportadora, y un bote, ensamblado a ambos flotadores, en el cual se instala el contenedor de desechos recolectados (C. Estrella

et al., 2021). El dispositivo puede ser encendido manualmente por un operador o mediante una app de celular mediante bluetooth; además es desmontable, lo que permite su fácil almacenamiento y transporte (C. Estrella et al., 2021).

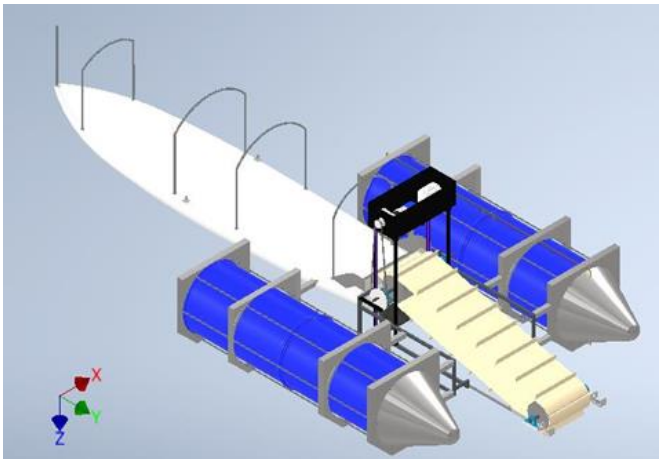


*Figura 3. Dispositivo de recolección propuesto por Estrella, et al.*

Es importante mencionar que, ambos proyectos de diseño proponen mejoras que pueden ser introducidas a beneficio del funcionamiento del dispositivo. En el caso de Criollo, se propone la opción de automatizar el funcionamiento de su diseño, evitando la necesidad de que un operador esté siempre presente. En el caso de Estrella et al., se menciona la necesidad de mejorar la eficiencia energética de su dispositivo, incorporando además el uso de paneles solares que además aporten al cuidado del medio ambiente. Sus especificaciones técnicas se resumen en la tabla a continuación:

*Tabla 1. Características de diseños anteriores*

| Característica | Diseño Criollo et al. (2020) | Diseño Estrella et al. (2021) |
|---|---|---|
| Capacidad de carga | 3.8 t/h | 6.24 t/h |
| Almacenamiento máximo | 24.7 kg | 60 kg |
| Sistema eléctrico | Batería recargable con motor eléctrico | Batería de carro de 24V, motor DC de 1.6 hp |
| Sistema de flotación | Basado en una canoa (panga) | 2 barriles plásticos de 60 L |
| Anclaje | Ancla de acero inoxidable con cadena de 8 mm | Ancla de acero inoxidable |
| Operación | Operado manualmente por una persona | Operación semiautomática, control manual o app con Bluetooth |

Con los diseños mencionados anteriormente y priorizando la adaptabilidad para diferentes ríos y afluentes en el distrito Metropolitano de Quito, se establecieron ciertos parámetros que deberá cumplir el dispositivo. Estos se resumen a continuación en la tabla 2 y 3:

*Tabla 2. Características de los ríos*

| Característica | Especificación |
|---|---|
| Anchura máxima del río | 10 m |
| Profundidad máxima del río | 1 m |
| Caudal máximo del río | 1 $m^3/s$ |
| Volumen de residuos flotantes | 15 mL a 5L |

*Tabla 3. Características del dispositivo*

| Característica | Especificación |
|---|---|
| Capacidad de recolección | 100 sólidos por minuto |
| Volumen de almacenamiento | 200 L |
| Método de extracción | Contenedor removible |
| Peso máximo | 250 kg |
| Calado | 5 cm a 40 cm |
| Tipo de estructura | Estructura flotante |

Finalmente, mediante el uso de reconocimiento de objetos con Inteligencia Artificial, IA, se espera automatizar el dispositivo para una recolección efectiva y eficiente. El dispositivo contará con un solo motor de hasta 5 kW para mover todo el mecanismo de recolección. Igualmente poseerá un sistema semiautónomo de energía; el aparato incluye baterías como fuente de energía. Esta fuente y almacenamiento de energía pretende que el recolector pueda trabajar por tiempos prolongados de tiempo sin intervención externa.

Se espera que este dispositivo sirva como una base sólida para impulsar futuros proyectos a nivel nacional, ya sea diseñando y construyendo dispositivos similares o escalando y mejorando el diseño propuesto en este trabajo. El crear una máquina fácilmente replicable incentivará otros proyectos y motivará una recolección continua y eficiente de

desechos en los distintos ríos y afluentes del Distrito Metropolitano de Quito, y en todo el Ecuador.

## 1.1 DISEÑO DE ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN

### Concepto 1) Diseño General del dispositivo

Este concepto pretende evaluar qué tipo de diseño se realizará, de tal manera que este sea el dispositivo más eficiente a la hora de recolectar desechos en los ríos del DMQ. En este concepto, se evaluarán 3 posibles diseños de diferentes características, estos están basados en distintas patentes investigadas previamente. Esta decisión es clave debido a que todo el proyecto girará en torno a esta elección de diseño: flotadores, sistema de anclaje, sistema de recolección de basura, sistemas electrónicos, peso, mantenimiento. Todos estos subcomponentes dependerán de la elección del diseño.

***Solución A: Diseño flotante fijo-anclado***

Este diseño propone un dispositivo el cual mantenga una posición fija flotante dentro del río, de tal manera que los desechos flotantes sean recolectados y almacenados por este a través de un sistema de banda transportadora. Además, este dispositivo deberá contar con flotadores, los cuales sean capaces de generar la suficiente fuerza de flotabilidad para que el dispositivo se mantenga a flote.

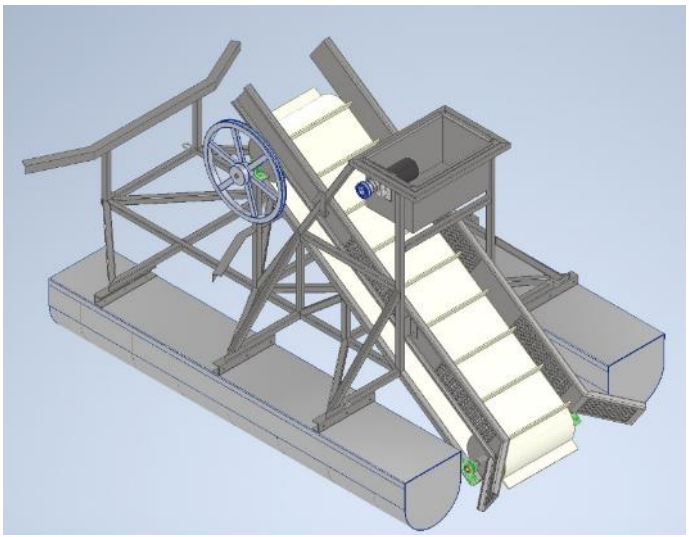


*Figura 4. Diseño flotante fijo-anclado.*

***Solución B: Diseño totalmente fijo***

Con este dispositivo, se pretende construir una estructura fija en la orilla del río y que por lo tanto sea capaz de recolectar los desechos que se vayan estancando en las orillas. De igual manera se emplea una banda transportadora la cual traslada los desechos recolectados hacia un contenedor que almacena estos desechos, los cuales puedes ser recolectados fácilmente desde la orilla.

*Figura 5. Diseño totalmente fijo.*

***Solución C: Diseño flotante con libre movimiento (RC)***

En esta solución lo que se pretende construir es un dispositivo flotante, el cual pueda ser controlado remotamente. Este diseño también contaría con una banda recolectora de desechos flotantes, los cuales se colocarán en una canasta de almacenamiento. Este diseño sería de menor tamaño comparado con los dos anteriores debido al elevado costo que implicaría implementar un sistema de control remoto para el dispositivo de recolección.

*Figura 6. Diseño flotante con libre movimiento (RC)*

Los criterios ingenieriles para la selección de la alternativa incluyen:

- **Tamaño y peso:** Este criterio mide tanto las dimensiones del dispositivo como el peso de este, debido a que son factores clave que afectan su rendimiento y eficiencia dentro del entorno acuático
- **Fácil Mantenimiento:** Este criterio mide la facilidad de mantener la solución operativa a largo plazo. Se valoran sistemas que requieran poca intervención humana y que sean duraderos, reduciendo la frecuencia de mantenimiento.
- **Adaptabilidad al entorno:** Este criterio evalúa la capacidad del dispositivo para adaptarse a diferentes ríos, riveras, sus alrededores.
- **Implementación de IA:** Este criterio mide la factibilidad de la implementación de la IA en los diferentes dispositivos que se plantean realizar.
- **Precio:** Este criterio evalúa la viabilidad económica de la solución, considerando tanto los costos iniciales de instalación como los gastos de operación y mantenimiento a lo largo del tiempo.

Al evaluar estos criterios, la selección con mayor ponderación como se muestra en las tablas de Anexos A.1, resultó ser la **Solución A**: Diseño flotante fijo-anclado.

**Concepto 2) Flotadores**

Este concepto tiene como objetivo definir la mejor opción para los flotadores del dispositivo recolector. Los flotadores son claves dentro del sistema, debido a que determinan la posición de la canasta y la banda recolectora respecto al nivel del río, determinan la resistencia al arrastre del dispositivo por la corriente, establecen la estabilidad y flotabilidad del sistema, e influyen considerablemente en el peso, costo, y complejidad de construcción, ensamble, colocación y mantenimiento de la máquina. Las opciones que se muestran a continuación, además de los flotadores realizados en un trabajo de titulación anterior en la Universidad San Francisco de Quito, los cuales se tienen a disposición, se han encontrado en artículos y trabajos similares.

***Solución A: Flotadores de trabajo de titulación de la Universidad San Francisco de Quito***

Estos flotadores se diseñaron y construyeron para un trabajo similar al que se está realizando. Los flotadores están compuestos por dos tanques plásticos de 60 litros, sujetos por una estructura de tubos y placas de acero inoxidable. Los flotadores miden 2.45 m de largo, tienen un diámetro cercano a los 64cm, y pesan 300 kg aproximadamente. El dispositivo que se planeta diseñar y construir tendría que dimensionarse y diseñarse para acoplar los flotadores.

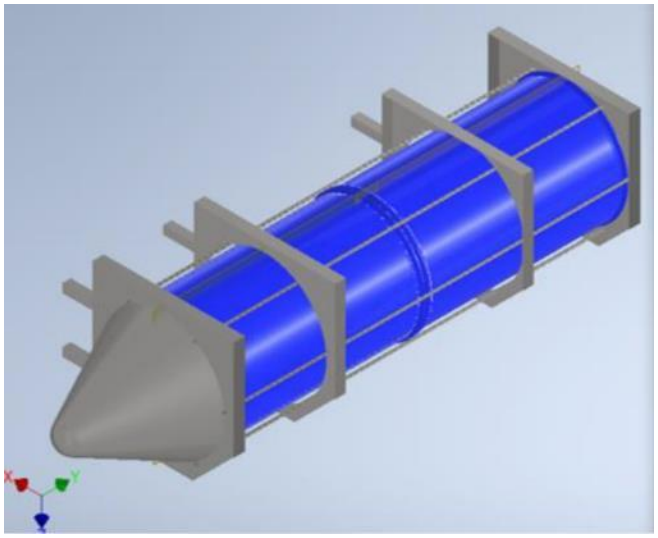


*Figura 7. Flotadores de trabajo de titulación de la Universidad San Francisco de Quito (Estrella, D., et al., 2021).*

***Solución B: Plancha rolada de aluminio***

Estos flotadores se planean construir mandando a rolar una plancha de aluminio de 1.5mm de grosor. Así mismo, se planea doblar discos del mismo material para que sirvan como extremos en los cilindros de aluminio/flotadores. Para fortalecer la estructura, se planea realizar un tipo esqueleto con madera de balsa en el interior de estos. Esto permitirá aumentar la rigidez de los flotadores, sin comprometer su peso.

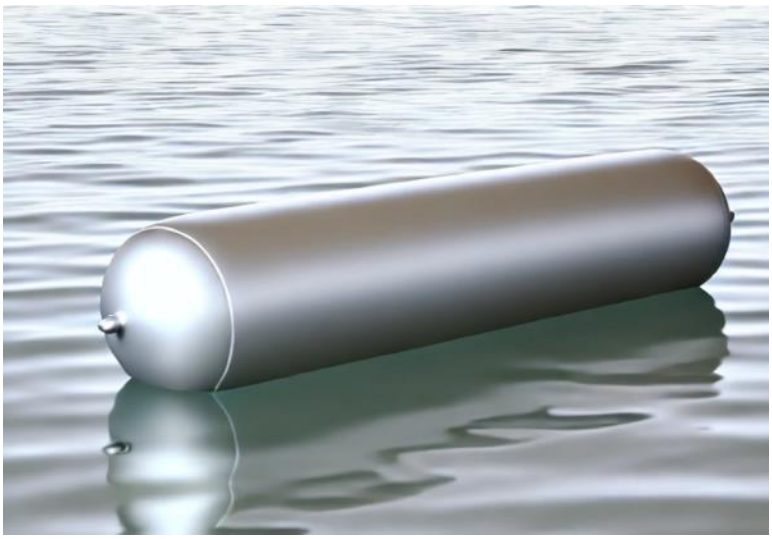


*Figura 8. Flotadores hechos en base a una plancha rolada de aluminio.*

***Solución C: Flotadores hechos con tubos PVC***

Esta solución propone fabricar los flotadores con tubos PVC. Los diferentes tipos de tuberías plásticas comerciales, junto con sus accesorios, dan una amplia variedad de opciones para flotadores de diferentes dimensiones y características. Así mismo, se considera una opción fácil y rápida de realizar.

*Figura 9. Flotadores hechos en base a tubos PVC y componentes plásticos.*

***Solución D: Flotadores hechos con fibra de vidrio***

En la actualidad, la mayoría de las embarcaciones menores son hechas de fibra de vidrio. Por esta razón, esta solución propone fabricar los flotadores del dispositivo con este material.

*Figura 10. Flotadores hechos con fibra de vidrio.*

***Solución E: Adquisición de flotadores tipo catamarán comercial***

Esta solución consiste en adquirir flotadores comerciales, en base a requerimientos calculados, y diseñar/construir el dispositivo entorno a las especificaciones de los respectivos flotadores.

*Figura 11. Flotadores tipo catamarán comerciales. (Alibaba, 2024).*

Los criterios utilizados para la selección son:

- **Costo:** Este criterio evalúa la viabilidad económica de la solución, considerando tanto los costos iniciales de instalación como los gastos de operación y mantenimiento a lo largo del tiempo. Se priorizan soluciones que sean accesibles dentro del presupuesto del proyecto.
- **Amigable con el medio acuático:** Se buscan soluciones que minimicen la alteración del flujo natural del agua y que no afecten negativamente a la fauna y flora del río.
- **Facilidad de transporte:** Este criterio analiza la comodidad de movilización de los componentes, colocación en el entorno de trabajo, y almacenamiento del aparato.

- **Facilidad de maquinado y procesamiento:** Este criterio evalúa que tan factible es la solución propuesta, en base al maquinado y procesamiento de los componentes, considerando el tiempo y presupuesto establecido.

Al evaluar estos criterios, la selección con mayor ponderación, como se muestra en las tablas de Anexos A.2, resultó ser la **Solución A o B**: Reutilizar los flotadores o hacerlos con una plancha de aluminio.

**Concepto 3) Sistema de anclaje**

Este concepto tiene como objetivo definir el mejor sistema de anclaje para el dispositivo recolector. La fijación del sistema es crucial, puesto a que define que tan versátil y adaptable es el equipo a diferentes ríos y/o afluentes. Hay que considerar que los ríos pueden cambiar rápidamente su nivel y caudal, por lo que el dispositivo recolector debe ajustarse a estos cambios para asegurar la integridad del equipo y su óptimo funcionamiento. Las soluciones planteadas son alternativas definidas en base artículos estudiados, y visitas técnicas a diferentes ríos con alto potencial para instalar y probar el prototipo.

***Solución A: Anclaje al lecho del río***

Este sistema consiste en fijar el dispositivo recolector al lecho del río mediante cables, sogas y anclas. Es un sistema sumergido que fijaría el mecanismo, respetando las prácticas náuticas.

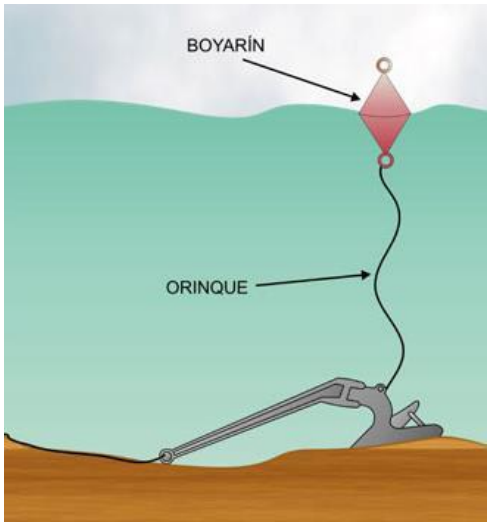



*Figura 12. Anclaje al lecho del río. (Institución Superior de Navegación, 2024).*

***Solución B: Anclaje mediante cables a los costados del río***

Esta solución consiste en extender cables de acero desde varios puntos del dispositivo recolector hasta puntos en la rivera. Aquí, los cables se fijarían a estacas profundamente insertadas, *norays*, o *bitas*, colocadas firmemente en la orilla. El sistema de anclaje sería mediante un bloque de amarre.

*Figura 13. Anclaje mediante cables al costado del río.*

***Solución C: Pasarela***

Esta solución consiste en el diseño y construcción de una estructura suspendida sobre el nivel del río, tipo pasarela o puente, que permita a un operario anclar el mecanismo, pero también permitir el acceso a este.

*Figura 14. Anclaje mediante pasarela.*

Los criterios ingenieriles utilizados fueron:

- **Costo:** Este criterio evalúa la viabilidad económica de la solución, considerando tanto los costos iniciales de instalación como los gastos de operación y mantenimiento a lo largo del tiempo. Se priorizan soluciones que sean accesibles dentro del presupuesto del proyecto.

- **Adaptabilidad:** Este criterio evalúa la capacidad del dispositivo para adaptarse a diferentes ríos, riveras, sus alrededores.

- **Facilidad de instalación:** Este criterio evalúa la sencillez del montaje de la solución tanto en el dispositivo recolector como en el medio de fijación.

- **Fácil mantenimiento:** Este criterio mide la facilidad de mantener la solución operativa a largo plazo. Se valoran sistemas que requieran poca intervención humana y que sean duraderos, reduciendo la frecuencia de mantenimiento.

Al evaluar estos criterios, la selección con mayor ponderación, como se muestra en las tablas de Anexos A.3, resultó ser la **Solución B:** Anclaje mediante cables a los costados del río.

**Concepto 4) Sistema de extracción de desechos**

El sistema de extracción de desechos debe permitir la recolección eficiente de los residuos acumulados en el dispositivo de recolección de manera rápida y segura. El objetivo es diseñar un método que facilite el acceso del operador a los desechos, reduciendo la intervención manual y agilizando el proceso. Este análisis explora diversas soluciones, como sistemas de poleas, pasarelas, abordaje del operador y extracción completa del dispositivo, evaluadas según criterios de costo, facilidad de uso, implementación y adaptabilidad.

***Solución A: Tarabita, sistema de cables y poleas para extraer canasta contenedora***

Este sistema utiliza cables y poleas para extraer la canasta contenedora llena de basura desde el recolector hasta la orilla. El mecanismo es manual o semiautomático, facilitando el traslado de los desechos desde el dispositivo de recolección hacia tierra firme sin necesidad de mover todo el sistema.

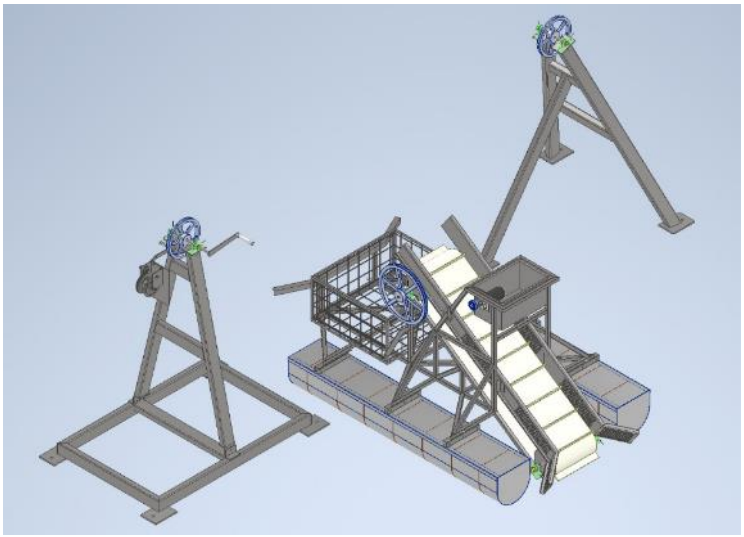


*Figura 15. Sistema de extracción mediante cables y poleas*

***Solución B: Pasarela fija o puente***

Se instala una estructura fija como una pasarela o puente que permite el acceso directo al dispositivo de recolección. El operador puede caminar por la pasarela para acceder al recolector y extraer la basura directamente, lo que simplifica la operación.

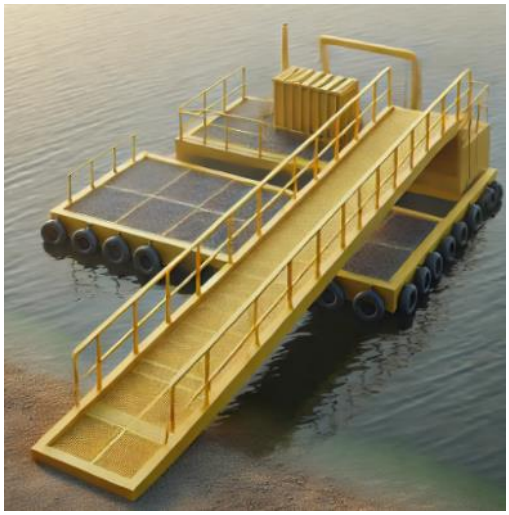


*Figura 16. Sistema de extracción mediante pasarela fija o puente.*

***Solución C: Abordaje del operador por medio acuático***

El operador utiliza una embarcación para llegar hasta el dispositivo de recolección, donde realiza la extracción manual de los desechos. Esta solución es flexible para ríos con acceso difícil, pero depende de las condiciones del agua.

*Figura 17. Sistema de extracción mediante operador en embarcación.*

***Solución D: Extracción del dispositivo entero a tierra***

Este sistema implica remover todo el dispositivo de recolección del río y llevarlo a tierra para extraer los desechos. La extracción se realiza de manera periódica, y el dispositivo se vacía y luego se regresa al río.

*Figura 18. Sistema de extracción del dispositivo entero a tierra.*

Los criterios ingenieriles utilizados fueron:

- **Costo:** Este criterio evalúa la viabilidad económica de la solución, considerando tanto los costos iniciales de instalación como los gastos de operación y mantenimiento a lo largo del tiempo.
- **Facilidad para el operador:** Mide la facilidad con la que el operador puede realizar la extracción de los desechos. Se valoran sistemas que reduzcan la intervención física directa.
- **Fácil implementación:** Evalúa la simplicidad de instalar y poner en marcha el sistema de extracción. Se priorizan soluciones que requieran pocos recursos o infraestructura compleja para su implementación.
- **Adaptabilidad:** Este criterio se refiere a la capacidad del sistema para ajustarse a las condiciones del río. Se valoran soluciones que puedan ser adaptadas fácilmente a distintos caudales y características del terreno.

Al evaluar estos criterios, la selección con mayor ponderación, como se muestra en las tablas de Anexos A.4, resultó ser la **Solución A:** Tarabita, sistema de cables y poleas.

**Concepto 5) Fuente de energía**

Este concepto pretende evaluar qué sistema será el encargado de brindar energía al dispositivo, de tal manera que este tenga la energía necesaria para alimentar al motor de 24V de corriente continua que potencia la banda recolectora de desechos y por ende que el dispositivo tenga la capacidad de recolectar de manera eficiente los desechos del río. Dentro de este ámbito las soluciones que se han planteado fueron, baterías de carro, el uso de

combustibles fósiles, instalar paneles solares y por último diseñar un sistema de turbinas hidro-cinéticas.

***Solución A: Baterías de motocicleta***

En primer lugar, se ha planteado el uso de baterías de 12V que se utilizan en las motocicletas, se emplearían 2 baterías de estas para alcanzar los 24V del motor de corriente continua.

*Figura 19. Batería de carro*

***Solución B: Combustible fósil***

En esta solución se discutió el uso de un pequeño motor de combustión interna que funcione a base de combustibles fósiles y este sería el encargado de generar el movimiento en la banda recolectora.

*Figura 20. Combustibles fósiles*

***Solución C: Paneles Solares***

En esta solución se desea realizar la instalación de paneles solares, los cuáles aprovechen la energía que brinda la luz del sol. Estos serían colocados en la orilla debido a que el encima del dispositivo no existe suficiente área con la cual los paneles solares puedan generar la energía que el dispositivo requiere.

*Figura 21. Instalación de paneles solares.*

***Solución D: Turbina hidro-cinética***

En esta solución se discute el diseñar y dimensionar un sistema de generación de energía eléctrica a través de turbinas hidro-cinéticas, las cuales aprovechen la energía cinética del caudal del río.

*Figura 22. Turbina hidro-cinética*

Los criterios ingenieriles utilizados fueron:

- **Costo:** Este criterio evalúa la viabilidad económica de la solución, considerando tanto los costos iniciales de instalación como los gastos de operación y mantenimiento a lo largo del tiempo.
- **Adaptabilidad:** Este criterio se refiere a la capacidad del sistema para ajustarse a las condiciones del río. Se valoran soluciones que puedan ser adaptadas fácilmente a distintos caudales y características del terreno.
- **Impacto ambiental:** Se buscan soluciones que minimicen la alteración del flujo natural del agua y que no afecten negativamente a la fauna y flora del río.
- **Mantenimiento:** Este criterio mide la facilidad de mantener la solución operativa a largo plazo. Se valoran sistemas que requieran poca intervención humana y que sean duraderos, reduciendo la frecuencia de mantenimiento.
- **Eficiencia:** La eficiencia se refiere a la capacidad del sistema para redirigir los desechos de manera continua y efectiva hacia el punto de recolección.

Al evaluar estos criterios, la selección con mayor ponderación, como se muestra en las tablas de Anexos A.5, resultó ser la **Solución A:** Baterías de Carro

## 1.2 MANEJO DEL PROYECTO

A continuación, se presenta el cronograma de actividades planificado para ejecución del proyecto:

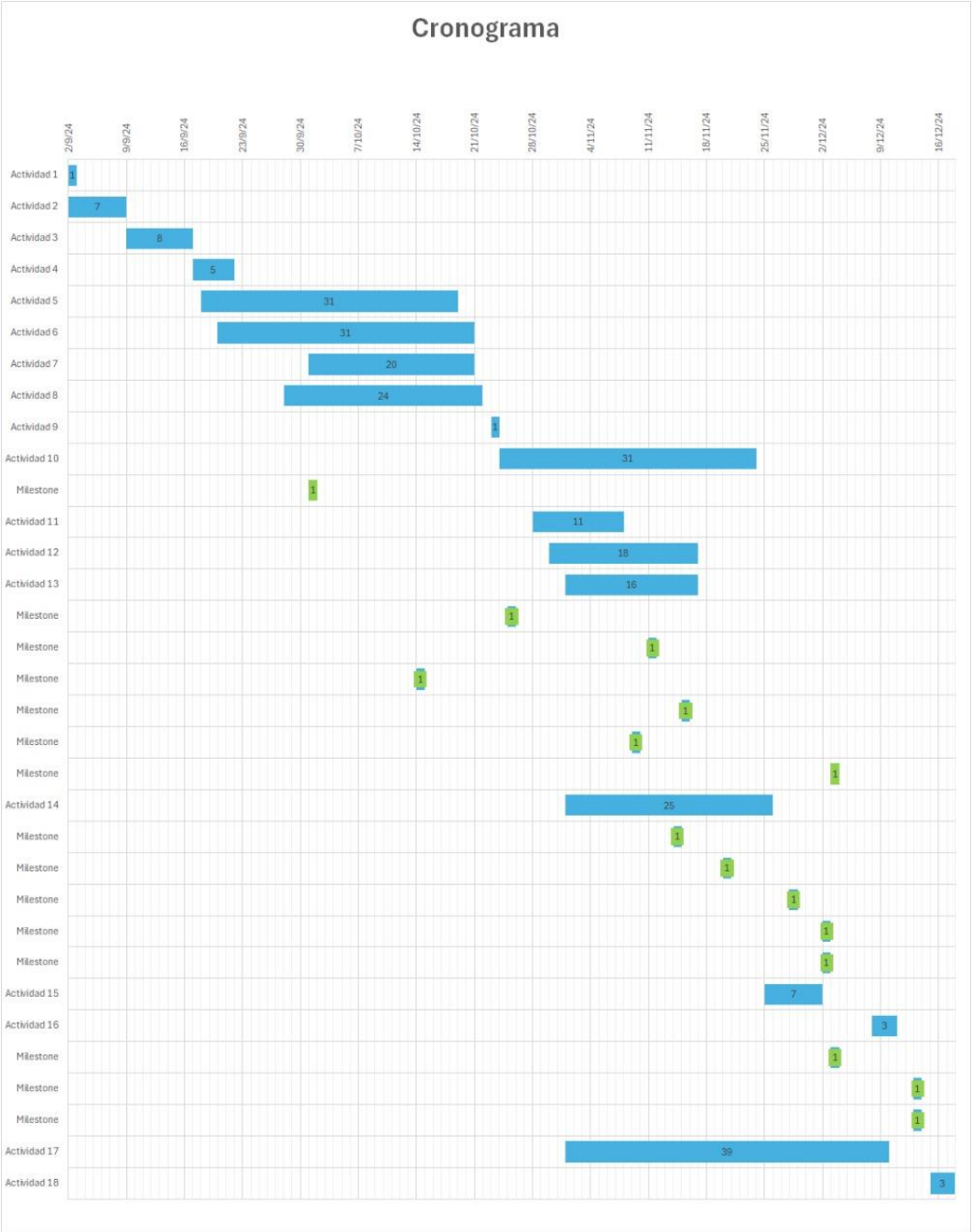



*Figura 23. Cronograma resumido*

Además, se presenta el detalle del presupuesto utilizado para la elaboración y fabricación del proyecto.

*Tabla 4. Presupuesto resumido*

| Material | Costo ($) |
|---|---|
| Tubos de acero para el sistema de recolección (catamarán) | 51,12 |
| Tubos de acero para el sistema de extracción de desechos | 169,92 |
| Ángulos y placas de acero | 50,73 |
| Planchas de aluminio | 151,80 |
| Plancha de MDF | 18,50 |
| Tubos de aluminio | 24,00 |
| Chumaceras, poleas y ejes | 84,25 |
| Pernos, remaches y tornillos | 60,06 |
| Cable de acero y malla soldada | 35,31 |
| Cemento y arena para plintos | 17,85 |
| Pintura y sellantes | 12,87 |
| Corte láser para MDF y aluminio | 89,04 |
| Winche manual de 300 [kg] | 35,00 |
| Rolado y mecanizado de piezas | 80,00 |
| Cámara WiFi | 57,99 |
| Baterías de 12 [V] | 50,00 |
| Componentes eléctricos y Arduino | 39,59 |
| TOTAL | 1028,03 |

Es importante recalcar que no se detalla el costo de la mano de obra, como también el costo de soldadura y de la pintura, puesto a que fueron donaciones realizas al proyecto.

## 1.3 NORMATIVAS

1. DIN-22101-22102-15207 (Diseño de banda transportadora).

Esta normativa establece principios y criterios fundamentales para diseñar y disponer instalaciones de cintas transportadoras para material de granel. A partir de esta, es posible definir especificaciones de componentes y dispositivos clave como: motores, frenos, dispositivos de tensión, etc., dependiendo de las condiciones particulares para las que quiere disponer de una banda transportadora. Esta normativa brinda también directrices para diseñar y dimensionar la propia cinta transportadora.

2. ISO 16625 - Grúas y polipastos. Selección de cables, tambores y poleas.

Esta norma establece los requisitos y criterios para el diseño, selección y uso de cables de acero en sistemas de elevación y suspensión, además de la selección apropiada de poleas y tambores. Entre los principales aspectos de la norma se encuentra el cálculo de resistencia de los cables de acero, selección de estos, e inspección y mantenimiento del sistema. Esta norma ISO garantiza que el sistema que emplea los cables, poleas y tambores, cumpla con los requisitos de seguridad y durabilidad para su correcto funcionamiento. Dentro de este trabajo, tanto cables como poleas se emplearán para la extracción de los desechos recogidos, pero también para la fijación del sistema en el río, o anclaje del sistema. Por esta razón, la norma será fundamental para asegurar la seguridad, durabilidad, y el óptimo funcionamiento del equipo.

3. ASTM C912 - Elaboración y Curado de Especímenes de Prueba de Concreto en el Laboratorio

La norma establece procedimientos estandarizados para la preparación, moldeo y curado de especímenes de concreto en laboratorio bajo condiciones controladas, asegurando resultados reproducibles y precisos. Detalla requisitos para equipos, materiales y

métodos, incluyendo la consolidación por varillado o vibrado, el curado con humedad constante a 23 ± 2°C y la prevención de defectos por segregación o pérdida de humedad. Además, proporciona lineamientos para pruebas de resistencia, asentamiento y contenido de aire, y actualizaciones para concretos autocompactantes, garantizando que los especímenes reflejen condiciones reales de campo y cumplan con los objetivos de evaluación y diseño de mezclas.

4. ASTM C33 - Especificación Estándar para Agregados de Concreto

En esta normativa se establecen los requisitos de calidad y granulometría para los agregados finos y gruesos utilizados en concreto, exceptuando los agregados ligeros o pesados. Define límites para sustancias perjudiciales como arcillas, lignito y partículas friables, y prescribe ensayos para evaluar propiedades físicas y químicas, como densidad, resistencia a la abrasión, reactividad alcalina y resistencia a ciclos de congelación y deshielo. Además, incluye especificaciones sobre la máxima variación del módulo de finura y los métodos de muestreo y prueba para garantizar la calidad del material. Esta norma es clave para seleccionar agregados adecuados que aseguren un desempeño satisfactorio del concreto en diversas aplicaciones y condiciones de exposición.

# 2 MATERIALES Y MÉTODOS

## 2.1 SELECCIÓN DE MATERIALES Y COMPONENTES

Para el desarrollo del dispositivo de recolección de desechos flotantes, se han seleccionado cuidadosamente los materiales y componentes necesarios para garantizar un funcionamiento óptimo, tanto en el sistema eléctrico como en la estructura flotante y el sistema de recolección. Los componentes de cada sistema se detallan a continuación.

### 2.1.1 Sistema Eléctrico

El sistema eléctrico del dispositivo estará basado en los componentes propuestos por Estrella et al. (2021), con las especificaciones de la Tabla 5.

*Tabla 5. Componentes Sistema Eléctrico.*

| **Sistema Eléctrico** | | |
|---|---|---|
| **Componente** | **Descripción** | **Observación** |
| Baterías | Se utilizarán baterías de 12V conectadas en serie para proporcionar una potencia de 24V al sistema. Se ha seleccionado un tipo de batería de ciclo profundo debido a su capacidad de soportar ciclos de carga y descarga repetitivos, lo que es ideal para aplicaciones de recolección en ambientes acuáticos. | Estas baterías son recargables y ofrecen la energía suficiente para alimentar los motores y los sistemas de control durante el tiempo de operación. |
| Motor | Motor de corriente continua (DC) de 1.6 HP, que proporcionará la potencia necesaria para accionar el sistema de recolección tipo oruga. | Este motor está diseñado para trabajar en condiciones de humedad y cuenta con protección contra la corrosión |
| Arduino | Para el control del sistema eléctrico, se utilizará una placa Arduino UNO como controlador principal. Este microcontrolador se encargará de gestionar las señales de entrada provenientes de los sensores y de controlar la operación del motor, los sistemas de recolección y los flotadores. | El Arduino se conectará a otros componentes electrónicos, como relés y módulos de comunicación Bluetooth, permitiendo el control remoto del dispositivo mediante una aplicación móvil. |

### 2.1.2 Sistema de Flotación

La estructura flotante del dispositivo se ha diseñado para garantizar estabilidad, durabilidad y facilidad de fabricación. Para ello, se empleará una estructura metálica fabricada con tubos cuadrados de acero estructural A36, con dimensiones de 30x30x1.2 mm. Este tipo de acero es conocido por su alta resistencia y durabilidad.

Los flotadores se construirán a partir de planchas de aluminio con dimensiones de 2440x1220x2 mm, y se le aplicará un tratamiento superficial para la resistencia a la corrosión.

Además, se emplearán ángulos de acero A36 de 50x3 mm en puntos críticos de la estructura para reforzar su rigidez y permitir su acople a la estructura metálica, de esta manera se garantiza que los flotadores puedan soportar el peso de la recolección y el movimiento del dispositivo en el agua. Del mismo modo, se pretende utilizar piezas de MDF para construir un soporte interior al flotador que permita mantener su forma y estructura permanentemente.

### 2.1.3 Sistema de Anclaje y Sistema de Extracción

Para asegurar la estabilidad del dispositivo durante su operación en ríos, se utilizará un sistema de anclaje robusto compuesto por cables de acero galvanizado de 8 mm. Estos cables garantizarán que el dispositivo permanezca en su posición, incluso en situaciones de corriente fuerte o aumento del nivel del agua. Asimismo, este tipo de cables de acero también se emplearán para la extracción del sistema de almacenamiento hacia la orilla, facilitando así el vaciado del contenedor de desechos recolectados.

### 2.1.4 Sistema de Recolección

El sistema de recolección será reutilizado del diseño anterior mencionado en la tesis de Estrella et al. (2021), el cual cumple con la norma ISO 283. Este sistema se basa en una banda transportadora tipo oruga, diseñada para recolectar eficientemente los desechos flotantes y transportarlos hacia el contenedor de almacenamiento. El almacenamiento de los desechos se llevará a cabo en una canasta fabricada con malla electrosoldada, con una capacidad máxima de 300 litros.

Se realizarán cálculos adicionales para determinar las dimensiones exactas del dispositivo considerando las características de los materiales seleccionados, las capacidades del sistema de flotación y recolección, así como el volumen de desechos esperados en el cuerpo de agua donde operará el dispositivo.

## 2.2 DISEÑO PARA LA FABRICACIÓN

### 2.2.1 Diagrama de flujo de fabricación del dispositivo

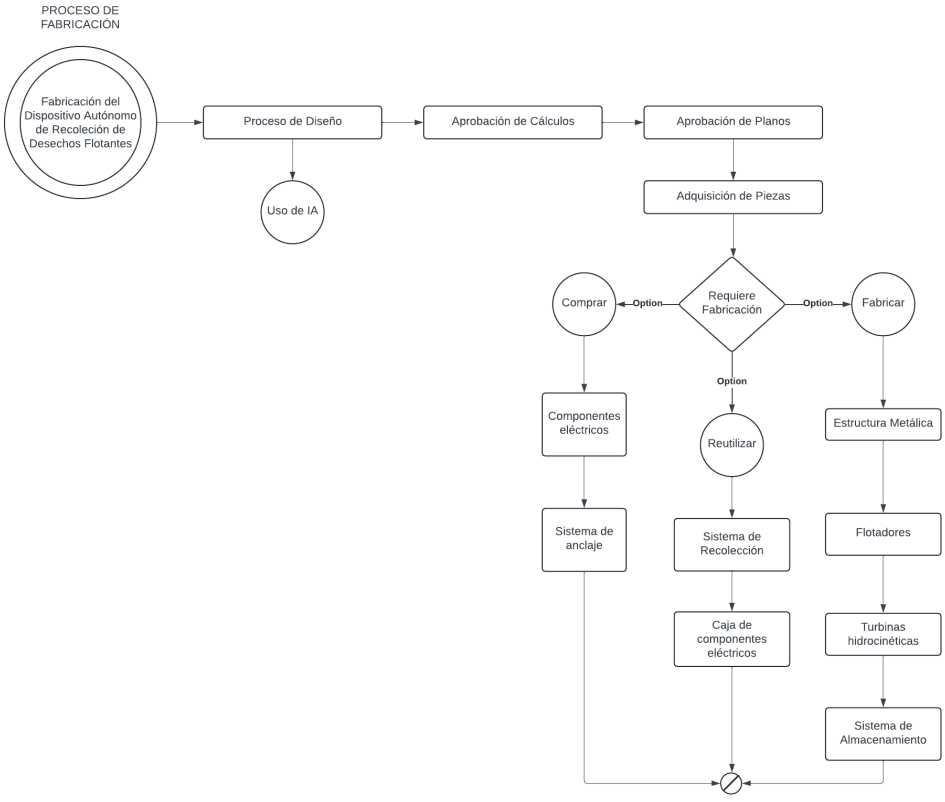



*Figura 24. Diagrama de flujo de fabricación del dispositivo.*

### 2.2.2 Diagrama de flujo de ensamble del dispositivo

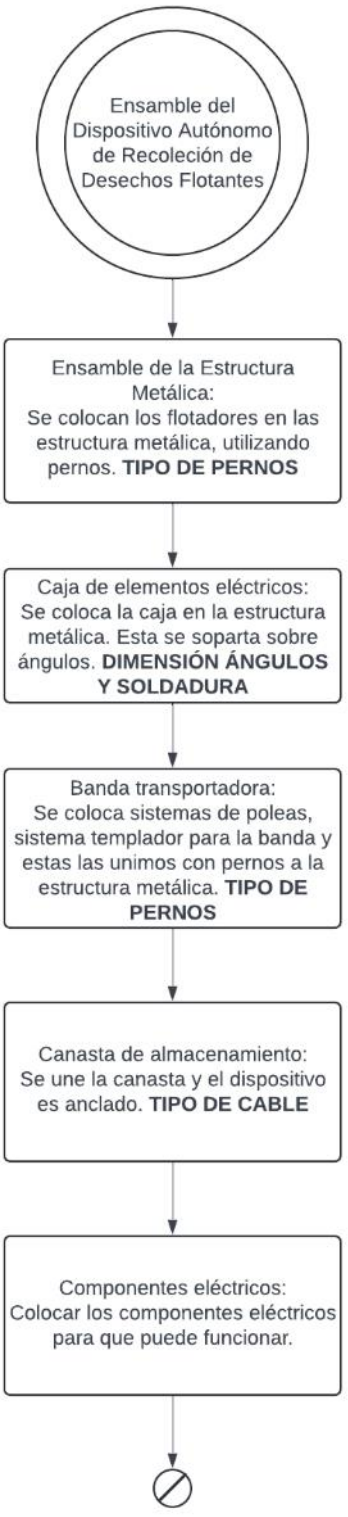



*Figura 25. Diagrama de flujo del ensamble del dispositivo.*

### 2.2.3 Diagrama de flujo de inspección

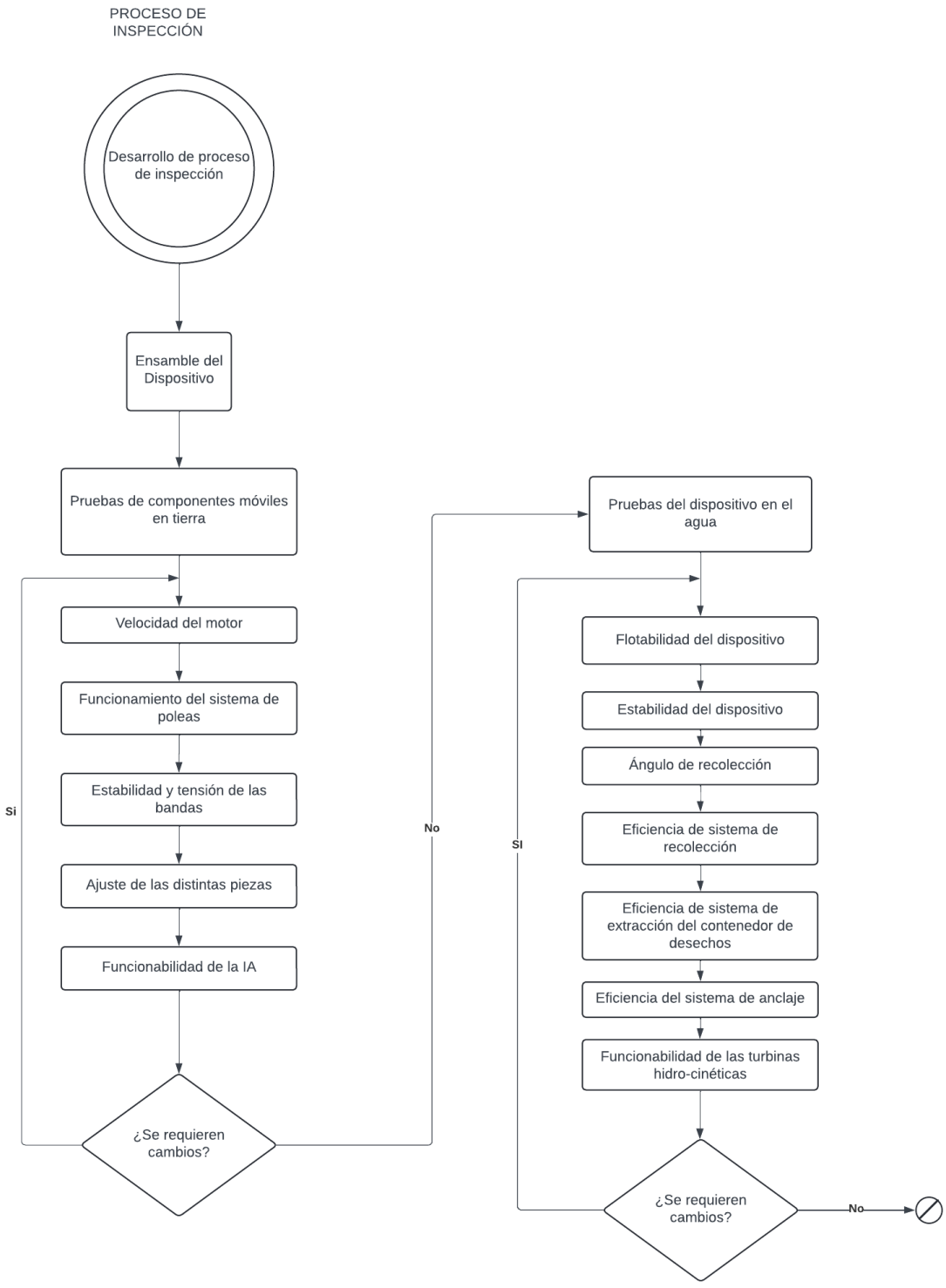



*Figura 26. Diagrama de flujo de inspección del dispositivo.*

### 2.2.4 Diagrama de flujo de fabricación de la estructura metálica

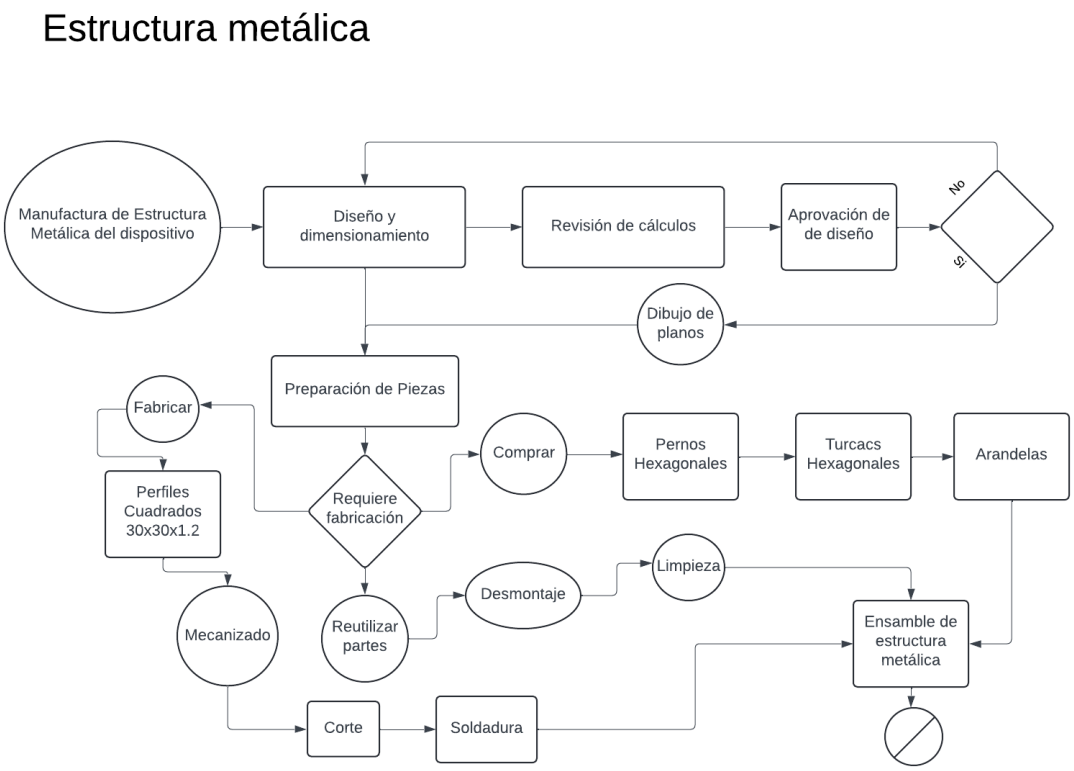



*Figura 27. Diagrama de flujo de fabricación de la estructura metálica.*

### 2.2.5 Diagrama de flujo de fabricación de los flotadores

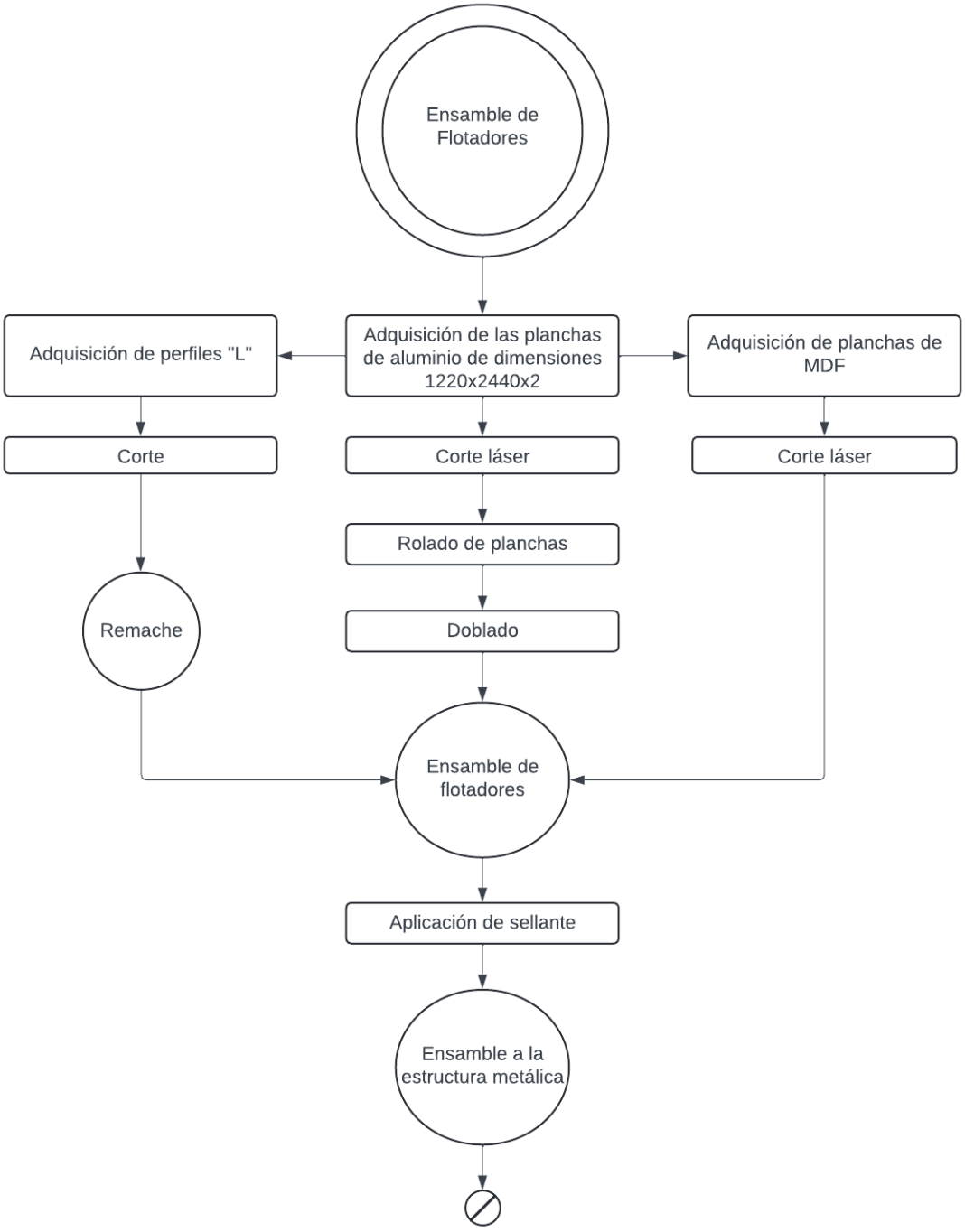



*Figura 28. Diagrama de flujo de fabricación de los flotadores.*

### 2.2.6 Diagrama de flujo de fabricación del sistema eléctrico

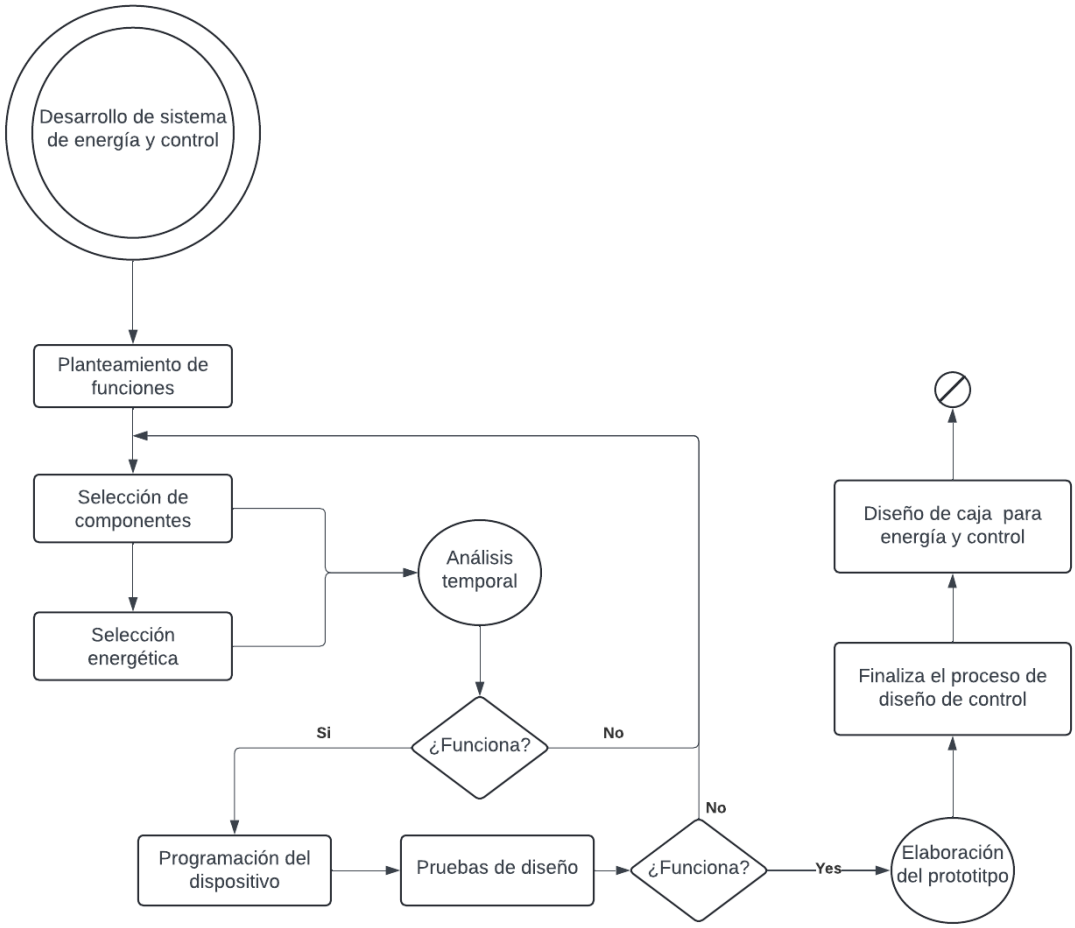



*Figura 29. Diagrama de flujo de fabricación del sistema eléctrico.*

## 2.3 HOJAS DE PROCESO Y CRONOGRAMA

*Tabla 6. Hoja de procesos del dispositivo*

| **HOJA DE PROCESO** | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pieza N°: | 1 | Descripción: | Máquina recolectora de basura flotante para ríos | | Plano Nº | 2 | Cantidad | 1 | |
| Material | Varios | | Responsable | Mateo Puente Cárdenas | | | | | |
| **Tareas** | **Herramientas** | | | **Operario** | **Tiempo en minutos** | | **Lugar** | **Fecha** | |
| Investigación modelos de flotadores | Computadora | | | Angie Melo | 300 | | USFQ | 10/9/2024 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Selección y medición de componentes reutilizables de proyecto previo | Flexómetro, Calibrador Bernier | Mateo Puente | 120 | Bodegas USFQ, Calderón, Quito | 14/9/2024 |
| Iteración de diseños de estructura metálica. | Computadora, Inventor Professional | Mateo Puente | 1440 | USFQ | 16/09/2024-26/09/2024 |
| Iteración de diseños de flotadores. | Computadora, Inventor Professional | Mateo Puente | 1440 | USFQ | 16/09/2024-26/09/2025 |
| Iteración de diseños de sistema de extracción. | Computadora, Inventor Professional | Mateo Puente | 1440 | USFQ | 16/09/2024-26/09/2026 |
| Selección de perfiles estructurales para estructura metálica. | Computadora, Inventor Professional | Grupal | 60 | USFQ | 27/9/2024 |
| Modelo de la estructura en Inventor | Computadora, Inventor Professional | Andrés Patiño | 180 | USFQ | 30/09/2024-5/10/2024 |
| Simulación de estructura metálica | Computadora, Inventor Professional, ANSYS | Mateo Puente / Andrés Patiño | 180 | USFQ | 30/09/2024-5/10/2024 |
| Modelo de flotadores en Inventor | Computadora, Inventor Professional | Mateo Puente / Andrés Patiño | 180 | USFQ | 30/09/2024-5/10/2024 |
| Simulación de flotadores | Computadora, Inventor Professional, ANSYS | Mateo Puente | 180 | USFQ | 30/09/2024-5/10/2024 |
| Modelo de sistema de banda transportadora en Inventor | Computadora, Inventor Professional | Angie Melo / David Silva | 120 | USFQ | 3/10/2024 |
| Modelo de sistema de extracción de canasta | Computadora, Inventor Professional | Angie Melo / David Silva | 120 | USFQ | 19/10/2024 |
| Generación de Planos de estructura metálica | Computadora, Inventor Professional | Angie Melo | 120 | USFQ | 20/10/2024 |
| Generación de Planos de flotadores | Computadora, Inventor Professional | Angie Melo | 120 | USFQ | 11/10/2024 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Generación de Planos sistema de banda transportadora | Computadora, Inventor Professional | Angie Melo | 120 | USFQ | 20/10/2024 |
| Generación de Planos sistema de extracción de canasta | Computadora, Inventor Professional | Angie Melo | 120 | USFQ | 21/10/2024 |
| Análisis de riesgos: funcionamiento y construcción del dispositivo | Computadora | Angie Melo | 120 | USFQ | 6/10/2024 |
| Desarme y extracción de componentes reutilizables de proyecto previo | Flexómetro, Calibrador Bernier, llaves hexagonales, destornilladores, copas hexagonales y racha. | Grupal | 180 | USFQ | 4/10/2024 |
| Cotización y compra de perfiles estructurales | Computadora | David Silva | 60 | DIPAC | 09/10/2024-11/10/2024 |
| Cotización y compra de plancha de aluminio para flotadores | Computadora | David Silva | 30 | ACERAL | 09/10/2024-11/10/2024 |
| Cotización y compra de insumos (chumaceras, pernos, tuercas, arandelas) | Computadora | David Silva | 60 | Ferrertería Bravo | 12/10/2024 |
| Cotización y compra de malla electrosoldada para canasta | Computadora | David Silva | 30 | Ferrertería Bravo | 09/10/2024-11/10/2024 |
| Cotización y compra de cable de acero y partes del sistema de manivela | Computadora | David Silva | 60 | León Cables | 15/10/2024 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Corte de perfiles estructurales | Moladora, marcador, EPP | Mateo Puente | 300 | Galpones CIMA | 14/10/2024-20/10/2024 |
| Fabricación de estructura metálica 1/3 | Soldadura, Moladora, EPP, Perfiles GB/T 30x30x1,5 Acero A36 | Mateo Puente | 240 | Galpones CIMA | 14/10/2024-20/10/2024 |
| Fabricación de estructura metálica 2/3 | Soldadura, Moladora, EPP, Perfiles GB/T 30x30x1,5 Acero A37 | Mateo Puente | 240 | Galpones CIMA | 14/10/2024-20/10/2024 |
| Fabricación de estructura metálica 3/3 | Soldadura, Moladora, EPP, Perfiles GB/T 30x30x1,5 Acero A38 | Mateo Puente / Andrés Patiño | 240 | Galpones CIMA | 14/10/2024-20/10/2024 |
| Corte de planchas de aluminio y MDF | Plancha de Alumino 6061 espesor 2mm, MDF 4mm, AutoCAD | Mateo Puente | 180 | Laser Full | 14/10/2024-20/10/2024 |
| Rolado y doblado de planchas de aluminio | Plancha de Alumino 6061 espesor 2mm, Roladora | Andrés Patiño | 240 | Talleres Rojas | 21/10/2024-27/10/202 |
| Fabricación de Flotadores 1/2 | Plancha de Alumino 6061 espesor 2mm, Taladro, pernos, tuercas y arandelas, piezas MDF 2mm | Mateo Puente / Andrés Patiño | 240 | Galpones CIMA | 21/10/2024-27/10/202 |
| Fabricación de Flotadores 2/2 | Plancha de Alumino 6061 espesor 2mm, Taladro, pernos, tuercas y arandelas, piezas MDF 2mm | Mateo Puente / Andrés Patiño | 240 | Galpones CIMA | 21/10/2024-27/10/202 |
| Aplicación de sello anti-agua a los flotadores | Flotadores ensamblados, sellante | Angie Melo / David Silva | 120 | Galpones CIMA | 21/10/2024-27/10/202 |
| Corte y ensamble de canasta | Malla electrosoldada | Angie Melo / David Silva | 120 | Galpones CIMA | 14/10/2024 |
| Ensamble e instalación de sistema de banda transportadora. | Banda transportadora 400 EP 250/2 3+1.5 G, tambores/rodillos, chumaceras, pernos, tuercas arandelas | Mateo Puente / Andrés Patiño | 240 | Galpones CIMA | 27/10/2024 |
| Instalación de motor y componentes electrónicos 1/2 | Motor DC (1.6 [HP], 235 [RPM], 24 [V]), Baterías 12 V, cables, jumpers, Arduino UNO, Pantalla LCD, Pulsadores, fuente. | Angie Melo / David Silva | 240 | Taller Mecánico USFQ | 4/10/2024-10/10/2024 |
| Instalación de motor y componentes electrónicos 2/2 | Motor DC (1.6 [HP], 235 [RPM], 24 [V]), Baterías 12 V, cables, jumpers, Arduino UNO, Pantalla LCD, Pulsadores, fuente. | Angie Melo / David Silva | 240 | Taller Mecánico USFQ | 4/10/2024-10/10/2024 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ensamble de subsistemas a la estructura metálica. | Pernos, tuercas, arandelas, copas hexagonales y racha. | Grupal | 120 | Taller Mecánico USFQ | 4/10/2024-10/10/2024 |
| Verificación y rectificación de posibles fallas y errores en el dispositivo | Computadora, Inventor Professional | Grupal | 120 | Taller Mecánico USFQ | 11/10/2024 |

## 2.4 PLAN DE VERIFICACIÓN DE TOLERANCIAS Y DIMENSIONES

*Tabla 7. Plan de verificación de tolerancias y dimensiones*

| **Verificación de tolerancias y dimensiones** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **#** | **Parte** | **Responsable** | **Fecha** | **Equipo de medición** | **Verificación** | | **Observaciones** |
| | | | | | **OK** | **Rev** | |
| 1 | Motor | Angie Melo | 1/12/2024 | Inspección Visual | X | | |
| 2 | Baterías | Angie Melo | 1/12/2024 | Inspección Visual y Multímetro | X | | |
| 3 | Planchas de flotadores | Mateo Puente | 1/12/2024 | Flexómetro | X | | |
| 4 | MDF flotadores | Mateo Puente | 1/12/2024 | Flexómetro y calibrador | X | | |
| 5 | Ángulos de acero | Mateo Puente | 1/12/2024 | Flexómetro | X | | |
| 6 | Enganches de flotadores | Andrés Patiño | 1/12/2024 | Flexómetro y calibrador | X | | |
| 7 | Tubos de acero | Andrés Patiño | 1/12/2024 | Flexómetro | X | | |
| 8 | Placas de acero | Andrés Patiño | 1/12/2024 | Flexómetro | X | | |
| 9 | Poleas | David Silva | 1/12/2024 | Flexómetro y calibrador | X | | |
| 10 | Banda y ro dillos | David Silva | 1/12/2024 | Inspección visual y flexómetro | X | | |

# 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 3.1 ANÁLISIS DE RIESGOS

A partir del análisis del funcionamiento y manufactura del dispositivo diseñado, se ha realizado un análisis de riesgos que podrían presentarse a lo largo de la ejecución del proyecto. La siguiente tabla expone riesgos que podrían presentarse, su prioridad, la acción designada para combatirlos y la persona responsable de ejecutarla.

*Tabla 8. Análisis de Riesgos y Decisión Tomada*

| # | DESCRIPCIÓN | PRIORIDAD = Impacto x Probabilidad | RESPONSABLE | DECISIÓN TOMADA | ESTATUS | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 001 | ATRAPAMIENTO | 5x4=20 | Angie Melo | Reducir: Colocar avisos y protecciones físicas en las partes móviles del sistema. Hacer uso de EPP para operar el dispositivo | Vigente | Riesgo de accidentes con el operario. |
| 002 | SHOCK ELÉCTRICO | 5x3=15 | David Silva | Evitar: Aislar la caja que contiene los componentes electrónicos. Tomar debidas precauciones al energizar el sistema. | Vigente | Podría agregar peso extra en la estructura. El impacto de este problema, shock eléctrico, podría ser hasta mortal. Se debe evitar el shock eléctrico primordialmente. |
| 003 | PÉRDIDA DEL DISPOSITIVO | 5x3=15 | Mateo Puente | Mitigar: Utilizar anclaje fijo a la orilla, | Vigente | Sistema de anclaje suficientemen |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | DEBIDO A AUMENTO EXCESIVO DE NIVEL DE AGUA | | | adaptable al nivel del agua | | te robusto y adaptable. |
| 004 | FALTA DE POTENCIA/ TORQUE DEL MOTOR | 5x3=15 | Angie Melo | Mitigar: Sobredimensionar el motor con un factor de seguridad pertinente. | Vigente | Motor sobredimensionado para el trabajo |
| 005 | EL TIEMPO DE IMPORTACIÓN O MAQUINADO DE LOS COMPONENTES EXCEDE LA FECHA LÍMITE DE ENTREGA DEL PROYECTO | 5x3=15 | Andrés Patiño | Mitigar: Planificar los tiempos de entrega y maquinado mediante la generación de un cronograma. | Vigente | Buscar proveedores alternos |
| 006 | DAÑO DE LOS FLOTADORES POR IMPACTOS CON EL SUELO O ROCAS | 3x5=15 | Mateo Puente | Evitar: Ubicar el dispositivo en zonas de baja profundidad | Vigente | Realizar un análisis visual del lugar donde se colocará al dispositivo. |
| 007 | SULFATACIÓN DE BATERÍA | 4x3=12 | David Silva | Mitigar: Revisar periódicamente el estado de las baterías | Vigente | Verificar nivel del electrolito y agregar agua destilada de ser necesario. |
| 008 | DESBORDE DE DESECHOS RECOLECTADOS | 3x4=12 | Mateo Puente | Mitigar: Implementar sistema que alerte cuando el contenedor esté lleno. | Vigente | Sistema de retención de los desechos en la banda recolectora |
| 009 | VOLTEAMIENTO DEL DISPOSITIVO FLOTANTE | 5x2=10 | Andrés Patiño | Mitigar: Procurar un diseño simétrico de la estructura y el sistema de flotación. | Vigente | Procurar el equilibrio adecuado. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 010 | RIESGO DE IMPACTO CON ESCOMBROS POR DESLAVE | 5x1=5 | Andrés Patiño | Evitar: Colocar el dispositivo en zonas con menos probabilidad de deslave | Vigente | Realizar un análisis de riesgos relacionados a los entornos del lugar de instalación. |
| 011 | PROBLEMA DE RECONOCIMIENTO DE IMAGEN CON IA | 5x1=5 | David Silva | Mitigar: Actualización de algoritmos. | Vigente | Monitoreo continuo del software |
| 012 | ROTURA DE BANDA | 5x1=5 | Angie Melo | Mitigar: Realizar mantenimiento e inspección regularmente, usar materiales pertinentes al uso de la banda. | Vigente | Monitorear durante la operación y pruebas de prototipo. |

A continuación, se expone en detalle cada uno de los riesgos considerados, así como su análisis de prioridad considerando la probabilidad de que ocurra el evento y la magnitud de su impacto.

*Tabla 9. Análisis de prioridad*

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROBABILIDAD** | **MUY BAJA** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | **BAJA** | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| | **MEDIA** | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 |
| | **ALTA** | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| | **MUY ALTA** | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| | | **MUY BAJO** | **BAJO** | **MEDIO** | **ALTO** | **MUY ALTO** |
| | | **IMPACTO** | | | | |

**Atrapamiento** (Prioridad=20): El riesgo 001 se refiere a la posibilidad de que el personal quede atrapado en los mecanismos móviles. Esto implicaría un impacto 5, pero la probabilidad de que esto suceda es de 4.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Impacto | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | | | | | |
| | 4 | | | | | |
| | 5 | | | | 5 x 4 = 20 | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | Probabilidad | | | | |

**Shock eléctrico** (Prioridad=15): El riesgo 002 se refiere a la posibilidad de que los componentes eléctricos sufran de un shock eléctrico, el cual podría dañar los componentes electrónicos o poner en peligro al personal de mantenimiento. Para evitarlo, se aislará la caja que contiene los componentes electrónicos y se añadirá protección extra, aunque esto implique agregar peso a la estructura. Es por esto por lo que se considera un impacto de 5 y una probabilidad de 3.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Impacto | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | | | | | |
| | 4 | | | | | |
| | 5 | | | 5 x 3 = 15 | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | Probabilidad | | | | |

Pérdida del dispositivo por aumento del nivel de agua (Prioridad=15): El riesgo 003 evalúa la posibilidad de un aumento drástico en el nivel del agua que podría hacer que el dispositivo pierda su anclaje. Para evitarlo, se diseñará un sistema de anclaje robusto y

adaptable, que asegure la estabilidad del dispositivo en distintas condiciones del río. Este riesgo tiene un impacto de 5 pero una probabilidad de 3.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Impacto | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | | | | | |
| | 4 | | | | | |
| | 5 | | | 5 x 3 = 15 | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | Probabilidad | | | | |

**Falta de potencia/torque del motor** (Prioridad=15): Para el riego 004 se planteó el caso en el que el motor no tenga la suficiente potencia o el suficiente torque para que el dispositivo opere correctamente. Por ende, para evitar esto, se ha decidido sobredimensionar el motor para que este pueda cumplir con todas sus funciones.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Impacto | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | | | | | |
| | 4 | | | | | |
| | 5 | | | 5 x 3 = 15 | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | Probabilidad | | | | |

**El tiempo de importación o maquinado de los componentes excede la fecha límite de entrega del proyecto** (Prioridad=15): Para el riesgo 005 se ha planteado la situación en la cual partes del dispositivo sufren de un retraso en la entrega. Lo cual afectaría significativamente al cronograma que se tiene planificado para el proyecto.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Impacto | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | | | | | |
| | 4 | | | | | |
| | 5 | | | 5 x 3 = 15 | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | Probabilidad | | | | |

**Daño de los flotadores por impacto con suelo o rocas** (Prioridad=15): El riesgo 006 se refiere a lo que sucedería en caso de que los flotadores impacten repetidamente con el suelo o rocas podrían y comprometer la flotabilidad del dispositivo. Para mitigar este riesgo, se colocará el dispositivo en áreas seguras del río, lejos de zonas con rocas o poca profundidad.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Impacto | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | | | | | 3 x 5 = 15 |
| | 4 | | | | | |
| | 5 | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | Probabilidad | | | | |

**Sulfatación de batería** (Prioridad=12): El riesgo 007 acortaría la vida útil de la batería. Lo que afectaría el funcionamiento del dispositivo. Para contrarrestar los efectos de este riesgo, se utilizarán baterías de alta calidad y se mantendrá un control adecuado del sistema de carga.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Impacto | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | | | | | |
| | 4 | | | 4 x 3 = 12 | | |
| | 5 | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | Probabilidad | | | | |

**Desborde de desechos recolectados** (Prioridad=12): El riesgo 008 evalúa el escenario en donde los derechos recolectados se desbordan y estos regresan al río. Por ende,

para evitar que esto suceda se implementará un sistema de retención de los desechos en la banda recolectora.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Impacto | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | | | | 3 x 4 = 12 | |
| | 4 | | | | | |
| | 5 | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | Probabilidad | | | | |

**Volteamiento del dispositivo flotante** (Prioridad=10): En el escenario del riesgo 009 el dispositivo pierde estabilidad y este se vuelca. Para evitar este problema, se diseñará un dispositivo el cual tenga un centro de gravedad bajo y centrado.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Impacto | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | | | | | |
| | 4 | | | | | |
| | 5 | | 5 x 2 = 10 | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | Probabilidad | | | | |

**Impacto con escombros por deslave** (Prioridad=5): El riesgo 010 valora los daños que un deslave de tierra ocurre alrededor del río e impacte al dispositivo. Este evento podría ocasionar que escombros golpeen el dispositivo, causando daños en la estructura o los mecanismos de recolección. Este riesgo es moderado, y se abordará colocando el dispositivo en zonas menos propensas a este tipo de fenómenos.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Impacto | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | | | | | |
| | 4 | | | | | |
| | 5 | 5 x 1 = 5 | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | Probabilidad | | | | |

**Problema de reconocimiento de imagen con IA** (Prioridad=5): En el escenario del riego 011 se discute la posibilidad de que el sistema de reconocimiento de desechos flotantes a través de IA falle. En este caso el impacto de este riesgo es bajo y para evitarlo se debe asegurar que una correcta calibración y un buen entrenamiento de la IA.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Impacto | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | | | | | |
| | 4 | | | | | |
| | 5 | 5 x 1 = 5 | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | Probabilidad | | | | |

**Rotura de banda** (Prioridad=5): En el riesgo 012 se plantea la situación en la que la banda recolectora llega a romperse, esto causaría que se detenga completamente el funcionamiento del dispositivo. Para evitar esto se debe garantizar que los materiales con los cuales se diseña el dispositivo pueden lidiar con las condiciones del río.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Impacto | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | | | | | |
| | 4 | | | | | |
| | 5 | 5 x 1 = 5 | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | Probabilidad | | | | |

## 3.2 INFORME DE DISEÑO

Para diseñar el dispositivo recolector y sus componentes, se va a partir de los elementos que se van a reutilizar del trabajo de titulación *Bote recolector de basura flotante para ríos Amazónicos*, escrito por Estrella, D., et. al. Entre estos componentes están: banda de recolección, cilindros de banda de recolección, barandas de acero inoxidable, caja de acero inoxidable para electrónicos, motor eléctrico DC, y poleas para el movimiento de la banda recolectora. Es importante mencionar que además de diseñar y construir el sistema de extracción de desechos, se puso como objetivo diseñar y construir una nueva estructura y flotadores aptos para el funcionamiento en ríos del Distrito Metropolitano de Quito. Para cumplir con este objetivo, se propuso rediseñar la estructura y flotadores de forma que se pueda disminuir su peso y costo. Con las dimensiones de estos componentes, se dimensionará el nuevo dispositivo recolector y el sistema de extracción.

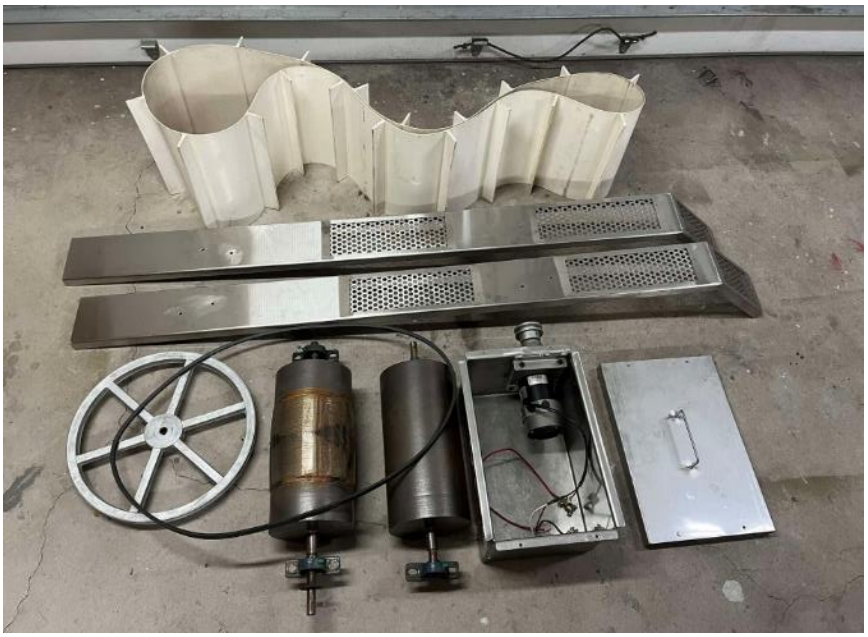


*Figura 30. Elementos extraídos del trabajo Bote recolector de basura flotante para ríos Amazónicos de Estrella et. al (2021).*

Una vez se midieron y dibujaron las partes que se van a reutilizar, se realizó un diseño CAD en dos dimensiones, en Autodesk Inventor, con el objetivo de definir ciertas

dimensiones generales. Este dibujo y las consideraciones de diseño se muestran en el Anexo B.

Para dimensionar la estructura, los flotadores y la canasta de recolección de desechos, se partió del ángulo de la banda recolectora respecto al nivel del agua y la altura de la estructura respecto a este mismo nivel. Esta altura permitirá dimensionar tanto los flotadores, como la sujeción de estos a la estructura; es decir, la porción de los flotadores que no se encuentra sumergida y el sistema de sujeción a la estructura metálica no deben superar una altura máxima propuesta de 15cm. Así mismo, se definió que el ángulo de la banda recolectora sea de 35° respecto al nivel del agua. Esto permite que la canasta contenedora tenga una altura de 35cm, estando en una posición favorable para recibir los desechos directamente de la banda, sin cruzarse con la polea de movimiento. De igual manera, este ángulo permite que los desechos se puedan extraer y mantener sobre la banda sin dificultad. Una mayor inclinación, es decir, colocar la banda más perpendicular, podría significar que esta no sea capaz de recolectar todos los desechos o mantenerlos durante todo el recorrido. Los valores explicados anteriormente son visibles en el Anexo B.

Luego de dimensionar la estructura, hacer los cálculos respectivos y realizar ciertas iteraciones para obtener el mejor dispositivo y componentes, se diseñó el sistema final que se muestra a continuación. Consiste en una estructura tipo catamarán con la banda centrada en la parte frontal, y la canasta de recolección en la parte posterior. Así mismo, cuenta con la caja de electrónicos sobre la banda de recolección en la parte frontal de la estructura para centrar el centro de gravedad y acercarlo lo más posible al nivel del agua. De esta forma, el

dispositivo cuenta con una gran estabilidad, y además permite una óptima extracción de desechos.

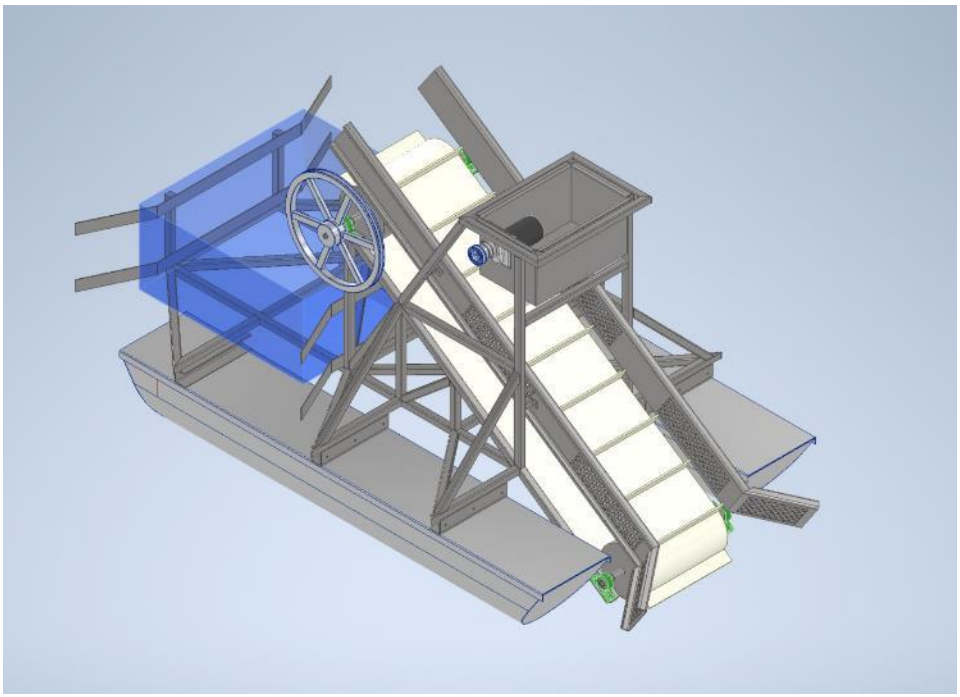


*Figura 31. Diseño final del dispositivo recolector.*

## 3.3 ANÁLISIS DE INGENIERÍA

### *3.3.1 Cálculos*

- **Estructura:**

***Cálculo y selección de elementos estructurales***

El dispositivo está diseñado para tener un área base de 0.84m x 0.49m; la canasta contenedora de desechos se asentará en esta sección. Por lo tanto, para diseñar y seleccionar las vigas que compondrán la estructura del sistema, se considerará que cada una de estas

deberá soportar, de manera distribuida, toda la masa de desechos que se estima recolectar: 20 kg. Para calcular el elemento estructural se hará un procedimiento de diseño de vigas:

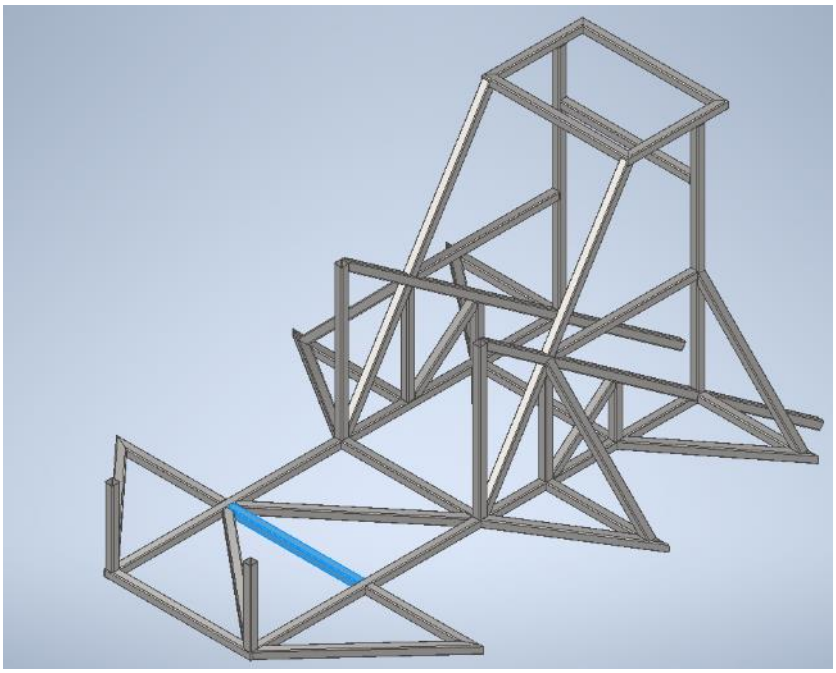


*Figura 32. Viga seleccionada para selección de perfil estructural.*

Si cada viga deberá soportar 20kg de forma distribuida en el largo de la sección, entonces se tiene una carga distribuida:

$$q = \frac{20\ \text{kg}\left(9.81\ {}^{\text{m}}/_{\text{s}^2}\right)}{0.494\ \text{m}}$$

$$q = 397.17\ {}^{N}/_{m}$$

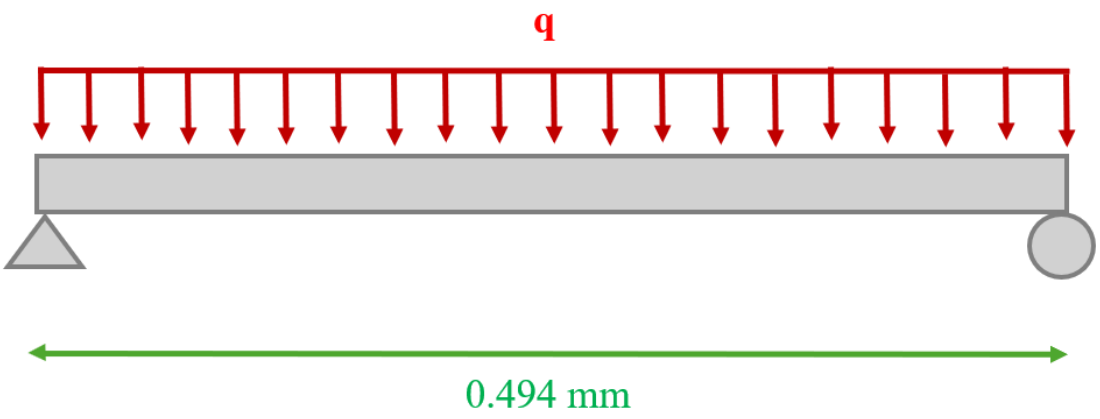



*Figura 33. DCL para viga analizada.*

- Cálculo de momento flector:

El momento máximo en una viga simplemente apoyada con carga distribuida uniforme se puede determinar con la siguiente ecuación:

$$M = \frac{qL^2}{8}$$

$$M = \frac{\left(397.17\ {}^{N}/_{m}\right)(0.494\ \text{m})^2}{8}$$

$$M = 12.12\ \text{Nm}$$

- Cálculo del módulo elástico de la sección:

El módulo elástico de la sección, *s*, se define como:

$$s = \frac{I}{c}$$

En donde *I* es la inercia de la sección, y *c* es la distancia desde el plano neutro hasta el extremo del perfil. De esta manera, se puede reescribir la ecuación del esfuerzo como:

$$\sigma = \frac{M \times c}{I}$$

$$\sigma = \frac{M}{s}$$

Considerando el esfuerzo de fluencia del acero ASTM A36, acero estructural, $S_y = 250$ MPa, y un factor de seguridad $F.S = 2$, se tiene un esfuerzo admisible igual a:

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{F.s} = \frac{250 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma_{adm} = 125 \text{ MPa}$$

Con el esfuerzo admisible y el momento, se determina que el módulo elástico de la sección es:

$$s = \frac{M}{\sigma_{adm}}$$

$$s = \frac{12.12 \text{ Nm}}{125 \times 10^6 \text{Pa}}$$

$$s = 9.696 \times 10^{-08} \text{m}^3$$

$$s = 0.097 \text{ cm}^3$$

- Selección de un perfil estructural:

La selección de perfiles estructurales se realizará en base al catálogo de *Dipac*. Por facilidad en el proceso de diseño CAD, manejo, construcción e instalación, se estableció la fabricar la estructura del sistema con tubos cuadrados. A continuación, la sección del catálogo de *Dipac* de tubos con sección cuadrada.

**TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO**

**Especificaciones Generales:**

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



| Dimensiones | | | Área | Ejes X-Xe Y-Y | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A mm | Espesor mm (e) | Peso Kg/m | Área cm2 | I cm4 | W cm3 | I cm3 |
| 20 | 1.2 | 0.72 | 0.90 | 0.53 | 0.53 | 0.77 |
| 20 | 1.5 | 0.88 | 1.05 | 0.58 | 0.58 | 0.74 |
| 20 | 2.0 | 1.15 | 1.34 | 0.69 | 0.69 | 0.72 |
| 25 | 1.2 | 0.90 | 1.14 | 1.08 | 0.87 | 0.97 |
| 25 | 1.5 | 1.12 | 1.35 | 1.21 | 0.97 | 0.95 |
| 25 | 2.0 | 1.47 | 1.74 | 1.48 | 1.18 | 0.92 |
| 30 | 1.2 | 1.09 | 1.38 | 1.91 | 1.28 | 1.18 |
| 30 | 1.5 | 1.35 | 1.65 | 2.19 | 1.46 | 1.15 |
| 30 | 2.0 | 1.78 | 2.14 | 2.71 | 1.81 | 1.13 |
| 40 | 1.2 | 1.47 | 1.80 | 4.38 | 2.19 | 1.25 |
| 40 | 1.5 | 1.82 | 2.25 | 5.48 | 2.74 | 1.56 |
| 40 | 2.0 | 2.41 | 2.94 | 6.93 | 3.46 | 1.54 |
| 40 | 3.0 | 3.54 | 4.44 | 10.20 | 5.10 | 1.52 |
| 50 | 1.5 | 2.29 | 2.85 | 11.06 | 4.42 | 1.97 |
| 50 | 2.0 | 3.03 | 3.74 | 14.13 | 5.65 | 1.94 |
| 50 | 3.0 | 4.48 | 5.61 | 21.20 | 4.48 | 1.91 |
| 60 | 2.0 | 3.66 | 3.74 | 21.26 | 7.09 | 2.39 |
| 60 | 3.0 | 5.42 | 6.61 | 35.06 | 11.69 | 2.34 |
| 75 | 2.0 | 4.52 | 5.74 | 50.47 | 13.46 | 2.97 |
| 75 | 3.0 | 6.71 | 8.41 | 71.54 | 19.08 | 2.92 |
| 75 | 4.0 | 8.59 | 10.95 | 89.98 | 24.00 | 2.87 |
| 100 | 2.0 | 6.17 | 7.74 | 122.99 | 24.60 | 3.99 |
| 100 | 3.0 | 9.17 | 11.41 | 176.95 | 35.39 | 3.94 |
| 100 | 4.0 | 12.13 | 14.95 | 226.09 | 45.22 | 3.89 |
| 100 | 5.0 | 14.40 | 18.36 | 270.57 | 54.11 | 3.84 |

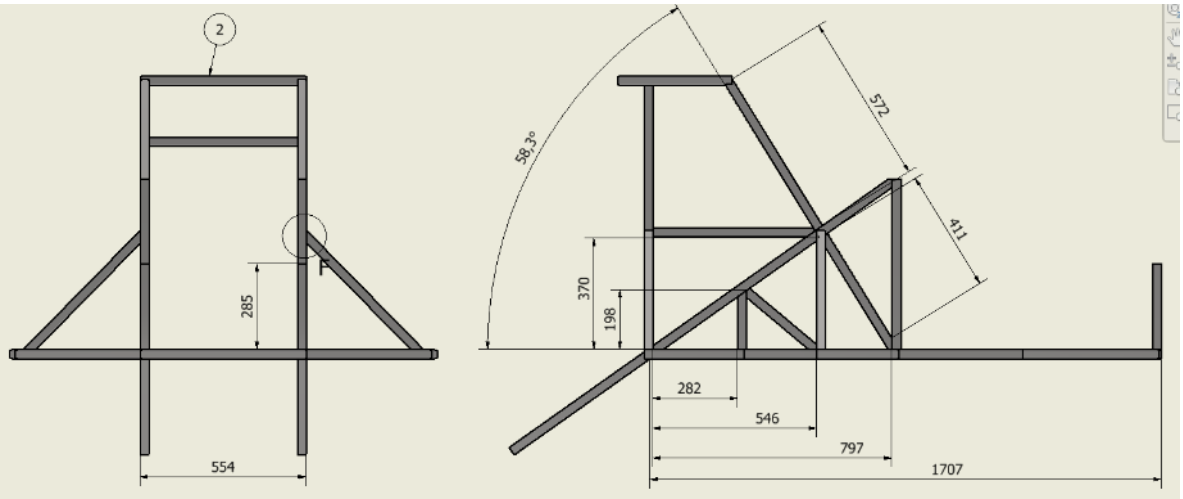
*Figura 34. Catálogo de DIPAC sobre tubos estructurales cuadrados.*

Es importante destacar que se denomina al módulo elástico de la sección como *W* en el caso de este catálogo. Como se puede observar, el tubo cuadrado más pequeño, de 20 mm x 20 mm x 1.2 mm, cuenta con un módulo elástico de la sección mayor al doble del necesario calculado. Este perfil cuenta con un $s = 0.53\ \text{cm}^3$ y una inercia de $I = 0.53\ \text{cm}^4$. Así mismo, el peso es considerablemente bajo con tan solo $0.72\ {}^{\text{kg}}/_{\text{m}}$. A pesar de esto, se considera que el perfil es muy pequeño y tanto la soldadura como el manejo de los perfiles se podría ver complicado por su tamaño. Para resolver esto, se escogerá un perfil cuadrado de **30 mm x 30 mm x 1.2 mm**. Este cuenta con un $s = 1.28\ \text{cm}^3$, una inercia de $I = 1.91\ \text{cm}^4$

y un peso de 1.09 $^{kg}/_{m}$. A pesar del pequeño incremento en peso de este perfil, tiene un módulo elástico de la sección seis veces mayor al calculado. Así mismo, cuenta con un *s* 2.5 veces mayor a la sección más pequeña, descrita anteriormente, y una inercia casi 4 veces mayor. Estas características del perfil permitirán que la estructura sea más robusta, sin comprometer el peso de esta, y permitiendo su fácil manejo, soldadura, y ensamblaje.

Análisis y cálculo de flexión en componentes críticos del sistema

Para esta sección se pretende analizar la resistencia de vigas críticas en el sistema. Primero se pretende analizar el soporte de la caja correspondiente a los componentes eléctricos, en donde se ubicarán las baterías de 12 V y el motor DC. A continuación, se analizan las vigas que soporta esta estructura. Finalmente se hace el análisis de las vigas sobre las cuales se posiciona la banda transportadora del sistema. Este estudio busca calcular el esfuerzo al que cada uno de los componentes analizados se someten, y compararlo con el esfuerzo admisible calculado para la sección anterior.



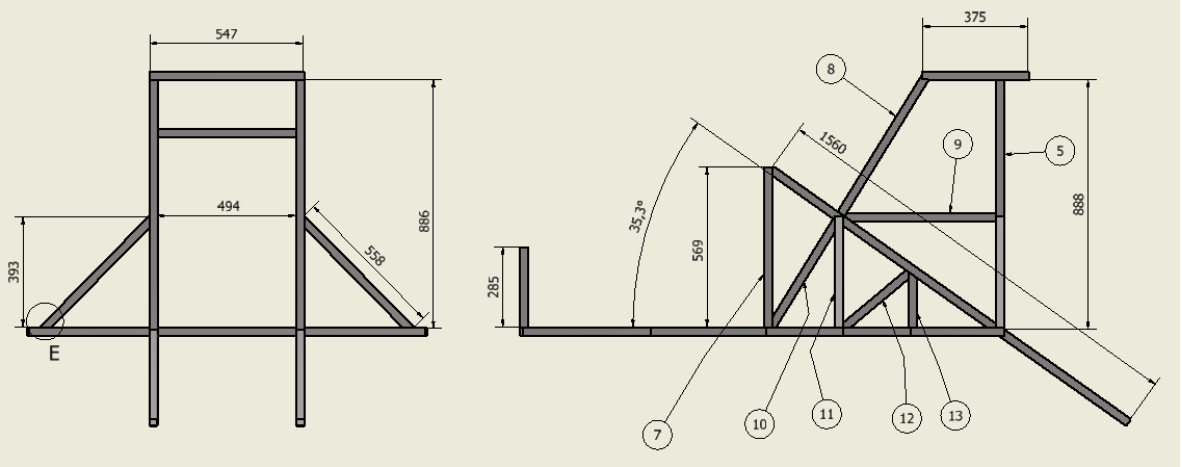



*Figura 35. Plano referencial de estructura metálica.*

- Viga apoyo de caja de sistema eléctrico

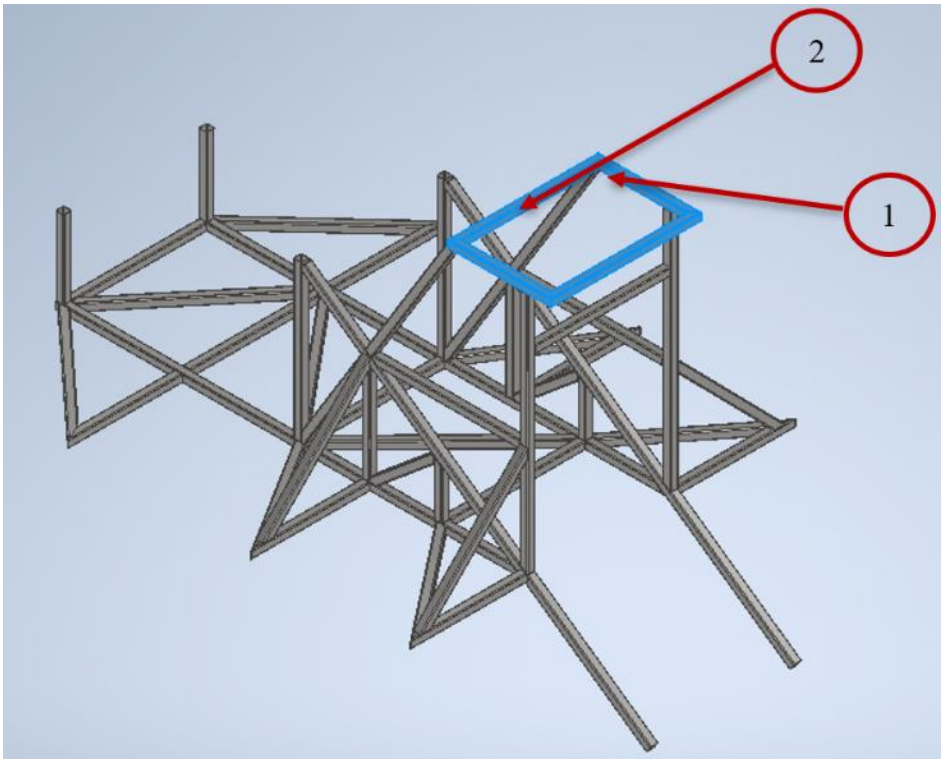



*Figura 36. Vista de viga apoyo de caja de sistema eléctrico.*

Para este apartado es necesario primero determinar la carga ejercida sobre la estructura analizada. Para ello, se ha estimado que la caja de componentes eléctricos tiene una

masa de 50 kg. Esta carga se distribuye en la superficie de la estructura; considerando que se hace uso del perfil estructural escogido anteriormente (30mmx30mmx1.2mm) es posible calcular la carga distribuida por unidad de área, y luego calcular la carga distribuida por unidad de longitud.

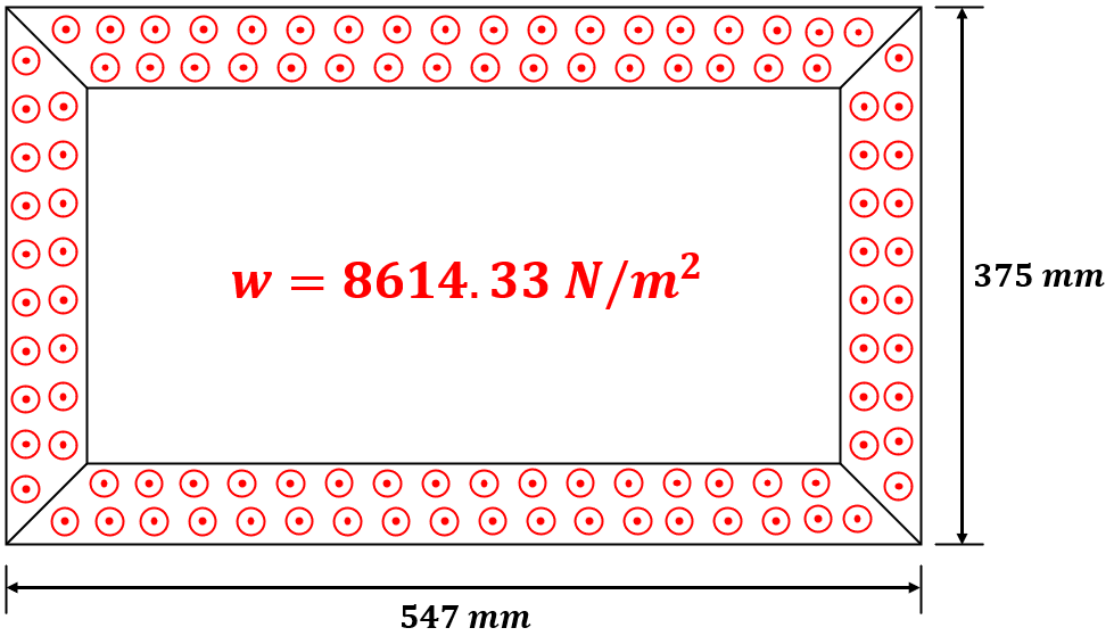



*Figura 37. Carga distribuida sobre la caja eléctrica.*

Para encontrar la carga distribuida por unidad de área se realiza el siguiente cálculo considerando las dimensiones de la figura.

Primero se calcula la superficie sobre la que se distribuye la carga:

$$A = 30\ mm(547\ mm \times 2) + 30\ mm(375\ mm \times 2) = 0.05694 m^2$$

A continuación, considerando la masa de la caja de componentes electrónicos, se calcula la razón del peso distribuido por unidad de área:

$$w = \frac{mg}{A} = \frac{50\ kg\left(9.81 \frac{m}{s^2}\right)}{0.05694 m^2}$$

$$w = 8614.33\ N/m^2$$

Ahora se calcula la fuerza distribuida por unidad de longitud, teniendo en cuenta que el ancho del perfil estructural es de 30 mm.

$$q = w \times a = 8614.33\ N/m^2 \times 30mm$$

$$q = 258.43\ N/m$$

Haciendo uso de este resultado, es posible calcular la fuerza y el esfuerzo por flexión en los segmentos que componen esta parte de la estructura. Para ello se hace uso de la ecuación de momento flector máximo y esfuerzo por flexión:

$$M = \frac{qL^2}{8}$$

$$\sigma = \frac{M}{s}$$

Para el ítem número 1, se realiza el cálculo de la siguiente manera:

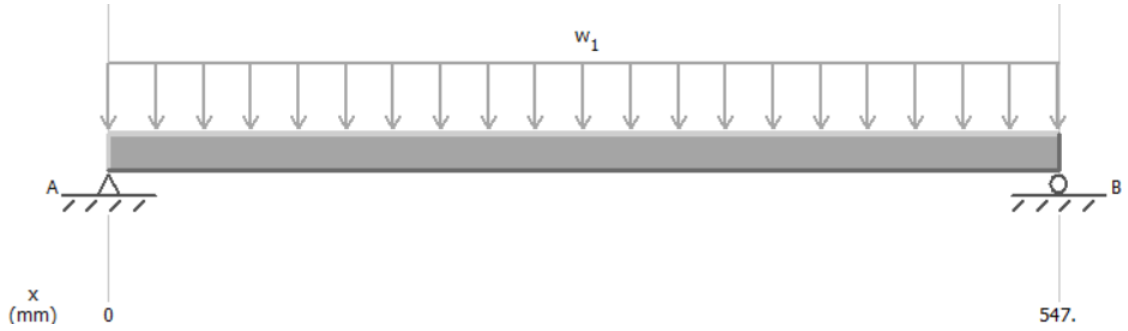



*Figura 38. DCL del ítem número 1.*

$$M = \frac{258.43\frac{N}{m}(547 \times 10^{-3}m)^2}{8} = 9.67\ Nm$$

$$\sigma_{f1} = \frac{9.67\ Nm}{100\ cm^3\left|\frac{1m^3}{100^3 cm^3}\right|} = 7.55\ MPa$$

$$\sigma_1 < \sigma_{adm}$$

En este caso, el esfuerzo por flexión es menor al esfuerzo admisible, por lo tanto, no existe falla en el componente. Adicionalmente, se han dibujado las gráficas de cortante y momento a continuación:

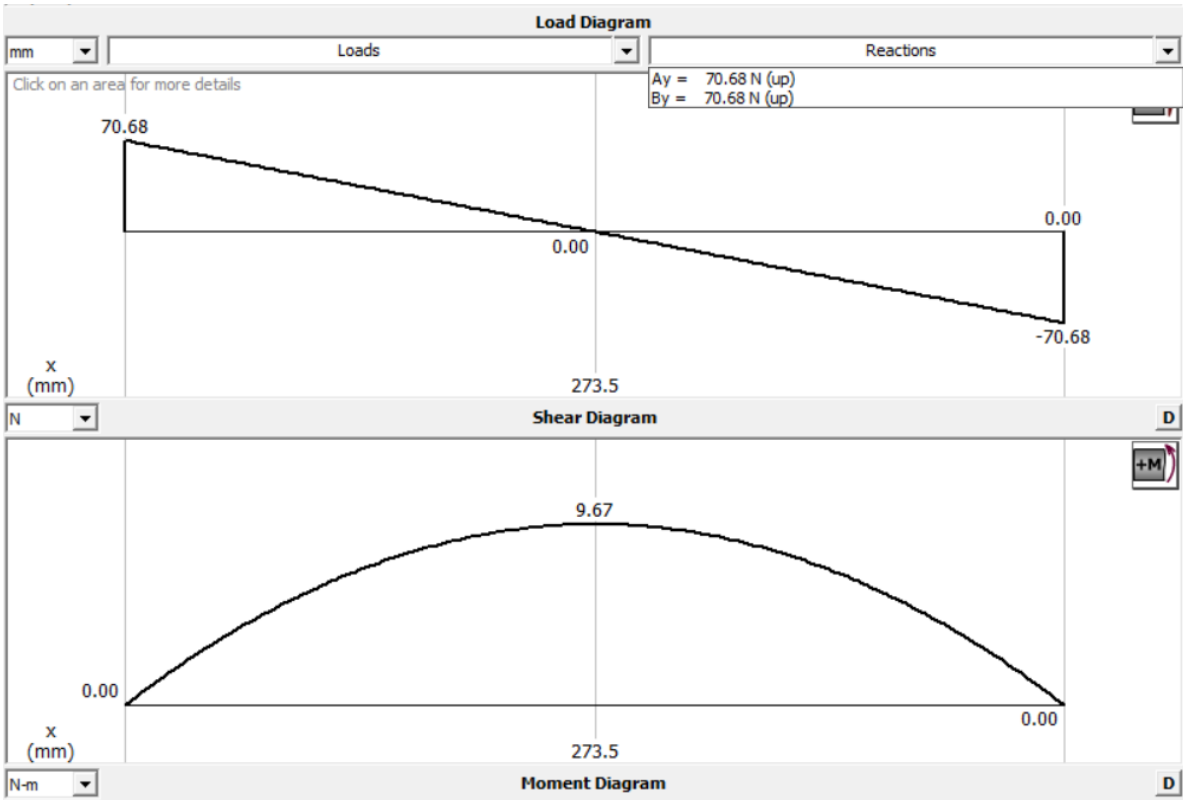



*Figura 39. Diagramas de Cortante y de Momento del ítem número 1.*

Para el ítem número 2, se realiza el cálculo de la siguiente manera:

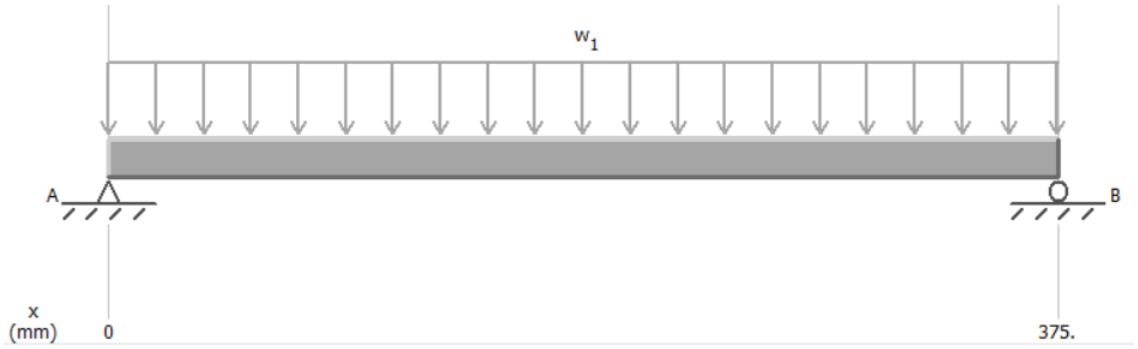



*Figura 40. DCL del ítem número 2.*

$$M = \frac{258.43\,\frac{N}{m}(375 \times 10^{-3} m)^2}{8} = 4.54\ Nm$$

$$\sigma_{f2} = \frac{9.67\ Nm}{100\ cm^3 \left| \frac{1m^3}{100^3 cm^3} \right|} = 7.55\ MPa$$

$$\sigma_{f2} < \sigma_{adm}$$

En este caso, el esfuerzo por flexión es menor al esfuerzo admisible, por lo tanto, tampoco existe falla en el componente. Adicionalmente, se han dibujado las gráficas de cortante y momento a continuación:

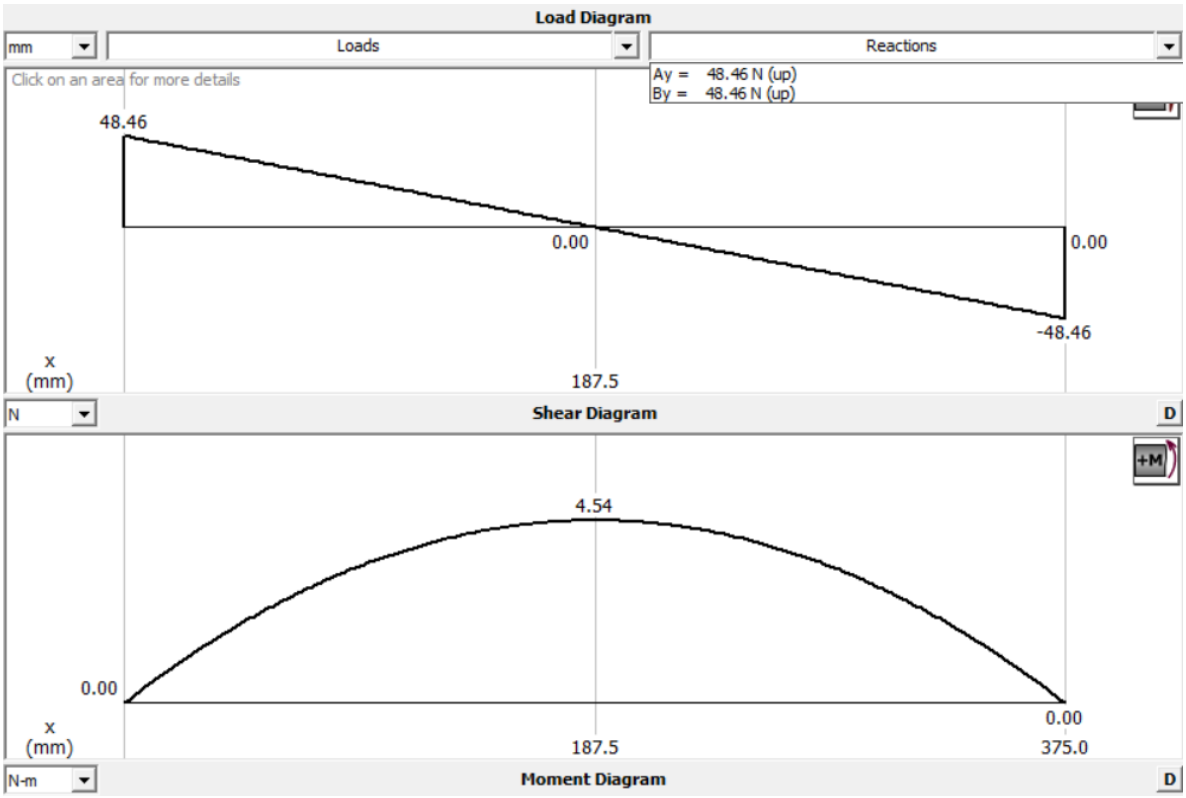



*Figura 41. Diagramas de Cortante y de Momento del ítem número 2.*

- Viga Estructural

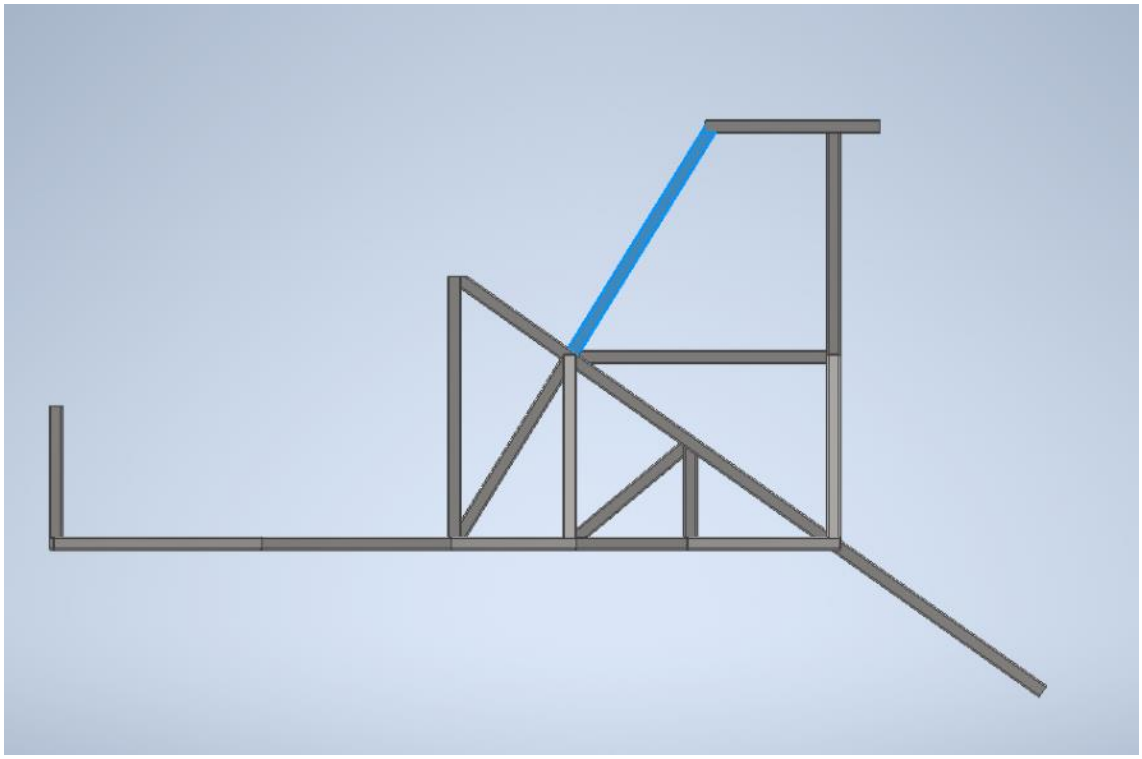


*Figura 42. Viga estructural analizada.*

Para este caso es necesario considerar que la carga correspondiente a la caja de componentes eléctricos (50 kg), así como del soporte que la sostiene. Para ello se considera el valor de la densidad del perfil escogido y se multiplica por la longitud del segmento.

$$m_{carga} = L\rho + 50\ kg$$

$$L = (547\ mm \times 2) + (375\ mm \times 2) = 1.844m$$

$$m_{carga} = 1.844m\ \left(1.09\frac{kg}{m}\right) + 50\ kg$$

$$m_{carga} = 52.01\ kg$$

Esta carga se divide equitativamente entre las cuatro vigas que sostienen el soporte. Por lo tanto, la viga analizada recibe una carga vertical de 13 kg (127.53 N) en uno de sus extremos. Esta viga puede ser representada en horizontal, tal como se muestra a continuación.

*Figura 43. DCL de carga sobre la viga estructural.*

A partir de ello se calcula el valor de la fuerza cortante:

$$V = 13\ kg\ \left(9.81\frac{m}{s^2}\right)\cos 58° = 67.58\ N$$

Usando este resultado, se puede calcular el momento flector máximo de la viga que tiene una longitud de 592 mm.

$$M = VL = 67.58\ N \times 592\ mm$$

$$M = 40\ Nm$$

Este valor se utiliza para calcular el esfuerzo por flexión de la viga:

$$\sigma_f = \frac{M}{s} = \frac{40Nm}{100\ cm^3\left|\frac{1m^3}{100^3 cm^3}\right|}$$

$$\sigma_f = 312.2\ kPa$$

$$\sigma_f < \sigma_{adm}$$

En este caso, el esfuerzo por flexión es menor al esfuerzo admisible, por lo tanto, no existe falla por flexión en el componente.

Ahora se calcula la fuerza axial de la viga, resultado de la componente horizontal de la fuerza:

$$T = 13\ kg\ \left(9.81\frac{m}{s^2}\right)\text{sen}\ 58° = 108.15\ N\ (Compresión)$$

Este valor se utiliza para calcular el esfuerzo axial de la viga, considerando el área transversal del perfil detallado en el catálogo:

$$\sigma_T = \frac{F}{A_t} = \frac{108.15\ N}{1.38\ cm^2 \left|\frac{1m^3}{100^2 cm^3}\right|}$$

$$\sigma_T = 783.70\ kPa\ (compresión)$$

$$\sigma_T < \sigma_{adm}$$

En este caso, el esfuerzo axial es menor al esfuerzo admisible, por lo tanto, no existe falla por compresión en el componente.

- Viga apoyo de banda transportadora

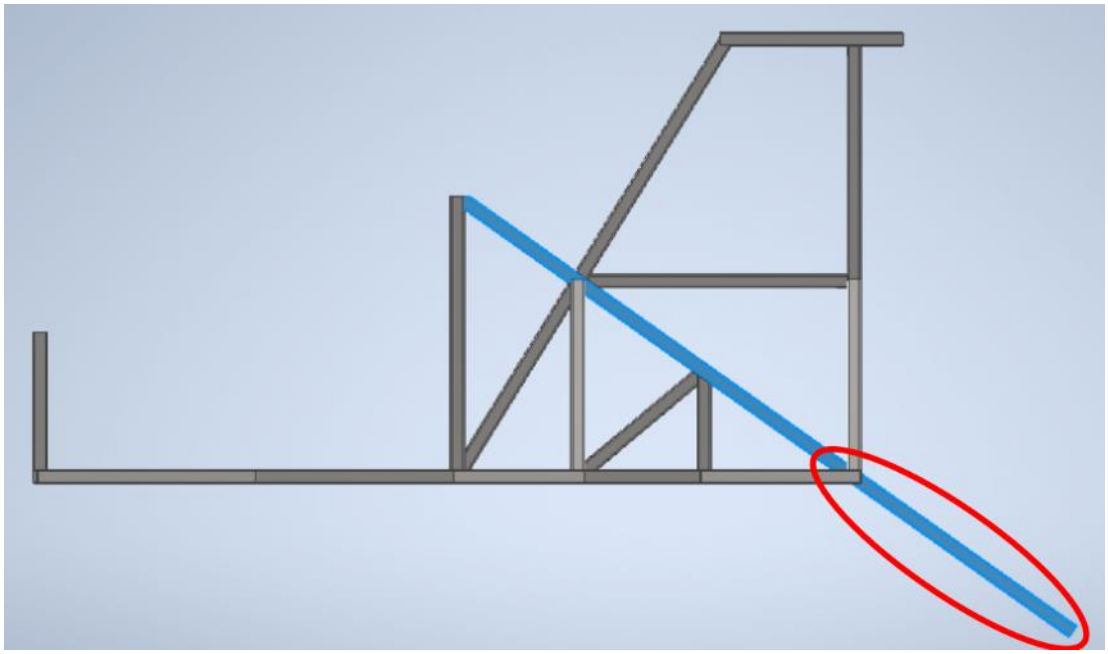


*Figura 44. Viga apoyo de banda transportadora.*

En esta ocasión, es importante mencionar que, se realiza el análisis del segmento de viga señalado en la figura anterior debido a que el resto de las cargas son contrarrestadas por soportes verticales o diagonales con el mismo ángulo de inclinación correspondiente a la fuerza aplicada. El segmento señalado es sometido tanto a flexión como tracción (resultante de la

fuerza aplicada). A continuación, se presenta un diagrama de cuerpo libre que plantea el problema, graficando a la viga analizada en horizontal:

*Figura 45. DCL para viga soporte de banda transportadora.*

Para este análisis es necesario primero determinar la carga correspondiente al sistema de banda transportadora, Q, que será apoyado en la viga. Para ello se han modelado los componentes en Inventor y se ha calculado su masa utilizando este mismo software.

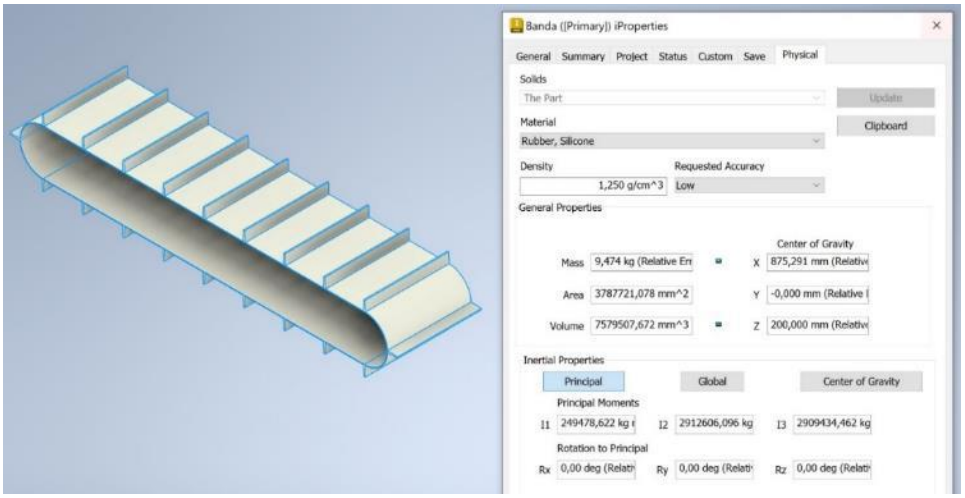



*Figura 46. Propiedades de modelo de banda.*

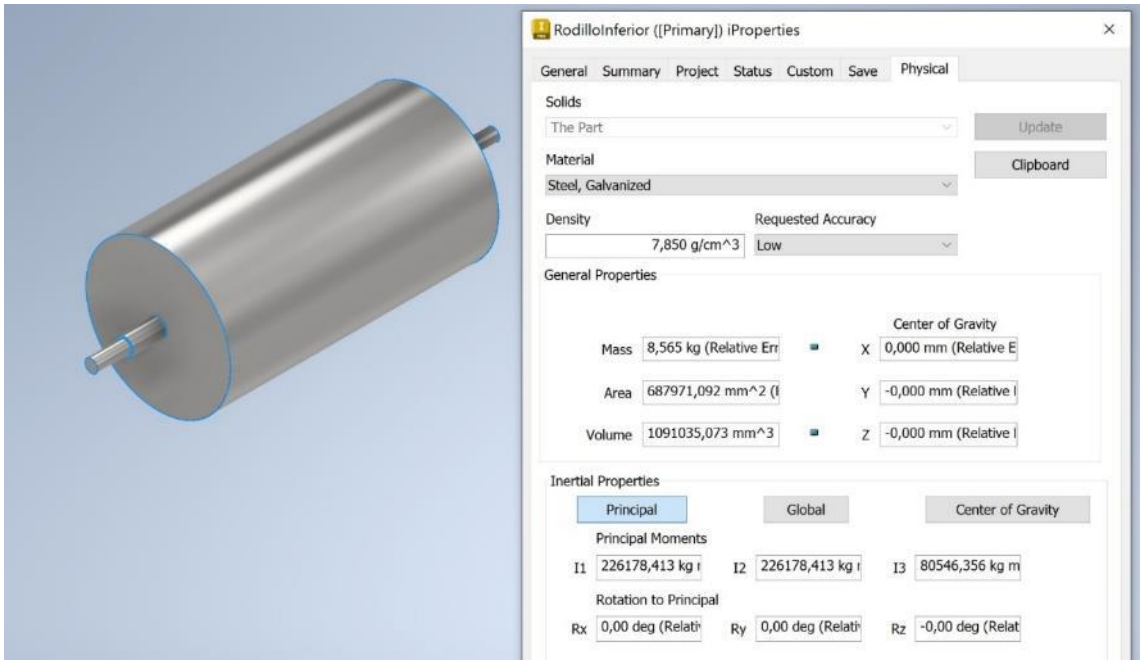



*Figura 47. Propiedades de modelo de Rodillo Inferior.*

Usando estos datos, es posible calcular la carga puntual Q.

$$m_{sistema} = m_{rodillo} + \frac{m_{banda}}{2}$$

$$m_{sistema} = 8.565\ kg + \frac{9.474}{2} = 13.30\ kg$$

$$Q = 13.30\ kg\ \times 9.81\ m/s^2$$

$$Q = 130.473\ N$$

A partir de ello se calcula el valor de la fuerza cortante en la viga:

$V = 130.473\ N \operatorname{sen} 55° = 106.88\ N$

Usando este resultado, se puede calcular el momento flector máximo de la viga de longitud 560 mm.

$$M = VL = 106.88\ N \times 560\ mm$$

$$M = 59.85\ Nm$$

Este valor se utiliza para calcular el esfuerzo por flexión de la viga:

$$\sigma_f = \frac{M}{s} = \frac{59.85\ Nm}{100\ cm^3 \left|\frac{1m^3}{100^3 cm^3}\right|}$$

$$\sigma_f = 433.70\ kPa$$

$$\sigma_f < \sigma_{adm}$$

En este caso, el esfuerzo por flexión es menor al esfuerzo admisible, por lo tanto, no existe falla por flexión en el componente.

Ahora se calcula la fuerza axial de la viga, resultado de la componente horizontal de la fuerza:

$$T = 130.473\ N \cos 58° = 74.84\ N\ (Tracción)$$

Este valor se utiliza para calcular el esfuerzo axial de la viga, considerando el área transversal del perfil detallado en el catálogo:

$$\sigma_T = \frac{F}{A_t} = \frac{74.84\ N}{1.38\ cm^2 \left|\frac{1m^3}{100^2 cm^3}\right|}$$

$$\sigma_T = 542.32\ kPa\ (Tracción)$$

$$\sigma_T < \sigma_{adm}$$

En este caso, el esfuerzo axial es menor al esfuerzo admisible, por lo tanto, no existe falla por compresión en el componente.

- **Flotadores – Fuerza de empuje y fuerza de arrastre**

  ***Cálculo: Forma de los flotadores***

Como se explicó anteriormente, y como se puede visualizar en la figura 47, el dispositivo de recolección consta de una estructura tipo catamarán. La construcción de los flotadores se planteó hacerla en aluminio. Este material es resistente a la corrosión, es liviano, resistente, y cuesta alrededor de seis veces menos que el acero inoxidable. Así mismo, se evitaría el uso de plásticos y su contacto con los cuerpos de agua en los cuales se va a trabajar.

Para diseñar el perfil frontal de los flotadores se partió de las dimensiones de una plancha de aluminio comercial, 1.22 [m] x 2.44 [m], con el objetivo de rolar la plancha y aprovechar todo el material. De esta manera no incrementar el costo del proyecto. En un principio se consideró hacer los flotadores con un perfil redondo; sin embargo, esto ocasionaba ciertos problemas al momento de acoplarlos al dispositivo. Principalmente, requería adicionar una estructura capaz de sujetar firmemente a los flotadores. Por este motivo, se optó por un perfil similar al casco de un barco con las siguientes dimensiones propuestas.

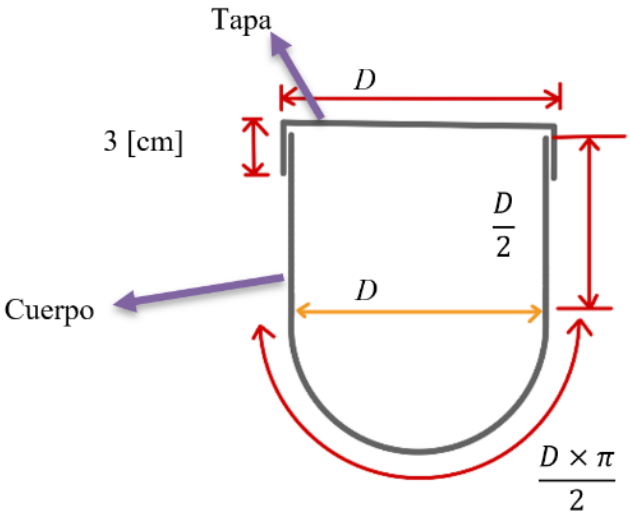



*Figura 48. Diseño de perfil de los flotadores.*

La parte superior plana facilitaría el acople de los flotadores a la estructura de acero, sin necesidad de mayores elementos adicionales. De igual manera, los dobleces en la tapa permitirían remachar y sellar la estructura en varios puntos asegurando su rigidez e impermeabilidad.

Al estar las dimensiones en función del diámetro *D*, se podría igualar el perímetro del perfil a las dimensiones de la plancha para de esta forma obtener *D* y, con ello, las dimensiones generales.

$$\frac{D \times \pi}{2} + 2\left(\frac{D}{2}\right) + D + 2(3\ [\text{cm}]) = 122\ [\text{cm}]$$

$$\frac{D \times \pi}{2} + D + D + 6\ [\text{cm}] = 122\ [\text{cm}]$$

$$\frac{D \times \pi}{2} + 2D = 116\ [\text{cm}]$$

$$3.571D = 116\ [\text{cm}]$$

$$D = 32.49\ [\text{cm}]$$

Con el este valor de *D*, se podrá calcular el área del perfil. En base al principio de Arquímedes se entiende que esta área, junto con la longitud del flotador, determinarán el empuje que generará cada flotador. (White, 2008). Esto debido a que la fuerza de empuje es igual al peso del volumen de líquido desplazado por el objeto.

Es importante mencionar que en el costado del cuerpo de los flotadores se van a realizar otros dobleces de 3 [cm]. Estos dobleces adicionales tienen como objetivo brindar mayor área de contacto entre la tapa y el cuerpo de los flotadores. De esta forma, se pretende aumentar la rigidez de los flotadores y que estos cuenten con mayor resistencia a las cargas aplicadas sobre las tapas/parte superior.

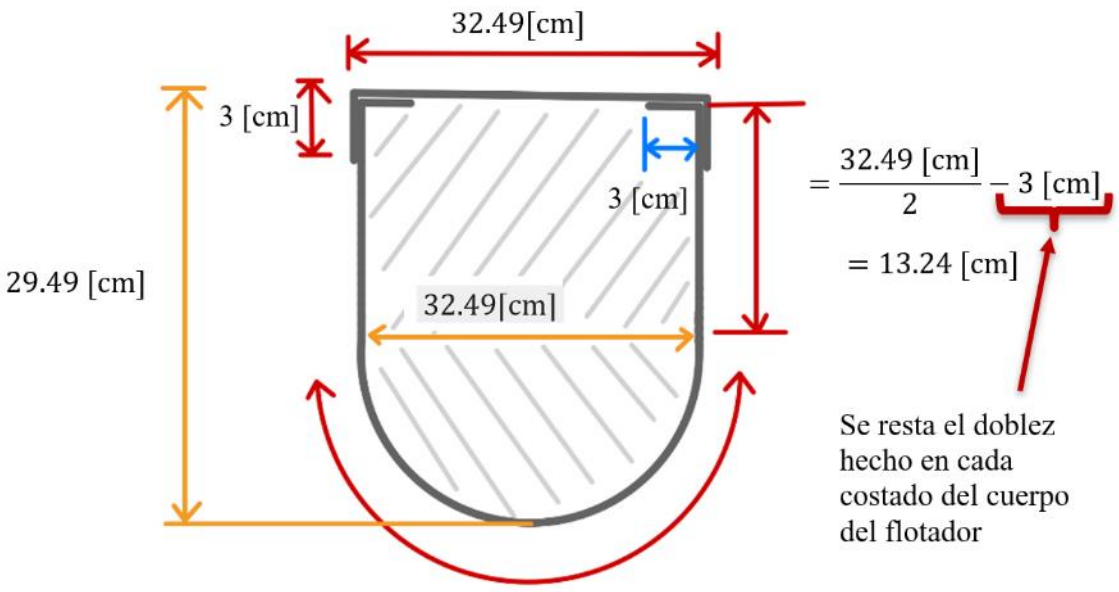



*Figura 49. Cálculo del área del perfil.*

$$Área\ del\ perfil = (32.49\ [\text{cm}] \times 13.24\ [\text{cm}]) + \frac{\left(\pi \times \frac{(32.49\ [\text{cm}])^2}{4}\right)}{2}$$

$$Área\ del\ perfil = 844.7\ [\text{cm}^2]$$

$$Área\ del\ perfil = 0.08447\ [\text{m}^2]$$

- ***Cálculo: Longitud de los flotadores***

Como se mencionó anteriormente la fuerza de empuje que genera cada flotador depende de su volumen; es decir, del área del perfil del flotador y la longitud de este. Para determinar la longitud que deben tener los flotadores, se va a realizar un proceso iterativo. Cómo parámetros se va a tener la suma del peso de la estructura, el peso de los flotadores, el peso de componentes adicionales, y también se va a considerar los 15 [cm] de diseño; esta distancia es la máxima longitud que puede contar tanto la parte no sumergida de los flotadores, como también el sistema de sujeción.

Para acoplar los flotadores a la estructura se planea soldar ángulos de 30 [mm] x 3 [mm] a la estructura principal, y remachar estos mismos ángulos a la parte superior de los flotadores. Juntando estos ángulos de acero a través de pernos, se acoplarían los flotadores al dispositivo. Tomando en cuenta esta conexión, se estarían aprovechando 3 [cm] de los 15 [cm] propuestos. Por lo tanto, no podrían sobresalir más de 12 [cm] de los 29.49 [cm] totales; es decir, el calado, cuánto se debe sumergir, es 17.49 [cm] de la altura del flotador. Para encontrar qué longitud de flotador provee estas características, se va a hacer uso del siguiente esquema y ecuaciones. Estas se basan en el principio de Arquímedes; por lo tanto, se va a igualar la masa del volumen desplazado de agua, que es igual al volumen sumergido del flotador, y la masa total que cada flotador debería soportar.

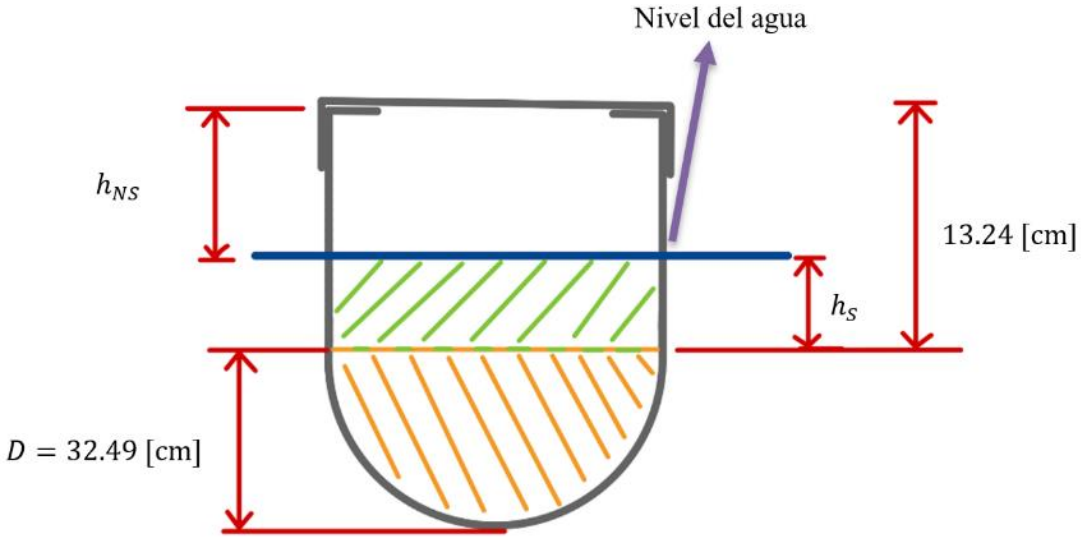



*Figura 50. Cálculo del calado del flotador.*

$$\rho\left[\frac{1}{2}\left(\frac{L \times D^2 \times \pi}{4}\right) + (h_S \times D \times L)\right] = M_{T/F}$$

- $\rho$ = Densidad del agua [kg/m$^3$]
- $L$ = Longitud del flotador [m]
- $D$ = Diámetro característico del perfil del flotador (0.3249 [m])
- $h_S$ = Altura sumergida del flotador [m]
- $M_{T/F}$ = Sumatoria de masas que soporta cada flotador [kg]

Simplificando y despejando *h* se obtiene.

$$\rho\left(\frac{LD^2\pi}{8} + h_S DL\right) = M_{T/F}$$

$$\frac{LD^2\pi}{8} + h_S DL = \frac{M_{T/F}}{\rho}$$

$$h_S DL = \frac{M_{T/F}}{\rho} - \frac{LD^2\pi}{8}$$

$$h_S = \frac{M_{T/F}}{\rho DL} - \frac{D\pi}{8}$$

Para encontrar la altura no sumergida, $h_{NS}$, se podría aplicar la siguiente relación.

$$h_{NS} = 0.1324\ [\text{m}] - h_S$$

En el caso de que esta sea menor a 0.12 [m], se podría considerar que la longitud de los flotadores cumple las características de diseño. Es importante recalcar que el dispositivo va a contar con dos flotadores, por lo tanto, la masa que soporta cada flotador, $M_{T/F}$, es la sumatoria total de masas, $M_T$, dividido para dos. Es decir.

$$M_{T/F} = \frac{M_T}{2}$$

Entre las masas solo el peso de los flotadores varía con el cambio de longitud del flotador: este sería igual al volumen de aluminio utilizado en los flotadores por la densidad de este.

$$M_{Al} = \frac{(V_{Al} \times \rho_{Al})}{1000}$$

- $M_{Al}$ = Peso del aluminio [kg]
- $V_{Al}$ = Volumen del aluminio utilizado en cada flotador [$\text{cm}^3$]
- $\rho_{Al}$ = Densidad del aluminio [$\text{g/cm}^3$] = 2.7 [$\text{g/cm}^3$]. (Shigley, 2017).

Finalmente, para poder realizar las iteraciones es necesario declarar ciertas propiedades del agua. Para esto, se va a referenciar el libro de Mecánica de fluidos de Munson, Young, & Okiishi (2016), asumiendo una temperatura del fluido de 20°C. En el Anexo C es posible ver la tabla en donde se obtuvieron los respectivos valores.

*Tabla 10. Propiedades físicas del agua.*

| Magnitud | Valor |
|---|---|
| Densidad del agua [$\text{kg/m}^3$] | 998,2 |
| Viscosidad cinética del agua [$\text{m}^2/s$] | 1,004E-06 |

A continuación, el proceso iterativo para encontrar la longitud de los flotadores que cumple con las características de diseño establecidas.

*Tabla 11. Proceso iterativo para encontrar la longitud de los flotadores apropiada.*

| Longitud Flotadores, $L$ [m] | Masa Estructura [kg] | Masa Componentes Adicionales [kg] | Masa Flotadores [kg] | Masa Total, $M_T$ [kg] | Masa que soporta cada flotador , $M_{T/F}$ [kg] | Distancia sumergida, $h_S$, por flotador [m] | Distancia no sumergida, $h_{NS}$, por flotador [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,00 | 161,98 | 40,00 | 7,50 | 209,48 | 104,74 | 0,195 | -0,063 |
| 1,05 | 161,98 | 40,00 | 7,83 | 209,81 | 104,91 | 0,180 | -0,048 |
| 1,10 | 161,98 | 40,00 | 8,16 | 210,14 | 105,07 | 0,167 | -0,035 |
| 1,15 | 161,98 | 40,00 | 8,49 | 210,47 | 105,23 | 0,155 | -0,022 |
| 1,20 | 161,98 | 40,00 | 8,82 | 210,80 | 105,40 | 0,143 | -0,011 |
| 1,25 | 161,98 | 40,00 | 9,15 | 211,13 | 105,56 | 0,133 | 0,000 |
| 1,30 | 161,98 | 40,00 | 9,48 | 211,46 | 105,73 | 0,123 | 0,009 |
| 1,35 | 161,98 | 40,00 | 9,81 | 211,79 | 105,89 | 0,114 | 0,018 |
| 1,40 | 161,98 | 40,00 | 10,14 | 212,12 | 106,06 | 0,106 | 0,026 |
| 1,45 | 161,98 | 40,00 | 10,46 | 212,45 | 106,22 | 0,098 | 0,034 |
| 1,50 | 161,98 | 40,00 | 10,79 | 212,78 | 106,39 | 0,091 | 0,041 |
| 1,55 | 161,98 | 40,00 | 11,12 | 213,10 | 106,55 | 0,084 | 0,048 |
| 1,60 | 161,98 | 40,00 | 11,45 | 213,43 | 106,72 | 0,078 | 0,054 |
| 1,65 | 161,98 | 40,00 | 11,78 | 213,76 | 106,88 | 0,072 | 0,060 |
| 1,70 | 161,98 | 40,00 | 12,11 | 214,09 | 107,05 | 0,067 | 0,066 |
| 1,75 | 161,98 | 40,00 | 12,44 | 214,42 | 107,21 | 0,061 | 0,071 |
| 1,80 | 161,98 | 40,00 | 12,77 | 214,75 | 107,38 | 0,056 | 0,076 |
| 1,85 | 161,98 | 40,00 | 13,10 | 215,08 | 107,54 | 0,052 | 0,081 |
| 1,90 | 161,98 | 40,00 | 13,43 | 215,41 | 107,71 | 0,047 | 0,085 |
| 1,95 | 161,98 | 40,00 | 13,76 | 215,74 | 107,87 | 0,043 | 0,089 |
| 2,00 | 161,98 | 40,00 | 14,09 | 216,07 | 108,03 | 0,039 | 0,093 |
| 2,05 | 161,98 | 40,00 | 14,42 | 216,40 | 108,20 | 0,035 | 0,097 |
| 2,10 | 161,98 | 40,00 | 14,75 | 216,73 | 108,36 | 0,032 | 0,101 |

Tanto las masas del dispositivo, componentes adicionales, y flotadores se obtuvieron de los modelos realizados en Autodesk Inventor. En los componentes adicionales solo se consideraron 2 baterías de 12 [V] y la masa aproximada de varios componentes eléctricos. La masa del dispositivo incluye estructura metálica, banda, rodillos, caja de electrónicos, motor DC, poleas, ejes, y canasta de recolección; esta se puede visualizar en el Anexo D.

Es importante mencionar que en las masas se consideran todos los componentes de la estructura, mas no la masa de los desechos recolectados. Esto debido a que se necesita que a banda esté sumergida para la extracción de los desechos desde un inicio. En el caso de que ya se cuente con un peso adicional de los desechos, el calado va a aumentar. No obstante, esto se considera un peso mínimo en comparación a los demás componentes y a la estructura.

Después de realizar el proceso iterativo, se decidió realizar los flotadores con una longitud de 2.05 [m]. Esto debido a que cumple con la altura no sumergida del flotador, es menor a 12 [cm], pero, principalmente, esta longitud permite construir un flotador en su totalidad con una plancha de aluminio. Las planchas comerciales, como ya se mencionó miden 1.22 [m] x 2.44 [m]. Esta plancha no solo acomoda el cuerpo del flotador y la tapa superior, sino también las tapas frontales.

- ***Cálculo: Volumen sumergido de cada flotador sin desechos***

Para calcular el volumen sumergido de cada flotador se utilizará el principio de Arquímedes.

$$V_S = \frac{\left(\frac{M_T}{2}\right)}{\rho}$$

- $V_S$ = Volumen sumergido [$m^3$]
- $M_T$ = Masa total = 216.40 [kg]. Obtenida de la tabla 11.
- $\rho$ = Densidad del agua = 998,2 [$kg/m^3$]. Obtenido de la tabla 10.

$$V_S = \frac{\left(\frac{216.40\ [\text{kg}]}{2}\right)}{998.2\ [\text{kg/m}^3]}$$

$$V_S = 0.108\ [\text{m}^3]$$

Este volumen sumergido, junto con la altura no sumergida ya calculada, servirán para calcular el área en contacto con el agua, y de esta forma, calcular la fuerza de arrastre que ocasiona el agua sobre cada flotador.

- ***Cálculo: Volumen sumergido de cada flotador con desechos / Caso crítico***

El caso más crítico es el caso en el que el dispositivo se encuentre totalmente cargado de desechos contaminantes. En este caso a la masa total, descrita en la tabla 11, habría que sumarle la masa de los desechos. En este trabajo, se propone recolectar un máximo de 20 [kg] de desechos. Por lo tanto, la masa total crítica, $M_{T_C}$, es.

$$M_{T_C} = M_T + 20 \text{ [kg]}$$

$$M_{T_C} = 216.40 \text{ [kg]} + 20 \text{ [kg]}$$

$$M_{T_C} = 236.40 \text{ [kg]}$$

Con este valor de masa, se puede calcular el volumen sumergido en el caso crítico, $V_{S_C}$, con el principio de Arquímedes.

$$V_{S_C} = \frac{\left(\frac{M_{T_C}}{2}\right)}{\rho}$$

- $V_{S_C}$ = Volumen sumergido crítico [$m^3$]
- $M_{T_C}$ = Masa total crítica = 236.40 [kg]
- $\rho$ = Densidad del agua = 998,2 [$kg/m^3$]. Obtenido de la tabla 10.

$$V_{S_C} = \frac{\left(\frac{236.40 \text{ [kg]}}{2}\right)}{998.2 \text{ [kg/m}^3\text{]}}$$

$$V_{S_C} = 0.118 \text{ [m}^3\text{]}$$

Con este volumen, se puede calcular también la altura no sumergida en el caso crítico. Para esto se puede utilizar las siguientes ecuaciones y el esquema que se muestra en la Figura 49.

$$\frac{1}{2}\left(\frac{L \times D^2 \times \pi}{4}\right) + \left(h_{S_C} \times D \times L\right) = V_{S_C}$$

- $L$ = Longitud del flotador [m]
- $D$ = Diámetro característico del perfil del flotador (0.3249 [m])
- $h_{S_C}$ = Altura sumergida crítica del flotador [m]. Esquema referencial en la Figura 49.
- $V_{S_C}$ = Volumen sumergido crítico [$m^3$]

$$\frac{LD^2\pi}{8} + h_{S_C}DL = V_{S_C}$$

$$h_{S_C}DL = V_{S_C} - \frac{LD^2\pi}{8}$$

$$h_{S_C} = \frac{V_{S_C}}{DL} - \frac{D\pi}{8}$$

$$h_{S_C} = \frac{0.118\ [\mathrm{m}^3]}{0.3249\ [\mathrm{m}] \times 2.05\ [\mathrm{m}]} - \frac{0.3249\ [\mathrm{m}] \times \pi}{8}$$

$$h_{S_C} = 0.0495\ [\mathrm{m}]$$

Con este valor, se procede a calcular la altura no sumergida crítica.

$$h_{NS_C} = 0.1324\ [\mathrm{m}] - h_{S_C}$$

$$h_{NS_C} = 0.1324\ [\mathrm{m}] - 0.0495\ [\mathrm{m}]$$

$$h_{NS_C} = 0.083\ [\mathrm{m}]$$

$$h_{NS_C} = 8.3\ [\mathrm{cm}]$$

El volumen sumergido crítico, junto con la altura no sumergida crítica, servirán para calcular el área en contacto con el agua en caso crítico. De esta forma, se podrá calcular la fuerza de arrastre que ocasiona el agua sobre cada flotador, al estar el dispositivo cargado de desechos.

- ***Fuerza de arrastre del dispositivo***

Se consideró que parte fundamental del análisis ingenieril es el cálculo de la fuerza de arrastre. Esta fuerza ejercida sobre el dispositivo es fundamental para dimensionar el sistema de anclaje a través de los cables, pero también es un parámetro útil para saber cómo se va a comportar el sistema en su entorno.

Para facilitar los cálculos, solo se van a considerar las fuerzas de arrastre ejercidas sobre los flotadores, y sobre el cilindro inferior de la banda recolectora. No se va a considerar la geometría de la banda para el cálculo de fuerza de arrastre, debido a que el área de contacto con el fluido es cambiante mediante la banda se mueve. Así mismo, se considera que el área adicional que proporciona la banda es mínima en comparación al área del propio cilindro. Similarmente, se considerará que los componentes como chumaceras, pernos y la porción de la estructura sumergida, generan una resistencia insignificante en comparación con los componentes descritos.

Cabe mencionar que no se calculará la resistencia generada por el aire en el dispositivo, ya que se considera mínima en comparación a la fuerza de arrastre generada por el agua. Además, la dirección del aire y su velocidad es cambiante, y cualquier aproximación de fuerza de arrastre por el viento sería inexacta.

- ***Cálculo: Fuerza de arrastre para un flotador***

A continuación, se muestra el volumen sumergido de un flotador, cuando el dispositivo está descargado.

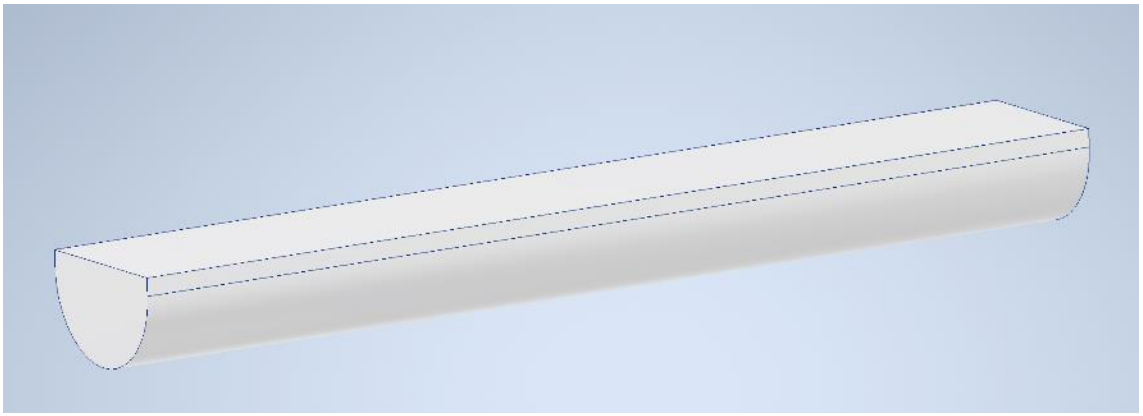


*Figura 51. Volumen sumergido de un flotador con el dispositivo descargado.*

En base a este volumen, se determinó, mediante Inventor, el área sumergida de un flotador en el río. El proceso de obtención de esta área se muestra en el Anexo E.

$$A_{FS} = 1.295 \ [\mathrm{m}^2].$$

Para calcular la fuerza de arrastre que ejerce el agua sobre un flotador va a utilizar la siguiente ecuación.

$$F_{FS} = C_D \times A_{FS} \times \rho \times V^2$$

(White, 2008)

- $F_{FS} =$ Fuerza de arrastre del flotador sumergido descargado [N].
- $C_D$ = Coeficiente de arrastre = 0.94.
- $A_{FS}$ = Área sumergida del flotador con el dispositivo descargado $[\mathrm{m}^2]$.
- $\rho$ = Densidad del agua = 998.2 $[\mathrm{kg/m}^3]$. Visible en la tabla 10.
- $V$ = Velocidad del fluido $[\mathrm{m/s}]$.

El coeficiente de arrastre se determinó en base a valores tabulados en el libro *Fluid Mechanics* escrito por Frank M. White (2008). La obtención de este coeficiente se puede visualizar en el Anexo F.

La velocidad del río se obtendrá mediante una estimación, considerando el mayor caudal de diseño. Como se mencionó en un inicio, el dispositivo se podrá implementar para ríos poco turbulentos, los cuales tienen un caudal máximo de 1 $[\mathrm{m}^3/\mathrm{s}]$. De igual manera, se planteó que el dispositivo se pueda usar en ríos hasta con un ancho de 10 [m]. En base a salidas de campo a dos ríos del el Distrito Metropolitano de Quito, los cuales tienen potencial para probar el prototipo, se determinó una profundidad promedio de 50 [cm]. Este valor referencial se va a tomar para calcular la velocidad del flujo *V*.

$$V = \frac{(1\ [\mathrm{m}^3/\mathrm{s}])}{10\ [\mathrm{m}] \times 0.5[\mathrm{m}]}$$

$$V = 0.2\ [\mathrm{m}/\mathrm{s}]$$

Con esta velocidad, y con los valores ya calculados anteriormente, se puede calcular el coeficiente de arrastre para un flotador cuando el dispositivo está descargado.

$$F_{FS} = C_f \times A_{FS} \times \rho \times V^2$$

$$F_{FS} = 0.94 \times 1.295\ \ [\mathrm{m}^2] \times 998.2\ [\mathrm{kg}/\mathrm{m}^3] \times (0.2\ [\mathrm{m}^3/\mathrm{s}])^2$$

$$F_{FS} = 48.60\ [\mathrm{N}]$$

- ***Cálculo: Fuerza de arrastre caso crítico para un flotador***

A continuación, se muestra el volumen sumergido de un flotador, cuando el dispositivo está completamente cargado de desechos, caso crítico.

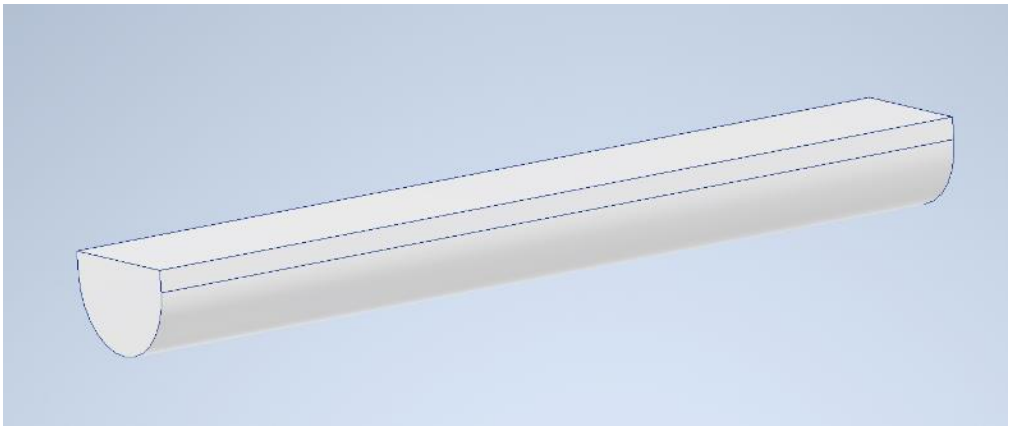


*Figura 52. Volumen sumergido de un flotador en caso crítico.*

En base a este volumen, se determinó, mediante Inventor, el área sumergida de un flotador en estado crítico. El proceso de obtención de esta área se muestra en el Anexo G.

$$A_{FS_C} = 1.364\ [\mathrm{m}^2].$$

Para calcular la fuerza de arrastre que ejerce el agua sobre un flotador en caso crítico se va a utilizar la siguiente ecuación.

$$F_{FS_C} = C_D \times A_{FS_C} \times \rho \times V^2$$

- $F_{FS_C} =$ Fuerza de arrastre del flotador sumergido en caso crítico [N].
- $C_D$ = Coeficiente de arrastre = 0.94.
- $A_{FS_C}$ = Área sumergida del flotador en caso crítico $[\mathrm{m}^2]$.
- $\rho$ = Densidad del agua = 998.2 $[\mathrm{kg/m}^3]$. Visible en la tabla 10.
- $V$ = Velocidad del fluido $= 0.2\ [\mathrm{m/s}]$

El coeficiente de arrastre se determinó en base a valores tabulados en el libro *Fluid Mechanics* escrito por Frank M. White (2008). La obtención de este coeficiente se puede visualizar en el Anexo F.

Con este coeficiente, el área sumergida para el caso crítico, y con la velocidad aproximada ya calculada, se puede calcular la fuerza de arrastre que ejerce el agua sobre un flotador en caso de estar el dispositivo completamente cargado.

$$F_{FS_C} = C_D \times A_{FS_C} \times \rho \times V^2$$

$$F_{FS_C} = 0.94 \times 1.364\ [\mathrm{m}^2] \times 998.2\ [\mathrm{kg/m}^3] \times (0.2\ [\mathrm{m}^3/\mathrm{s}])^2$$

$$F_{FS_C} = 51.19\ [\mathrm{N}]$$

- ***Cálculo: Fuerza de arrastre rodillo de banda transportadora***

  A continuación, una imagen del rodillo inferior que mueve la banda recolectora.

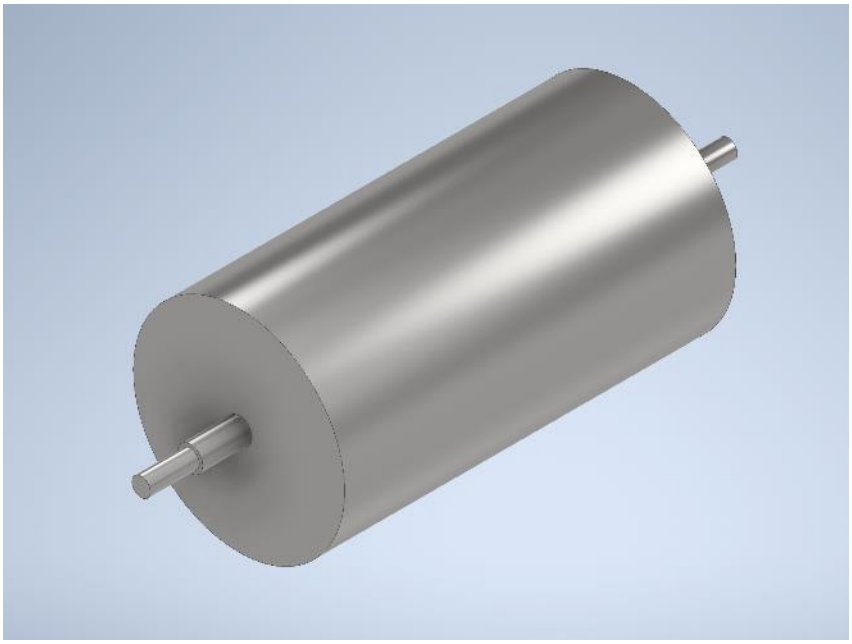


*Figura 53. Rodillo inferior – Banda transportadora.*

Con los flotadores seleccionados, el rodillo inferior de la banda recolectora se encontraría completamente sumergido, tanto en el caso crítico como en el caso en el que esté completamente descargado de desechos. Por lo tanto, toda esta área provocaría una fuerza de arrastre. Para calcular la magnitud de esta fuerza, se va a utilizar la ecuación ya presentada anteriormente.

$$F_{RB} = C_D \times A_{RB} \times \rho \times V^2$$

- $F_{RB}$ = Fuerza de arrastre del rodillo inferior sumergido [N].
- $C_D$ = Coeficiente de arrastre = $0.67$.
- $A_{RB}$ = Área sumergida del rodillo inferior de la banda recolectora $[\mathrm{m}^2]$.
- $\rho$ = Densidad del agua = $998.2\ [\mathrm{kg/m^3}]$. Visible en la tabla 10.
- $V$ = Velocidad del fluido = $0.2\ [\mathrm{m/s}]$. Calculado anteriormente

Al igual que para el caso anterior, el coeficiente de arrastre se determinó en base a valores tabulados en el libro *Fluid Mechanics* escrito por Frank M. White (2008). La obtención de este coeficiente se puede visualizar en el Anexo H.

El área sumergida del rodillo de movimiento de la banda recolectora se determinó mediante inventor. Esto se muestra en el Anexo I.

$A_{RB} = 0.359\ [\mathrm{m}^2]$

Con este coeficiente, y los demás valores calculados, se obtiene la siguiente fuerza de arrastre.

$$F_{RB} = C_D \times A_{RB} \times \rho \times V^2$$

$$F_{RB} = 0.67 \times 0.359\ [\mathrm{m}^2] \times 998.2\ [\mathrm{kg/m^3}] \times (0.2\ [\mathrm{m^3/s}])^2$$

$$F_{RB} = 9.60\ [\mathrm{N}]$$

- ***Cálculo: Fuerza de arrastre total***

La fuerza de arrastre total es la suma de las fuerzas de arrastre de los componentes individuales. En este caso, se debe tomar en cuenta la fuerza de arrastre que genera cada flotador, son dos, y la fuerza de arrastre que genera el rodillo inferior que mueve la banda.

De esta forma, la fuerza de arrastre cuando el dispositivo no se encuentra cargado con desechos es:

$$F_{NC} = 2F_{FS} + F_{RB}$$

$$F_{NC} = 2(48.60\ [\mathrm{N}]) + 9.60\ [\mathrm{N}]$$

$$F_{NC} = 106.8\ [\mathrm{N}]$$

Por otro lado, en el caso crítico la fuerza de arrastre sería.

$$F_C = 2F_{FS_C} + F_{RB}$$

$$F_C = 2(51.19\ [\mathrm{N}]) + 9.60\ [\mathrm{N}]$$

$$F_C = 111.98\ [\mathrm{N}]$$

Es importante mencionar que, para el cálculo del sistema de anclaje, se tiene que dimensionar el sistema para el caso más crítico; es decir, cuando está completamente cargado de desechos.

- **Sistema de extracción de desechos y anclaje del dispositivo – Cables**

  ***Sistema de extracción de desechos***

El sistema de extracción de desechos consiste en un sistema de un solo cable sujetado por dos poleas a los extremos del río. A continuación, un esquema referencial de este sistema.

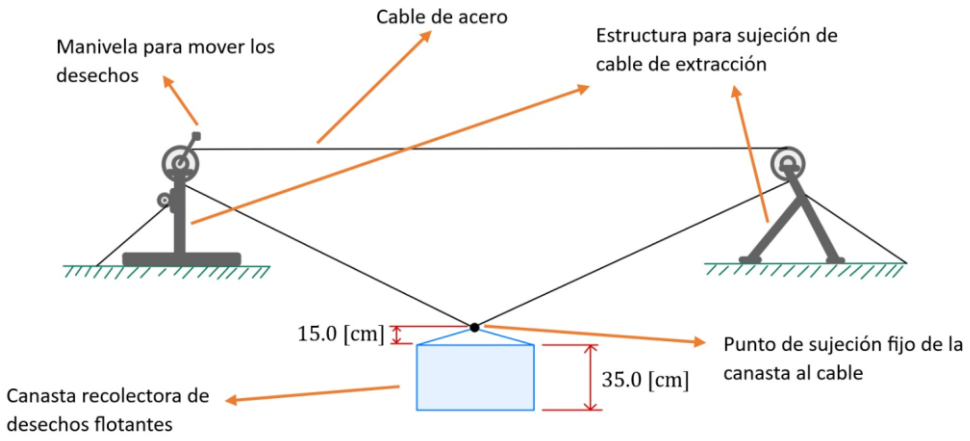



*Figura 54. Esquema referencial del sistema de extracción.*

Este sistema de extracción le permite al operador recuperar la canasta una vez se encuentre llena de desechos, sin necesidad de mover el dispositivo o ingresar al río. Así mismo, es un sistema simple, fiable y sencillo de instalar. La idea es que la canasta esté sujeta de manera firme al cable de acero, mediante 4 puntos de anclaje. Al estar sujeta de manera firme, si el cable se mueve, la canasta también se va a mover. Por lo tanto, mediante el movimiento de la manivela, se mueve la polea al costado del río, lo que a su vez mueve el cable; este movimiento permite desplazar la canasta desde el centro del río hacia un costado. El principio es el mismo que un teleférico. El dispositivo recolector se mantendría en una posición fija en el río, y la canasta tendría la posibilidad de salir mediante este sistema; una vez se hayan extraído los desechos de la cesta se regresaría la misma mediante el cable hasta

que “aterrice” sobre la plataforma del dispositivo recolector. A continuación, se muestra el movimiento de la canasta con el dispositivo extractor de desechos.

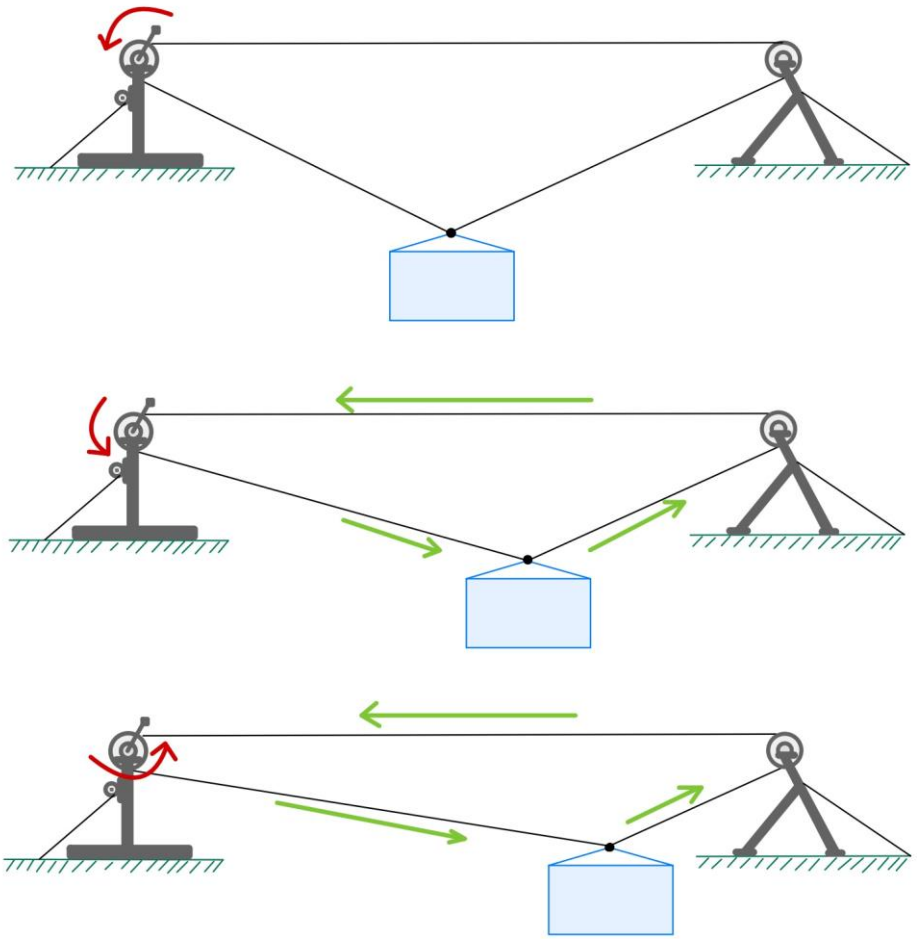


*Figura 55. Esquema del movimiento de la canasta en el sistema de extracción.*

Para asegurar el óptimo funcionamiento del sistema, es necesario conocer cuánto va a bajar la cesta. De esta forma, se puede montar la estructura de forma que la canasta llegue de manera precisa al dispositivo recolector.

Por lo general, al trabajar con cables se tiene que considerar la *catenaria*. La catenaria es la curva que adopta un cable de densidad uniforme, sujeto en sus dos extremos, el cual está

sometido únicamente a la fuerza de gravedad. (Ivorra, C., 2024). Esta forma se asemeja mucho a una parábola. Que tan curva es la catenaria de un cable depende, entre otras cosas, de la longitud del cable y la distancia entre los extremos sujetos.

En el caso del sistema de extracción, el cable ya no estaría solo sujeto a la gravedad, sino, a este se añadiría el peso de la canasta y los desechos. Al añadir esta fuerza externa, y al ser el mismo cable, se genera una misma tensión en todo el cable. Esta tensión, al ser suficientemente alta, provocaría que la curvatura generada por el propio peso del cable sea mínima y se asemeje a una recta. Para realizar los cálculos en este proyecto, se va a asumir que en el sistema de extracción los cables son rectos; es decir, no se genera ninguna curvatura.

A continuación, se muestra un esquema con el sistema de extracción sin la canasta, y otro esquema con la canasta y la suposición explicada anteriormente.

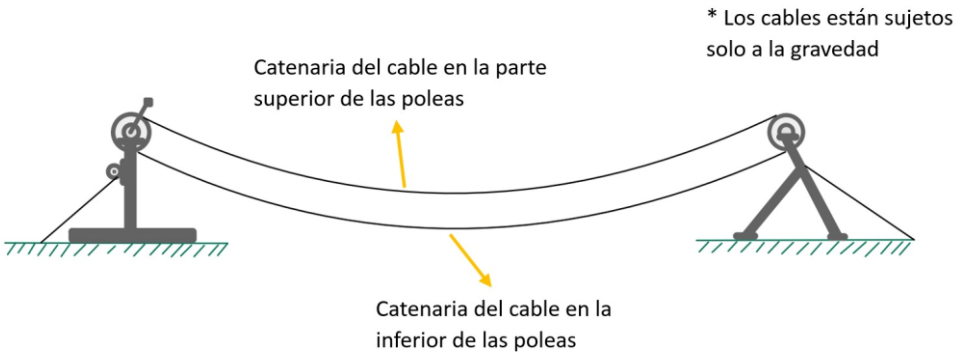



*Figura 56. Sistema de extracción sin canasta de desechos – sin adición de pesos.*

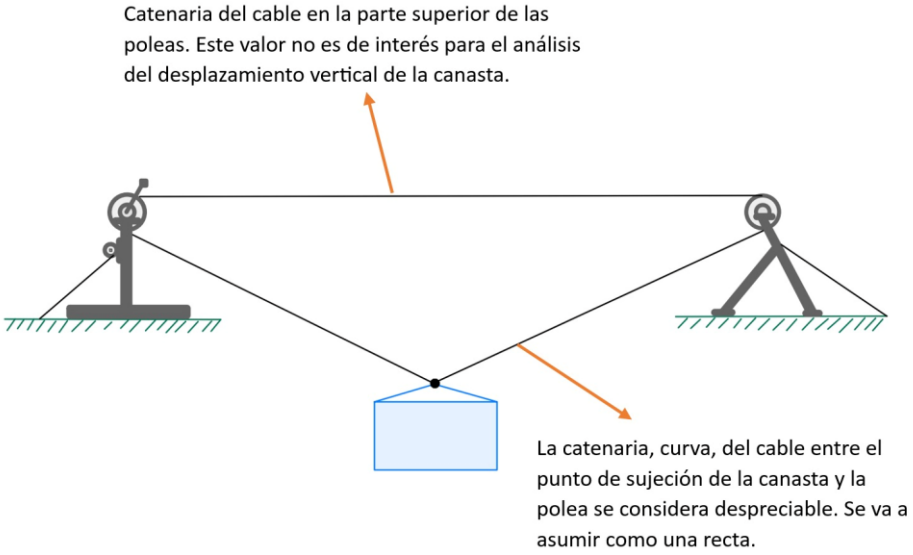



*Figura 57. Sistema de extracción con canasta de desechos y suposiciones a considerar.*

***Cálculo: Altura de la canasta***

Con las suposiciones planteadas, se puede realizar el siguiente esquema para conocer el desplazamiento vertical de la canasta en el sistema de sujeción.

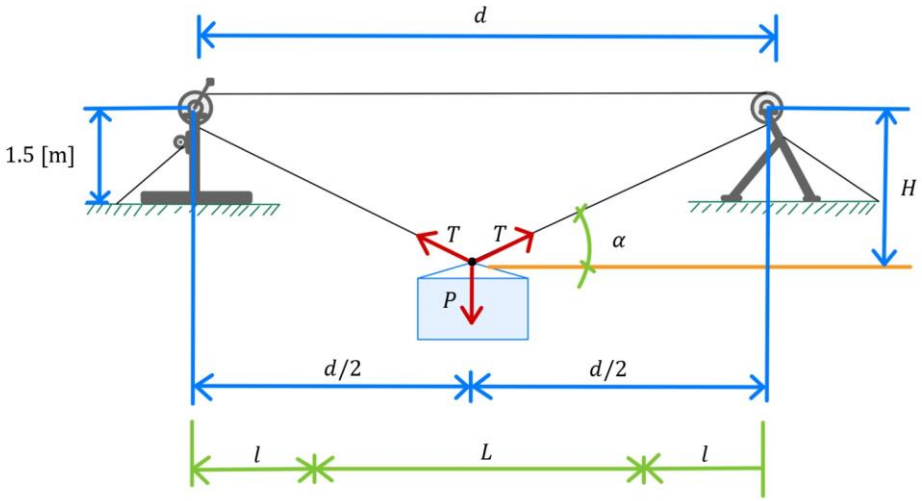



*Figura 58. Altura de la canasta - Sistema de extracción - Casos generales.*

En donde:

- $d$ = Distancia entre los centros de las poleas del sistema de extracción [m]
- $H$ = Altura que desciende la canasta, medido desde el centro de la polea [m]
- $T$ = Tensión en el cable [N]. Al ser el mismo cable, la tensión es la misma para todo el cable.
- $P$ = Carga de la canasta y los desechos contaminantes [N].
- $\alpha$ = Ángulo que se forma entre el cable y la horizontal.
- $L$ = Ancho del río [m]
- $l$ = Distancia entre orilla del río y posición de estructura de extracción [m]

Partiendo del esquema de la Figura 57, se puede deducir que $H$ es igual a:

$$\tan\alpha = \frac{H}{\left(\frac{d}{2}\right)}$$

$$H = \left(\frac{d}{2}\right) \times \tan\alpha$$

En base a esta ecuación se puede observar que la altura de la canasta, $H$, depende de la mitad de la distancia entre el centro de las poleas, y del ángulo $\alpha$. Debido a que la estructura se mantiene fija, la altura $H$ depende únicamente de $\alpha$. Mientras mayor el ángulo, mayor va a hacer $H$, y viceversa.

- ***Cálculo: Tensión en el cable del sistema de extracción***

El ángulo $\alpha$ no solamente determina el desplazamiento vertical de la canasta, sino, también, la tensión que existe en el cable. Partiendo del esquema en la Figura 57, se puede realizar un diagrama de cuerpo libre en el punto de sujeción de la canasta al cable.

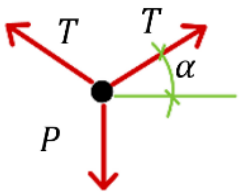



*Figura 59. Diagrama de cuerpo libre – Punto de sujeción entre canasta de recolección y cable.*

En base a este DCL, se puede escribir la siguiente relación.

$2(T \times \sin \alpha) = P$

- $T$ = Tensión en el cable [N]. Al ser el mismo cable, la tensión es la misma para todo el cable.
- $P$ = Carga de la canasta y los desechos contaminantes [N].
- $\alpha$ = Ángulo que se forma entre el cable y la horizontal.

Como se puede observar, para conservar la igualdad, al momento que aumenta la tensión, $T$, disminuye $\alpha$. De igual manera, mientras aumenta el ángulo $\alpha$, la tensión debe disminuir. Esto porque la carga $P$ se mantiene constante. Despejando para $T$ se obtiene.

$$T \times \sin \alpha = \frac{P}{2}$$

$$T = \frac{P}{2 \times \sin \alpha}$$

- ***Cálculo: Largo del cable de acero necesario***

Finalmente, el ángulo $\alpha$ además de determinar el desplazamiento vertical de la canasta y la tensión en el cable, determina la longitud del mismo. Haciendo referencia a la figura 59, se puede observar que el cable se compone por la parte que se encuentra encima de las poleas,

la sección de cable que se encuentra en contacto con las poleas, y los dos tramos que sujetan la canasta. Es decir.

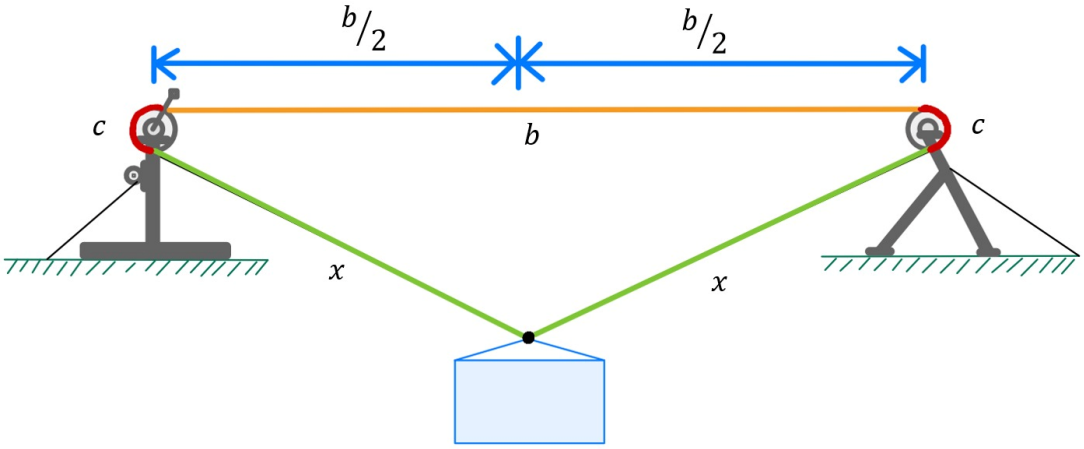



*Figura 60. Longitud del cable.*

- $x$ = Tramo del cable que conecta la canasta con la polea [m]
- $b$ = Tramo del cable en la parte superior de las poleas [m]. Este tramo tiene el mismo valor que $d$, distancia entre los centros de las poleas del sistema de extracción.
- $c$ =Porción del cable en contacto con la polea [m].

De esta forma, las secciones que sujetan la canasta tendrían la siguiente relación.

$$\cos\alpha = \frac{\left(\frac{b}{2}\right)}{x}$$

$$\cos\alpha = \frac{\left(\frac{d}{2}\right)}{x}$$

$$x = \frac{\left(\frac{d}{2}\right)}{\cos\alpha}$$

En base a estas ecuaciones se entiende que mediante aumenta el ángulo $\alpha$, *x* se vuelve más grande. De igual manera, mientras $\alpha$ disminuye, también la longitud *x*. Esto porque la distancia entre centros de poleas se mantiene constante.

Para conocer que longitud de cable se utiliza se puede utilizar la siguiente ecuación.

$Longitud = b + 2c + 2x$

$$Longitud = d + 2c + 2\left(\frac{\left(\frac{d}{2}\right)}{\cos\alpha}\right)$$

$$Longitud = d + 2c + 2\left(\frac{d}{2 \times \cos\alpha}\right)$$

$$Longitud = d + 2c + \frac{d}{\cos\alpha}$$

Siendo conservadores, se va a asumir que el cable hace contacto con la mitad de la polea. Si la polea tiene un diámetro $d_p$, se puede simplificar la ecuación anterior como.

$$Longitud = d + 2\left(\frac{\pi \times d_p}{2}\right) + \frac{d}{\cos\alpha}$$

$$Longitud = d + (\pi \times d_p) + \frac{d}{\cos\alpha}$$

Es interesante observar en base a las deducciones anteriores que mientras mayor tensión en el cable, menor distancia del cable se va a necesitar.

- ***Cálculo: Fuerza de reacción sobre la estructura de extracción***

El sistema de extracción cuenta con dos estructuras apoyadas a los costados del río, los cuales sujetan a las poleas donde se apoya el cable de acero. Estas estructuras al interactuar con el cable de acero están sometidos a las tensiones del cable. La reacción que se genera en la estructura debido a estas se puede determinar en base al siguiente DCL.

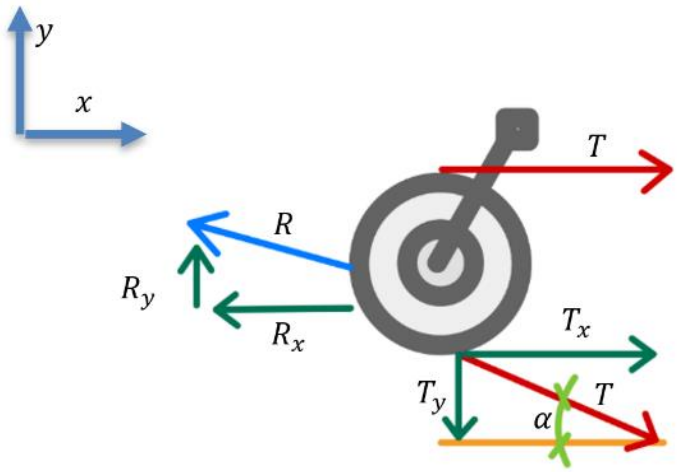



*Figura 61. DCL de la polea en la estructura del sistema de extracción.*

Siendo un sistema estático, mediante una sumatoria de fuerzas en *x* y en *y* se puede determinar la magnitud de la reacción.

* Sumatoria de fuerzas en *x*:

$$\sum F_x = 0 = T + T_x - R_x$$
$$R_x = T + T_x$$

$$R_x = T + T\cos\alpha$$

* Sumatoria de fuerzas en *y*:

$$\sum F_y = 0 = -T_y + R_y$$
$$R_y = T_y$$

$$R_y = T\sin\alpha$$

Con las componentes de la reacción calculadas, se determina que la fuerza resultante en la estructura, debido a las tensiones en el cable, tiene una magnitud de.

$$R = \sqrt{(R_y)^2 + (R_x)^2}$$

$$R = \sqrt{(T\sin\alpha)^2 + (T + T\cos\alpha)^2}$$

- ***Tensión, fuerza resultante y longitud del cable para varias alturas de la canasta – Caso crítico***

Suponiendo el caso más crítico, el río tendría un ancho de 10 [m]. Por seguridad, la estructura de extracción se debería colocar al menos a 2 [m] de la orilla del río. Así mismo, se debería extraer los 20 [kg] de desechos. De esta forma se tendría la siguiente situación.

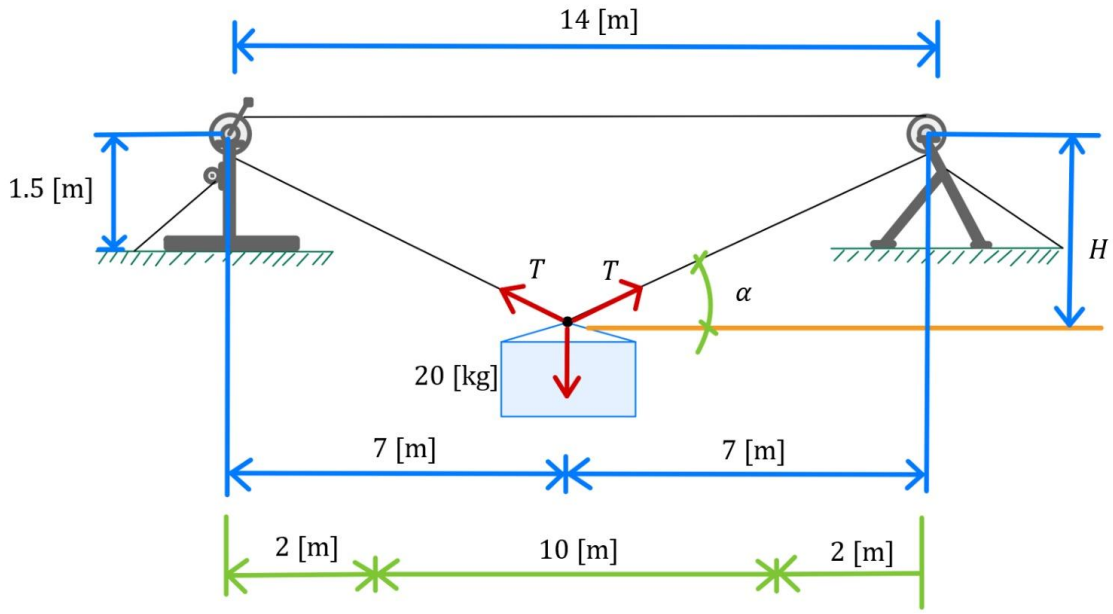



*Figura 62. Altura de la canasta - Sistema de extracción - Caso crítico.*

Asumiendo además poleas con un diámetro, $d_p$, de 0.2 [m] en el sistema de extracción, se podría calcular la tensión en el cable, la fuerza resultante y la longitud de cable necesaria, para diferentes alturas de la canasta $H$.

*Tabla 12. Cálculo de tensión, fuerza resultante y longitud del cable para varias alturas de la canasta.*

| Altura de la canasta, *H* [m] | Distancia hasta la base de la canasta [m] | *d* [m] | Carga *P* | | Ángulo α [°] | Diámetro de polea, [m] | Tensión [N] | Fuerza de reacción, R [N] | Longitud del cable necesaria [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | [kg] | [N] | | | | | |
| 1,50 | 2,00 | 25,0 | 20,0 | 196,2 | 0,12 | 0,2 | 823,36 | 1643,79 | 50,95 |
| 2,00 | 2,50 | 25,0 | 20,0 | 196,2 | 0,16 | 0,2 | 620,92 | 1237,94 | 51,12 |
| 2,50 | 3,00 | 25,0 | 20,0 | 196,2 | 0,20 | 0,2 | 500,21 | 995,56 | 51,34 |
| 3,00 | 3,50 | 25,0 | 20,0 | 196,2 | 0,24 | 0,2 | 420,36 | 834,89 | 51,59 |
| 3,50 | 4,00 | 25,0 | 20,0 | 196,2 | 0,27 | 0,2 | 363,83 | 720,90 | 51,88 |
| 4,00 | 4,50 | 25,0 | 20,0 | 196,2 | 0,31 | 0,2 | 321,88 | 636,05 | 52,20 |
| 4,50 | 5,00 | 25,0 | 20,0 | 196,2 | 0,35 | 0,2 | 289,62 | 570,62 | 52,55 |
| 5,00 | 5,50 | 25,0 | 20,0 | 196,2 | 0,38 | 0,2 | 264,14 | 518,75 | 52,94 |
| 5,50 | 6,00 | 25,0 | 20,0 | 196,2 | 0,41 | 0,2 | 243,58 | 476,74 | 53,36 |
| 6,00 | 6,50 | 25,0 | 20,0 | 196,2 | 0,45 | 0,2 | 226,70 | 442,10 | 50,63 |

Para determinar el desplazamiento vertical hasta la base de la canasta, desde el centro de la polea del sistema de extracción, se tiene que sumar un valor de 0.5 [m] a la altura *H*. Este valor se puede observar en la Figura 61.

Para realizar la tabla 12, se utilizaron los valores establecidos en la Figura 61 y las siguientes ecuaciones ya determinadas.

- Para determinar el ángulo $\alpha$:

$$\tan\alpha = \frac{H}{\left(\frac{d}{2}\right)}$$

- Para determinar la tensión en el cable, *T*:

$$T = \frac{P}{2 \times \sin\alpha}$$

- Para determinar la fuerza de reacción *R*:

$$R = \sqrt{(T\sin\alpha)^2 + (T + T\cos\alpha)^2}$$

- Para determinar la longitud del cable:

$$Longitud = d + \left(\pi \times d_p\right) + \frac{d}{\cos\alpha}$$

A través de esta situación hipotética se demuestra que se puede calcular todos los parámetros necesarios para instalar y operar el dispositivo de extracción en cualquier escenario y dimensiones de río. Esto se debe al análisis con variables realizados a lo largo de esta sección del trabajo.

- ***Cálculo: Tensión en los cables de anclaje***

A continuación, se muestra un esquema de la vista superior del sistema de anclaje que se va a usar para asegurar el dispositivo recolector en el río, y sus componentes.

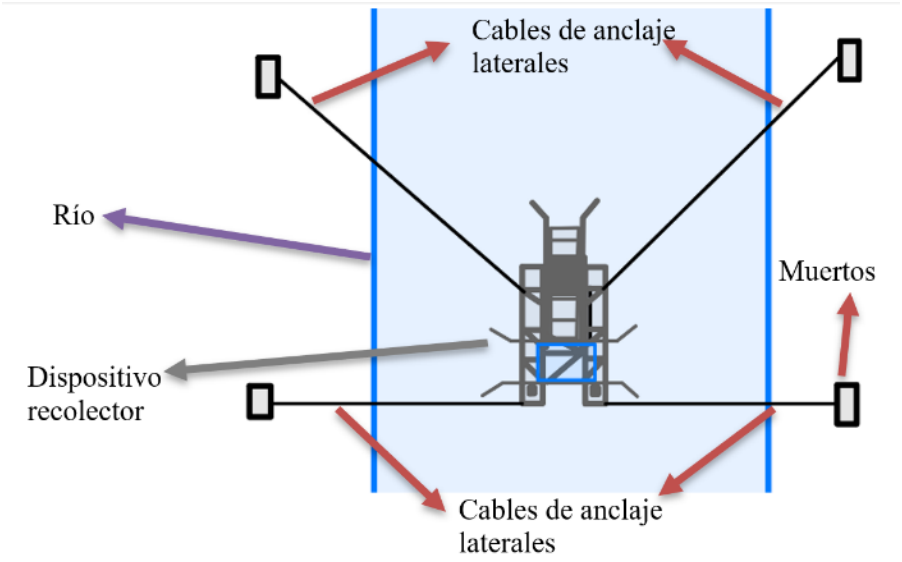



*Figura 63. Esquema de la vista superior del sistema de anclaje.*

Como se puede observar, el sistema de anclaje consta de 4 cables de acero, sujetos a cuatro puntos del dispositivo. Se tiene pensado lanzar dos cables hacia adelante, y dos cables directamente al costado. Con estos 4 puntos, el dispositivo se mantendrá fijamente en el río. Estos cables solamente van a estar bajo la tensión ejercida por la fuerza de arrastre hidrodinámica sobre el dispositivo. La fuerza de arrastre hidrodinámica máxima, caso crítico, se calculó anteriormente y tiene un valor de.

$$F_C = 111.98 \text{ [N]}$$

Para seguridad del dispositivo, se va a dimensionar los cables para que cada uno soporte la fuerza de arrastre máxima. Por lo tanto, la tensión que va a soportar cada cable del sistema de anclaje es.

$$T_{SA} = 111.98 \text{ [N]}$$

- **Cálculos energéticos:**

En este apartado se realizarán los cálculos necesarios para poder conocer la potencia necesaria que se necesita suministrar al dispositivo para que este opere adecuadamente. En primer lugar, se profundizará en la capacidad de carga, dado que el sistema debe de recoger desechos flotantes de un río, es necesario hallar la potencia, el torque, la corriente y la energía que se requiere para cumplir con este proceso.

- ***Cálculo capacidad de carga:***

Se iniciará con el cálculo de la potencia, para esto el primer paso es realizar un diagrama de fuerzas y encontrar la fuerza necesaria para subir 20 [kg] por la banda. Un parámetro de diseño es que la banda transportadora se encuentra inclinada a 35º. Además, también se conoce la distancia inclinada que posee la banda transportadora que es de 1460 [mm].

$$\sum F_x = 0$$

$$F - mg \sin 35° = 0$$

$$F = mg \sin 35°$$

$$F = 20kg \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot \sin 35°$$

$$F = 112.54 \, [N]$$

Se ha encontrado que la fuerza necesaria para subir una carga de 20 por la banda inclinada es de 112.54 [N].

- ***Cálculo reducción de velocidad:***

Ahora bien, continuando con el procedimiento, se sabe que el motor opera a 24V, y que su velocidad nominal es de 235 [rpm]. Esta velocidad es muy alta para el funcionamiento de la banda, reduciendo la eficiencia de recolección del dispositivo y de hecho puede causar que no se recoja ningún desecho flotante. Es por este motivo que se busca reducir mecánicamente la velocidad de este a través de poleas. Como se muestra en la figura a continuación:

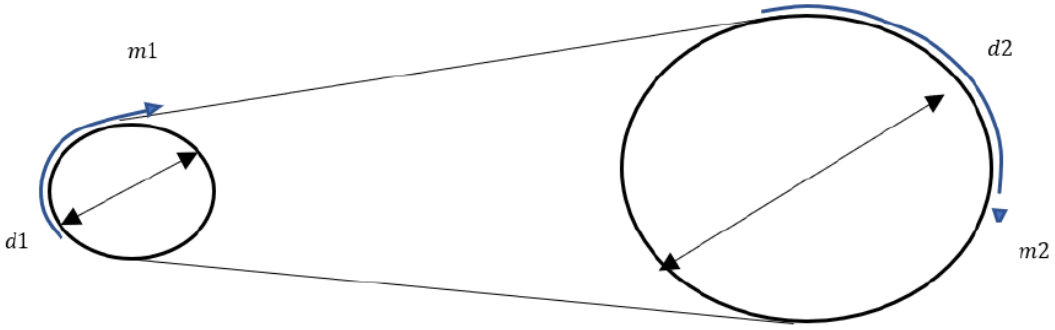



*Figura 64. Esquema del sistema mecánico de reducción de velocidad.*

En donde se sabe que d1<d2 pero que m1>m2.

Se han tomado las medidas de las poleas utilizadas previamente, obteniendo los siguientes valores:

$$d1 = 7.62\ [cm]$$

$$d2 = 45.72\ [cm]$$

Con estos valores es posible establecer una relación de transmisión de la siguiente manera:

$$i = \frac{m1}{m2} = \frac{d2}{d1}$$

$$i = \frac{d2}{d1} = \frac{45.72}{7.62}$$

$$i = 6$$

Y para encontrar la velocidad a la que se ha logrado disminuir a través de este sistema, se encuentra que:

$$i = \frac{m1}{m2} = \frac{d2}{d1}$$

$$6 = \frac{235\ [rpm]}{m2}$$

$$m2 = \frac{235\ [rpm]}{6}$$

$$m2 = 39.16\ [rpm]$$

Este valor indica que el rodillo de la banda recolectora completará un poco más de 39 giros cada 60 segundos.

Con esta información, ahora se tiene la capacidad de encontrar cuántas vueltas completará la banda recolectora en 60 segundos. Para esto se debe comenzar calculando el perímetro de los rodillos, sabiendo que el radio de estos es de 10.8 [cm].

$$L = 2 \cdot \pi \cdot r$$

$$L = 2 \cdot \pi \cdot 10.8\ [cm]$$

$$L = 67.8\ [cm]$$

Después de conocer el perímetro de los rodillos, se procede a encontrar cuántas veces el rodillo de perímetro 67.8 [cm] recorre la longitud total de la banda de $L_b$=354 [cm]. Lo primero que se debe hacer es multiplicar el perímetro del rodillo por la velocidad de este, para encontrar la velocidad de avance del rodillo:

$$v = L \cdot m2$$

$$v = 67.8\ [cm] \cdot 39.16\ [rpm]$$

$$v = 2655\ \left[\frac{cm}{min}\right]$$

Con este dato se encuentra el número de vueltas que da la banda por minuto, de la siguiente manera:

$$\#vueltas = \frac{v}{L_b}$$

$$\#vueltas = \frac{2655\ \left[\frac{cm}{min}\right]}{354\ [cm]}$$

$$\#vueltas = 7.5\left[\frac{vueltas}{min}\right]$$

Además de esto también es necesario calcular la velocidad de la banda, para ello se realiza el siguiente procedimiento:

$$v_b = \frac{espacio}{tiempo}$$

$$v_b = \frac{2655\ [cm]}{60\ [s]}$$

$$v_b = 44.25\ \left[\frac{cm}{s}\right]$$

$$v_b = 0.44\ \left[\frac{m}{s}\right]$$

- ***Cálculo de trabajo y potencia:***

Como se mencionó previamente, la distancia inclinada de subida de la banda recolectora es de 1.46 [m]. Por ende, para encontrar el trabajo necesario para subir los desechos se emplea la siguiente ecuación:

$$W = F \cdot d$$

$$W = 112.54\ [N] \cdot 1.46\ [m]$$

$$W = 164.31\ [Nm]$$

Ahora para hallar la potencia es necesario conocer el tiempo de subida de la banda. Para esto se debe aplicar una simple regla de 3:

$$\frac{2655[cm]}{146\ [cm]} = \frac{60\ [s]}{t_s}$$

$$t_s = 3.30\ [s]$$

Con estos datos es posible calcular la potencia necesaria para que la banda opere a las condiciones propuestas:

$$P = \frac{W}{t_s}$$

$$P = \frac{164.31\ [Nm]}{3.30\ [s]}$$

$$P = 49.80\ [W]$$

Si se sabe que 746 [W] es igual a 1 [HP]:

$$P = 49.8\ [W] \cdot \frac{1\ [HP]}{746\ [W]}$$

$$P = 0.067\ [HP]$$

Este valor indica que para poder subir los 20 [kg] de desechos flotantes a través de la banda recolectora inclinada a 35º, son necesarios 0.067 [HP].

- ***Cálculo de corriente necesaria para el motor:***

Para poder encontrar qué corriente es necesaria que circule por el motor de 24 [V]para que este alcance los 0.067 [HP], se utilizará la siguiente ecuación:

$$P = I \cdot V$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{49.80\ [W]}{24\ [V]}$$

$$I = 2\ [A]$$

Dentro de los parámetros de diseño del dispositivo se encuentra que este va a trabajar con un sistema de reconocimiento con IA, el cuál determinará cuándo se deberá encender el

dispositivo. Sin embargo, para proceder con el cálculo se hará la suposición de que, dentro de las 24 horas del día, el dispositivo estará encendido 3.5 horas. Por lo tanto, se debe multiplicar la corriente que necesita el motor por las horas de encendido al día para dimensionar el tipo de batería que se debe utilizar:

$$2\ [A] \cdot 3.5[h] = 7[Ah]$$

Teniendo en cuenta que previamente se había decidido que la energía se iba a almacenar en baterías de carro. Se debe mencionar que estas suelen ser baterías de plomo ácido, para reducir el deterioro de estas baterías, se recomienda que estas no se descarguen más allá del 30%. Tal y como se muestra a continuación:

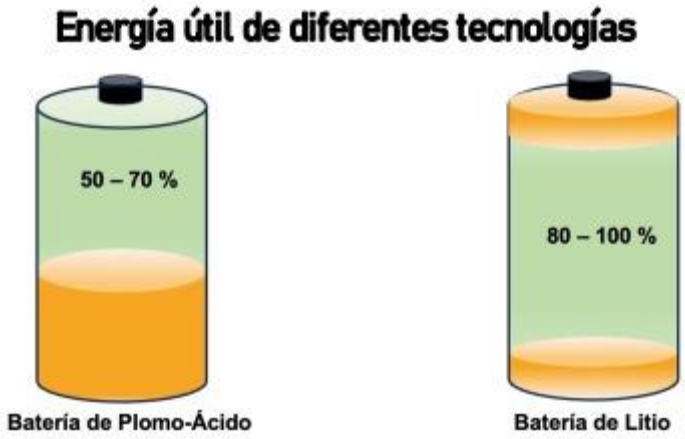



*Figura 65. Esquema de energía útil de diferentes baterías.*

Por lo tanto, estos 7[Ah] son el 30% del tamaño de la batería que se debe tener. Lo que significa que el 100% de la capacidad de la batería es del:

$$\frac{30}{100} = \frac{7}{capacidad\ total}$$

$$capacidad\ total = \frac{7 \cdot 100}{30}$$

$$capacidad\ total = 23.33[Ah]$$

Dado que en el mercado solo se encuentran baterías de 20[Ah] y de 30[Ah], la mejor opción entre estas considerando el precio es la batería de 20[Ah].

- **Banda Transportadora**

***Propiedades Banda (Resumen)***

El sistema de banda transportadora fue reutilizado del prototipo de Estrella et al. Esta banda fue diseñada baja la normativa DIN22102 y tiene como dimensiones 1467 mm de longitud y 400 mm de ancho.

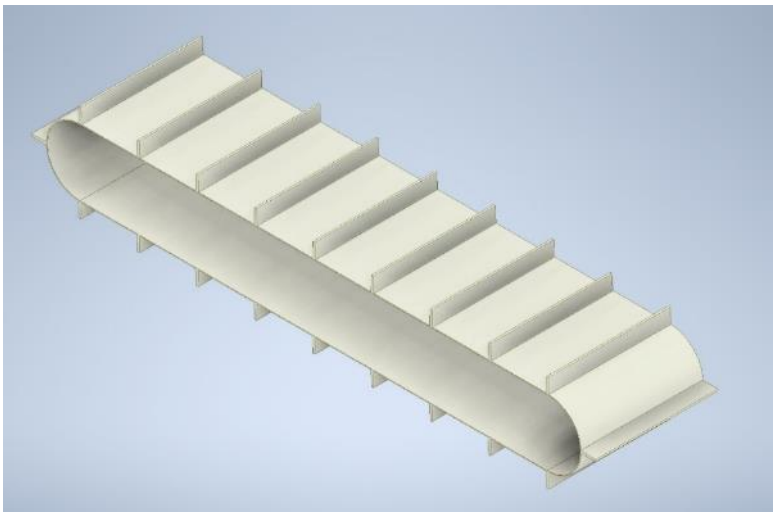


*Figura 66. Banda Transportadora.*

El espesor depende de la masa por metro cuadrado que la banda soportará. Para seleccionar el espesor de la banda se utilizó la siguiente tabla de la norma. Donde se seleccionó la carcasa EP-250/2 con 2,1 mm de espesor. Ya que la masa calculada fue de 2.16 [kg/m2].

**TIPO DE CARCASA MÁS USUALES**
TIPO DE CARCAÇA MAIS COMUN

| EP - CARCASA<br>EP-CARCAÇA | PESO<br>KG/M² | ESPESOR<br>MM. |
|---|---|---|
| EP-250/2 | 2,6 | 2,1 |
| EP-400/3 | 3,8 | 3 |
| EP-500/3 | 3,9 | 3,2 |

*Figura 67. Espesor de carcasa (Cronos belt, 2017).*

Por otra parte, se utilizaron las siguientes tablas para apreciar las calidades de cobertura de la banda. Para este caso se especifica una cobertura DIN 22102-G la cual es ideal por su resistencia a ataques químicos y por lo tanto a la humedad. Esta cobertura se fabrica a base de elastómeros NBR o nitrilo los cuales son cauchos sintéticos muy resistentes. En cuestión de espesores el distribuidor de bandas Cronos Belt guiándose en la normativa DIN 22102 recomienda un espesor de 3 [mm] para recubrimiento superior y 1.5 [mm] para recubrimiento inferior (Como se cita en: Estrella, et al.).

**CALIDADES - REVESTIMIENTOS**
QUALIDADE - REVESTIMENTOS

| TIPO<br>TIPO | ABRASIÓN MÁX.<br>ABRASÃO MAX.<br>(MM³) | DUREZA<br>DUREZA<br>(°SHA) | DENSIDAD<br>DENSIDADE<br>(G/CM³) | ALARGAMIENTO MIN.<br>ALONGAMENTO MIN.<br>(%) | CARGA ROTURA MIN.<br>RESISTÊNCIA À ATRACÇÃO<br>(MPA) | BASE ELASTÓMERO<br>ELASTÓMERO DE BASE | RANGO T°<br>RANGO T°<br>(°C) | NORMA<br>NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **BANDAS TRANSPORTADORAS ANTIGRASAS** / CORREIAS TRANSPORTADORAS ANTI-GORDURAS | | | | | | | | |
| CRONOS MOR | 200 | 60 ± 5 | 1,15 | 450 | 15 | NBR/SBR | -30 +60 | DIN 22102 G |
| CRONOS G | 200 | 60 ± 5 | 1,25 | 300 | 12 | NBR | -20 +100 | DIN 22102 G |

* PARA OTRO TIPO DE BANDA TRANSPORTADORA CONSULTAR (ALIMENTARIA, ANTICORTE, RESISTENTE A ÁCIDOS, ETC.) / PARA OUTROS TIPOS DE CORREIAS CONSULTAR (QUALIDADE ALIMENTAR, ANTICORTE, RESISTENTE A ACIDOS, ETC.)

**Bandas transportadoras**

| Tipos | Normas | Propiedades |
|---|---|---|
| REFORT MOR | DIN 22102 G | Banda transportadora moderadamente resistente a los aceites animales y vegetales.<br>Abrasión 160 mm³ |
| REFORT OR | DIN 22102 G | Alta resistencia a aceites minerales.<br>Abrasión 200 mm³. |

*Figura 68. Calidades de cobertura (Cronos belt, 2017).*

La diferencia que se tiene en comparación con el modelo anterior es que el nuevo modelo tendrá un ángulo de inclinación de 35° en lugar de 14°. Sin embargo, gracias a los nervios de la banda se evitará el retroceso del material transportado. Estos nervios cuentan con un ancho de 400 mm y altura de 50 mm.

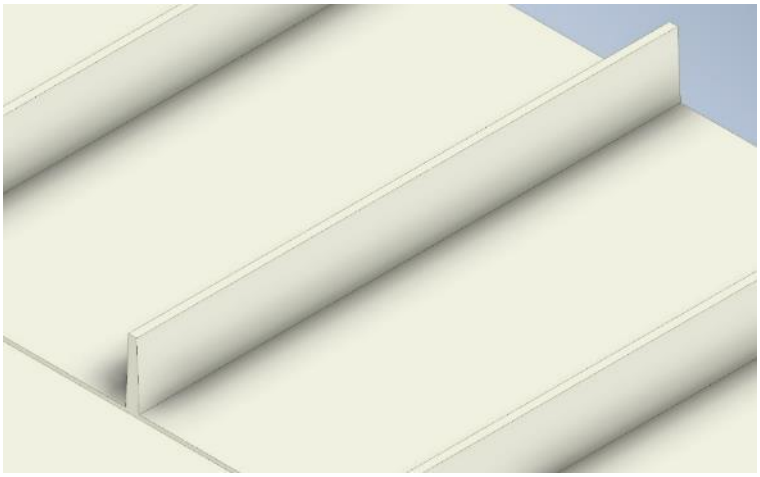


*Figura 69. Banda nervada.*

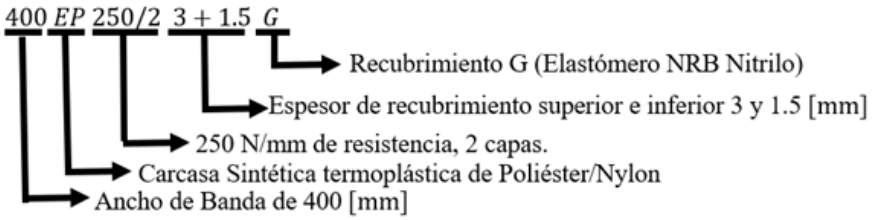



*Figura 70. Propiedades físicas de la banda (Estrella, et al.).*

Otros componentes extraídos fueron el sistema de tambores. Los cálculos relacionados a este sistema se resumen a continuación.

- $Dtr = Ctr * d$
- $Dtr$ = diámetro mínimo requerido
- $Ctr$ = factor del espesor de carcasa
- $d$ = espesor de la carcasa de 2 [mm]

| $C_{Tr}$ | Material of Carcase in Warp or Belt Type | |
|---|---|---|
| 90 | Polyamide (P) | |
| 80 | DUNLOFLEX | 2 ply Belt |
| 95 | TRIOFLEX | 3 ply Belt |
| 108 | SUPERFORT | Multiply Belt (EP) |
| 138 | FERROFLEX | Steel Weave Type |
| 145 | SILVERCORD | Steel Cord Belt |
| 100 | DUNLOPLAST | Monoply Belt |

*Figura 71. Factor de espesor en función de la carcasa (Salinero, 2013).*

$$Dtr = 108 * 2\,mm = 216\,mm$$

- ***Capacidad de Transporte***

$$Q_v = 3600 * v * A * k\ \frac{m^3}{h}$$

- $QV$ = capacidad volumétrica de la banda
- $v$ = velocidad máxima permitida
- $A$ = sección transversal del material sobre la banda
- $k$ =coeficiente de reducción de capacidad por inclinación

$$k = 1 - 1.64\left(\frac{\varphi * \pi}{180}\right)^2$$

$$k = 1 - 1.64\left(\frac{35 * \pi}{180}\right)^2 = 0.39$$

$$A = 0.25\ tan(\beta) * [l\ + (b - 1)]2$$

$$b = 0.9 * B - 0.05$$

- β = ángulo de sobrecarga
- $l$ = longitud de los rodillos
- $B$ = ancho de banda

$$b = 0.9\ (400 \times 10^{-3}\ m) - 0.05 = 0.31\ m$$

$$A = 0.25\ tan(35) * [400 \times 10^{-3} m\ + (0.31m - 1)]^2 = 0.0147\ m^2$$

Con estos datos se calcula la capacidad volumétrica de la banda:

$$Q_v = 3600 * 0.44 \frac{m}{s} * 0.0147\ m^2 * 0.39 = 9.1 \frac{m^3}{h}$$

Con este valor se puede obtener la capacidad de transporte en base al peso específico del plástico.

$$Q_m = Q_v \times \gamma$$

- $Qm$ = capacidad de transporte de banda
- $QV$ = capacidad de volumen de banda
- γ = peso específico del plástico igual a 0.95 t/m$^3$

$$Q_m = 9.1 \frac{m^3}{h} \times 0.95 \frac{t}{m^3} = 8.64 \frac{t}{h}$$

Con este valor se concluye que el nuevo modelo propuesto tiene mayor capacidad de carga debido al ángulo de sobrecarga. Gracias a la construcción de la banda bajo normativas DIN 22101, DIN 22102 e ISO R-283 se puede asegurar funcionalidad y eficacia en el trabajo de recolección de desechos flotantes.

- **Ejes de la banda transportadora**

En el documento, se dedica una sección a analizar los ejes que soportan la banda. Dado que, es un cálculo ya realizado. Lo que se realizó fue verificar la veracidad de los cálculos y en caso de existir correcciones se las realizó. A continuación, se detallan brevemente los cálculos más relevantes.

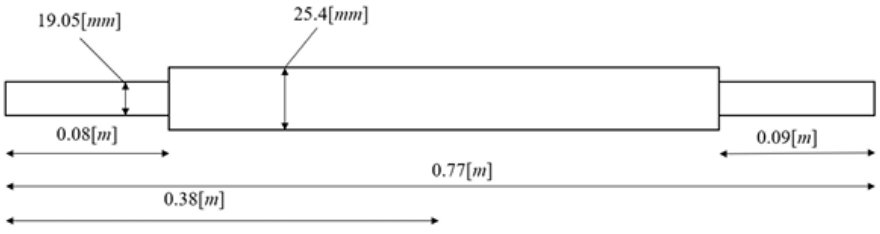



*Figura 72. Medidas del eje.*

El peso total sobre el eje incluye el peso de la banda (2.16 kg) y el peso de la basura (10kg), lo que equivale a 119.1 N. Se realizaron sumatorias de fuerza y momentos para determinar las recciones en los puntos de apoyo. Dando como resultado el siguiente diagrama:

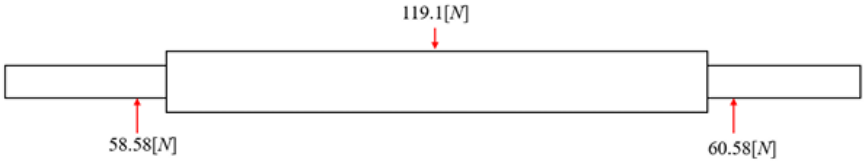
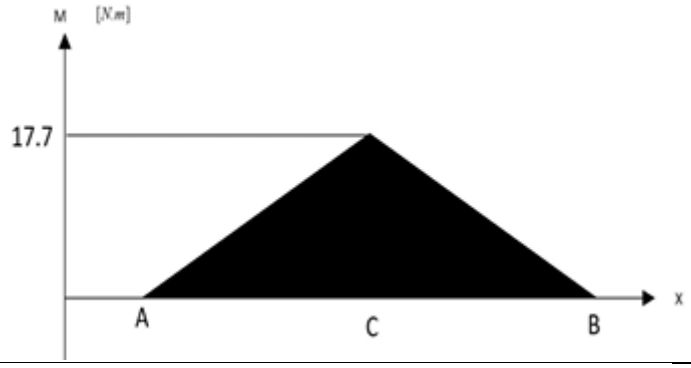
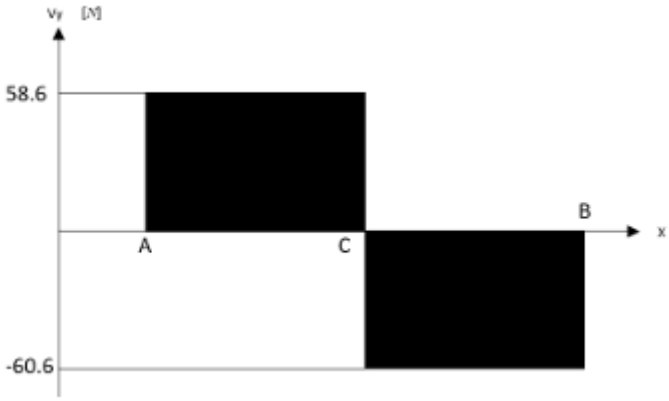



*Figura 73. Fuerzas aplicadas al eje.*

El motor empleado en el modelo será reutilizado. Por lo que el valor de torque proporcionado por este motor se mantiene. A continuación, se resumen los diagramas de córtate, momento y torque.

*Tabla 13. Resumen de los diagramas.*

| | | |
|---|---|---|
| Momento máximo | 17.69 [N·m] |   |
| Cortante máximo | 58.6 [N] |   |

| | | |
|---|---|---|
| Torque máximo | 45.25 [N·m] | |

El eje está sometido a esfuerzos de torque constante y flexión, los resultados se resumen a continuación:

*Tabla 14. Esfuerzos estáticos.*

| | | |
|---|---|---|
| Torque | $\tau = \frac{T \cdot r}{J}$ | 14.06 MPa |
| Flexión | $\sigma = \frac{M \cdot 32}{\pi \cdot d^3}$ | 11 MPa |

Con los valores estáticos se analiza el sistema para cargas variables. Se sabe que el torque es constante mientras que la flexión es un esfuerzo completamente reversible. Además, debido a cambios de diámetro en el eje, se debe calcular los valores de los concentradores de esfuerzo, esto alterará el valor de flexión previamente encontrado. Para esto se utilizan las siguientes curvas extraídos del libro de Shigley. Además de que se conoce que el eje fue fabricado con acero AISI 1018 con las siguientes propiedades:

$S_y = 370\ MPa\ ,\ \ S_{ut} = 440\ MPa$

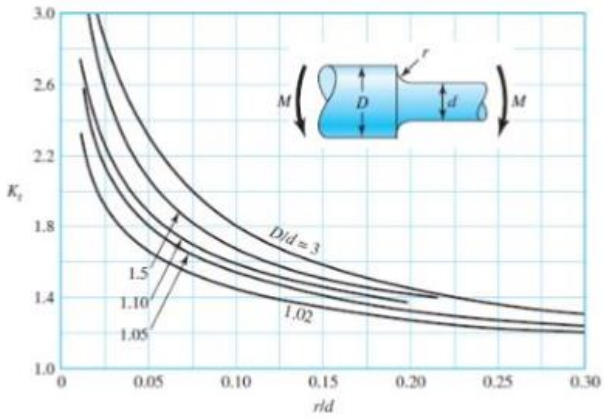



*Figura 74. Concentración de esfuerzos para ejes con diferente diámetro (Dubynas & Nisbett, 2015).*

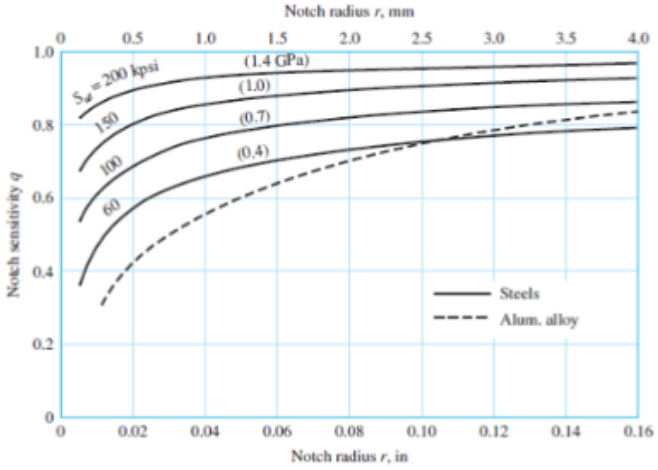



*Figura 75. Factor de sensibilidad a la muesca (Dubynas &Nisbett, 2015).*

Con los valores del concentrador de esfuerzo estático kt = 1.7 y el factor de sensibilidad q = 0.8, se obtuvo un concentrador de esfuerzo por fatiga kf = 1.56.

Los esfuerzos de flexión y torque quedan de la siguiente manera.

*Tabla 15. Esfuerzos a fatiga.*

| Esfuerzos medios | Esfuerzos amplitud |
|---|---|
| $\sigma_m = 0$ | $\sigma_a = 1.56 * 2 * 11 = 34.32\ MPa$ |
| $\tau_m = 14.06\ MPa$ | $\tau_a = 0$ |

Con estos datos se obtiene el factor de seguridad utilizando la teoría modificada de Goodman para esfuerzos combinados. Otras propiedades del acero AISI 1018 utilizado en el

eje se resumen en la tabla final. Además, el valor de límite de resistencia *Se* se extrajo directamente del análisis realizado en Estrella, et al.

$$\frac{1}{\eta} = \frac{\sigma_a'}{Se} + \frac{\sigma_m'}{Sut}$$

*Tabla 16. Cálculo de factor de seguridad.*

| | |
|---|---|
| $\sigma_a'$ | *34.32 MPa* |
| $\sigma_m'$ | $\sqrt{3 * 14.06^2} = 24.35\ MPa$ |
| *Se* | *149 MPa* |
| *n* | *3.5* |

Por último, se realizó la selección de los rodamientos para el eje, determinando un $C_{10} = 0.36\ kN$ para rodamientos de bola con diámetro interno de 19 mm, diseñados para operar hasta 8 horas diarias. Dado que este valor de capacidad de carga dinámica es superior a lo requerido, y considerando que el nuevo prototipo operará por menos horas al día, los rodamientos seleccionados están sobredimensionados para las condiciones de trabajo actuales. Por esta razón, se ha decidido reutilizar estos rodamientos en el nuevo prototipo, con un plan de mantenimiento que garantice su funcionamiento. Dado que cumplen con las especificaciones requeridas, no se considera necesario un análisis más detallado en esta sección.

### *3.3.2 Simulaciones*

En este apartado se presentan los resultados de la simulación del arrastre que generaría la corriente de agua en el dispositivo. Estas simulaciones se realizaron utilizando ANSYS Workbench, específicamente en el módulo *Fluid Flow (CFX)*, con el objetivo de analizar el comportamiento hidrodinámico y determinar la resistencia al avance que experimentan los flotadores y el rodillo sumergido de la banda al interactuar con el flujo del agua. Para esto se configuró que el calado de los flotadores sea de 18 [cm] como se calculó previamente, también

el parámetro de caudal se estableció que fuese de 1m$^3$/s tal y como lo determina las especificaciones del proyecto. Los resultados obtenidos se los muestra a continuación.

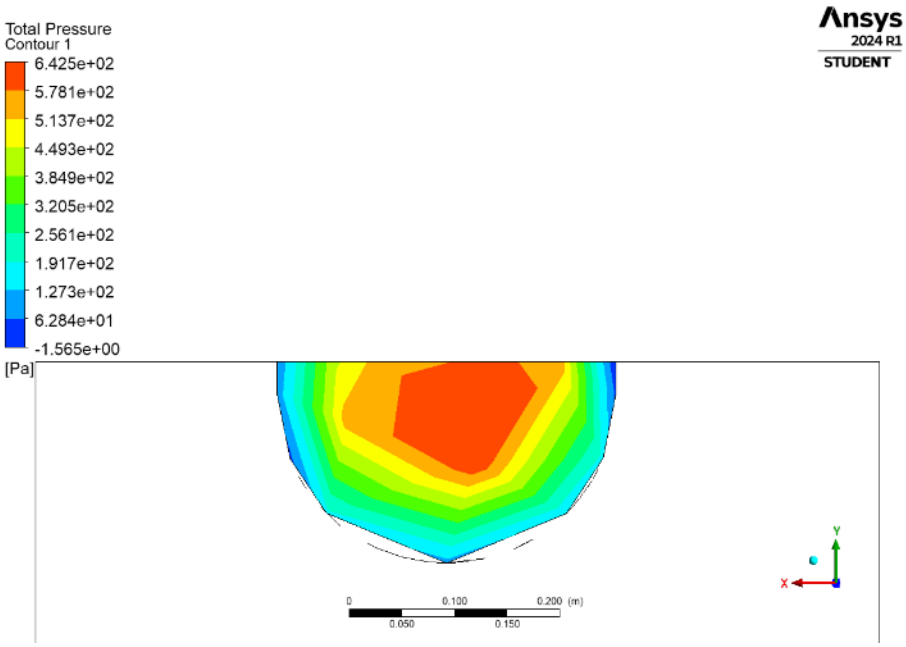



*Figura 76. Presión total ejercida en la tapa frontal del flotador.*

Con esta simulación, se puede comparar los valores de arrastre calculados previamente y corroborar la veracidad de estos. Para esto se debe realizar un sencillo proceso:

$$P = \frac{F}{A}$$

$$F = P \cdot A = P \cdot \left[\left(\frac{\pi \cdot r^2}{2}\right) + (b \cdot h)\right]$$

$$F = 5.273x10^2[Pa] \cdot 0.06596649[m^2]$$

$$F = 42.38\ [N]$$

Es decir que un solo flotador recibe 42.38 [N] de fuerza de arrastre del agua. Lo que quiere decir que ambos flotadores soportarían una fuerza de 84.76 [N] de fuerza de arrastre.

También se realizó la misma simulación, para el rodillo inferior de la banda recolectora. De este proceso se obtuvo el siguiente resultado:

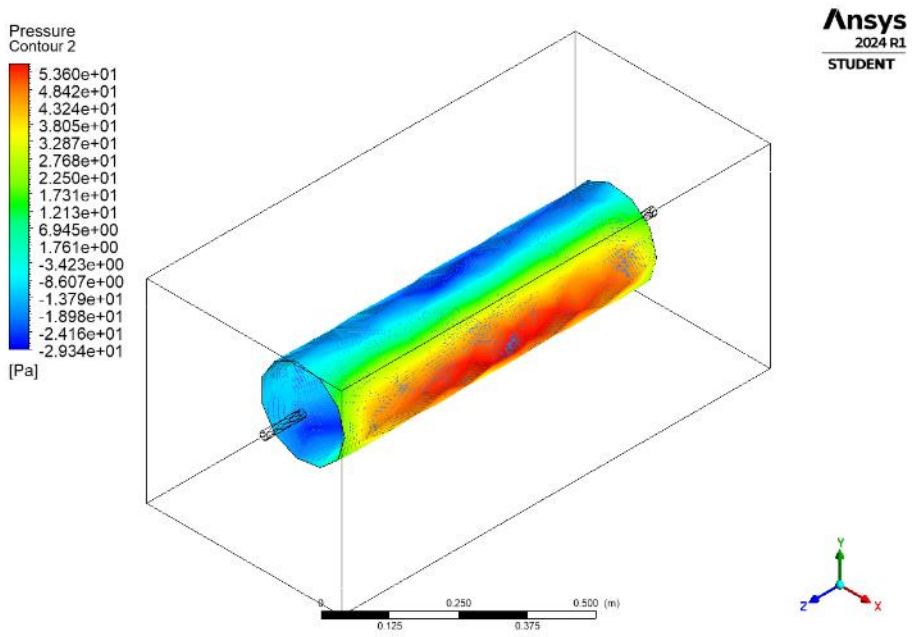



*Figura 77. Presión total ejercida en el rodillo inferior sumergido.*

De igual manera, se puede calcular la fuerza que la corriente de agua ejerce al rodillo sumergido, de la siguiente manera:

$$P = \frac{F}{A}$$

$$F = P \cdot A = P \cdot \pi DL$$

$$F = 5.360x10^{1}[Pa] \cdot 0{,}271\ [m^2]$$

$$F = 14.53[N]$$

Por ende, la fuerza de arrastre todas ejercida sobre los 2 flotadores y el rodillo suma un total de 99.29 [N].

Por otro lado, también se presentan las simulaciones de análisis de esfuerzos (*Stress Analysis*) realizadas en Autodesk Inventor, las cuales corresponden a tres componentes clave del dispositivo: la estructura metálica, el sistema de extracción pivotante y el sistema de extracción fijo. Estas simulaciones permiten evaluar el comportamiento mecánico y la resistencia estructural de cada elemento bajo las condiciones de carga previstas, asegurando su funcionalidad y seguridad en operación. Para esto se tomaron en cuenta los resultados de las

simulaciones en los aspectos de Factor de Seguridad, Esfuerzo de Von Mises y Desplazamiento.

En primer lugar, para evaluar el sistema de recolección, se colocaron las cargas del peso de las baterías en la caja de componentes electrónicos, una fuerza vertical de 392.4 [N] y también la carga que ejercería la corriente de agua sobre el rodillo en el caso más crítico, el equivalente a una fuerza horizontal de 111.98 [N] y los resultados se presentan a continuación:

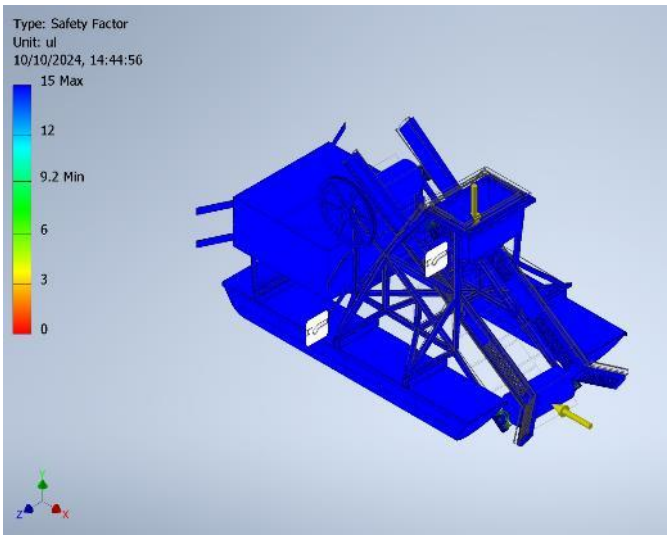



*Figura 78. Resultados de Factor de Seguridad en simulación de Stress Analysis para el dispositivo de recolección.*

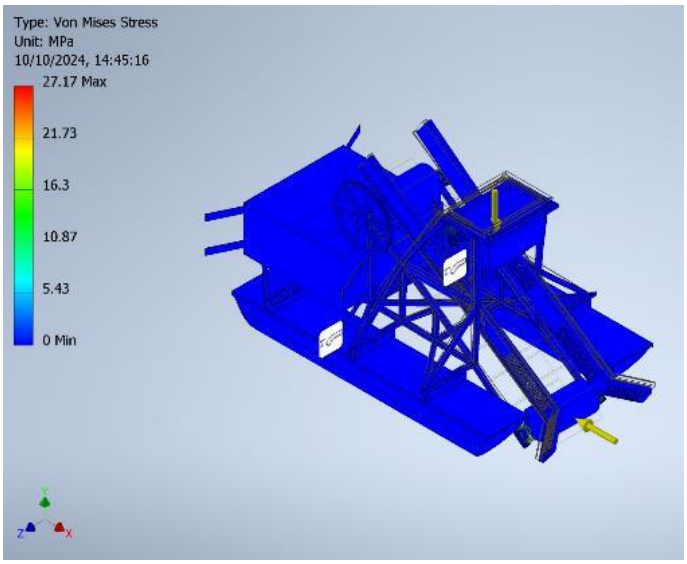



*Figura 79. Resultados de esfuerzos de Von Mises en simulación de Stress Analysis para el dispositivo de recolección.*

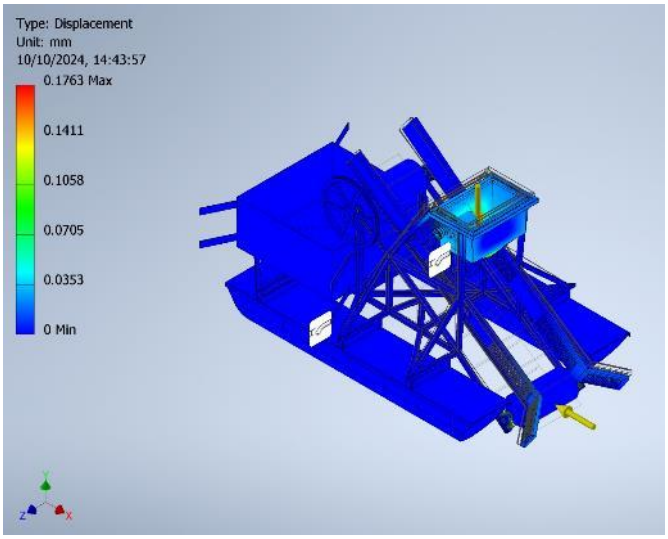



*Figura 80. Resultados de desplazamiento en simulación de Stress Analysis para el dispositivo de recolección.*

Como se pudo observar en las anteriores figuras, la estructura del sistema no falla, tiene un factor de seguridad de 15, un esfuerzo de Von Mises de solo 27.17 [MPa] y un desplazamiento máximo de 0.1763 [mm].

Por otro lado, para las simulaciones en el sistema de extracción pivotante se establecieron tres fuerzas horizontales, dos fuerzas con la misma dirección y magnitud de 821,895 [N] mientras que la reacción tenía una magnitud de 1643,79 [N] y una dirección opuesta a las dos fuerzas anteriores. Los resultados de esta simulación se los presentan a continuación:

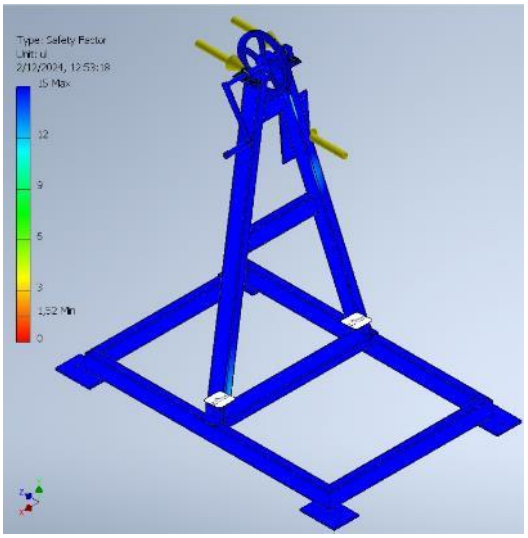



*Figura 81. Resultados de Factor de Seguridad en simulación de Stress Analysis para el sistema de extracción pivotante.*

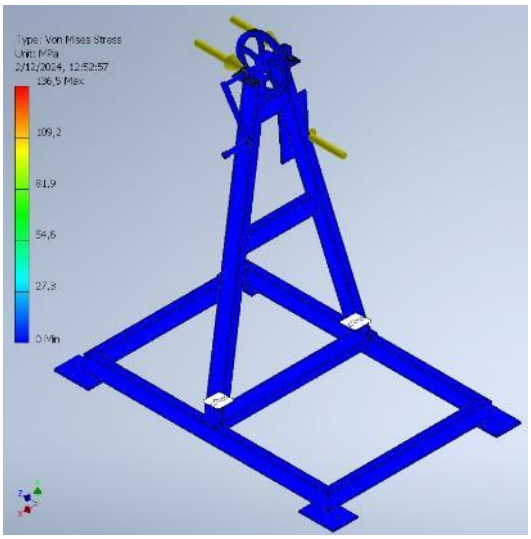



*Figura 82. Resultados de esfuerzos de Von Mises en simulación de Stress Analysis para el sistema de extracción pivotante.*

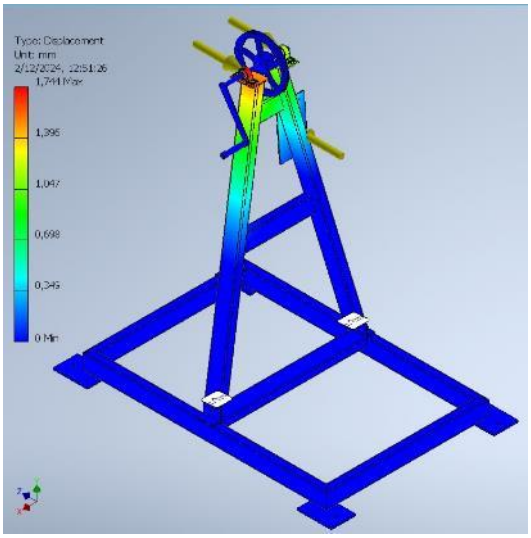



*Figura 83. Resultados de desplazamiento en simulación de Stress Analysis para el sistema de extracción pivotante.*

De igual manera, tras las simulaciones se puede observar que el sistema no falla, tiene un factor de seguridad mínimo de 1.5, el esfuerzo de Von Mises máximo es de 136.5 [MPa] y el desplazamiento máximo es de 1.744 [mm].

Por último, para el sistema de extracción fijo de igual manera se utilizó la misma configuración de cargas que en el sistema de extracción pivotante, y se obtuvieron los siguientes resultados:

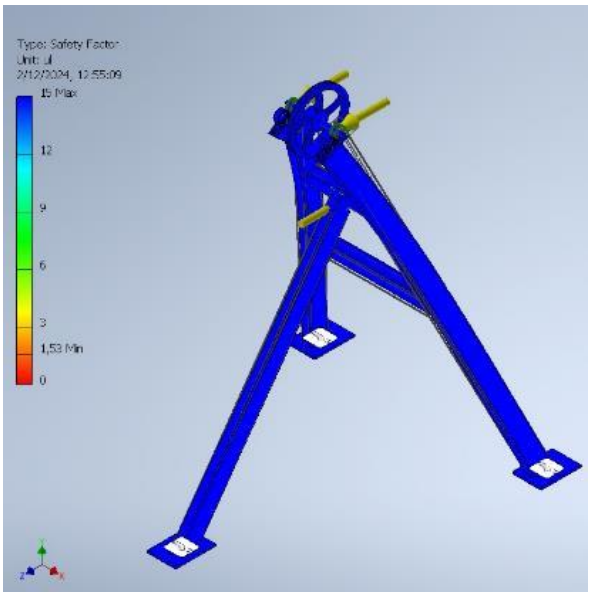



*Figura 84. Resultados de Factor de Seguridad en simulación de Stress Analysis para el sistema de extracción fijo.*

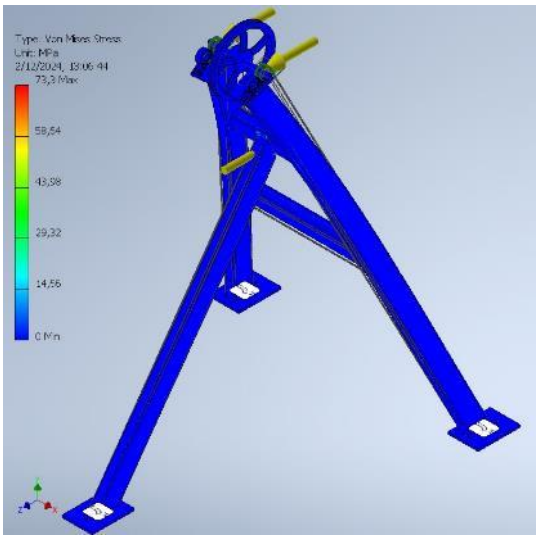



*Figura 85. Resultados de esfuerzos de Von Mises en simulación de Stress Analysis para el sistema de extracción fijo.*

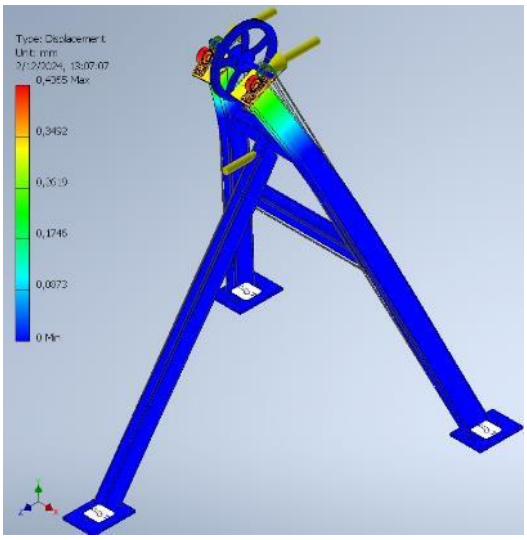



*Figura 86. Resultados de desplazamiento en simulación de Stress Analysis para el sistema de extracción fijo.*

Igualmente se puede apreciar que la integridad del sistema no está comprometida en ningún caso. Se tiene un factor de seguridad mínimo de 1.53, el esfuerzo de Von Mises es de 73.3 [MPa] y el desplazamiento máximo es de 0.43 [mm].

### *3.3.3 Experimentos*

En este apartado se presentan los distintos experimentos que se realizaron para que el dispositivo tenga un completo funcionamiento. En primer lugar, el experimento que se realizó fue el de flotabilidad. Este exitoso experimento se lo llevó a cabo en la laguna de la USFQ, para esto, se ensambló la estructura de aluminio de los flotadores junto con la estructura tubular de las costillas de MDF y se procedió a subir dos personas que sumen 160kg lo cual es lo estimado del peso de la estructura metálica.

*Figura 87. Evidencia del éxito del experimento de flotabilidad de los flotadores.*

Después de esto se llevó a cabo el experimento de la funcionabilidad del sistema de extracción. Esto se llevó a cabo en el taller de la empresa CIMA. Se dispuso una distancia de 25 [m] entre el sistema pivotante y el sistema fijo, simulando la distancia que existiría entre las orillas del río.

*Figura 88. Experimento del funcionamiento del sistema completo de extracción.*

Adicionalmente, se realizaron pruebas para el entrenamiento de una red neuronal de inteligencia artificial. Se utilizó una cámara de seguridad y se grabó una hora de video para observar el comportamiento de la basura en el río. Una vez se comprobó la funcionalidad de la programación en YOLOv8 y YOLOv9 se registraron más grabaciones para expandir el set de datos. A continuación, se presentan imágenes de la cámara y del programa RoboFLOW con el que se realizó la clasificación de elementos a ser reconocidos por la inteligencia artificial.

*Figura 89. Cámara tapo C310 IP66.*

*Figura 90. Día de pruebas en el Río Chiche con cámara.*

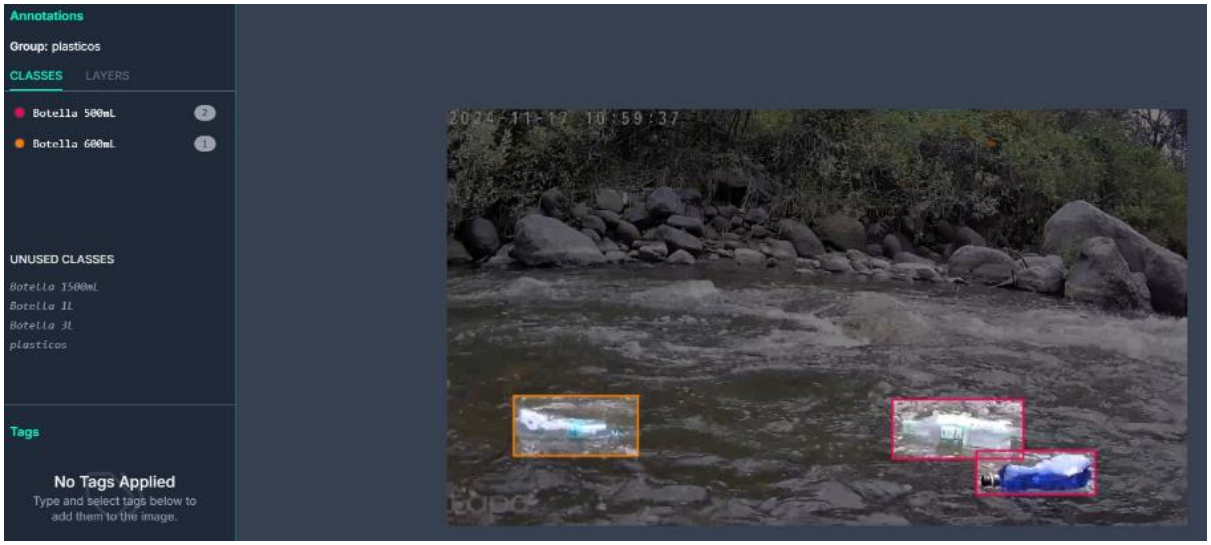



*Figura 91. Ambiente de trabajo de RoboFLOW.*

Finalmente, se hicieron pruebas para determinar si el centro de gravedad era el adecuado. Para esto se utilizó un camión grúa con el cual se elevó el dispositivo de

recolección de desechos y se observó que el balance coincidía con los softwares de simulación, como se muestra a continuación:

*Figura 92. Prueba de estabilidad del dispositivo recolector.*

## 3.4 PLAN DE PRUEBAS

Para el desarrollo de los experimentos que se presentaron anteriormente, se siguió el siguiente cronograma, en donde se detallan los hitos que se consiguieron durante el desarrollo del proyecto:

*Tabla 17. Cronograma de milestones.*

| DESCRIPCIÓN | RESPONSABLE | AVANCE | INICIO | FIN | DIAS DE TRABAJO |
|---|---|---|---|---|---|
| **Milestones** | | **100%** | **mar 1/10/2024** | **vie 13/12/2024** | **54** |
| Planos de estructura metálica completos | Andrés Patiño | 100% | mar 1/10/2024 | mié 2/10/2024 | 2 |
| Finalización de construcción de estructura metálica | Mateo Puente | 100% | vie 25/10/2024 | vie 25/10/2024 | 1 |
| Prueba flotabilidad (laguna USFQ) | David Silva | 100% | jue 14/11/2024 | jue 14/11/2024 | 1 |
| Integración de sistema de banda transportadora a estructura metálica | Andrés Patiño | 100% | lun 14/10/2024 | jue 14/11/2024 | 24 |
| Finalización de construcción de flotadores | Mateo Puente | 100% | lun 11/11/2024 | lun 11/11/2024 | 1 |
| Finalización de construcción de sistema de extracción | Mateo Puente | 100% | vie 15/11/2024 | vie 15/11/2024 | 1 |
| Fundición de pilotes de concreto | David Silva | 100% | sáb 9/11/2024 | sáb 9/11/2024 | 1 |
| Revisión de proceso de curado de los pilotes de concreto | David Silva | 100% | mar 3/12/2024 | mar 3/12/2024 | 1 |
| Prueba sistema de extracción (CIMA) | Mateo Puente | 100% | mié 20/11/2024 | mié 20/11/2024 | 1 |
| Prueba en el río Chiche con cámara | Angie Melo | 100% | sáb 9/11/2024 | sáb 9/11/2024 | 1 |
| Prueba sistema en conjunto (USFQ) | Andrés Patiño | 100% | jue 28/11/2024 | jue 28/11/2024 | 1 |
| Prueba de centro de gravedad del dispositivo | Mateo Puente | 100% | vie 13/12/2024 | vie 13/12/2024 | 1 |
| Prueba del sistema recolector de basura en el río | David Silva | 100% | vie 13/12/2024 | vie 13/12/2024 | 1 |
| Finalización de instalación de sistema de eléctrico | Andrés Patiño | 100% | lun 2/12/2024 | lun 2/12/2024 | 1 |
| Finalización de instalación de sistema de reconocimiento con IA | Angie Melo | 100% | lun 2/12/2024 | lun 2/12/2024 | 1 |
| Elaboración de Manual de Operación y Mantenimiento | Mateo Puente | 100% | dom 8/12/2024 | mié 11/12/2024 | 3 |
| Presentación en Feria de Ing. Mecánica | Angie Melo | 100% | mar 3/12/2024 | mar 3/12/2024 | 1 |
| Prueba de centro de gravedad del dispositivo | Mateo Puente | 100% | vie 13/12/2024 | vie 13/12/2024 | 1 |
| Prueba del sistema recolector de basura en el río | David Silva | 100% | vie 13/12/2024 | vie 13/12/2024 | 1 |

## 3.5 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El manual de operación se encuentra adjunto en el Anexo J.

## 3.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo del presente proyecto es diseñar un dispositivo fijo capaz de recolectar desechos flotantes en los ríos del DMQ como el San Pedro y el Chiche. En base a las especificaciones técnicas requeridas por el cliente y a los componentes reutilizados del proyecto previo de Estrella et al., se logró realizar un nuevo diseño más liviano y con mayor adaptabilidad a ríos de menor ancho y caudal. Además, la implementación de IA para la

identificación de desechos representa una mejora significativa para tener un dispositivo completamente autónomo a futuro.

En primer lugar, el diseño partió de los componentes reutilizados para dimensionar el resto del sistema, principalmente de la banda transportadora. La capacidad de recolección estimada es de 100 sólidos por minuto, lo que asegura una operatividad constante en ríos urbanos como el San Pedro. Las pruebas realizadas determinaron una capacidad máxima de almacenamiento de 200 L, suficiente para operar durante un ciclo continuo de 8 horas antes de necesitar vaciado. El sistema de flotación utiliza flotadores fabricados a partir de planchas de aluminio de 2 mm de espesor, tratados contra la corrosión. Los cálculos del calado, realizados para un dispositivo cargado con 200 L de residuos y su estructura, indican una profundidad de inmersión de 0.35 m, adecuada para operar en ríos de poca profundidad. Las simulaciones de flotabilidad mostraron que el sistema permanece estable con un ángulo máximo de inclinación de 5.8° bajo condiciones de carga asimétrica, cumpliendo con los estándares de estabilidad definidos por la literatura (White, 2011). El anclaje mediante cables de acero galvanizado de 8 mm resultó ser la solución más efectiva. Además, este sistema permite ajustes rápidos para adaptarse a cambios en el nivel del agua, garantizando la operatividad del dispositivo incluso durante condiciones climáticas adversas. Por último, El sistema eléctrico, alimentado por dos baterías de motocicleta de 12V conectadas en serie, proporciona la potencia necesaria para operar el motor DC de 1.6 HP y los sistemas de control, estos fueron realizados con un microprocesador para que el motor fuera activado con un módulo Bluetooth.

Las pruebas validan las simulaciones y cálculos realizados demostrando que los esfuerzos máximos en la estructura fueron de 15.4 MPa, con un factor de seguridad de 4.7, lo que confirma la durabilidad y estabilidad del sistema. La estabilidad dinámica de los

flotadores fue validada mediante simulaciones en ANSYS, confirmando que el diseño soporta perturbaciones del flujo sin volcamiento.

Por otra parte, los resultados del entrenamiento de inteligencia artificial fueron mejores para la versión YOLOv8 donde pudo reconocer el 92% de los residuos flotantes con éxito. Esto se demuestra en la tabla a continuación.

*Tabla 18. Métricas de entrenamiento (MAP)*

| model | best_map50_95 | best_map50 | kfolds | epochs |
|---|---|---|---|---|
| **yolov8s.pt** | **0.5967** | **0.8891** | **3** | **20** |
| **yolov9t.pt** | **0.1886** | **0.3409** | **3** | **20** |
| **yolov8s.pt** | **0.6084** | **0.9238** | **4** | **30** |
| **yolov9t.pt** | **0.3309** | **0.6328** | **4** | **30** |

Las métricas utilizadas *Mean Average Precision* (MAP) demuestran, en promedio, cuántas veces la inteligencia artificial reconoció correctamente los desechos flotantes. Para esto se creó un set de datos pequeño de aproximadamente 300 imágenes con diferentes categorías de botellas que variaban desde los 500mL hasta los 4L. En la tabla se observa que la versión 8 ya tuvo un buen entrenamiento en la primera prueba con 3 kfolds y 20 epochs, y

aunque al incrementar la capacidad computacional a 4 kfolds y 30 epochs mejoró el entrenamiento de la versión 9, las métricas siguen fuera del rango aceptable para este modelo.

*Figura 93. Reconocimiento de desechos flotantes con YOLOv8s.*

La prueba final se realizó en el río San Pedro para observar cómo se comporta el sistema ensamblado. No se realizaron pruebas del sistema de extracción dado que el lugar de pruebas tenía un ancho superior al permitido y la corriente era demasiado fuerte para atravesar el río con los componentes. Debido a esto, sólo se verificó la capacidad de recolección del dispositivo, así como la flotabilidad y estabilidad ya probadas anteriormente. Sin embargo, cabe destacar que el sistema de extracción fue funcional en tierra, pero puede mejorarse ya que requiere de ajustes manuales frecuentes para su correcto funcionamiento y, además, depende mucho del ancho del río.

Por otra parte, durante la prueba se observó que algunos residuos pequeños lograron eludir la banda transportadora debido al movimiento irregular del agua y a la variación en la

corriente. Esto sugiere la necesidad de mejorar el sistema de atrapamiento inicial para canalizar de manera más eficiente los residuos hacia la banda.

Además, el arrastre de la corriente fue notable alrededor de los flotadores y se detectaron pequeñas turbulencias cerca de los puntos de entrada y salida de la banda transportadora, lo que podría afectar la eficiencia de recolección si se incrementa el volumen de residuos o si las corrientes son más intensas. Para abordar este problema, se busca optimizar la forma de los flotadores con el objetivo de minimizar el impacto del arrastre. Aunque este fenómeno resultó significativo, no fue suficiente para desplazar el bote cuando estaba anclado, lo cual era una de las condiciones planteadas inicialmente. Por esta razón, se decidió fabricar cilindros de concreto que mantuvieran el dispositivo en una posición fija, durante la prueba solamente fue necesario que dos personas sostuvieran el dispositivo desde la parte trasera para evitar el movimiento. El principal desafío relacionado con el arrastre está asociado a los vórtices generados alrededor de la banda, los cuales complicaban el proceso de recolección como se mencionó anteriormente.

*Figura 94. Secuencia de recolección.*

## 3.7 CONCLUSIONES

El proyecto permitió aplicar todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera y así poder entregar un dispositivo para la recolección de desechos flotantes en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) que cumple con los requerimientos técnicos y normativos establecidos. Se desarrolló un sistema flotante fijo anclado, equipado con

tecnología de inteligencia artificial para optimizar la recolección de residuos, así como un sistema de extracción de desechos. El dispositivo demostró ser funcional y las diferentes pruebas realizadas permitieron identificar sus puntos de mejora. Su diseño adaptable, eficiente y sostenible representa un avance significativo hacia la solución del problema de contaminación en cuerpos de agua urbanos. Los resultados obtenidos sientan las bases para futuras iteraciones y escalamiento del proyecto.

## 3.8 TRABAJO FUTURO

Según los resultados obtenidos, se identificaron algunas áreas de mejora. Una de las prioridades será la optimización del sistema de recolección mediante el uso de algoritmos avanzados de visión por computadora. Esto permitirá detectar y clasificar los desechos con mayor precisión, así como activar automáticamente el motor cuando este detecte una gran cantidad de basura acumulada. Con esto se mejora la eficiencia operativa ya que se puede ajustar el dispositivo hacia las áreas de mayor concentración de basura y reducir el consumo energético. Además, se explorarán diseños que minimicen el arrastre hidráulico para evitar el estancamiento de los desechos flotantes o la no recolección de estos.

En términos de sostenibilidad, se plantea incorporar paneles solares como fuente de energía adicional, aprovechando la alta radiación solar disponible en las zonas de operación. También se analizará la viabilidad de un sistema híbrido que combine energía solar con turbinas hidro-cinéticas, lo que incrementará significativamente la autonomía del dispositivo y reducirá su dependencia de fuentes externas de energía.

# 4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baquerizo, M., Acuña, M., & Solis-Castro, M. (2019). Contaminación de los ríos: Caso río Guayas y sus afluentes. *Manglar, 16*(1), Article 1. https://doi.org/10.17268/manglar.2019.009

Criollo, G. (2020). *Minga para mi río: Dispositivo de limpieza de ríos* [bachelorThesis, Quito]. http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/10334

Dávalos, N. (2022). *Los ríos Guayas y Machángara son los más contaminados del país*. Primicias. https://www.primicias.ec/noticias/tecnologia/rios-guayas-machangara-contaminados-pais/

Estrella, C. D., Estrella, F. J., Salazar, A. M., & Velasco, F. A. (2021). *Bote recolector de basura flotante para ríos Amazónicos* [bachelorThesis, Quito]. http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/11147

Haldorai, A., Lincy R, B., M, S., & Balakrishnan, M. (2024). An improved single short detection method for smart vision-based water garbage cleaning robot. *Cognitive Robotics*, *4*, 19-29. https://doi.org/10.1016/j.cogr.2023.11.002

Helinski, O. K., Poor, C. J., & Wolfand, J. M. (2021). Ridding our rivers of plastic: A framework for plastic pollution capture device selection. *Marine Pollution Bulletin*, *165*, 112095. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112095

Ichthion. (2022). *Ecuador – Ichthion*. Ichthion. https://ichthion.com/portafolio/ecuador/

Khekare, G., Dhanre, U., Dhanre, G., & Yede, S. (2019). Design of Optimized and Innovative Remotely Operated Machine for Water Surface Garbage Assortment. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, *7*, 113-117. https://doi.org/10.26438/ijcse/v7i1.113117

Lieshout, C., Oeveren, K., van Emmerik, T., & Postma, E. (2020). Automated River Plastic Monitoring Using Deep Learning and Cameras. *Earth and Space Science, 7*, e2019EA000960. https://doi.org/10.1029/2019EA000960

Microsoft Asia. (2022, abril 9). *AI-enabled robotic boat cleans up harbors and rivers to keep plastic trash out of the ocean—PR Newswire APAC*. PR Newswire. https://en.prnasia.com/story/359817-0.shtml

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2020). *22.368 kilogramos de desechos fueron recuperados de playas, ríos, lagos y lagunas como parte de la campaña "Tu basura no es parte del paisaje"*. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. https://www.ambiente.gob.ec/22-368-kilogramos-de-desechos-fueron-recuperados-de-playas-rios-lagos-y-lagunas-como-parte-de-la-campana-tu-basura-no-es-parte-del-paisaje/

Moon, B., & Bawane, N. (2020). Remote Controlled River Cleaning Machine. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, *7*(3), 370-379. https://doi.org/10.32628/IJSRST

NOAA. (2024). *What are microplastics?* National Oceanic and Atmospheric Atministration. https://oceanservice.noaa.gov/facts/microplastics.html

Phirke, S., Patel, A., & Jani, J. (2021). Design of an autonomous water cleaning bot. *Materials Today: Proceedings*, *46*, 8742-8747. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.044

Schmaltz, E., Melvin, E. C., Diana, Z., Gunady, E. F., Rittschof, D., Somarelli, J. A., Virdin, J., & Dunphy-Daly, M. M. (2020). Plastic pollution solutions: Emerging technologies to prevent and collect marine plastic pollution. *Environment International*, *144*, 106067. https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106067

US EPA, O. (2015, noviembre 19). *Impacts of Mismanaged Trash* [Overviews and Factsheets]. US EPA. https://19january2021snapshot.epa.gov/trash-free-waters/impacts-mismanaged-trash

Ziani, K., Ioniță-Mîndrican, C.-B., Mititelu, M., Neacșu, S. M., Negrei, C., Moroșan, E., Drăgănescu, D., & Preda, O.-T. (2023). Microplastics: A Real Global Threat for Environment and Food Safety: A State of the Art Review. *Nutrients*, *15*(3), 617. https://doi.org/10.3390/nu15030617

# 5 ANEXOS

# 6 ANEXO A: CONCEPTOS DE DISEÑO Y SELECCIONES

ANEXO A.1: Concepto 1) Diseño general del dispositivo

1. Evaluación del peso específico de cada criterio

| adaptabilidad > tamaño y peso > implementación de IA = precio > facil mantenimiento | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Tamaño y Peso | Facil Mantemiento | Adaptabilidad al entorno | Implementación de IA | Precio moderado | Suma+1 | Ponderado del Criterio |
| Tamaño y Peso | | 1 | 0 | 1 | 0,5 | 3,5 | 0,25 |
| Facil Mantemiento | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,07 |
| Adaptabilidad al entorno | 1 | 1 | | 1 | 0,5 | 4,5 | 0,32 |
| Implementación de IA | 0 | 1 | 0 | | 0,5 | 2,5 | 0,18 |
| Precio moderado | 0,5 | 0 | 0,5 | 0,5 | | 2,5 | 0,18 |
| | | | | | | 14 | 1,00 |

2. Evaluación del peso específico del criterio Tamaño y Peso

| solución B > solución A = solución C > solución D > solución E | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Solución A | Solución B | Solución C | Suma+1 | Ponderado de la Calificación |
| Solución A | | 1 | 1 | 3 | 0,50 |
| Solución B | 0 | | 0 | 1 | 0,17 |
| Solución C | 0 | 1 | | 2 | 0,33 |
| | | | | 6 | 1,00 |

3. Evaluación del peso específico del criterio Fácil Mantenimiento

| solución C = solución D > solución E > solución A = solución B | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Solución A | Solución B | Solución C | Suma+1 | Ponderado de la Calificación |
| Solución A | | 0 | 1 | 2 | 0,33 |
| Solución B | 1 | | 1 | 3 | 0,50 |
| Solución C | 0 | 0 | | 1 | 0,17 |
| | | | | 6 | 1 |

Evaluación del peso específico del criterio Adaptabilidad al entorno

| solución B > solución C > solución A = solución D > solución E | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Solución A | Solución B | Solución C | Suma+1 | Ponderado de la Calificación |
| Solución A | | 1 | 1 | 3 | 0,50 |
| Solución B | 0 | | 1 | 2 | 0,33 |
| Solución C | 0 | 0 | | 1 | 0,17 |
| | | | | 6 | 1,00 |

4. Evaluación del peso específico del criterio Implementación de IA

| solución B = solución A > solución C = solución D > solución E | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Solución A | Solución B | Solución C | Suma+1 | Ponderado de la Calificación |
| Solución A | | 0,5 | 1 | 2,5 | 0,42 |
| Solución B | 0,5 | | 1 | 2,5 | 0,42 |
| Solución C | 0 | 0 | | 1 | 0,17 |
| | | | | 6 | 1 |

5. Evaluación del peso específico del criterio Precio moderado

| solución B = solución A > solución C = solución D > solución E | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Solución A | Solución B | Solución C | Suma+1 | Ponderado de la Calificación |
| Solución A | | 0 | 1 | 2 | 0,33 |
| Solución B | 1 | | 1 | 3 | 0,50 |
| Solución C | 0 | 0 | | 1 | 0,17 |
| | | | | 6 | 1 |

6. Tabla de conclusiones

| CRITERIO | Tamaño y Peso | Fácil Mantenimiento | Adaptabilidad al entorno | Implementación de IA | Precio Moderado | SUMA DE LOS PRODUCTOS | PRIORIDAD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Solución A | 0,13 | 0,02 | 0,16 | 0,07 | 0,06 | 0,44 | 1 |
| Solución B | 0,04 | 0,04 | 0,11 | 0,07 | 0,09 | 0,35 | 2 |
| Solución C | 0,08 | 0,01 | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,21 | 3 |

## ANEXO A.2: Concepto 2) Flotadores

1. Evaluación del peso específico de cada criterio

| costo >facilidad de maquinado y procesamiento > facilidad de Transporte > amigable con el medio acuático | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Costo | Amigable con el medio acuático | Facilidad de Transporte | Facilidad de maquinado y procesamiento | Suma+1 | Ponderado del Criterio |
| Costo | | 1 | 1 | 1 | 4 | 0,4 |
| Amigable con el medio acuático | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0,1 |
| Facilidad de Transporte | 0 | 0 | | 1 | 2 | 0,2 |
| Facilidad de maquinado y procesamiento | 0 | 1 | 1 | | 3 | 0,3 |
| | | | | | 10 | 1 |

2. Evaluación del peso específico del criterio Costo

| solución A > solución B > solución C > solución D > solución E | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Solución A | Solución B | Solución C | Solución D | Solución E | Suma+1 | Ponderado de la Calificación |
| Solución A | | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 0,42 |
| Solución B | 0 | | 1 | 1 | 1 | 4 | 0,33 |
| Solución C | 0 | 0 | | 1 | 1 | 3 | 0,25 |
| Solución D | 0 | 0 | 0 | | 1 | 2 | 0,17 |
| Solución E | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0,08 |
| | | | | | | 12 | 1,25 |

Evaluación del peso específico del criterio Amigable con el medio acuático

| solución E > solución B > solución D > solución C > solución A | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Solución A | Solución B | Solución C | Solución D | Solución E | Suma+1 | Ponderado de la Calificación |
| Solución A | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,07 |
| Solución B | 1 | | 1 | 1 | 0 | 4 | 0,27 |
| Solución C | 1 | 0 | | 0,5 | 0 | 2,5 | 0,17 |
| Solución D | 1 | 0 | 0,5 | | 0 | 2,5 | 0,17 |
| Solución E | 1 | 1 | 1 | 1 | | 5 | 0,33 |
| | | | | | | 15 | 1,00 |

3. Evaluación del peso específico del criterio Facilidad de Transporte

| solución B > solución C > solución A = solución D > solución E | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Solución A | Solución B | Solución C | Solución D | Solución E | Suma+1 | Ponderado de la Calificación |
| Solución A | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,07 |
| Solución B | 1 | | 0,5 | 0,5 | 1 | 4 | 0,27 |
| Solución C | 1 | 0,5 | | 0,5 | 1 | 4 | 0,27 |
| Solución D | 1 | 0,5 | 0,5 | | 1 | 4 | 0,27 |
| Solución E | 1 | 0 | 0 | 0 | | 2 | 0,13 |
| | | | | | | 15 | 1,00 |

4. Evaluación del peso específico del criterio Facilidad de maquinado y procesamiento

| solución B = solución A > solución C = solución D > solución E | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Solución A | Solución B | Solución C | Solución D | Solución E | Suma+1 | Ponderado de la Calificación |
| Solución A | | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 4,5 | 0,30 |
| Solución B | 0 | | 0 | 1 | 0 | 2 | 0,13 |
| Solución C | 0 | 1 | | 1 | 0 | 3 | 0,20 |
| Solución D | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 0,07 |
| Solución E | 0,5 | 1 | 1 | 1 | | 4,5 | 0,30 |
| | | | | | | 15 | 1,00 |

5. Tabla de conclusiones

| CRITERIO | Costo | Amigable con el medio acuático | Facilidad de transporte | Facilidad de maquinado y procesamiento | SUMA DE LOS PRODUCTOS | PRIORIDAD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Solución A | 0,167 | 0,007 | 0,013 | 0,090 | 0,28 | 1 |
| Solución B | 0,133 | 0,027 | 0,053 | 0,040 | 0,25 | 1 |
| Solución C | 0,100 | 0,017 | 0,053 | 0,060 | 0,23 | 2 |
| Solución D | 0,067 | 0,017 | 0,053 | 0,020 | 0,16 | 4 |
| Solución E | 0,033 | 0,033 | 0,027 | 0,090 | 0,18 | 3 |

ANEXO A.3: Concepto 3) Sistema de anclaje

1. Evaluación del peso específico de cada criterio

| adaptabilidad > facilidad de instalación > costo > mantenimiento | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Costo | Adaptabilidad | Facilidad de Instalción | Mantenimiento | Suma+1 | Ponderado del Criterio |
| Costo | | 0 | 0 | 1 | 2 | 0,2 |
| Adaptabilidad | 1 | | 1 | 1 | 4 | 0,4 |
| Facilidad de Instalción | 0 | 1 | | 1 | 3 | 0,3 |
| Mantenimiento | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0,1 |
| | | | | | 10 | 1 |

2. Evaluación del peso específico del criterio Costo

| solución B > solución A = solución C > solución D > solución E | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Solución A | Solución B | Solución C | Suma+1 | Ponderado de la Calificación |
| Solucion A | | 0 | 1 | 2 | 0,33 |
| Solucion B | 1 | | 1 | 3 | 0,50 |
| Solucion C | 0 | 0 | | 1 | 0,17 |
| | | | | 6 | 1 |

3. Evaluación del peso específico del criterio Adaptabilidad

| solución C = solución D > solución E > solución A = solución B | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Solución A | Solución B | Solución C | Suma+1 | Ponderado de la Calificación |
| Solucion A | | 0 | 1 | 2 | 0,33 |
| Solucion B | 1 | | 1 | 3 | 0,50 |
| Solucion C | 0 | 0 | | 1 | 0,17 |
| | | | | 6 | 1,00 |

4. Evaluación del peso específico del criterio Facilidad de instalación

| solución B > solución C > solución A = solución D > solución E | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Solución A | Solución B | Solución C | Suma+1 | Ponderado de la Calificación |
| Solucion A | | 1 | 1 | 3 | 0,50 |
| Solucion B | 0 | | 1 | 2 | 0,33 |
| Solucion C | 0 | 0 | | 1 | 0,17 |
| | | | | 6 | 1 |

5. Evaluación del peso específico del criterio Mantenimiento

| solución B = solución A > solución C = solución D > solución E | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Solución A | Solución B | Solución C | Suma+1 | Ponderado de la Calificación |
| Solucion A | | 0,5 | 1 | 2,5 | 0,42 |
| Solucion B | 0,5 | | 1 | 2,5 | 0,42 |
| Solucion C | 0 | 0 | | 1 | 0,17 |
| | | | | 6 | 1 |

6. Tabla de conclusiones

| CRITERIO | Costo | Adaptabilidad | Facilidad de instalación | Mantenimiento | SUMA DE LOS PRODUCTOS | PRIORIDAD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Solucion A | 0,067 | 0,133 | 0,150 | 0,042 | 0,39 | 2 |
| Solucion B | 0,100 | 0,200 | 0,100 | 0,042 | 0,44 | 1 |
| Solucion C | 0,033 | 0,067 | 0,050 | 0,017 | 0,17 | 3 |

ANEXO A.4: Concepto 4) Sistema de extracción de desechos

1. Evaluación del peso específico de cada criterio

| facilidad de implementación > costo > adaptabilidad > facilidad del operador | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Costo | Facilidad para el operador | Facilidad de implementación | Adaptabilidad (a otros ríos) | Suma+1 | Ponderado del Criterio |
| Costo | | 1 | 0 | 1 | 3 | 0,3 |
| Facilidad para el operador | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0,1 |
| Facilidad de implementación | 1 | 1 | | 1 | 4 | 0,4 |
| Adaptabilidad (a otros ríos) | 0 | 1 | 0 | | 2 | 0,2 |
| | | | | | 10 | 1 |

2. Evaluación del peso específico del criterio Costo

| solución B > solución A = solución C > solución D > solución E | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Solución A | Solución B | Solución C | Solución D | Solución E | Suma+1 | Ponderado de la Calificación |
| Solución A | | 1 | 1 | 1 | 0 | 4 | 0,27 |
| Solución B | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,07 |
| Solución C | 0 | 1 | | 0 | 0 | 2 | 0,13 |
| Solución D | 0 | 1 | 1 | | 0 | 3 | 0,20 |
| Solución E | 1 | 1 | 1 | 1 | | 5 | 0,33 |
| | | | | | | 15 | 1,00 |

3. Evaluación del peso específico del criterio Facilidad para el operador

| solución C = solución D > solución E > solución A = solución B | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Solución A | Solución B | Solución C | Solución D | Solución E | Suma+1 | Ponderado de la Calificación |
| Solución A | | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 0,33 |
| Solución B | 0 | | 0 | 0 | 1 | 2 | 0,13 |
| Solución C | 0 | 1 | | 1 | 1 | 4 | 0,27 |
| Solución D | 0 | 1 | 0 | | 1 | 3 | 0,20 |
| Solución E | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0,07 |
| | | | | | | 15 | 1,00 |

4. Evaluación del peso específico del criterio Facilidad de implementación

| solución B > solución C > solución A = solución D > solución E | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Solución A | Solución B | Solución C | Solución D | Solución E | Suma+1 | Ponderado de la Calificación |
| Solución A | | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 0,33 |
| Solución B | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,07 |
| Solución C | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0,07 |
| Solución D | 1 | 1 | 1 | | 0 | 4 | 0,27 |
| Solución E | 0 | 1 | 1 | 1 | | 4 | 0,27 |
| | | | | | | 15 | 1,00 |

5. Evaluación del peso específico del criterio Adaptabilidad

| solución B = solución A > solución C = solución D > solución E | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CRITERIO | Solución A | Solución B | Solución C | Solución D | Solución E | Suma+1 | Ponderado de la Calificación |
| Solución A | | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0,21 |
| Solución B | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,07 |
| Solución C | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0,07 |
| Solución D | 1 | 1 | 1 | | 0 | 4 | 0,29 |
| Solución E | 1 | 1 | 1 | 1 | | 5 | 0,36 |
| | | | | | | 14 | 1,00 |

6. Tabla de conclusiones

| CRITERIO | Tamaño y Peso | Fácil Mantenimiento | Adaptabilidad al entorno | Implementación IA | SUMA DE LOS PRODUCTOS | PRIORIDAD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Solución A | 0,080 | 0,033 | 0,133 | 0,004 | 0,29 | 1 |
| Solución B | 0,020 | 0,013 | 0,027 | 0,000 | 0,07 | 2 |
| Solución C | 0,040 | 0,027 | 0,027 | 0,001 | 0,11 | 3 |
| Solución D | 0,060 | 0,020 | 0,107 | 0,002 | 0,24 | |
| Solución E | 0,100 | 0,007 | 0,107 | 0,001 | 0,28 | |

ANEXO A.5: Concepto 5) Fuente de Energía

1. Evaluación del peso específico de cada criterio

| Costo > Eficiencia > Mantenimiento > Impacto Ambiental > Adaptabilidad | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **CRITERIO** | **Costo** | **Adaptabilidad** | **Impacto ambiental** | **Mantenimiento** | **Eficiencia** | **Suma+1** | **Ponderado del Criterio** |
| Costo | | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 4.5 | 0.30 |
| Adaptabilidad | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.07 |
| Impacto ambiental | 0 | 1 | | 0.5 | 0 | 2.5 | 0.17 |
| Mantenimiento | 0 | 1 | 0.5 | | 0.5 | 3 | 0.20 |
| Eficiencia | 0.5 | 1 | 1 | 0.5 | | 4 | 0.27 |
| | | | | | | 15 | 1.00 |

2. Evaluación del peso específico del criterio Costo

| solución A > solución C > solución D > solución B | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **CRITERIO** | **Solución A** | **Solución B** | **Solución C** | **Solución D** | **Suma+1** | **Ponderado de la Calificación** |
| Solución A | | 1 | 1 | 1 | 4 | 0.40 |
| Solución B | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0.10 |
| Solución C | 0 | 1 | | 1 | 3 | 0.30 |
| Solución D | 0 | 1 | 0 | | 2 | 0.20 |

3. Evaluación del peso específico del criterio Adaptabilidad

| solución A > solución C > solución B > solución D | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **CRITERIO** | **Solución A** | **Solución B** | **Solución C** | **Solución D** | **Suma+1** | **Ponderado de la Calificación** |
| Solución A | | 1 | 1 | 1 | 4 | 0.40 |
| Solución B | 0 | | 0 | 1 | 2 | 0.20 |
| Solución C | 0 | 1 | | 1 | 3 | 0.30 |
| Solución D | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0.10 |
| | | | | | 10 | 1.00 |

4. Evaluación del peso específico del criterio Impacto Ambiental

| solución C > solución D > solución A > solución B | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **CRITERIO** | **Solución A** | **Solución B** | **Solución C** | **Solución D** | **Suma+1** | **Ponderado de la Calificación** |
| Solución A | | 1 | 0 | 0 | 2 | 0.20 |
| Solución B | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0.10 |
| Solución C | 1 | 1 | | 1 | 4 | 0.40 |
| Solución D | 1 | 1 | 0 | | 3 | 0.30 |
| | | | | | 10 | 1.00 |

5. Evaluación del peso específico del criterio Mantenimiento

| solución A > solución C > solución B > solución D | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **CRITERIO** | **Solución A** | **Solución B** | **Solución C** | **Solución D** | **Suma+1** | **Ponderado de la Calificación** |
| Solución A | | 1 | 1 | 1 | 4 | 0.40 |
| Solución B | 0 | | 0 | 1 | 2 | 0.20 |
| Solución C | 0 | 1 | | 1 | 3 | 0.30 |
| Solución D | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0.10 |
| | | | | | 10 | 1.00 |

6. Evaluación del peso específico del criterio Eficiencia

| solución A > solución C > solución B > solución D | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **CRITERIO** | **Solución A** | **Solución B** | **Solución C** | **Solución D** | **Suma+1** | **Ponderado de la Calificación** |
| Solución A | | 1 | 1 | 1 | 4 | 0.40 |
| Solución B | 0 | | 0 | 1 | 2 | 0.20 |
| Solución C | 0 | 1 | | 1 | 3 | 0.30 |
| Solución D | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0.10 |
| | | | | | 10 | 1.00 |

7. Tabla de conclusiones

| CRITERIO | Costo | Adaptabilidad | Impacto Ambiental | Mantenimiento | Eficiencia | SUMA DE LOS PRODUCTOS | PRIORIDAD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Solución A | 0.12 | 0.03 | 0.03 | 0.08 | 0.11 | 0.37 | 1 |
| Solución B | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.04 | 0.05 | 0.15 | 4 |
| Solución C | 0.09 | 0.02 | 0.07 | 0.06 | 0.08 | 0.32 | 2 |
| Solución D | 0.06 | 0.01 | 0.05 | 0.02 | 0.03 | 0.16 | 3 |

# 7 ANEXO B. DIBUJO CAD PARA DIMENSIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO RECOLECTOR.

A continuación, se muestra el diagrama para dimensionar el dispositivo en base a las medidas obtenidas de los componentes que se van a reutilizar, y ciertas consideraciones de diseño.

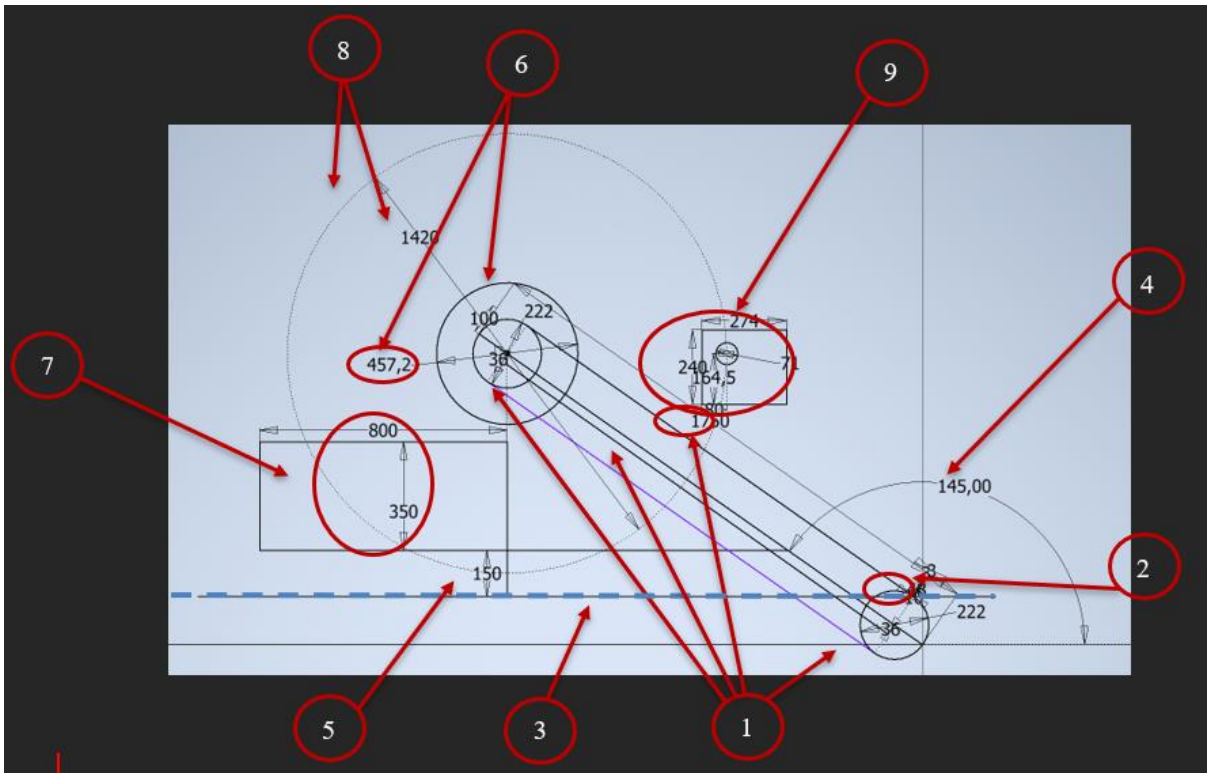



*Figura 95. Dibujo CAD para dimensionamiento del dispositivo recolector.*

1. **Banda transportadora:** Como punto de partida para diseñar y dimensionar el dispositivo, se hizo un dibujo a escala de la banda. En base a estas medidas, y ciertas dimensiones propuestas, se dimensionaron los demás componentes. La banda tiene una longitud de extremo a extremo de 1750 [mm] sin tensar. Así mismo, el diámetro de los rodillos más el grosor de la banda transportadora dan un diámetro de 222 [mm].

2. **Dientes de recolección de banda:** Para definir la altura de la estructura, como también el ángulo de banda recolectora respecto al nivel del agua, se dibujó un diente en el extremo que estará sumergido. Con la altura del diente, se pudo definir en donde se quería que esté el nivel de agua para que estos puedan recoger los desechos flotantes sin dificultad.
3. **Nivel del agua:** El nivel del agua se dibujó de forma que la base del diente que sale del rodillo inferior y sube los desechos quede tangente a este nivel.
4. **Ángulo de la banda recolectora respecto al nivel del agua:** Con la banda y el diente de recolección, se decidió un ángulo respecto al nivel del agua de 35°. Este ángulo todavía permite una apta recolección de desechos, pero también permite tener la mayor altura de la canasta de recolección. Un menor ángulo facilitaría la extracción de desechos, pero provocaría una disminución considerable en el volumen de la canasta recolectora, debido a la reducción de altura. Por otro lado, un mayor ángulo de la banda respecto a la horizontal comprometería la capacidad de extracción de desechos.
5. **Altura de la estructura metálica respecto al nivel del agua:** Para definir las dimensiones de la estructura metálica, se tenía que establecer una altura entre la estructura y el nivel del agua. Esta altura se propuso de 150 [mm]. Se consideró apropiada, ya que permitiría una altura de la canasta de recolección de 350 [mm], y también distancia suficiente para la conexión entre la estructura y flotadores, y la parte no sumergida de estos.
6. **Polea de movimiento banda recolectora:** La polea de movimiento se dibujó con el objetivo de dimensionar la canasta recolectora y su posición, de forma que no interfiera con la polea al momento de ser extraída y reinsertada.

7. **Dimensionamiento de canasta recolectora:** Con las dimensiones de la polea de la banda y el nivel de la estructura, se estableció una dimensión lateral de la canasta de 350 [mm] por 800 [mm]. Con una profundidad de 800[mm] se tendría un volumen de recolección aproximado de 0.224 [$m^2$], lo que es equivalente a 224 litros.
8. **Rango entre polea de banda y polea de motor DC:** Para colocar la caja de electrónicos se partió del rango que se tiene entre poleas de movimiento, dado por la banda. Una vez desarmada la estructura y con los componentes individuales, se midió la distancia entre ejes de las poleas con la banda sin tensar. La distancia de 710 [mm] proporcionaba un rango para colocar la canasta de electrónicos, manteniendo tanto la banda de movimiento como las poleas del motor y de la banda recolectora.
9. **Posición de caja de electrónicos:** Con el rango dado por la distancia entre ejes de las poleas, se colocó la caja de electrónicos en la parte delantera de la estructura. Esto para obtener un centro de gravedad centrado/levemente desplazado hacia adelante en la estructura, y lo más cercano al nivel del agua. Esto para bajar el centro de gravedad y asegurar una alta estabilidad. Finalmente, se decidió colocar la caja de electrónicos a una distancia de aproximadamente 25 [cm] de la banda recolectora, de forma perpendicular, ya que con esta distancia se asegura el paso de todos los desechos planteados para recolectar.

# 8 ANEXO C. PROPIEDADES DEL AGUA - MECÁNICA DE FLUIDOS DE MUNSON, YOUNG, & OKIISHI (2016)

Para realizar los cálculos fue necesario determinar las propiedades del agua. Para ello, se utilizó el libro de Mecánica de fluidos de Munson, Young, & Okiishi (2016), y se asumió una temperatura del fluido de 20°C.

Table B.2

**Physical Properties of Water (SI Units)[a]**

| Temperature (°C) | Density, $\rho$ (kg/m$^3$) | Specific Weight[b], $\gamma$ (kN/m$^3$) | Dynamic Viscosity, $\mu$ (N · s/m$^2$) | Kinematic Viscosity, $\nu$ (m$^2$/s) | Surface Tension[c], $\sigma$ (N/m) | Vapor Pressure, $p_v$ [N/m$^2$(abs)] | Speed of Sound[d], $c$ (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 999.9 | 9.806 | 1.787 E − 3 | 1.787 E − 6 | 7.56 E − 2 | 6.105 E + 2 | 1403 |
| 5 | 1000.0 | 9.807 | 1.519 E − 3 | 1.519 E − 6 | 7.49 E − 2 | 8.722 E + 2 | 1427 |
| 10 | 999.7 | 9.804 | 1.307 E − 3 | 1.307 E − 6 | 7.42 E − 2 | 1.228 E + 3 | 1447 |
| 20 | 998.2 | 9.789 | 1.002 E − 3 | 1.004 E − 6 | 7.28 E − 2 | 2.338 E + 3 | 1481 |
| 30 | 995.7 | 9.765 | 7.975 E − 4 | 8.009 E − 7 | 7.12 E − 2 | 4.243 E + 3 | 1507 |
| 40 | 992.2 | 9.731 | 6.529 E − 4 | 6.580 E − 7 | 6.96 E − 2 | 7.376 E + 3 | 1526 |
| 50 | 988.1 | 9.690 | 5.468 E − 4 | 5.534 E − 7 | 6.79 E − 2 | 1.233 E + 4 | 1541 |
| 60 | 983.2 | 9.642 | 4.665 E − 4 | 4.745 E − 7 | 6.62 E − 2 | 1.992 E + 4 | 1552 |
| 70 | 977.8 | 9.589 | 4.042 E − 4 | 4.134 E − 7 | 6.44 E − 2 | 3.116 E + 4 | 1555 |
| 80 | 971.8 | 9.530 | 3.547 E − 4 | 3.650 E − 7 | 6.26 E − 2 | 4.734 E + 4 | 1555 |
| 90 | 965.3 | 9.467 | 3.147 E − 4 | 3.260 E − 7 | 6.08 E − 2 | 7.010 E + 4 | 1550 |
| 100 | 958.4 | 9.399 | 2.818 E − 4 | 2.940 E − 7 | 5.89 E − 2 | 1.013 E + 5 | 1543 |

[a]Based on data from *Handbook of Chemistry and Physics*, 69th Ed., CRC Press, 1988.
[b]Density and specific weight are related through the equation $\gamma = \rho g$. For this table, $g = 9.807$ m/s$^2$.
[c]In contact with air.
[d]Based on data from R. D. Blevins, *Applied Fluid Dynamics Handbook*, Van Nostrand Reinhold Co., Inc., New York, 1984.

*Figura 96. Propiedades físicas del agua (Mecánica de Fluidos by: Munson, Young, & Okiishi, 2016).*

# 9 ANEXO D. PESO DE LA ESTRUCTURA SIN FLOTADORES EN INVENTOR

A continuación, se muestra una captura de pantalla en Inventor donde se resalta la masa del dispositivo sin flotadores. Esta incluye todos los componentes como: estructura metálica, banda, rodillos, caja de electrónicos, motor DC, poleas, ejes, y canasta de recolección. Es importante destacar que no incluye baterías y otros componentes adicionales de fácil instalación o remoción.

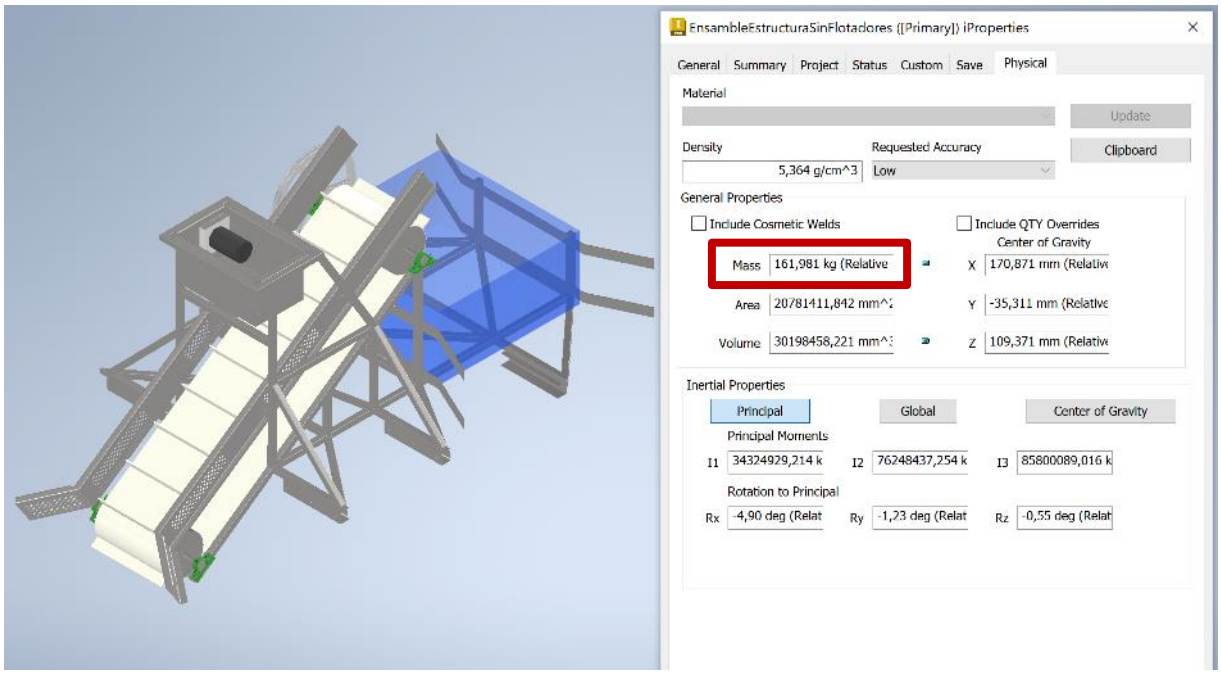



*Figura 97. Peso de la estructura sin flotadores en Autodesk Inventor.*

# 10 ANEXO E. CÁLCULO DE ÁREA SUMERGIDA DE UN FLOTADOR AL ESTAR EL DISPOSITIVO DESCARGADO.

Para calcular el área sumergida de un flotador se dibujó la porción sumergida del cuerpo en Inventor, y, a través de las herramientas del software, se encontró el área en contacto con el fluido. Es importante mencionar que a esta área se le debe restar el área de la parte superior, puesto a que esta no está en contacto con el fluido.

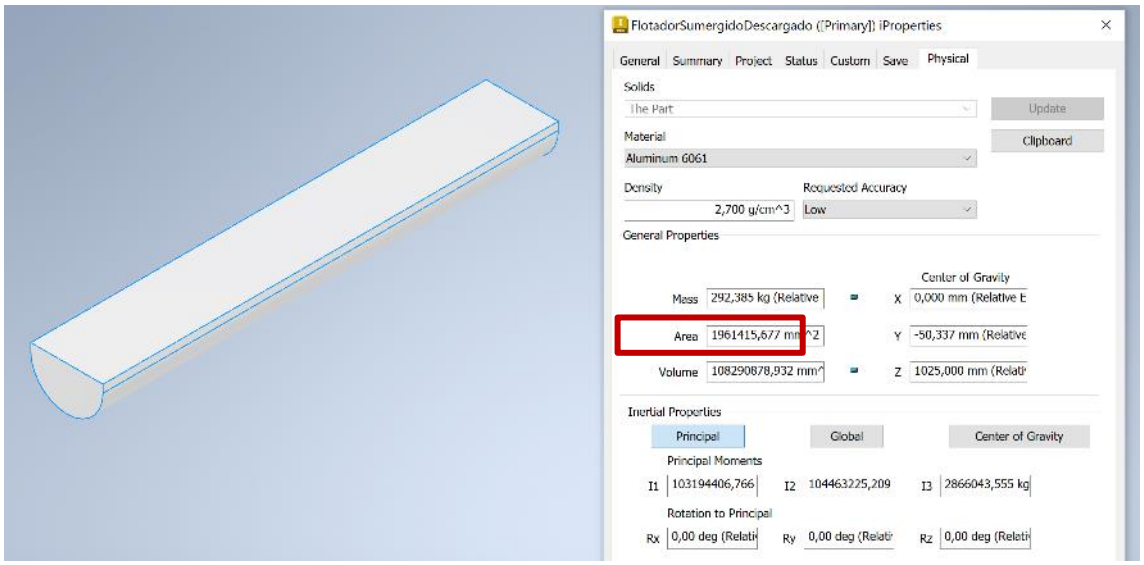



*Figura 98. Área sumergida de un flotador al estar el dispositivo descargado.*

Haciendo la respectiva resta se tiene que el área en contacto con el fluido, $A_{FS}$, es:

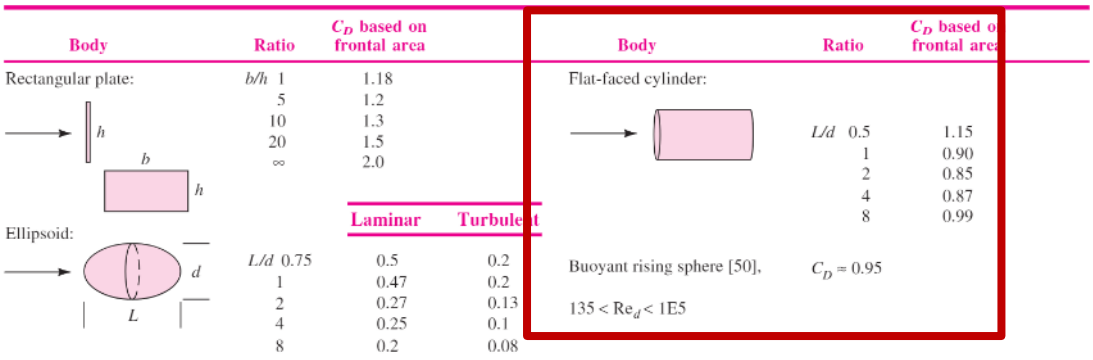
$$A_{FS} = 1.9614\ [\mathrm{m}^2] - (0.3249\ [\mathrm{m}] \times 2.05\ [\mathrm{m}])$$

$$A_{FS} = 1.295\ [\mathrm{m}^2]$$

Con esta área se puede calcular la fuerza de arrastre que se genera sobre un flotador cuando el dispositivo se encuentra descargado.

# 11 ANEXO F. CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE ARRASTRE, $C_D$, PARA FLOTADORES SUMERGIDOS.

El coeficiente de arrastre, $C_D$, se calculará en base a los valores tabulados en el libro *Fluid Mechanics* escrito por Frank M. White (2008). A pesar de que el flotador no es un cilindro, la parte sumergida en el río se asemeja mucho a un medio cilindro; debido a esta similitud, se va utilizar este cuerpo tridimensional para obtener coeficiente de arrastre.



| Body | Ratio | $C_D$ based on frontal area | |
|---|---|---|---|
| Rectangular plate: | $b/h$ 1 | 1.18 | |
| | 5 | 1.2 | |
| | 10 | 1.3 | |
| | 20 | 1.5 | |
| | ∞ | 2.0 | |
| | | Laminar | Turbulent |
| Ellipsoid: | $L/d$ 0.75 | 0.5 | 0.2 |
| | 1 | 0.47 | 0.2 |
| | 2 | 0.27 | 0.13 |
| | 4 | 0.25 | 0.1 |
| | 8 | 0.2 | 0.08 |

| Body | Ratio | $C_D$ based on frontal area |
|---|---|---|
| Flat-faced cylinder: | $L/d$ 0.5 | 1.15 |
| | 1 | 0.90 |
| | 2 | 0.85 |
| | 4 | 0.87 |
| | 8 | 0.99 |
| Buoyant rising sphere [50], $135 < Re_d < 1E5$ | $C_D \approx 0.95$ | |

*Figura 99. Coeficiente de arrastre de cuerpos tridimensionales – Parte 2 (Fluid Mechanics by: Frank M. White, 2008).*

Al tener una longitud de 2.05 [m] y un diámetro característico del perfil del flotador de 0.3249 [m], la relación *L/d* que se obtiene es:

$$\frac{L}{d} = \frac{2.05\ [\text{m}]}{0.3249\ [\text{m}]}$$

$$\frac{L}{d} = 6.31$$

Como se puede observar, este valor no se encuentra en la figura, por lo tanto, se procederá a interpolar para encontrar el coeficiente de arrastre.

$$\frac{6.33 - 4}{C_D - 0.87} = \frac{8 - 4}{0.99 - 0.87}$$

$$C_D = 0.94$$

Con este valor de coeficiente de arrastre, se puede calcular la fuerza de arrastre que se genera sobre un flotador tanto para el caso en el cual está descargado, como también cuando está completamente cargado de desechos.

# 12 ANEXO G. CÁLCULO DE ÁREA SUMERGIDA DE UN FLOTADOR AL ESTAR EL DISPOSITIVO COMPLETAMENTE CARGADO, CASO CRÍTICO.

Para calcular el área sumergida de un flotador en caso crítico, se dibujó la porción sumergida del cuerpo en Inventor, y, a través de las herramientas del software, se encontró el área en contacto con el fluido. Cabe mencionar que a esta área se le debe restar el área de la parte superior, puesto a que esta no está en contacto con el fluido.

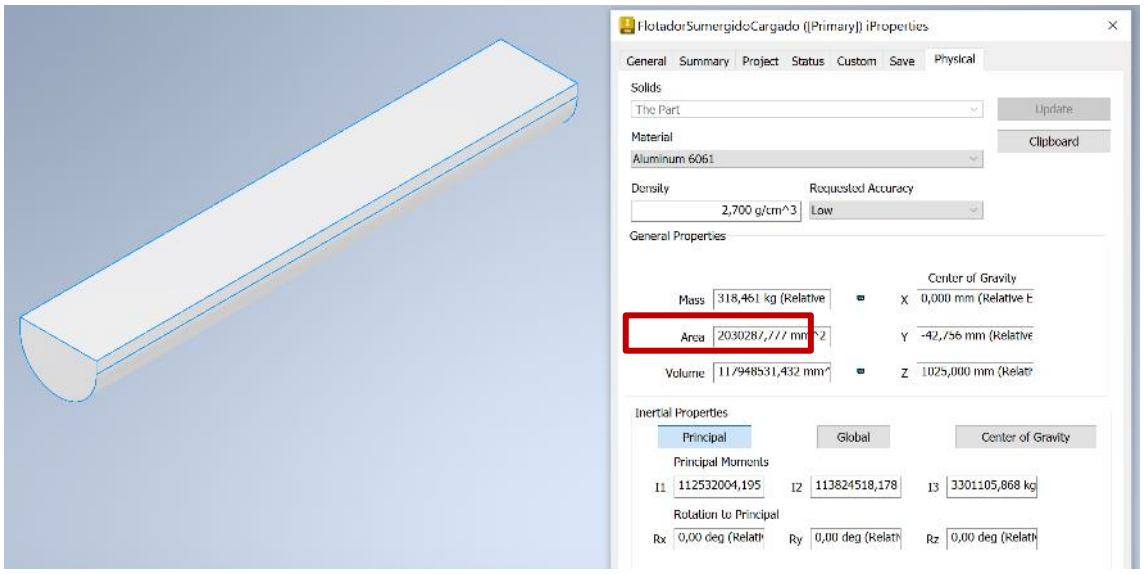



*Figura 100. Área sumergida de un flotador en estado crítico.*

Haciendo la respectiva resta se tiene que el área en contacto con el fluido, $A_{FS_C}$, es:

$$A_{FS} = 2.03029\ [\mathrm{m}^2] - (0.3249\ [\mathrm{m}] \times 2.05\ [\mathrm{m}])$$

$$A_{FS} = 1.364\ [\mathrm{m}^2]$$

Con esta área se puede calcular la fuerza de arrastre que se genera sobre un flotador cuando el dispositivo se encuentra completamente cargado.

# 13 ANEXO H. CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE ARRASTRE, $C_D$, PARA RODILLO DE BANDA RECOLECTORA.

El coeficiente de arrastre para el rodillo de la banda recolectora sumergido, $C_D$, se calculará en base a los valores tabulados en el libro *Fluid Mechanics* escrito por Frank M. White (2008). A pesar de que el rodillo que mueve la banda tiene otros cilindros en sus extremos, el eje pasante del rodillo se va a considerar como un solo cuerpo; es decir, se va a determinar el coeficiente de rozamiento como si fuera solo el rodillo, ignorando el eje.

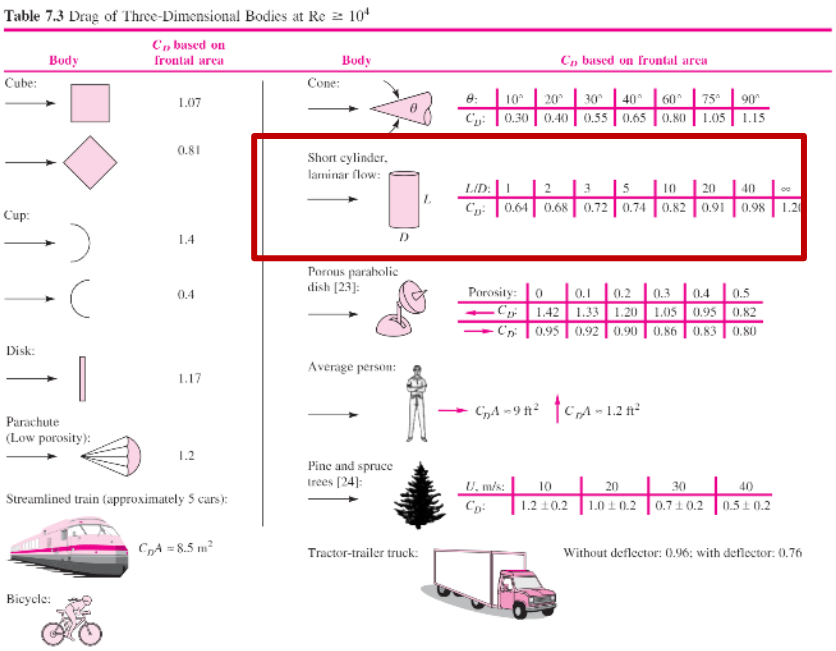



*Figura 101. Coeficiente de arrastre de cuerpos tridimensionales – Parte 1 (Fluid Mechanics by: Frank M. White, 2008).*

Al tener una longitud del rodillo de 0.40 [m] y un diámetro de 0.216 [m], la relación *L/D* obtenida es:

$$\frac{L}{D} = \frac{0.40[\text{m}]}{0.216\ [\text{m}]}$$

$$\frac{L}{D} = 1.85$$

Como se puede observar, este valor no se encuentra en la figura, por lo tanto, se procederá a interpolar para encontrar el coeficiente de arrastre.

$$\frac{1.85 - 1}{C_D - 0.64} = \frac{2 - 1}{0.68 - 0.64}$$

$$C_D = 0.67$$

Con este valor de coeficiente de arrastre, se puede calcular la fuerza de arrastre que se genera sobre un flotador tanto para el caso en el cual está descargado, como también cuando está completamente cargado de desechos.

# 14 ANEXO I. CÁLCULO DE ÁREA SUMERGIDA DE DEL RODILLO INFERIOR QUE MUEVE LA BANDA RECOLECTORA.

Ya que el rodillo se encuentra completamente sumergido, toda el área de este cuerpo provoca una fuerza de arrastre al estar dentro del río. Esta área se la determinó a través de las herramientas de Autodesk Inventor. Es importante recalcar que se considera toda el área del rodillo, incluido el eje, a pesar de que para determinar el coeficiente de arrastre solo se consideró el rodillo.

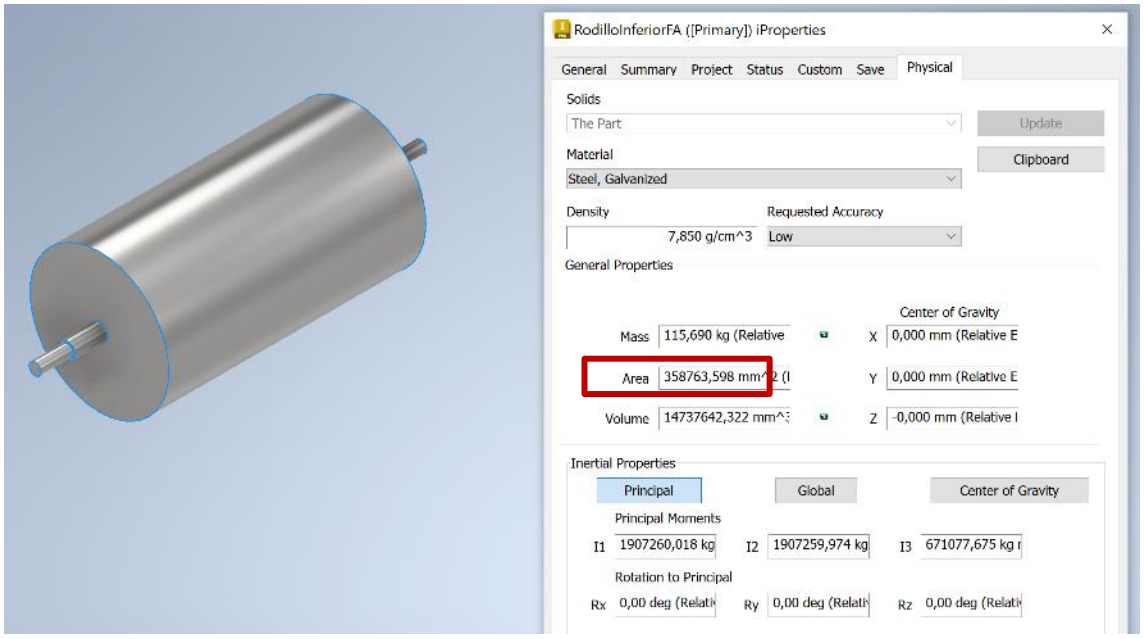



*Figura 102. Área sumergida del rodillo inferior que mueve la banda recolectora.*

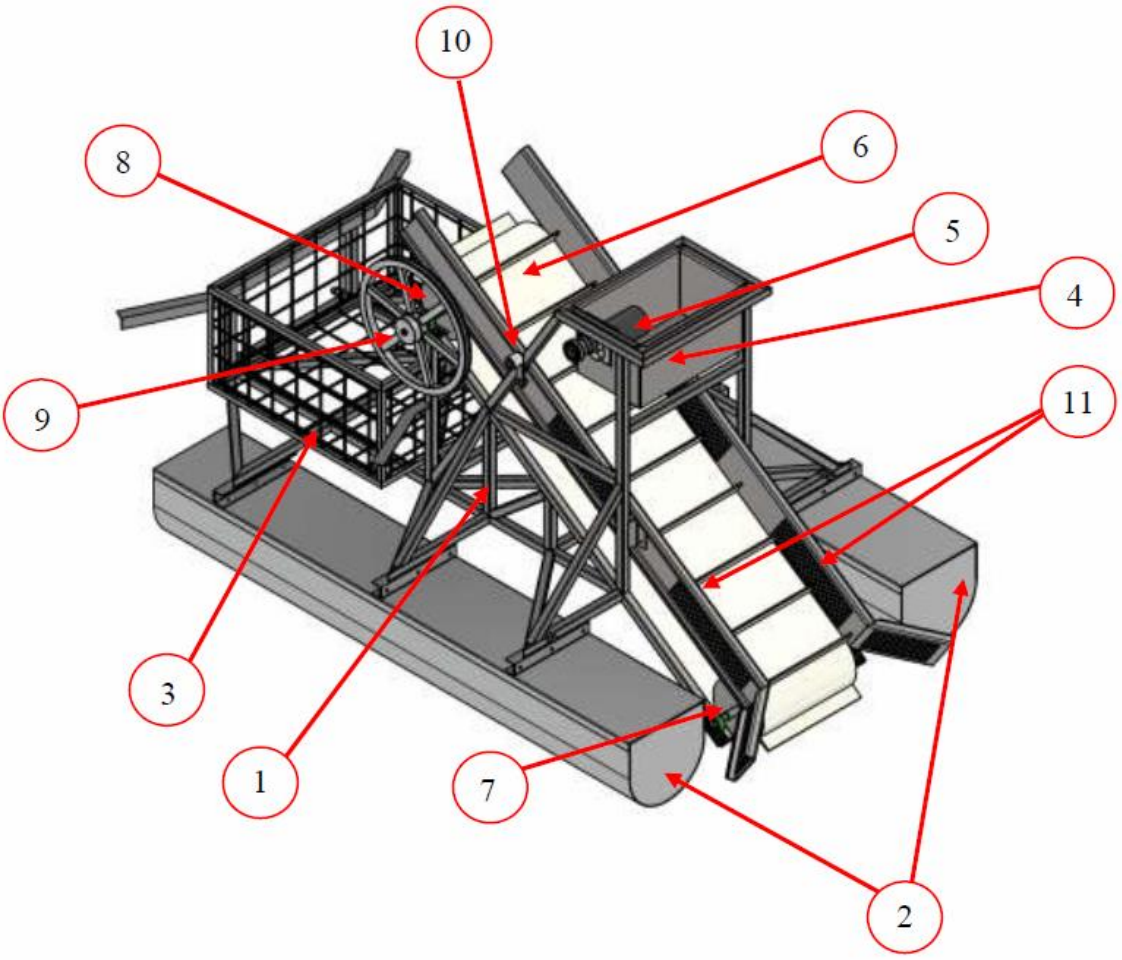
El área del rodillo es:

$$A_{RB} = 0.359 \ [\mathrm{m}^2]$$

# 15 ANEXO J. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

El dispositivo autónomo de recolección de desechos flotantes consta principalmente de dos partes: el dispositivo de recolección y el sistema de extracción. El dispositivo de recolección hace referencia al catamarán/bote con el sistema de banda transportadora, y la canasta de recolección. Por otro lado, el sistema de extracción hace referencia a las dos estructuras tipo torre y el sistema de cables y poleas para poder extraer la canasta una vez esta esté llena de desechos.

►Lista de Componentes Principales – Dispositivo de Recolección

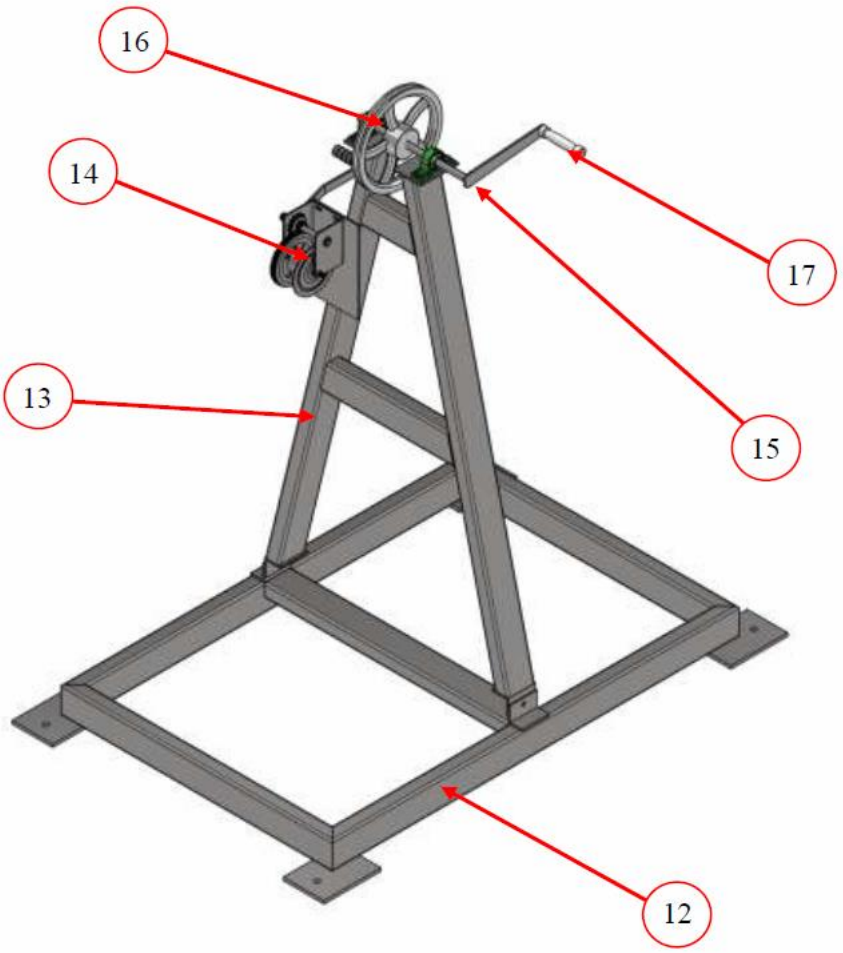



1. Estructura Metálica del sistema (1)
2. Flotador de aluminio (2)

3. Canasta de recolección de desechos (1)
4. Caja contenedora de electrónicos (1)
5. Motor DC 24V con polea (1)
6. Banda transportadora (1)
7. Rodillo inferior (1)
8. Rodillo superior (1)
9. Polea motriz de 18 [in] con canal tipo *V* (1)
10. Tensor de banda motriz (1)
11. Baranda de contención de desechos (2)

►Lista de componentes principales – Sistema de extracción

**Estructura tipo pivotante:**



12. Estructura metálica base (1)

13. Estructura metálica pivotante (1)

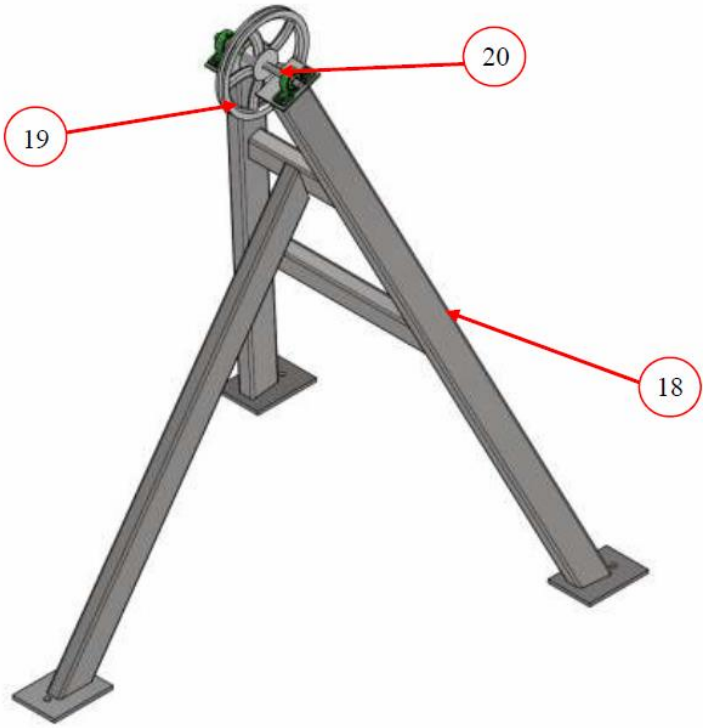
14. Winche manual (1)

15. Eje ¾ [in] con placa manivela (1)

16. Polea con canal tipo V de 12 [in] (1)

17. Manija plástica (1)

**Estructura tipo trípode:**



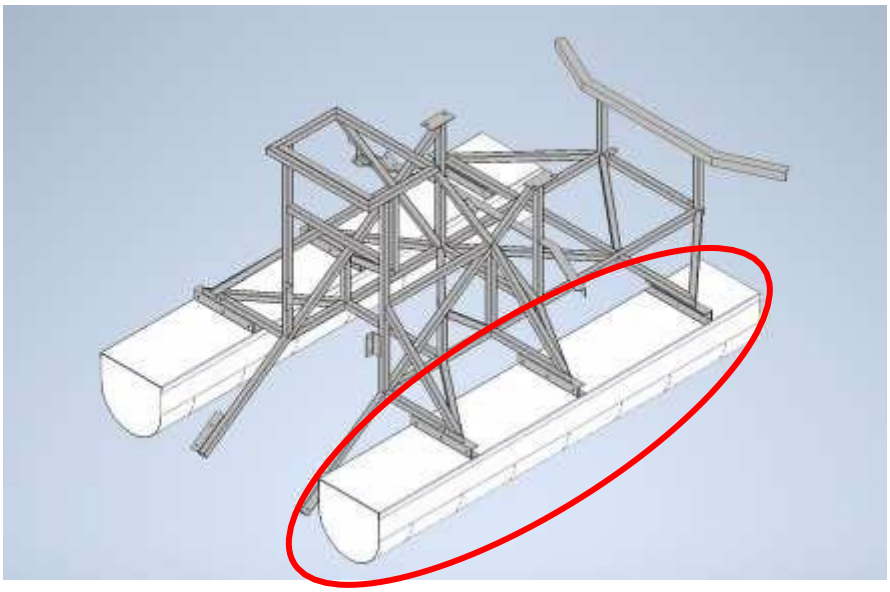

18. Estructura metálica tipo trípode (1)

19. Polea con canal tipo V de 12 [in] (1)

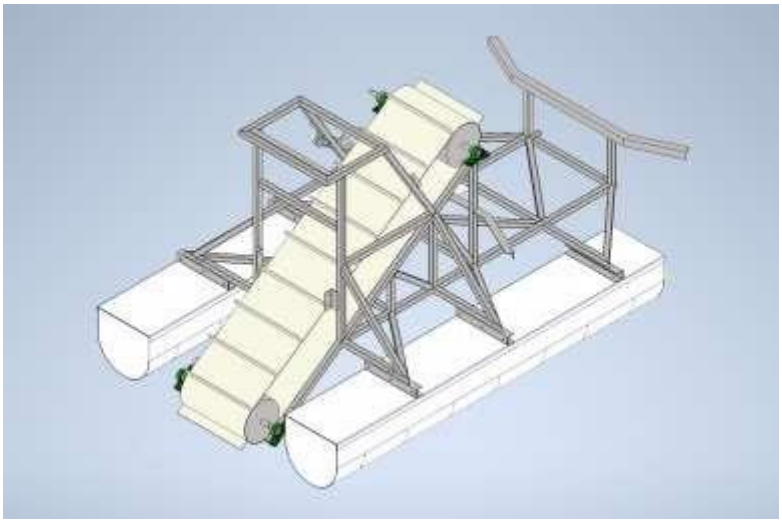
20. Eje ¾ [in] (1)

- **Ensamble del dispositivo de recolección**

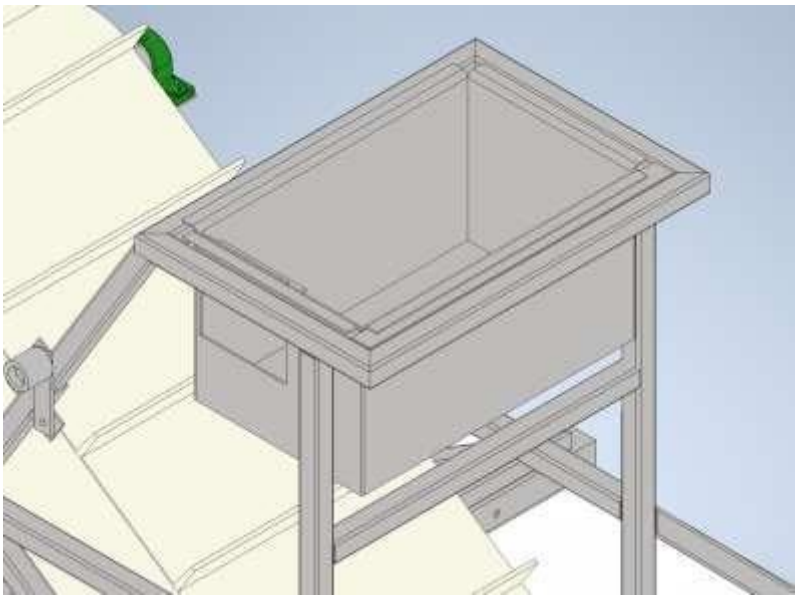
1. **Acoplar los flotadores a la estructura metálica:** Tanto la estructura metálica como los flotadores cuentan con ángulos con agujeros para pernos de acero inoxidable de 3/8 [in]. Cada unión tiene espacio para tres pernos.



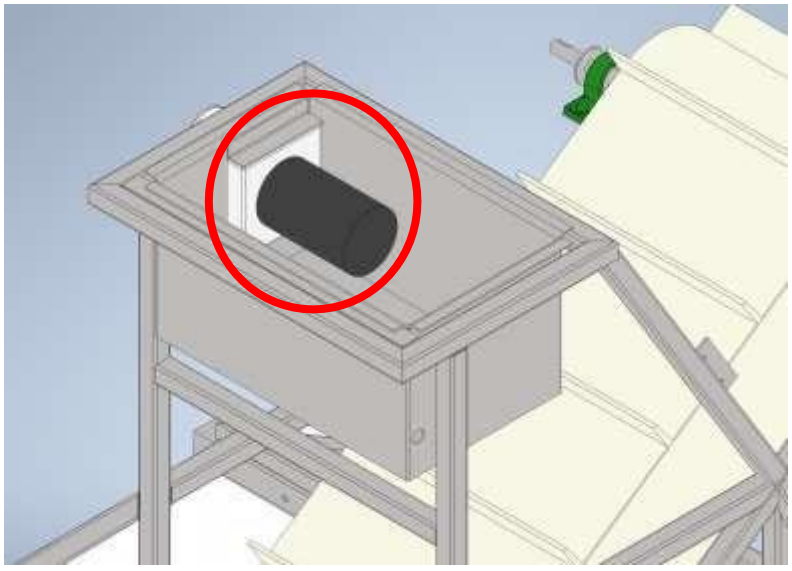
2. **Colocar banda transportadora y rodillos:** Para colocar la banda transportadora y los rodillos es necesario colocar la banda dentro de la estructura y colocar los rodillos dentro de la banda. Una vez estén los rodillos dentro de la banda, se puede empernar las chumaceras a sus respectivas placas en la estructura. Cabe mencionar que los ojos chinos en las chumaceras permiten tensar o destensar la banda transportadora. Las chumaceras tanto del rodillo superior como inferior van empernadas con pernos de acero inoxidable de 3/8 [in].



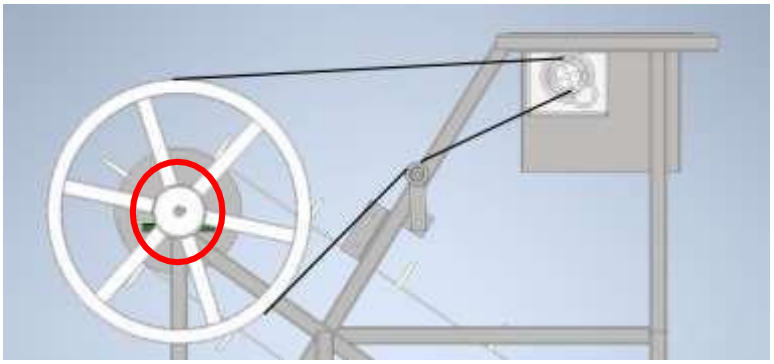
3. **Montar la caja contenedora de electrónicos:** Es importante mencionar que la instalación del motor de 24 V DC debe realizarse una vez la caja ya se encuentre sobre la estructura. Se recomienda además montar la caja sin contenido alguno por facilidad de manejo y seguridad de los componentes electrónicos que van dentro.



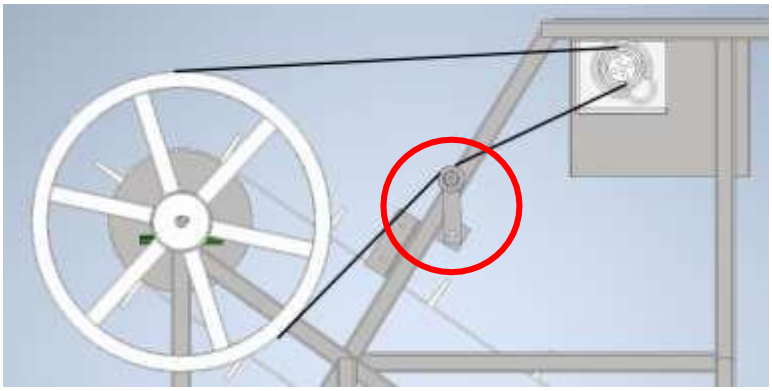
4. **Colocación del motor DC:** El motor cuenta con 4 puntos de sujeción a la caja. Dos superiores, y dos al costado del contenedor.



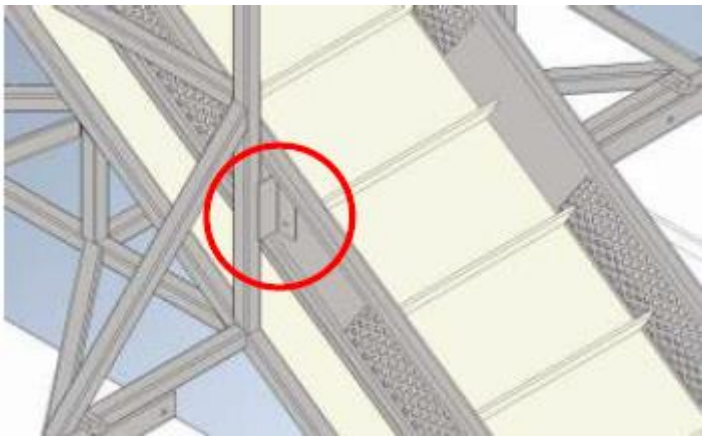
5. **Colocación de polea y banda motriz:** Es importante alinear la polea con el chavetero del eje del rodillo para colocar la chaveta de ¼ [in].

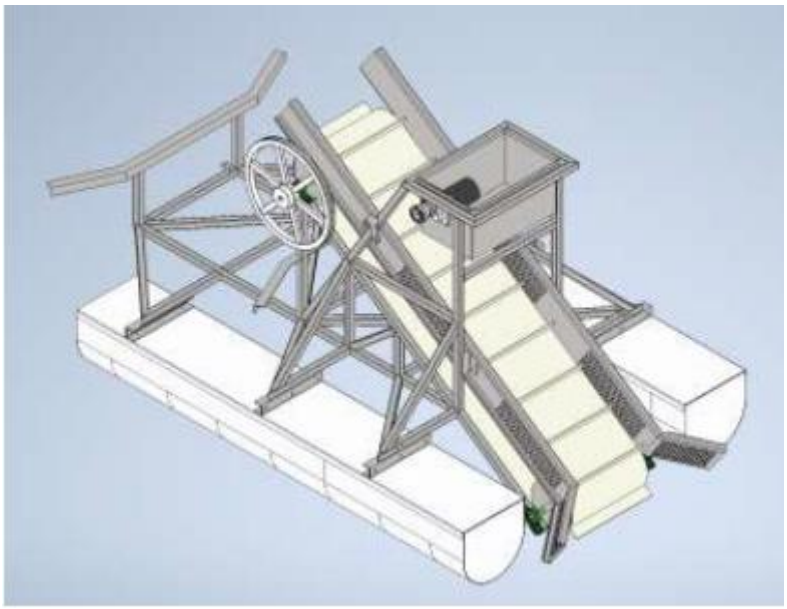


6. **Tensar la banda motriz:** Mediante el desajuste y ajuste de los pernos del sistema de tensión, se puede tensar o destensar la banda motriz.



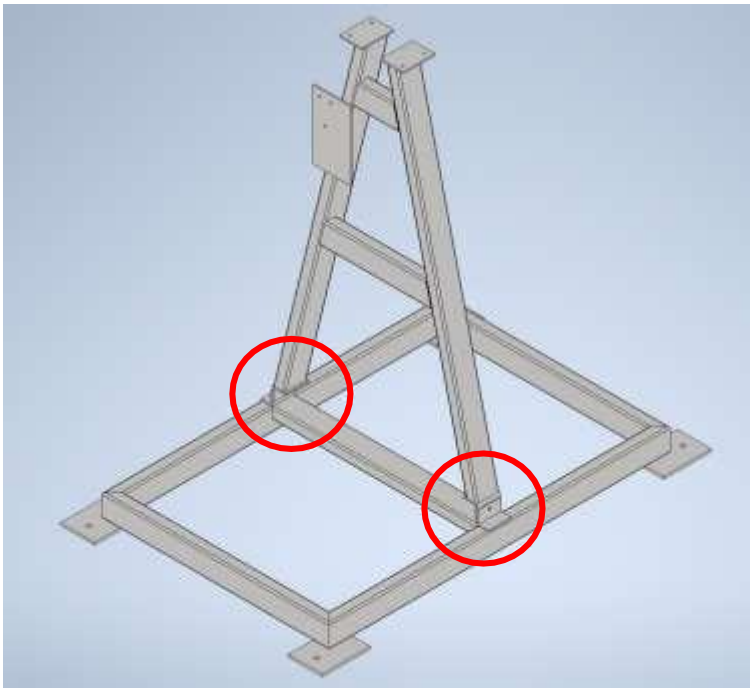
7. **Instalación de barandas de contención de basura:** Cada baranda se sujeta a los costados de la estructura metálica mediante 4 pernos de acero inoxidable de ¼ [in].



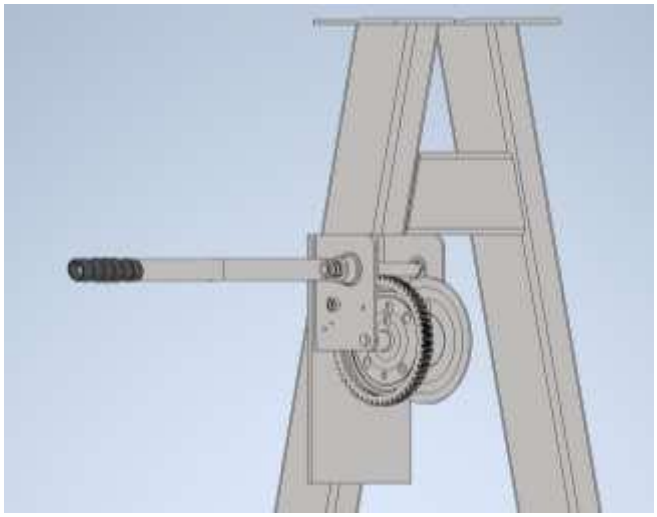


- **<u>Ensamble del dispositivo de extracción:</u>**
  - **Estructura tipo pivotante**

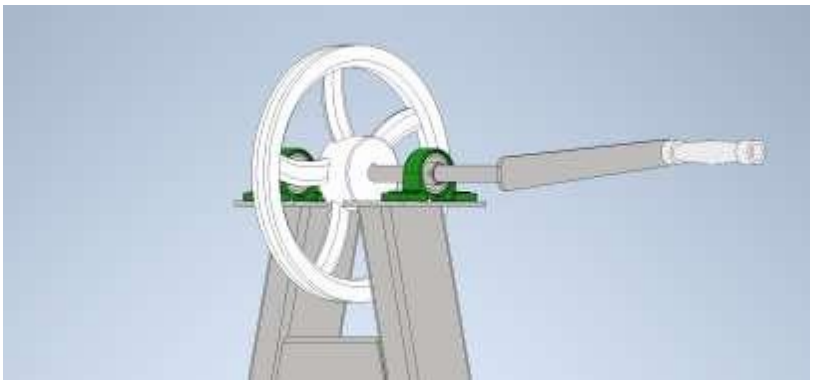
8. **Conectar la estructura metálica base a la estructura metálica pivotante:** El acople se realiza con dos pernos de acero inoxidable de ½ [in]. Se recomienda colocar una arandela entre los ángulos de cada estructura para evitar el rozamiento directo entre estas.

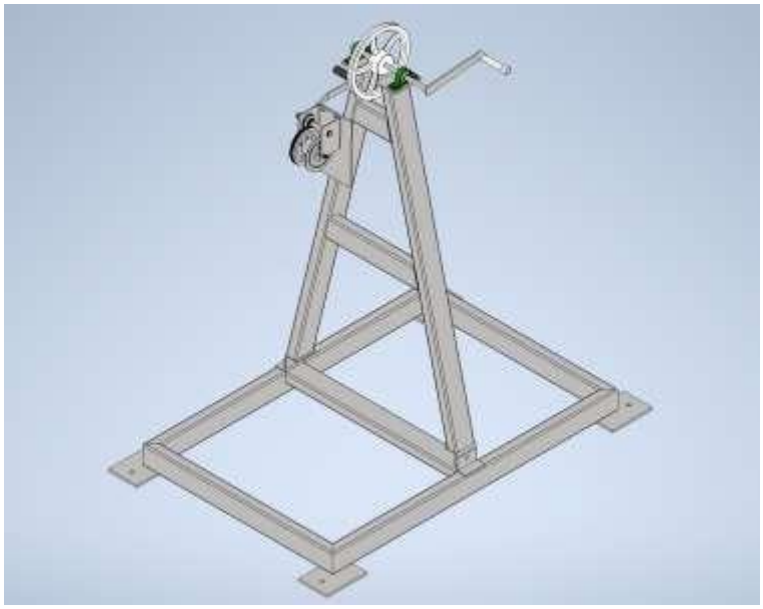


9. **Instalación de la wincha manual:** Esta se acopla a la placa de la estructura pivotante mediante tres pernos de acero inoxidable de 3/8 [in].



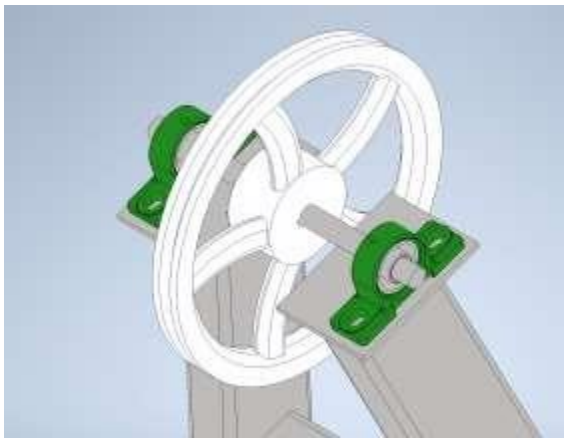
10. **Instalación de la polea:** La polea ya se encuentra armada y asegurada con su chaveta y chumaceras. Así mismo, la manivela ya se encuentra con la manija asegurada. Este conjunto se debe montar alineando los agujeros de las chumaceras con los de las placas respectivas. Se utilizan cuatro pernos de acero inoxidable de 3/8 [in].





- **Estructura tipo trípode**

11. **Instalación de la polea:** La polea ya se encuentra armada y asegurada con su chaveta y chumaceras. Este conjunto se debe montar alineando los agujeros de las chumaceras con los de las placas respectivas. Se utilizan cuatro pernos de acero inoxidable de 3/8 [in].



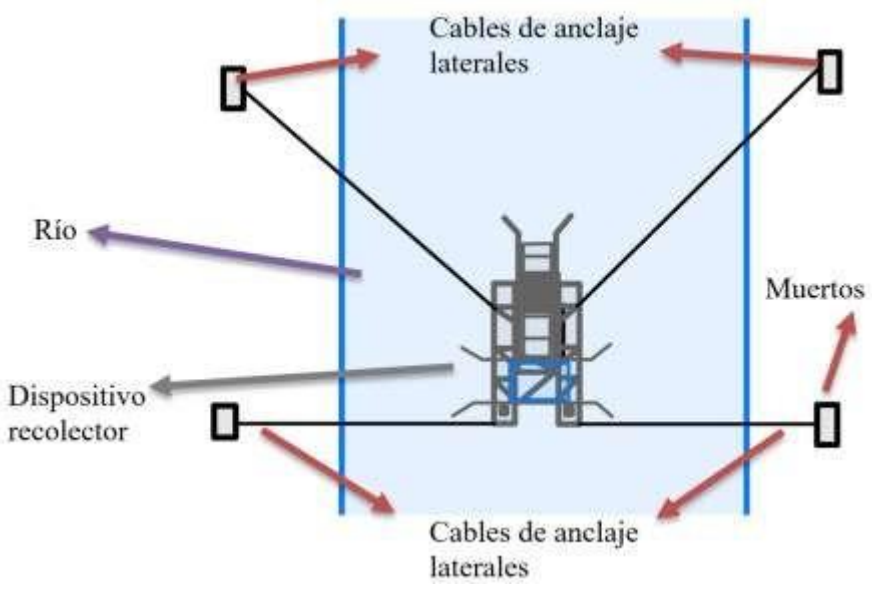
- **<u>Instalación del dispositivo de recolección de desechos flotantes</u>**

La instalación del dispositivo de recolección, tanto del catamarán como de las estructuras de extracción de la canasta, depende del río y lugar de instalación. En base a estos, se puede determinar la cantidad de cable necesario para el sistema de extracción, o la cantidad de cable necesario para el sistema de anclaje, por ejemplo.

Para conocer valores como la cantidad de cable, nivel/posición final de la canasta, y fuerzas de reacción en el sistema de extracción, se puede hacer referencia a la sección de cálculos del trabajo escrito, tabla 11.

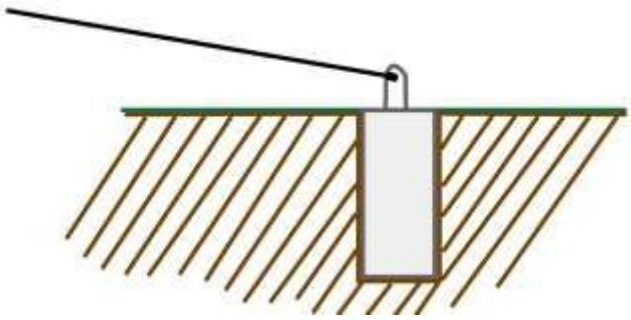
A continuación, los pasos generales para la instalación del equipo en su respectivo lugar de funcionamiento.

1. **Colocación del dispositivo de recolección:** Para poder instalar todo el dispositivo, primero se debe colocar el catamarán en el río, y fijarlo mediante el sistema de anclaje. La posición del catamarán es clave, puesto a que en base a esta se colocarán las estructuras para la extracción de la canasta de desechos.




***Nota:** Los cables de anclaje laterales superiores permiten colocar una malla que se sumerja en el río, de forma que la basura se guíe a la banda transportadora como un embudo. El objetivo es que se recoja todo el flujo de basura.

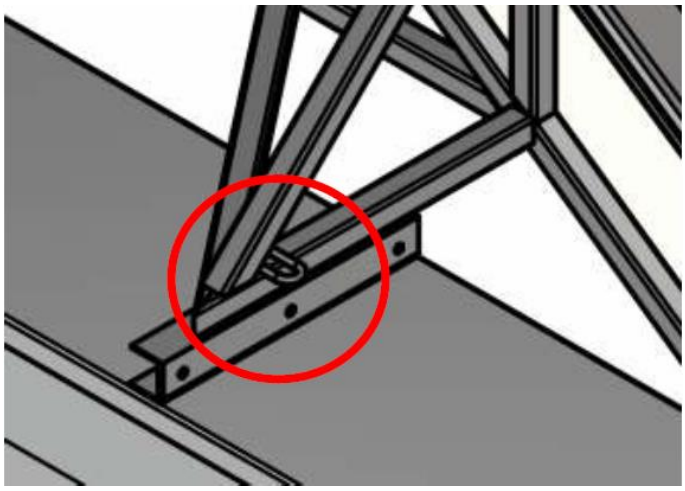
Para asegurar un anclaje firme, se recomienda enterrar en su totalidad los plintos/muertos. Esto aumentará la fuerza que cada uno puede soportar.



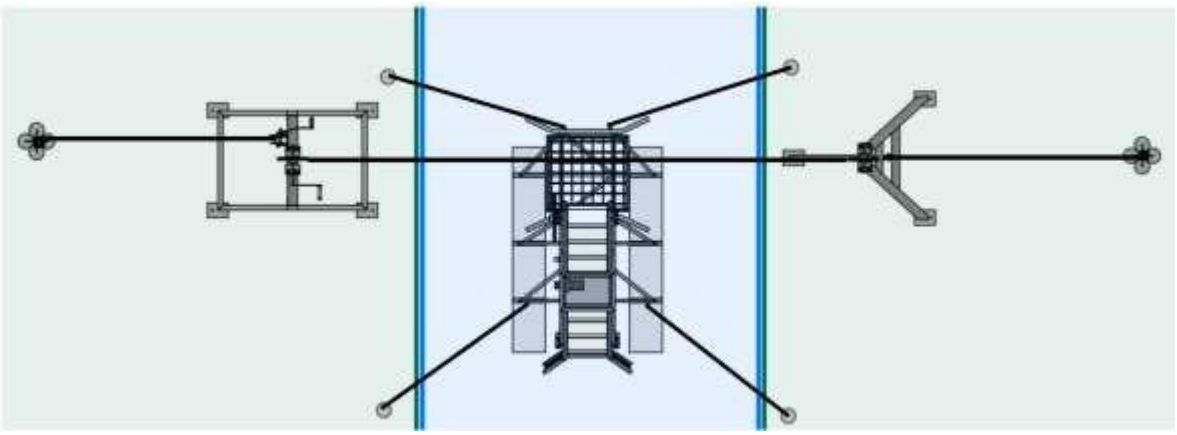
Para asegurar la integridad de la banda y del rodillo inferior, es necesario colocar el dispositivo en un nivel del río que tenga una **profundidad mínima de 40 [cm].**

También se debe procurar que las orillas al costado del río sean lo más planas y extensas posibles para poder instalar las estructuras del sistema de extracción, como también enterrar de forma apropiada los plintos para anclar el catamarán.

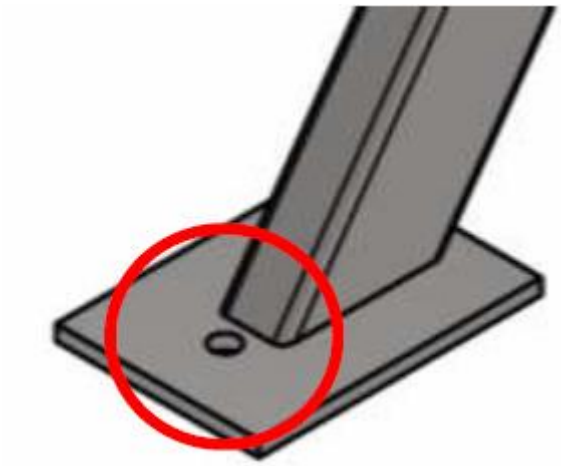
El bote recolector cuenta con cuatro eslabones en sus esquinas. A estos eslabones, se sujeta el cable mediante un guardacabo, y este cable se sujeta a su respectivo plinto de la misma forma.



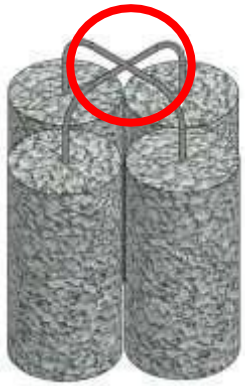
2. **Colocación del sistema de extracción de la canasta de desechos:** Una vez instalado el catamarán, se pueden colocar las estructuras fija y pivotante. Para esto, se las debe colocar alineándolas con la parte posterior del bote, de forma que la canasta pueda entrar fácilmente en su espacio.



Con las estructuras instaladas en su sitio, se las debe fijar mediante estacas y sus respectivos plintos. Ambas estructuras cuentan con placas soldadas en su base, que tiene agujeros de 19 [mm] de diámetro para colocar estacas como varillas o maderos.

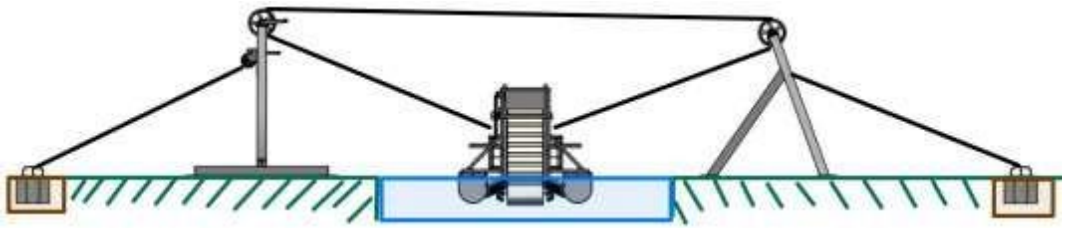


Cada conjunto de anclaje cuenta con 4 plintos de 12 [kg] cada uno, unidos con varilla corrugada y dispuestos de forma que se puedan anclar los cuatro mediante el cable y su guardacabo.



Es de suma importancia enterrar y lanzar el cable de fijación lo más atrás posible respecto a las estructuras, puesto a que esto aumentará su efectividad. Mientras mayor sea la distancia, los plintos podrán soportar más las fuerzas de reacción ocasionadas por el cable que extrae la canasta.

En el caso de la estructura tipo trípode, el cable que va a los plintos se sujeta a la estructura mediante un eslabón soldado en la parte posterior. En el caso del sistema pivotante, el cable que va hacia los plintos es el cable envuelto en la wincha manual. Esto permitirá tensar o destensar el cable que sujeta la canasta de recolección.



*__Nota:__ La distancia mínima para enterrar los plintos y lanzar los cables depende completamente de la cantidad de cable dispuesta para extraer la canasta y la altura que va a descender la misma. Esto porque mientras mayor cable, y menor altura que descienda la canasta, habrá una mayor fuerza de reacción que deberán soportar los cables. **Por seguridad, se recomienda un mínimo de 5 [m] entre el lugar de los plintos y la estructura para cualquier caso.**

- **Funcionamiento, encendido, y apagado del dispositivo de recolección de desechos flotantes**

1. **Encendido del sistema de recolección:** Una vez se cuente con una acumulación considerable de basura, encender el dispositivo de recolección.

Para encender el motor y accionar la banda se sigue el siguiente procedimiento:

   i. Entrar al App mediante el dispositivo electrónico a disposición (únicamente Android).

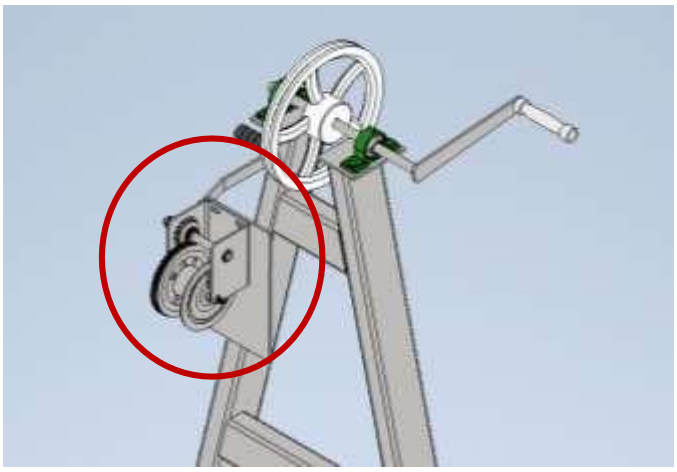
ii. Asegurarse de que el dispositivo esté conectado al catamarán vía Bluetooth. Si no se encuentra conectado, realizar la conexión en la aplicación. El módulo Bluetooth está bajo el nombre HC-05.

iii. Una vez se tenga conexión estable, encender el motor del sistema hasta extraer todos los desechos.

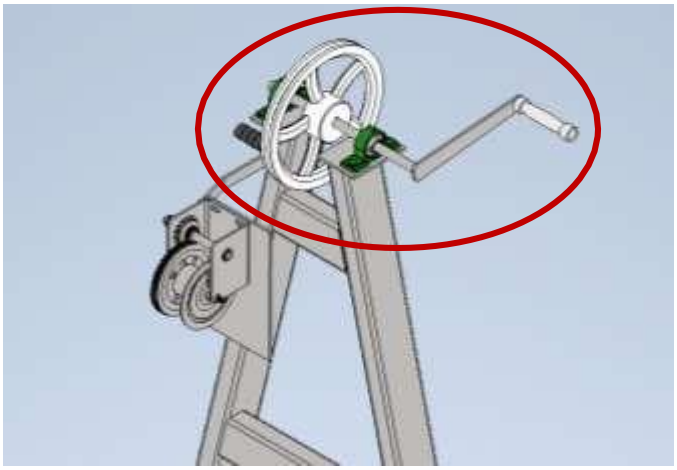
2. **Apagado del sistema de recolección:** Una vez recogidos los desechos acumulados, apagar el dispositivo mediante el App.

***Nota: Se recomienda no tener el motor prendido más de lo necesario para recolectar la basura acumulada frente al dispositivo. Después de 3 horas de uso continuo del motor se deben recargar las baterías.**

3. **Extracción de la canasta con desechos:** Cuando la canasta haya sido completamente llenada, se extrae la canasta. Para esto se sigue el siguiente proceso.
    i. Se tensa el cable de fijación del sistema pivotante mediante la wincha manual. Es importante asegurarse de que la selección del winche esté en la opción de tensado.



    ii. Una vez se haya tensado lo suficiente la canasta se va a elevar. Una vez esté elevada, se extrae la canasta mediante la manivela.



4. **Devolución de la canasta recolectora:** Una vez extraídos los desechos de la canasta, se regresa mediante la manivela la canasta al bote recolector. Una vez que se vea que está debajo de la banda transportadora, se destensa el sistema con la wincha manual, y se permite que la canasta repose sobre el bote recolector. Asegurarse de que la wincha esté seleccionada para destensar.

- **<u>Almacenamiento del dispositivo de recolección de desechos flotantes</u>**

A continuación, ciertas consideraciones para el almacenamiento del sistema.

I. El dispositivo se puede desarmar en su totalidad, por lo que es posible almacenarlo en cualquier espacio en donde entren sus componentes.

II. La canasta de desechos es sumamente rígida, y es una opción para guardar ciertos componentes del sistema, como lo son los rodillos, poleas, banda transportadora, wincha, entro otras.

III. De preferencia, no apoyar objetos pesados sobre los flotadores, para asegurar que las secciones selladas no desarrollen grietas.

IV. Debido a las baterías y componentes eléctricos, es preferible almacenar el dispositivo en un lugar seco.

V. Desconectar las baterías del sistema eléctrico. Cabe mencionar que solo es necesario desconectar una terminal de una batería, pero es importante que los cables no se toquen para evitar cortocircuitos.

- **Información de seguridad para operar el dispositivo de recolección de desechos flotantes**

A continuación, ciertas consideraciones para el uso seguro del sistema recolector.

I. No introducir o acercar objetos o manos al centro de la wincha manual.

II. No introducir o acercar objetos o manos a las poleas de las estructuras del sistema de extracción.

III. Evitar la manipulación del sistema electrónico, a menos que sea para extraer y recargar baterías. Muy importante evitar la manipulación cerca del río.

IV. Al momento de regresar las baterías asegurarse de que la correcta conexión de los cables. En el caso de que estos no se conecten de manera correcta se podría quemar el sistema.

V. Manipular los elementos electrónicos con el sistema apagado, y de preferencia el dispositivo Bluetooth desconectado.

- **Mantenimiento del dispositivo de recolección de desechos flotantes**

A continuación, ciertas recomendaciones de mantenimiento para asegurar la integridad y óptimo funcionamiento del equipo.

I. Las herramientas necesarias para el mantenimiento del equipo son las siguientes.

   i. Dos juegos de llaves o rachas.

   ii. Juego de llaves Allen.

   iii. Destornillador plano y de estrella.

   iv. Aceite WD40.

II. El dispositivo de extracción, al tener varias partes móviles y trabajar constantemente en contacto con el agua, se debe lubricar de forma continua. Se recomienda aplicar lubricantes como WD40 o similares **cada dos semanas**, para asegurar la integridad de los componentes y el equipo.

III. El dispositivo es de acero estructural con una base de primer para protección ante la corrosión, y un acabado con pintura poliuretano. Se recomienda pasar una mano de pintura **cada tres meses** para asegurar que la estructura no se corroa.

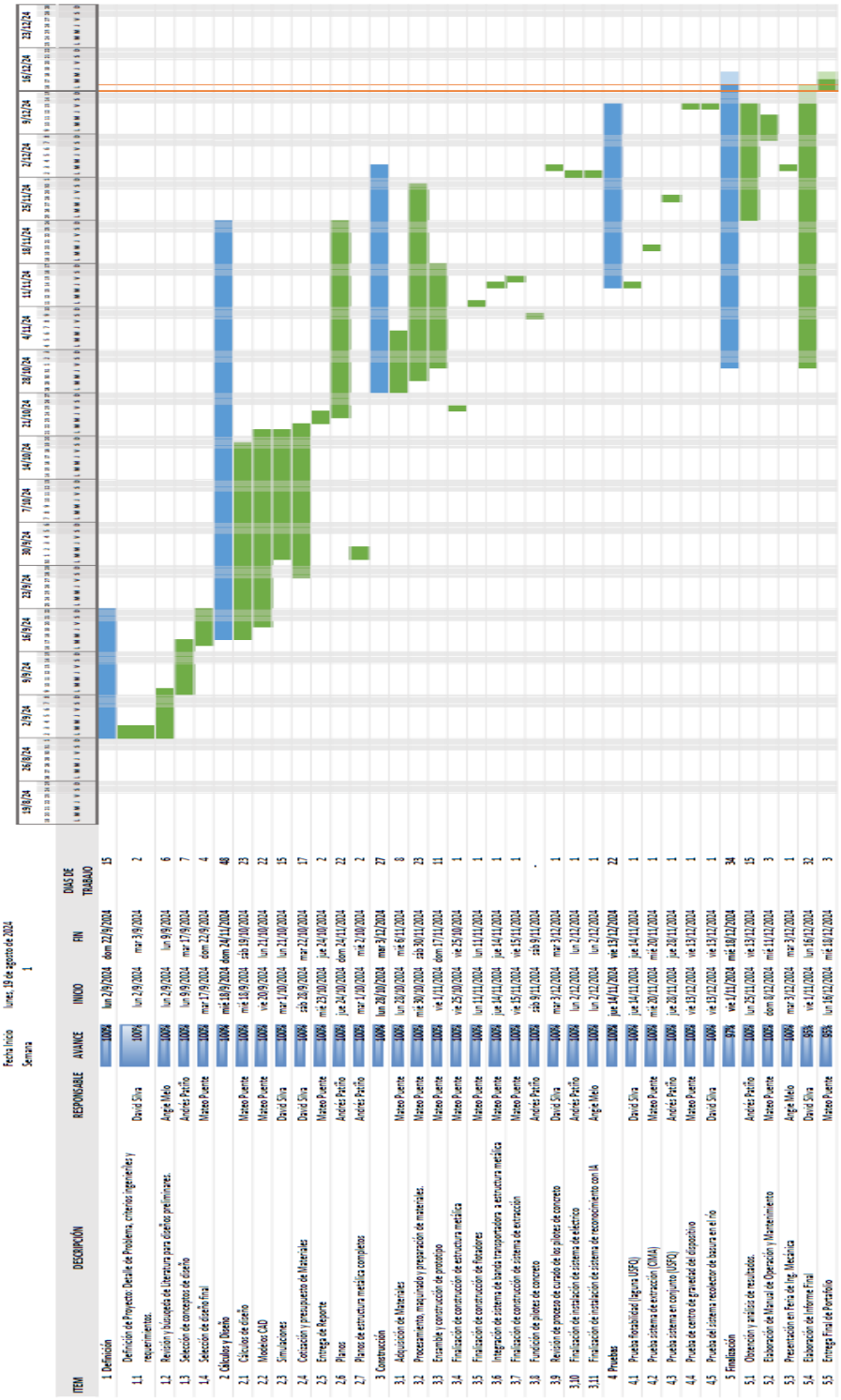
IV. A menos que no se vea un golpe o grieta en los flotadores, se recomienda no abrir ni manipular los mismos. Esto debido a que el sellante de tipo silicona se deberá romper para abrir las tapas superiores.

V. Aplicar grasa a las chumaceras de forma continua. Se recomienda extraer el catamarán para colocar grasa en las chumaceras al menos **cada dos semanas**.

VI. Si es necesario extraer las baterías para recargarlas o cambiarlas, se deberán desconectar todos los cables que llegan a estas. Se recomienda no manipular o desconectar ningún otro componente del sistema eléctrico para asegurar la integridad del equipo.

# 16 ANEXO K. DETALLES DE DIAGRAMA DE GANTT Y PRESUPUESTO

A continuación, se adjunta el cronograma en forma de diagrama de Gantt a detalle:



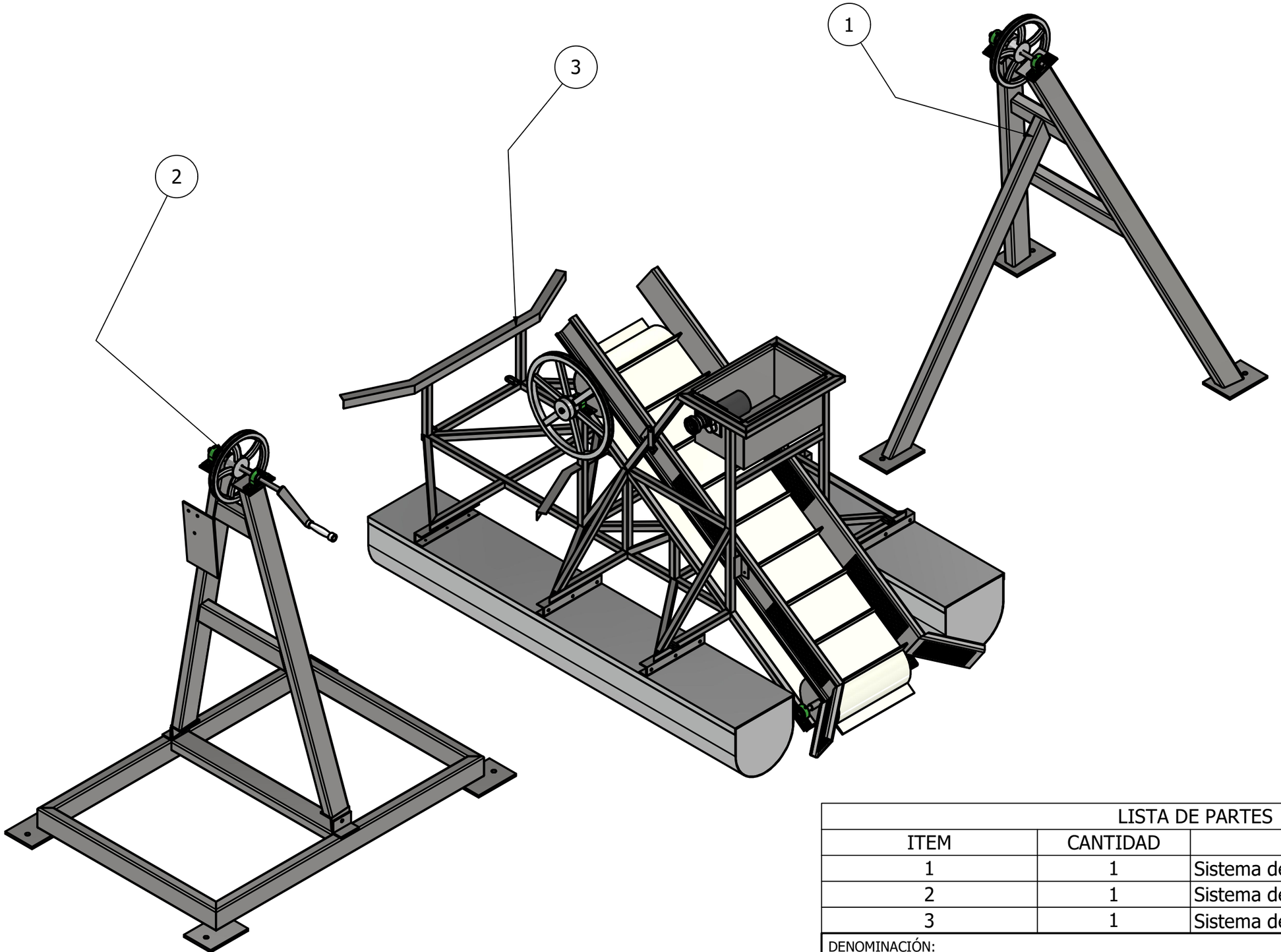
| ITEM | DESCRIPCIÓN | RESPONSABLE | AVANCE | INICIO | FIN | DIAS DE TRABAJO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Definición | | 100% | lun 2/9/2024 | dom 22/9/2024 | 15 |
| 1.1 | Definición de Proyecto. Diseño de Problema, criterios ingenieriles y requerimientos. | David Silva | 100% | lun 2/9/2024 | mar 3/9/2024 | 2 |
| 1.2 | Revisión y hojeo de la literatura para diseños preliminares. | Ange Melo | 100% | lun 2/9/2024 | lun 9/9/2024 | 6 |
| 1.3 | Selección de conceptos de diseño | Andrés Peño | 100% | lun 9/9/2024 | mar 17/9/2024 | 7 |
| 1.4 | Selección de diseño final | Mateo Puente | 100% | mar 17/9/2024 | dom 22/9/2024 | 4 |
| 2 | Cálculos y Diseño | | 100% | mié 18/9/2024 | dom 24/11/2024 | 48 |
| 2.1 | Cálculos de diseño | Mateo Puente | 100% | mié 18/9/2024 | sáb 19/10/2024 | 23 |
| 2.2 | Modelos CAD | Mateo Puente | 100% | vie 20/9/2024 | lun 21/10/2024 | 22 |
| 2.3 | Simulaciones | David Silva | 100% | mar 1/10/2024 | lun 21/10/2024 | 15 |
| 2.4 | Cotización y presupuesto de Materiales | David Silva | 100% | sáb 28/9/2024 | mar 22/10/2024 | 17 |
| 2.5 | Entrega de Reporte | Mateo Puente | 100% | mié 23/10/2024 | jue 24/10/2024 | 2 |
| 2.6 | Planos | Andrés Peño | 100% | jue 24/10/2024 | dom 24/11/2024 | 22 |
| 2.7 | Planos de estructura metálica completos | Andrés Peño | 100% | mar 1/10/2024 | mié 2/10/2024 | 2 |
| 3 | Construcción | | 100% | lun 28/10/2024 | mar 3/12/2024 | 27 |
| 3.1 | Adquisición de Materiales | Mateo Puente | 100% | lun 28/10/2024 | mié 6/11/2024 | 8 |
| 3.2 | Procesamiento, maquinado y preparación de materiales. | Mateo Puente | 100% | mié 30/10/2024 | sáb 30/11/2024 | 23 |
| 3.3 | Ensamble y construcción de prototipo | Mateo Puente | 100% | vie 1/11/2024 | dom 17/11/2024 | 11 |
| 3.4 | Finalización de construcción de estructura metálica | Mateo Puente | 100% | vie 25/10/2024 | vie 25/10/2024 | 1 |
| 3.5 | Finalización de construcción de flotadores | Mateo Puente | 100% | lun 11/11/2024 | lun 11/11/2024 | 1 |
| 3.6 | Integración de sistema de banda transportadora a estructura metálica | Mateo Puente | 100% | jue 14/11/2024 | jue 14/11/2024 | 1 |
| 3.7 | Finalización de construcción de sistema de extracción | Mateo Puente | 100% | vie 15/11/2024 | vie 15/11/2024 | 1 |
| 3.8 | Fundición de pilotes de concreto | Andrés Peño | 100% | sáb 9/11/2024 | sáb 9/11/2024 | . |
| 3.9 | Revisión de proceso de curado de los pilotes de concreto | David Silva | 100% | mar 3/12/2024 | mar 3/12/2024 | 1 |
| 3.10 | Finalización de instalación de sistema de eléctrico | Andrés Peño | 100% | lun 2/12/2024 | lun 2/12/2024 | 1 |
| 3.11 | Finalización de instalación de sistema de reconocimiento con IA | Ange Melo | 100% | lun 2/12/2024 | lun 2/12/2024 | 1 |
| 4 | Pruebas | | 100% | jue 14/11/2024 | vie 13/12/2024 | 22 |
| 4.1 | Pruebas flotabilidad (laguna UDFJ) | David Silva | 100% | jue 14/11/2024 | jue 14/11/2024 | 1 |
| 4.2 | Pruebas sistema de extracción (OMA) | Mateo Puente | 100% | mié 20/11/2024 | mié 20/11/2024 | 1 |
| 4.3 | Pruebas sistema en conjunto (UDFJ) | Andrés Peño | 100% | jue 28/11/2024 | jue 28/11/2024 | 1 |
| 4.4 | Prueba de centro de gravedad del dispositivo | Mateo Puente | 100% | vie 13/12/2024 | vie 13/12/2024 | 1 |
| 4.5 | Prueba del sistema receptor de basura en el río | David Silva | 100% | vie 13/12/2024 | vie 13/12/2024 | 1 |
| 5 | Finalización | | 97% | vie 1/11/2024 | mié 18/12/2024 | 34 |
| 5.1 | Obtención y análisis de resultados. | Andrés Peño | 100% | lun 25/11/2024 | vie 13/12/2024 | 15 |
| 5.2 | Elaboración de Manual de Operación y Mantenimiento | Mateo Puente | 100% | dom 8/12/2024 | mié 11/12/2024 | 3 |
| 5.3 | Presentación en Feria de Ing. Mecánica | Ange Melo | 100% | mar 3/12/2024 | mar 3/12/2024 | 1 |
| 5.4 | Elaboración de Informe Final | David Silva | 95% | vie 1/11/2024 | lun 16/12/2024 | 32 |
| 5.5 | Entrega Final de Portafolio | Mateo Puente | 95% | lun 16/12/2024 | mié 18/12/2024 | 3 |

*Figura 103. Cronograma detallado*

*Tabla 19. Presupuesto detallado.*

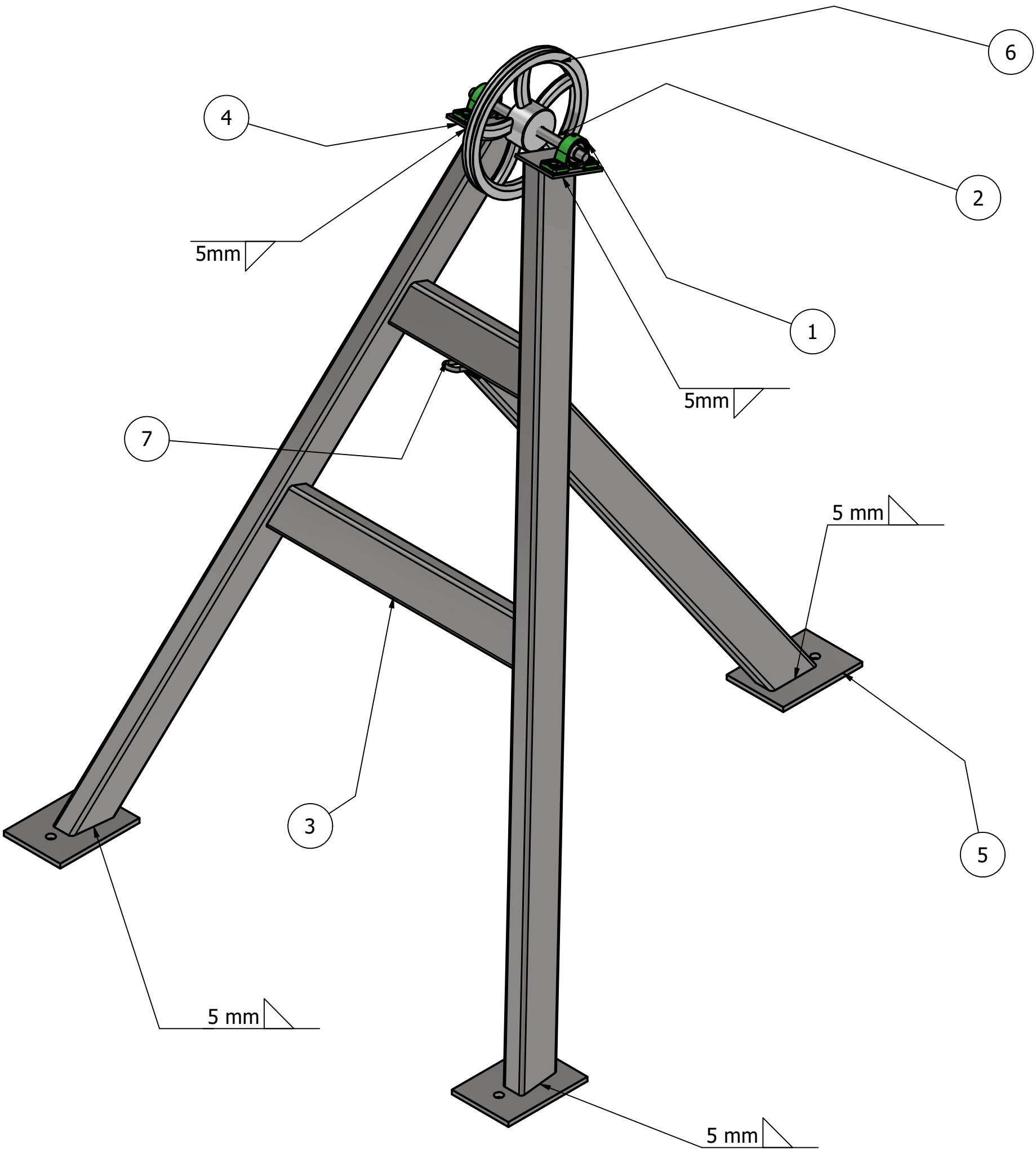
| Material | Costo Unitario ($) | Unidades | Costo Total ($) |
|---|---|---|---|
| Tubo de acero ASTM A36 - 30 x 30 x 1,5 [mm] x 6 [m] | 8,52 | 6 | 51,12 |
| Tubo de acero ASTM A36- 100 x 50 x 3 [mm] x 6 [m] | 42,48 | 4 | 169,92 |
| Plancha de aluminio AISI / ASTM 6061 - 2440 x 1220 x 2 [mm] x 6 [m] | 75,90 | 2 | 151,80 |
| Plancha MDF - 2440 x 1220 x 4 [mm] | 18,50 | 1 | 18,50 |
| Ángulo acero ASTM A36 - 40 x 40 x 3 [mm] x 6 [m] | 10,62 | 1 | 10,62 |
| Ángulo acero ASTM A36 - 60 x 60 x 6 [mm] x 6 [m] | 31,12 | 1 | 31,12 |
| Ángulo acero ASTM A36 - 20 x 20 x 3 [mm] x 6 [m] | 8,99 | 1 | 8,99 |
| Tubo redondo de aluminio AISI / ASTM 6061 - 1" x 6 [m] | 12,00 | 2 | 24,00 |
| Chumaceras de 3/4" | 6,00 | 8 | 48,00 |
| Poleas de 12" de canal simple en V | 16,00 | 2 | 32,00 |
| Eje acero automotriz 3/4" - 1 [m] | 3,50 | 1 | 3,50 |
| Chaveta ASTM 1018 - 1/4" x 1/4" x 0,5 [m] | 0,75 | 1 | 0,75 |
| Pernos acero inoxidable SS 304 - 3/8" x 1-1/2" | 0,45 | 30 | 13,50 |
| Pernos acero inoxidable SS 304 - 1/4" x 1/2" | 0,14 | 8 | 1,12 |
| Pernos acero inoxidable SS 304 - 3/8" x 6" | 1,20 | 1 | 1,20 |
| Pernos acero inoxidable SS 304 - 1/2" x 1" | 0,50 | 2 | 1,00 |
| Tuercas acero inoxidable SS 304 - 3/8" | 0,32 | 34 | 10,88 |
| Tuercas acero inoxidable SS 304 - 1/4" | 0,05 | 8 | 0,40 |
| Tuercas acero inoxidable SS 304 - 1/2" | 0,52 | 2 | 1,04 |
| Arandelas acero inoxidable SS 304 - 3/8" | 0,08 | 70 | 5,60 |
| Arandelas acero inoxidable SS 304 - 1/4" | 0,06 | 16 | 0,96 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Arandelas acero inoxidable SS 304 - 1/2" | 0,20 | 6 | 1,20 |
| Remaches de 1/4" x 1/2" de aluminio, ala 1/2" - 50 unidades | 2,79 | 4 | 11,16 |
| Tornillo C/Lenteja Pf Zin 8X1/2 - 10 unidades | 0,40 | 30 | 12,00 |
| Cable de acero galvanizado 5/32" - 80 [m] | 15,00 | 1 | 15,00 |
| Malla soldada 25x13 Alto 76 [cm] - 3 [m] | 20,31 | 1 | 20,31 |
| Saco de cemento Selvalegre - 50 [kg] | 7,71 | 2 | 15,42 |
| Saco de arena de construcción - 40 [kg] | 2,43 | 1 | 2,43 |
| Sellador adhesivo para juntas multipropósito - 300 [mL] | 12,87 | 1 | 12,87 |
| Winche Manual de 300 [kg] | 35,00 | 1 | 35,00 |
| Rolado planchas de aluminio | 60,00 | 1 | 60,00 |
| Corte láser planchas de aluminio | 75,00 | 1 | 75,00 |
| Corte láser MDF | 14,04 | 1 | 14,04 |
| Mecanizado poleas de 12" y ejes 3/4" | 20,00 | 1 | 20,00 |
| Cámara Smart WiFi TPlink TAPO | 57,99 | 1 | 57,99 |
| Baterías 12 [V] 7 [Ah] | 25,00 | 2 | 50,00 |
| Baquelita de Cobre | 2,00 | 1 | 2,00 |
| Impresión de Baquelita | 6,00 | 1 | 6,00 |
| Módulo Bluetooth HC-05 | 6,99 | 1 | 6,99 |
| Regulador de Voltaje LM2596 | 2,90 | 1 | 2,90 |
| Relé srd-05vdc-sl-c | 1,70 | 1 | 1,70 |
| Cables Jumper 40cm 40p Arduino Mh, Mm, Hh Arduino Ecuaplus | 4,00 | 1 | 4,00 |
| Tarjeta Uno R3 Compatible Arduino Dip Chips Genérico | 16,00 | 1 | 16,00 |
| TOTAL | | | 1028,03 |




| LISTA DE PARTES | | |
|---|---|---|
| ITEM | CANTIDAD | DENOMINACIÓN |
| 1 | 1 | Sistema de Extraccion Fijo |
| 2 | 1 | Sistema de Extraccion Pivotante |
| 3 | 1 | Sistema de Recolección |

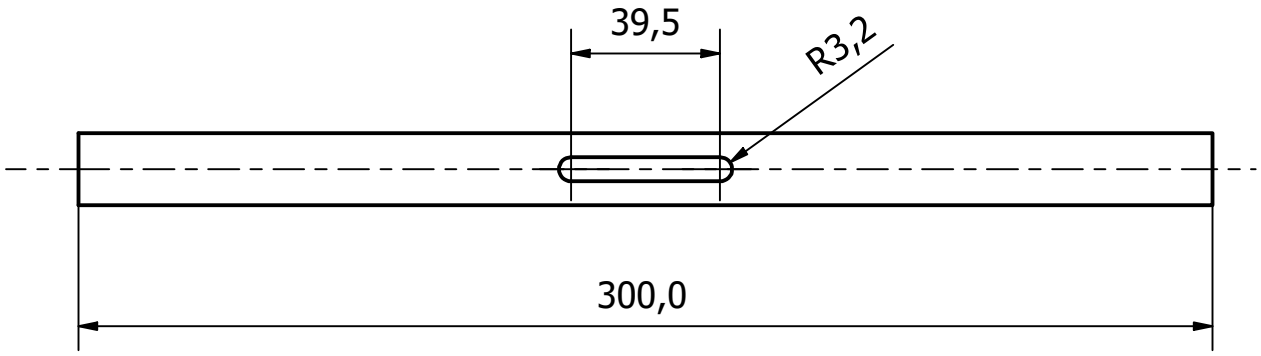
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DENOMINACIÓN: Dispositivo Autónomo de Recolección de Desechos Flotantes para Ríos: Modelo aplicado al DMQ | | | | | | TAMAÑO: A3 |
| | FECHA: | NOMBRE: | ESCALA: | CÓDIGO: | PESO: | HOJA Nº: |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | David Silva | 1 : 16 | DRDF_C_01 | N/A | 1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | | | | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | | | | |




Notas:
- Usar soldadura MIG 5mm.

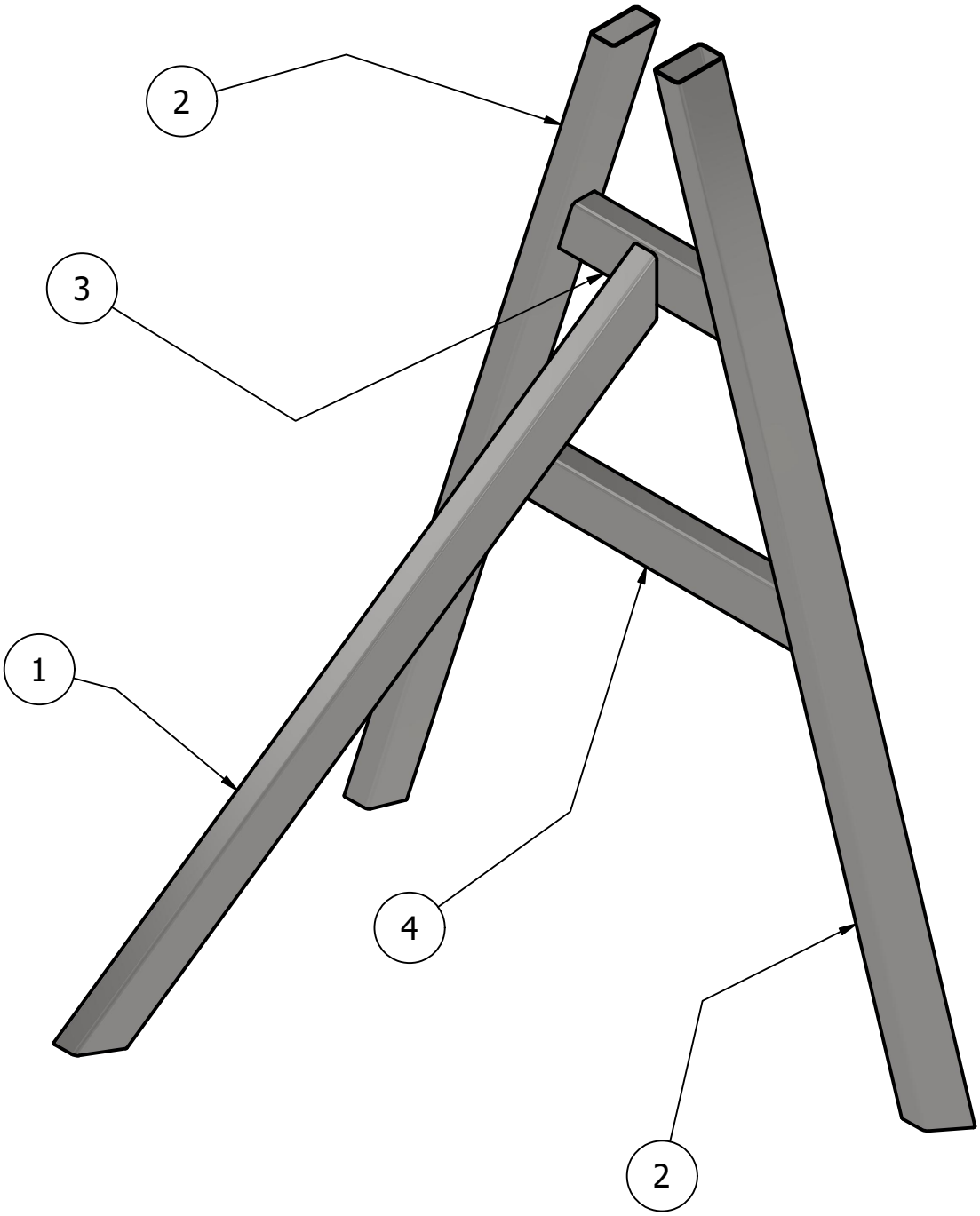
| LISTA DE PARTES | | |
|---|---|---|
| ITEM | CANTIDAD | DENOMINACIÓN |
| 1 | 2 | Chumacera 3/4" |
| 2 | 1 | Eje de Sistema de Extraccion Fijo |
| 3 | 1 | Estructura Metálica de Sistema de Extracción Fijo |
| 4 | 2 | Placa de Sujeción para Chumaceras |
| 5 | 3 | Placa para Estacas |
| 6 | 1 | Polea de fundición, canal simple en V, 12". |
| 7 | 1 | Punto de Sujeción |

| DENOMINACIÓN: | | | | | | TAMAÑO: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistema de Extracción Fijo | | | | | | A3 |
| | FECHA: | NOMBRE: | ESCALA: | CÓDIGO: | PESO: | HOJA Nº: |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | David Silva | 1 : 8 | SE_EF_C_01 | N/A | 2 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | Plano de Conjunto | | | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | | | | |




Nota:
- Maquinar chavetero en fresadora, 3mm de profundidad.

| DENOMINACIÓN: | | | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|---|---|
| Eje de Sistema de Extracción Fijo | | | 1 : 2 | SE_EFE_T_01 |
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | David Silva | Acero A36, Ø3/4" x 300 mm | ±0.1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Galvanizado | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 3 | |



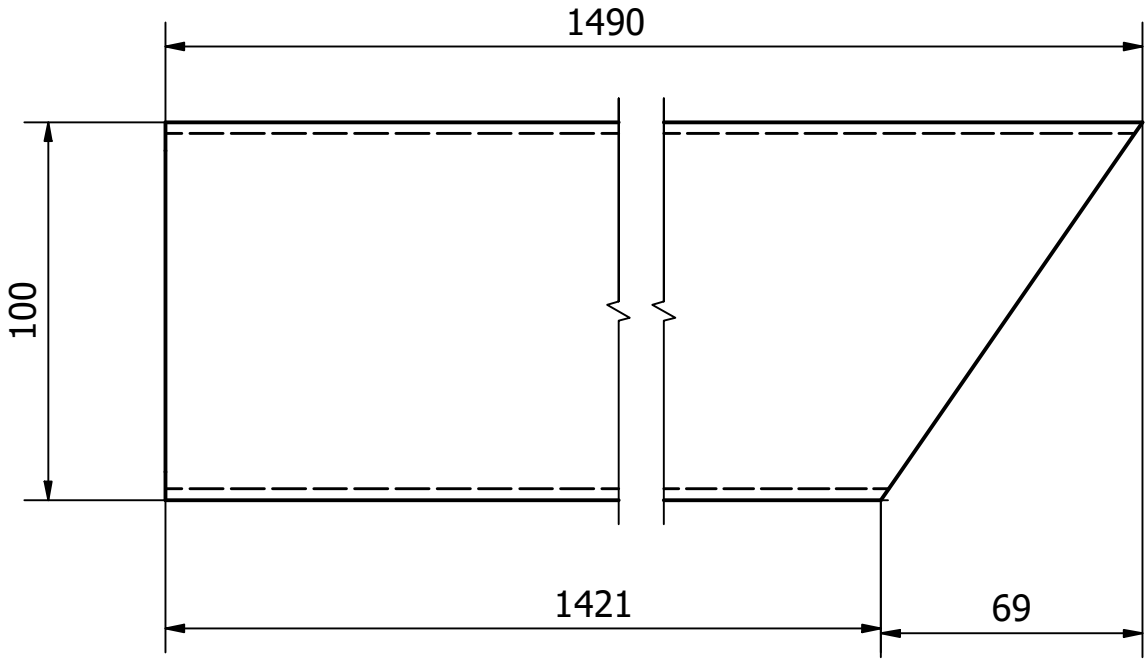

## LISTA DE PARTES

| ITEM | LONGITUD TOTAL | CANTIDAD | DENOMINACIÓN |
|---|---|---|---|
| 1 | 1490 mm | 1 | Acero J 100x50x3-1490 GB/T 6728-2002 |
| 2 | 3564 mm | 2 | Acero J 100x50x3-1782 GB/T 6728-2002 |
| 3 | 367 mm | 1 | Acero J 100x50x3-367 GB/T 6728-2002 |
| 4 | 676 mm | 1 | Acero J 100x50x3-676 GB/T 6728-2002 |

DENOMINACIÓN:
Estrutura Metálica de S.E. Fijo

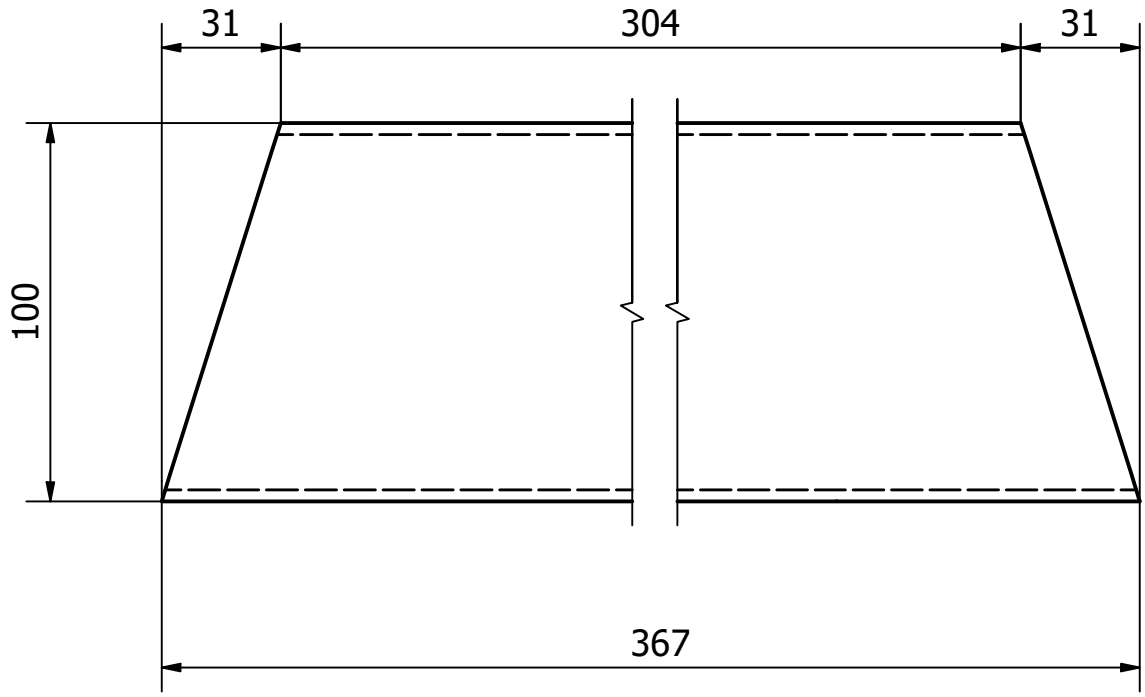
TAMAÑO:
A4

| | FECHA: | NOMBRE: | ESCALA: | CÓDIGO: | PESO: | HOJA Nº: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | David Silva | 1 : 10 | ESM_EF_C_01 | N/A | 4 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | Sistema de Extracción Fijo | | | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | | | | |

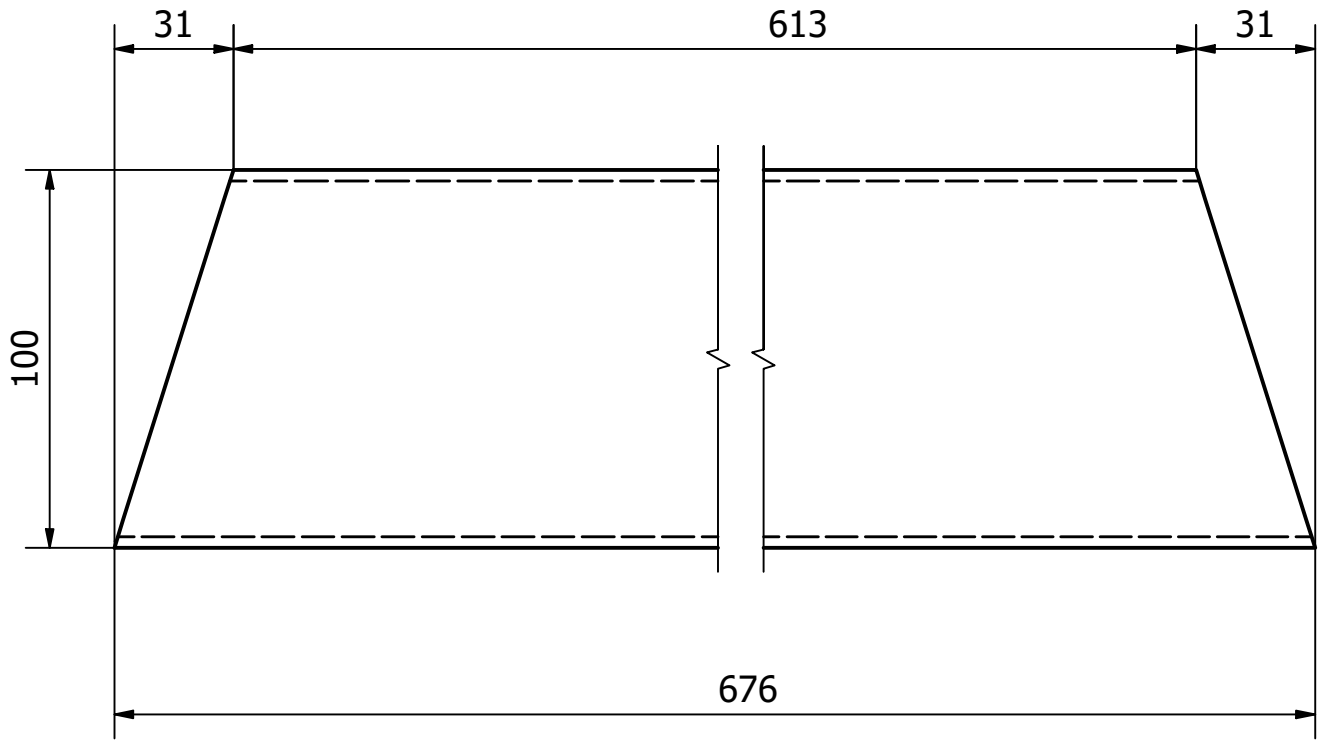



| DENOMINACIÓN: | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|
| Item 1 de Estructura Metálica de S.E. Fijo | 1 : 2 | ESM_EF_T_01 |

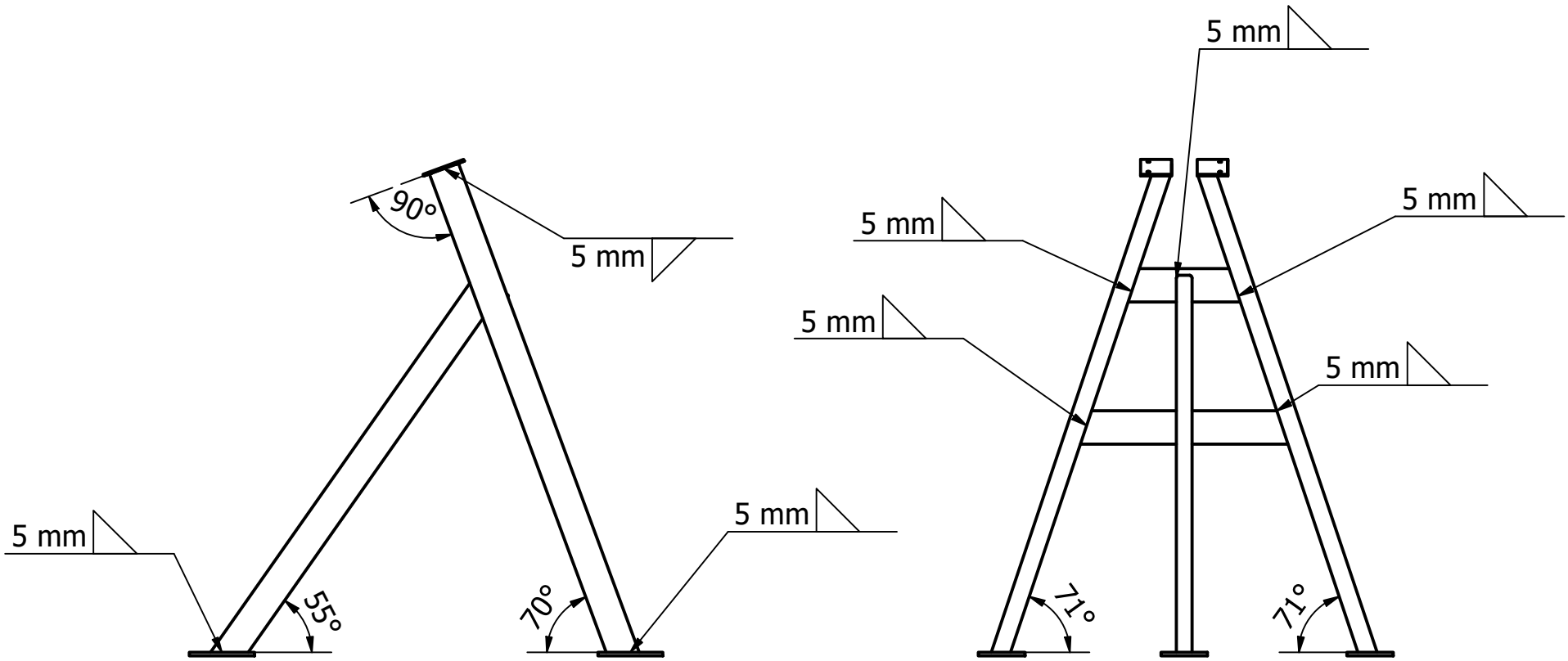
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | Acero J 100x50x3-1490 GB/T 6728-2002 | ±1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 5 | |




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| DENOMINACIÓN: Item 3 de Estructura Metálica de S.E. Fijo | | | ESCALA: 1 : 2 | CÓDIGO: ESM_EF_T_02 |
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: Acero J 100x50x3-367 GB/T 6728-2002 | TOLERANCIA: ±1 |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | | |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 6 | 35 |

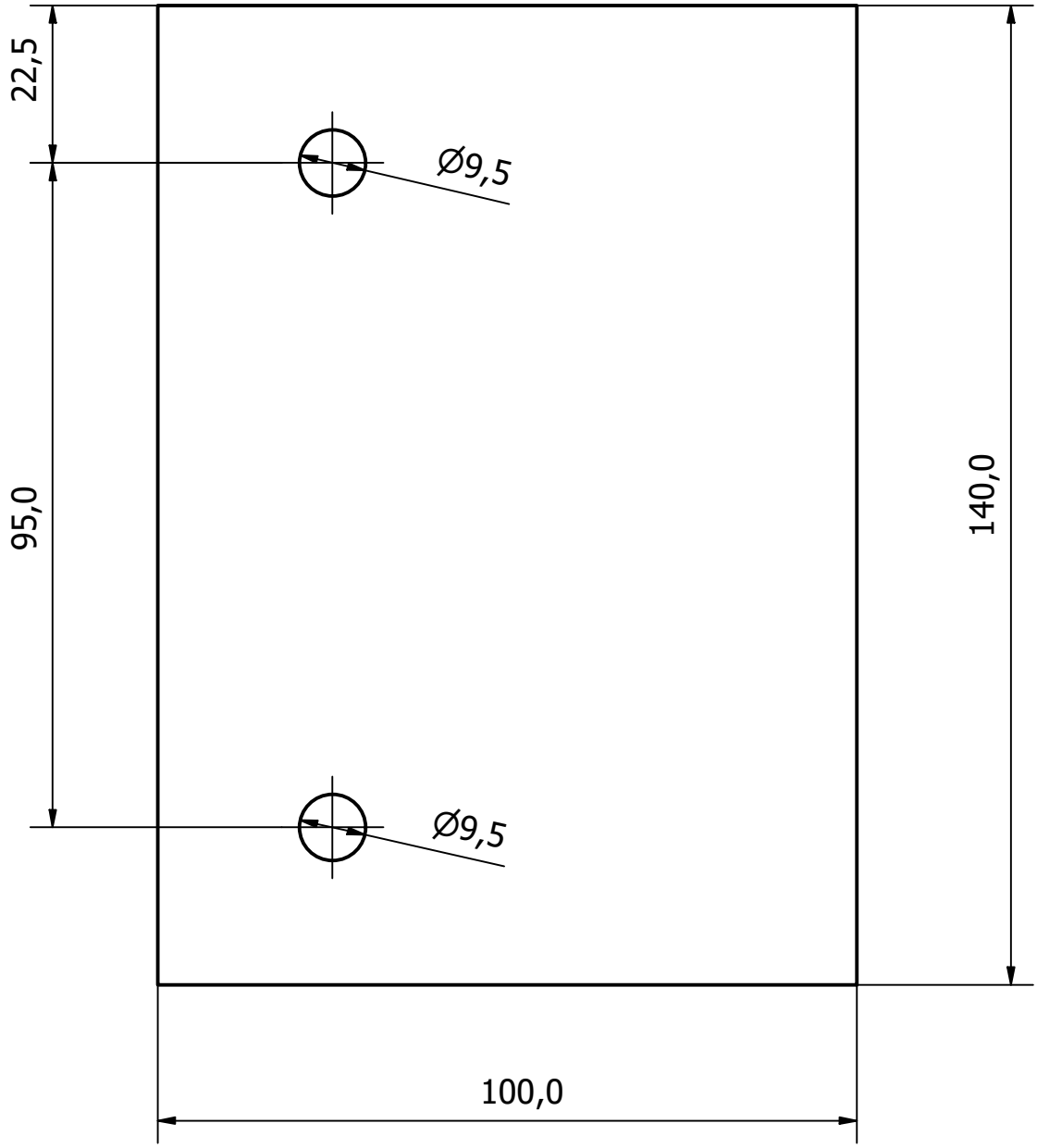



| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| DENOMINACIÓN: Item 4 de Estructura Metálica de S.E. Fijo | | | ESCALA: 1 : 2 | CÓDIGO: ESM_EF_T_03 |
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: Acero J 100x50x3-676 GB/T 6728-2002 | TOLERANCIA: ±1 |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | | |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 7 | |




Notas:
- Unir los perfiles realizando los cortes especificados en sus respectivos planos de taller.
- Usar soldadura MIG 5mm.

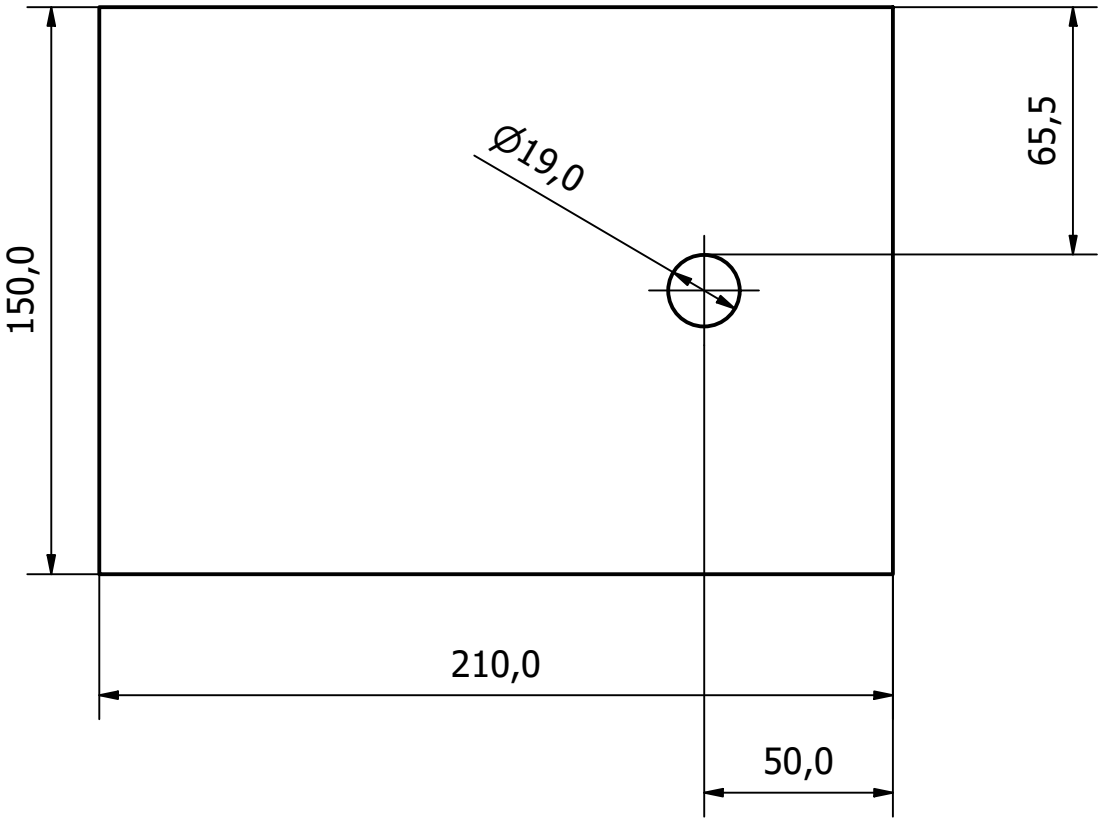
| DENOMINACIÓN: | | | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|---|---|
| Plano de Soldadura de Estructura Metálica de S.E Fijo | | | 1 : 20 | ESM_EF_T_04 |
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | | ±1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Soldadura | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 8 | |




Notas:
- Todos los agujeros son pasantes.

| DENOMINACIÓN: | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|
| Placa para sujeción de chumacera | 1 : 1 | SE_PC_T_05 |

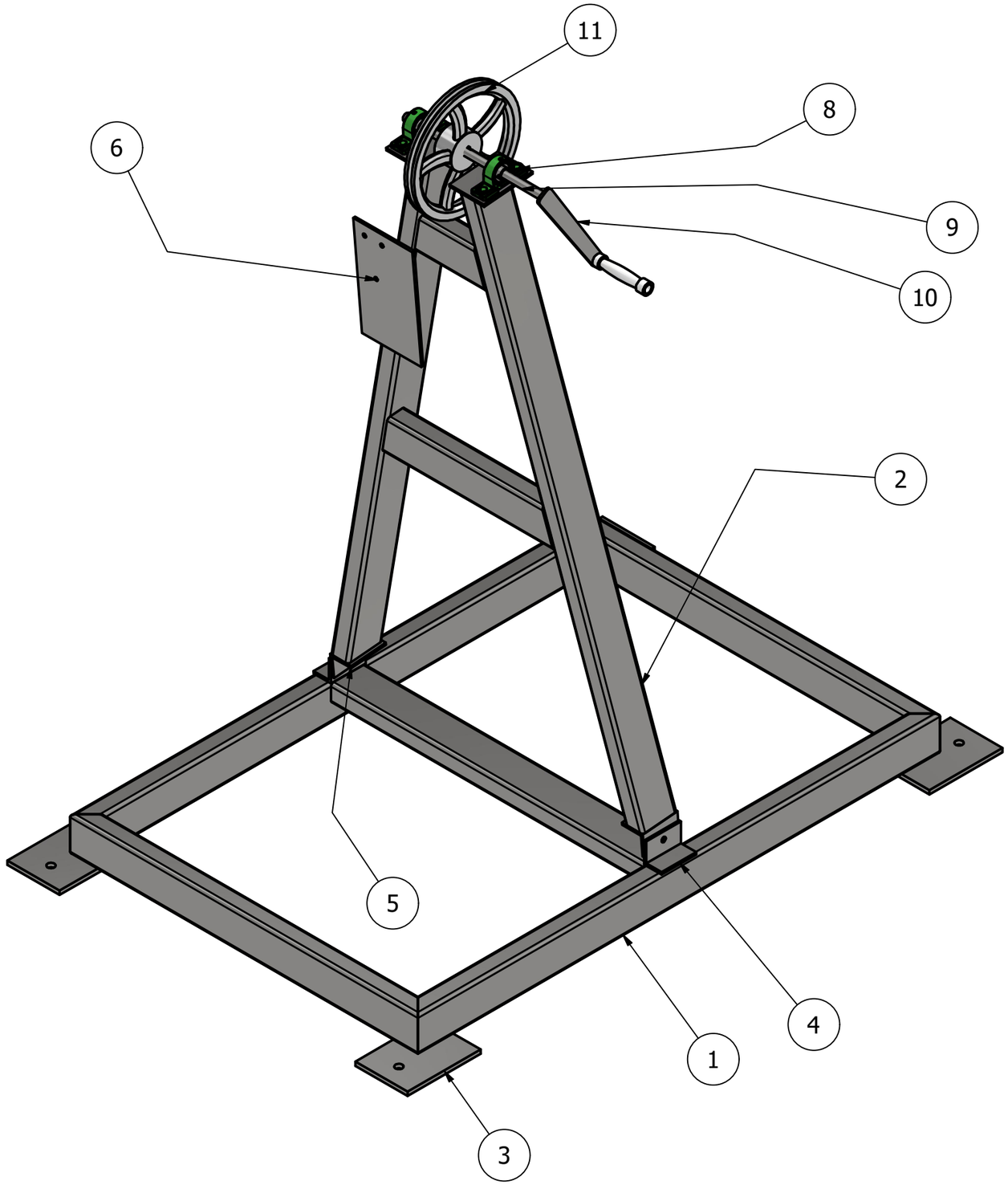
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | Acero A36. Platina 140x100x6 | ±0,1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 9 | |

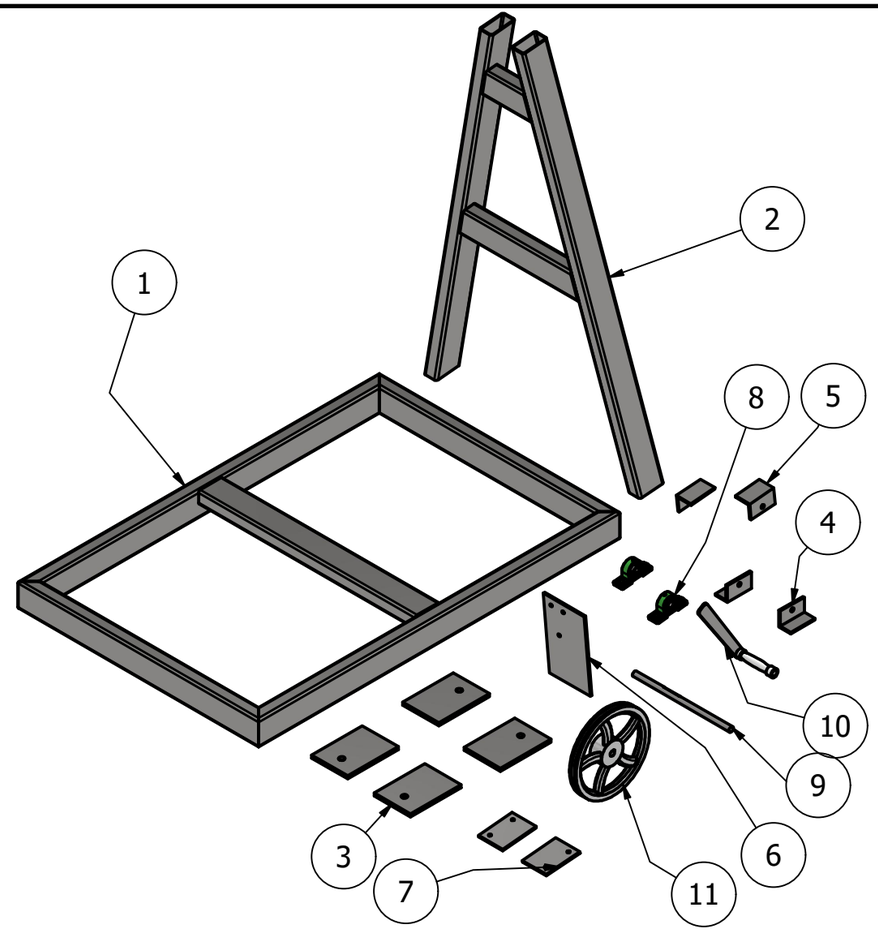



Notas:
- Todos los agujeros son pasantes.

| DENOMINACIÓN: | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|
| Placa para Estaca | 1 : 2 | SE_PE_T_01 |

| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | Platina 210x150x11, Acero A36 | ±0,1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 10 | |



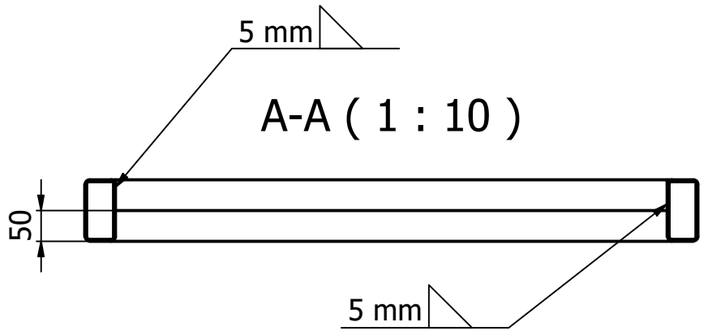

| LISTA DE PARTES | | |
|---|---|---|
| ITEM | CANTIDAD | DENOMINACIÓN |
| 1 | 1 | Base de Estructura Pivotante |
| 2 | 1 | Parte Superior de Estructura Pivotante |
| 3 | 4 | Placa para Estaca |
| 4 | 2 | Ángulo Pivotante Para Base |
| 5 | 2 | Ángulo Pivotante para Estructura Pivotante |
| 6 | 1 | Placa de Sujeción de Carraca |
| 7 | 2 | Placa de Sujecion de Chumaceras |
| 8 | 2 | Chumacera 3/4" |
| 9 | 1 | Eje para Poléa en Estructura Pivotante |
| 10 | 1 | Manivela para poléa |
| 11 | 1 | Polea de fundición, canal simple V, 12" |

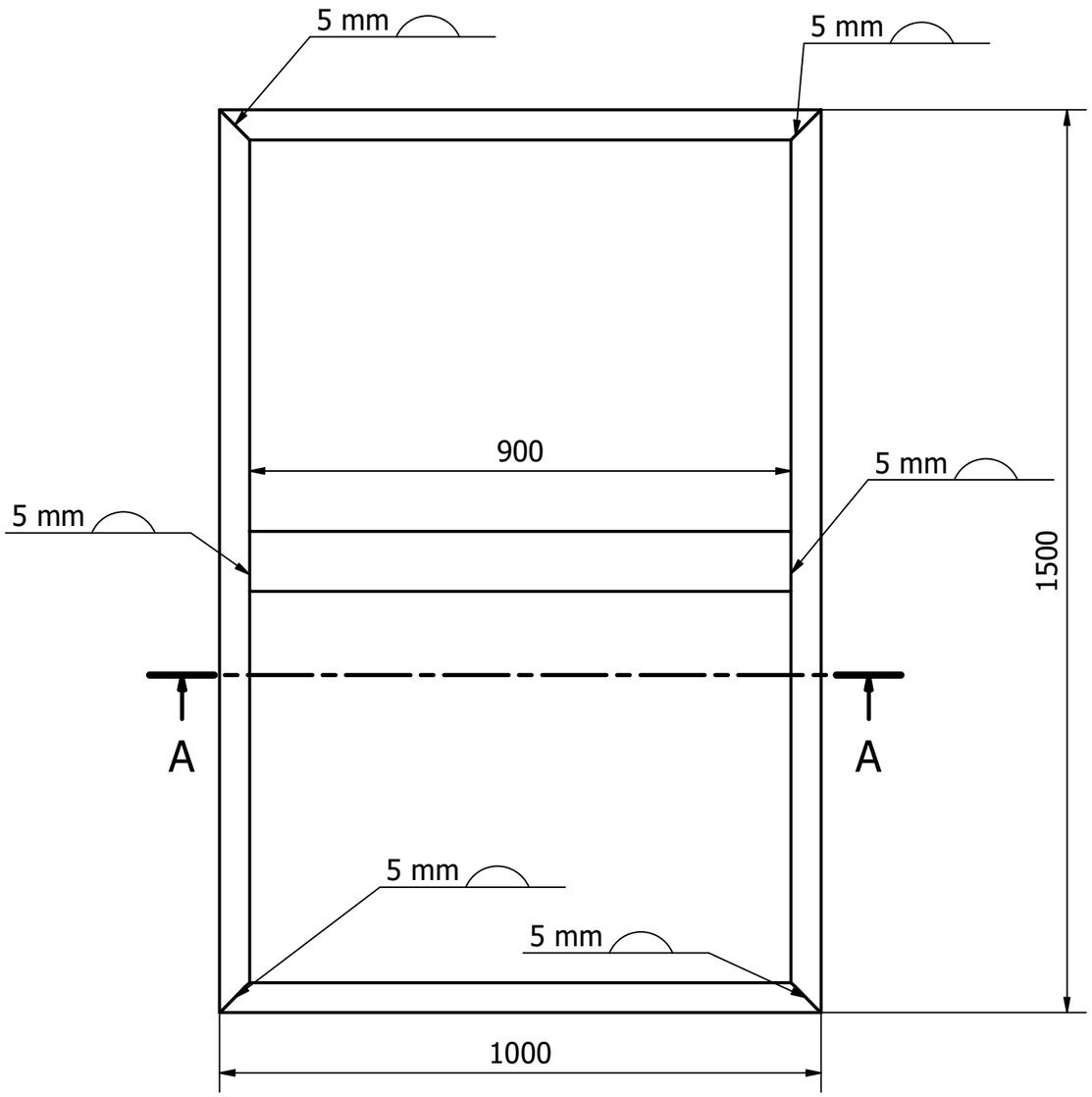
DENOMINACIÓN:
Sistema de Extracción Pivotante

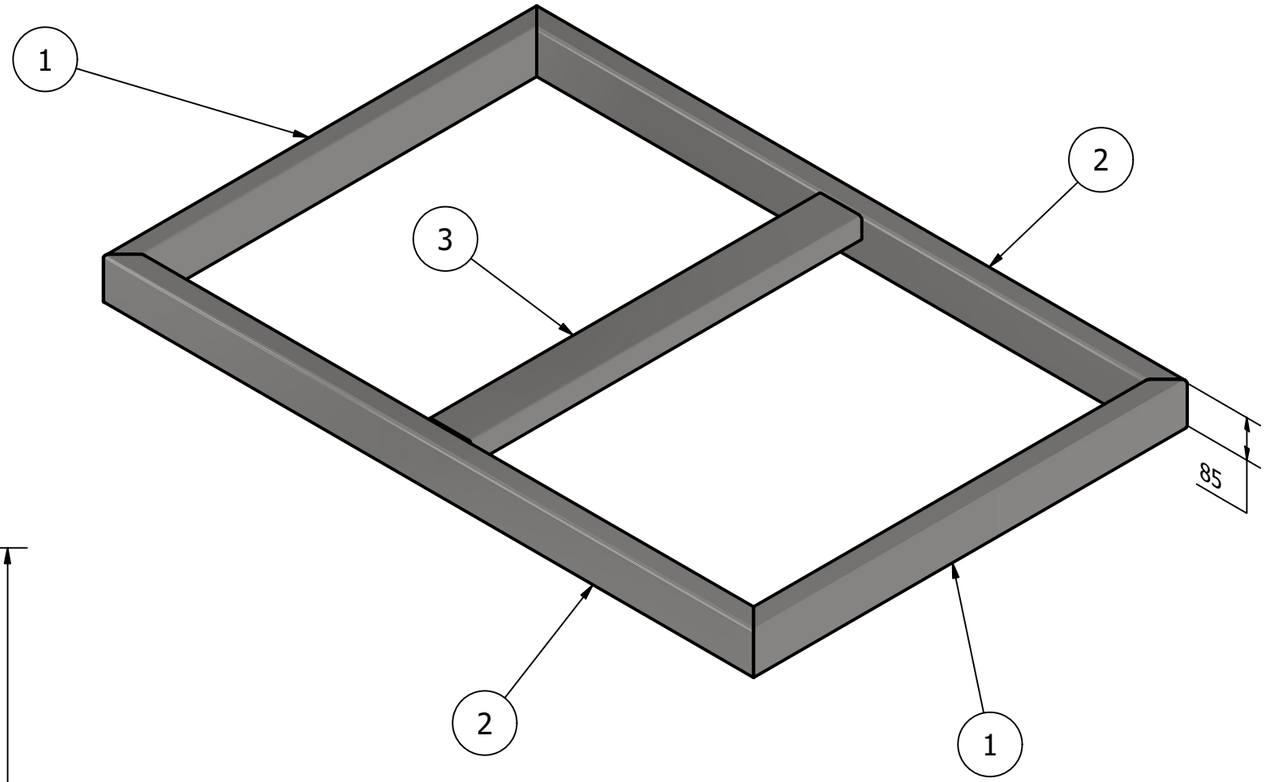
TAMAÑO:
A3

| | FECHA: | NOMBRE: | ESCALA: | CÓDIGO: | PESO: | HOJA Nº: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | 1 : 10 | SE_EP_C_01 | N/A | 11 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | Plano de Conjunto | | | |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | | | | |

USFQ



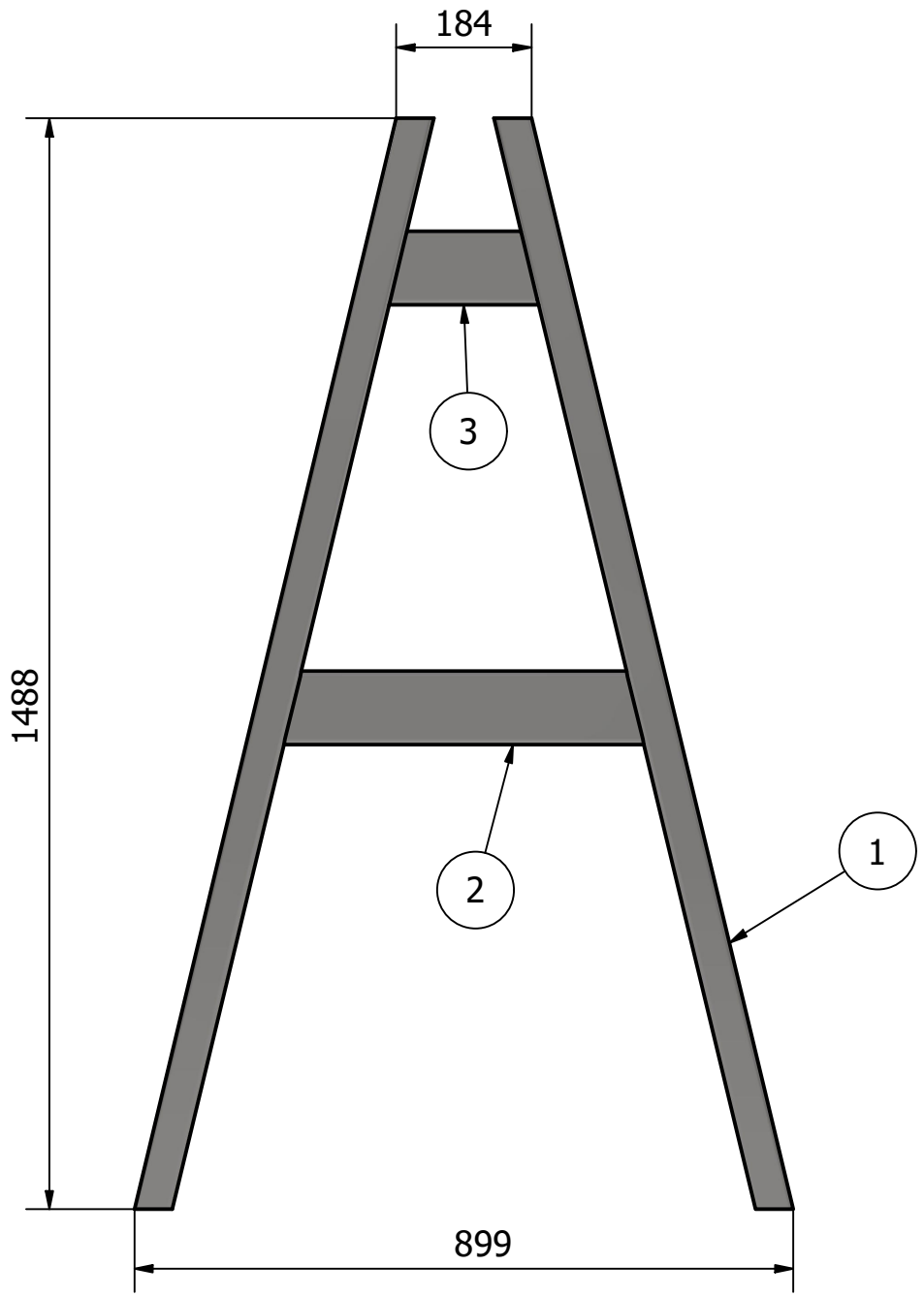




Notas:
- Unir los perfiles realizando un corte de 45° en sus extremos.
- Usar soldadura MIG 5mm.

| LISTA DE PARTES | | |
|---|---|---|
| ITEM | CANTIDAD | DENOMINACIÓN |
| 1 | 2000 mm | Acero J 100x50x3-1000 GB/T 6728-2002 |
| 2 | 3000 mm | Acero J 100x50x3-1500 GB/T 6728-2002 |
| 3 | 900 mm | Acero J 100x50x3-900 GB/T 6728-2002 |

| DENOMINACIÓN: | | | | | | TAMAÑO: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Base de Estructura Pivotante | | | | | | A3 |
| | FECHA: | NOMBRE: | ESCALA: | CÓDIGO: | PESO: | HOJA Nº: |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | 1 : 10 | ESM_EPB_C_01 | N/A | 12 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | Estructura Pivotante | | | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | | | | |



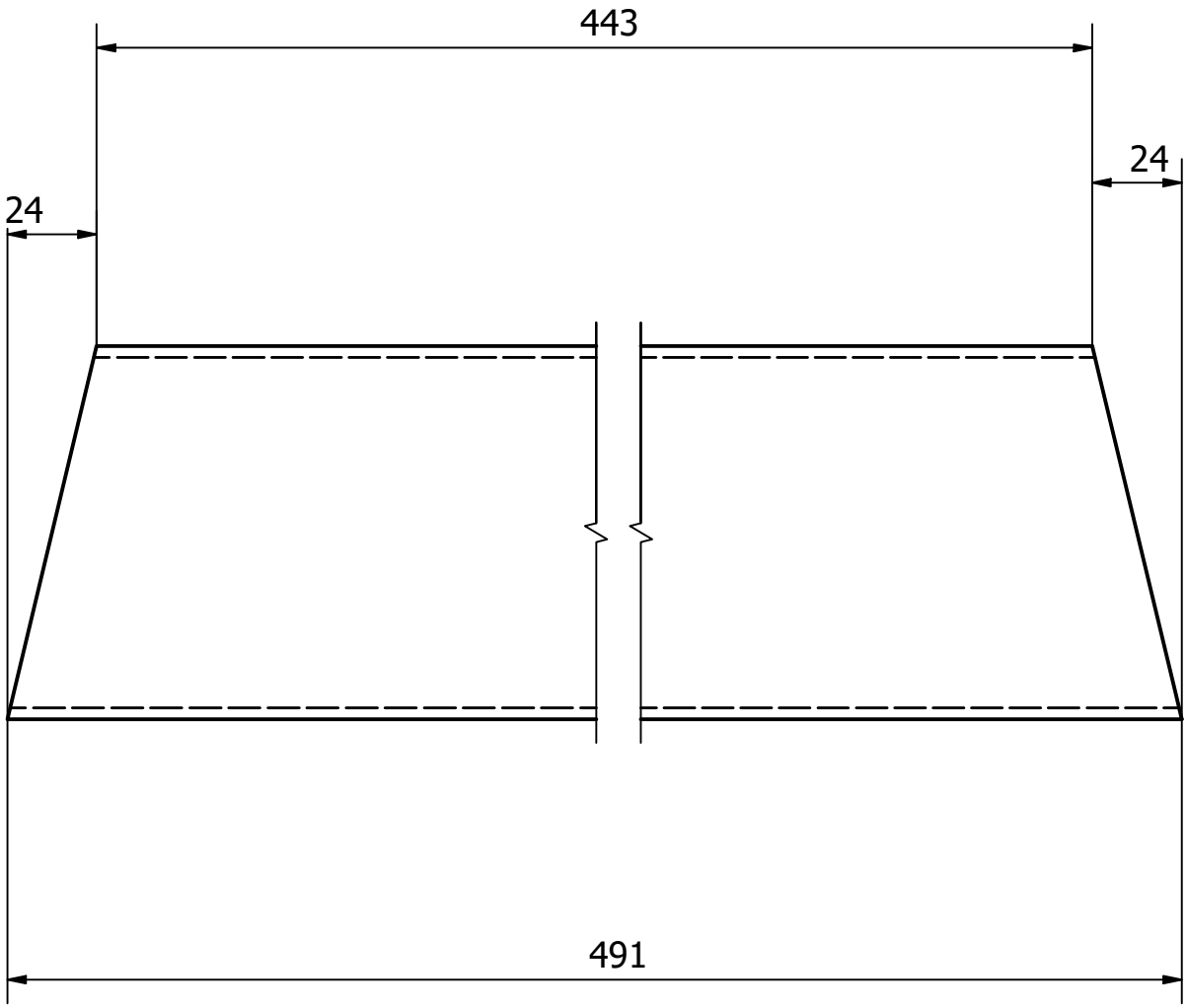

## LISTA DE PARTES

| ITEM | LONGITUD TOTAL | CANTIDAD | DENOMINACIÓN |
|---|---|---|---|
| 1 | 3085 mm | 2 | Acero J 100x50x3-1542 GB/T 6728-2002 |
| 2 | 491 mm | 1 | Acero J 100x50x3-491 GB/T 6728-2002 |
| 3 | 203 mm | 1 | Acero J 100x50x3-203 GB/T 6728-2002 |

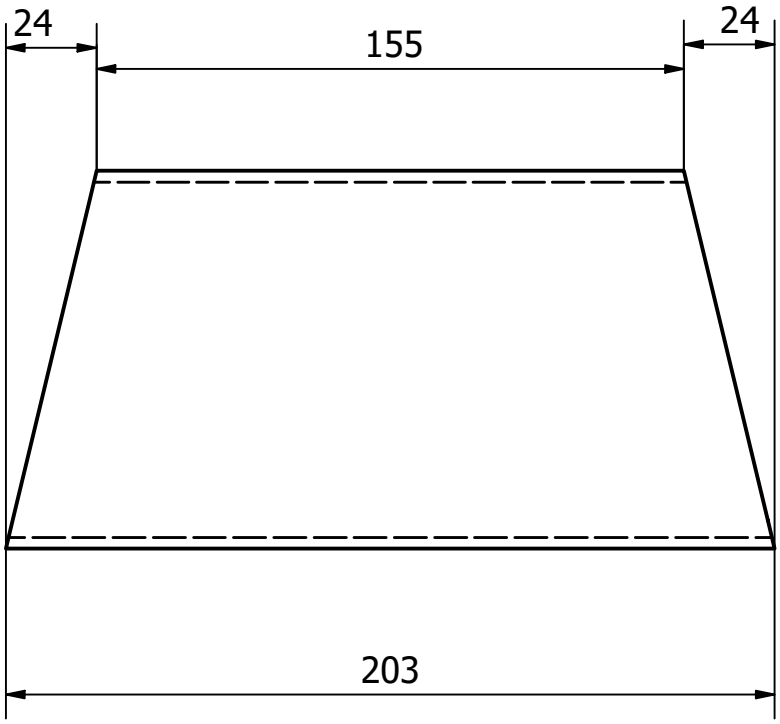
DENOMINACIÓN:
Parte Superior de Estructura Pivotante

TAMAÑO:
A4

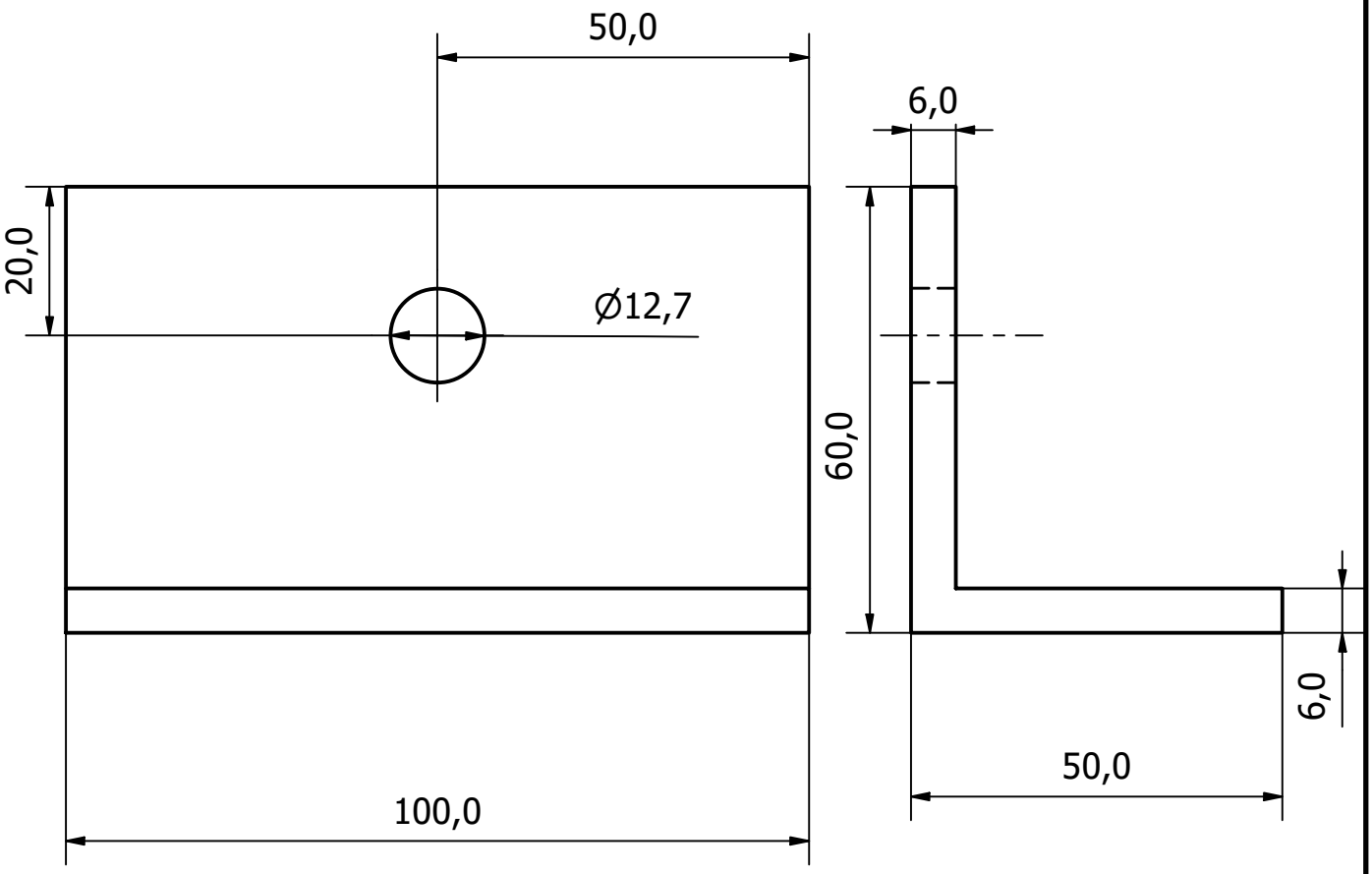
| | FECHA: | NOMBRE: | ESCALA: | CÓDIGO: | PESO: | HOJA Nº: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | 1 : 10 | EM_EPS_C_01 | N/A | 13 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | Estructura Pivotante | | | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | | | | |




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| DENOMINACIÓN: Item 2 de Estrutura Pivotante | | | ESCALA: 1 : 2 | CÓDIGO: ESM_EPS_T_01 |
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: Acero J 100x50x3-491 GB/T 6728-2002 | TOLERANCIA: ±1 |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | | |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 14 | |



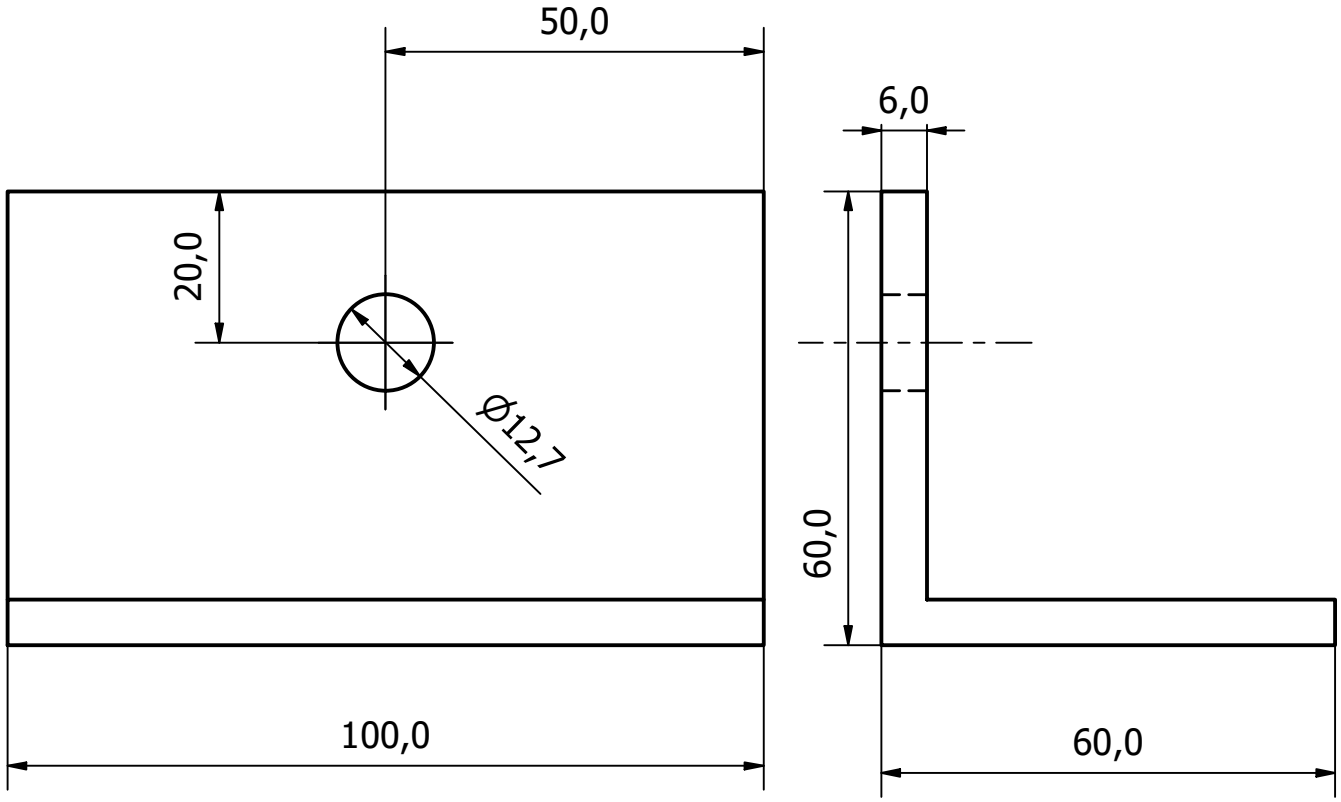

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| DENOMINACIÓN: Item 3 de Estrutura Pivotante | | | ESCALA: 1 : 2 | CÓDIGO: ESM_EPS_T02 |
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: Acero J 100x50x3-203 GB/T 6728-2002 | TOLERANCIA: ±1 |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | | |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 15 | |




Notas:
- Todos los agujeros son pasantes.
- Se parte de un ángulo L 60x60, y se corta el excedente para llegar a la dimensión especificada.

| DENOMINACIÓN: | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|
| Ángulo Pivotante para Base | 1 : 1 | SE_EP_T_01 |

| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | Perfil L 60x60x6, Acero A36 | ±0,1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 16 | |

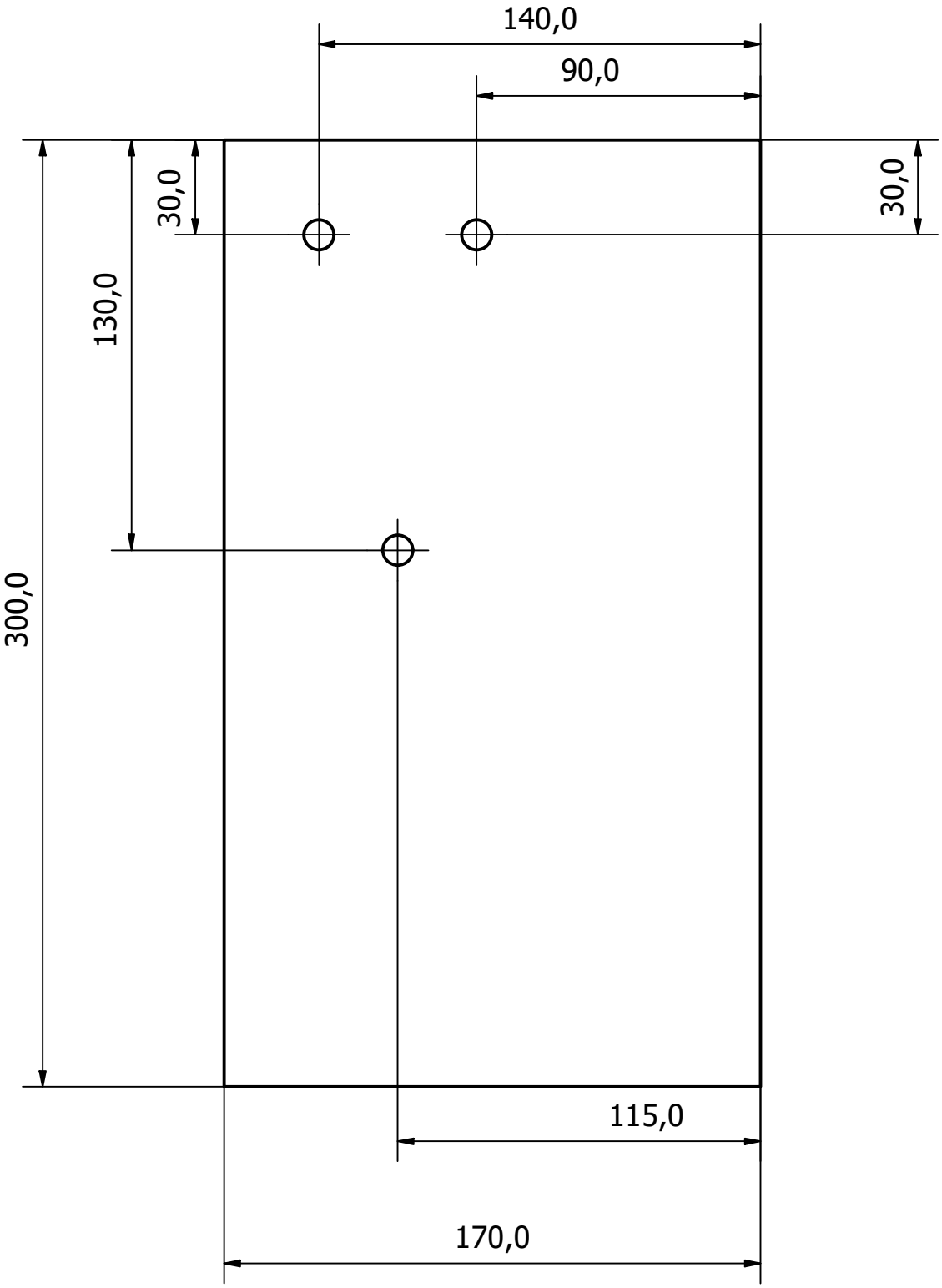



Notas:
- Todos los agujeros son pasantes.
- Se parte de un ángulo L 60x60, y se corta el excedente para llegar a la dimensión especificada.

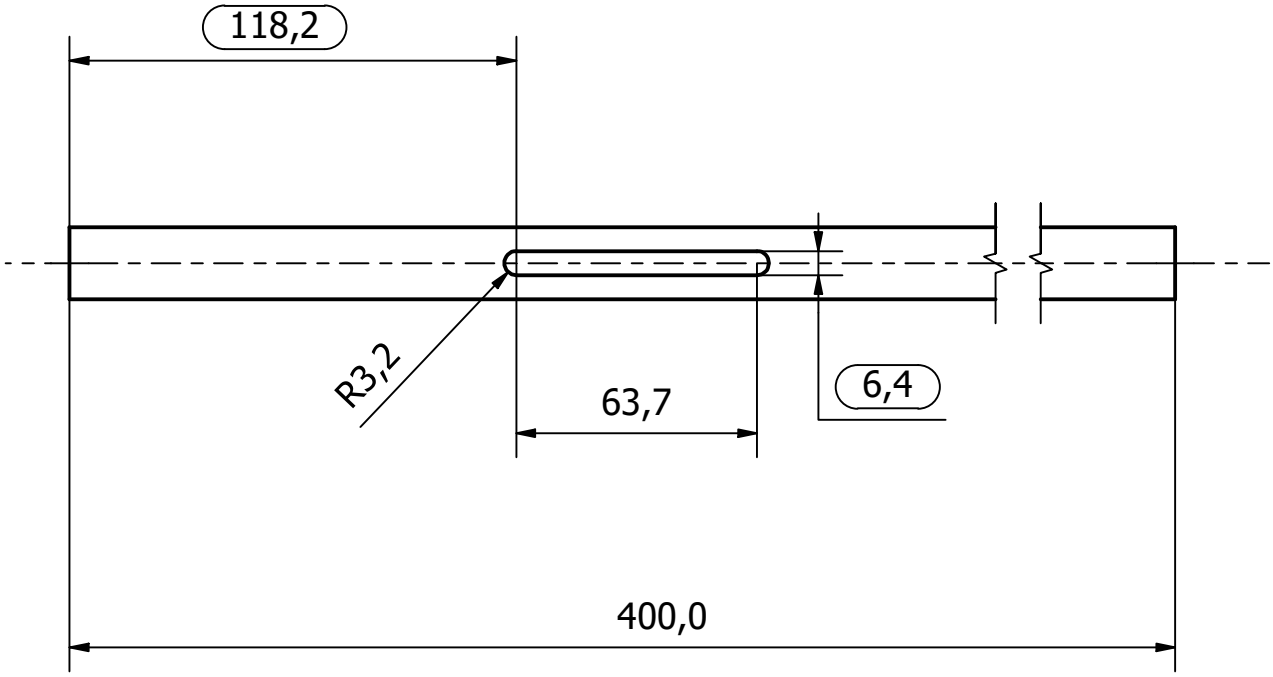
| DENOMINACIÓN: | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|
| Ángulo Pivotante para Estructura Pivotante | 1 : 1 | SE_EP_T_02 |

| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | Perfil L 60x50x6 - 100, Acero A36 | ±0,1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 17 | |

Nota:
- 3 agujeros pasantes con diámtero 10mm.



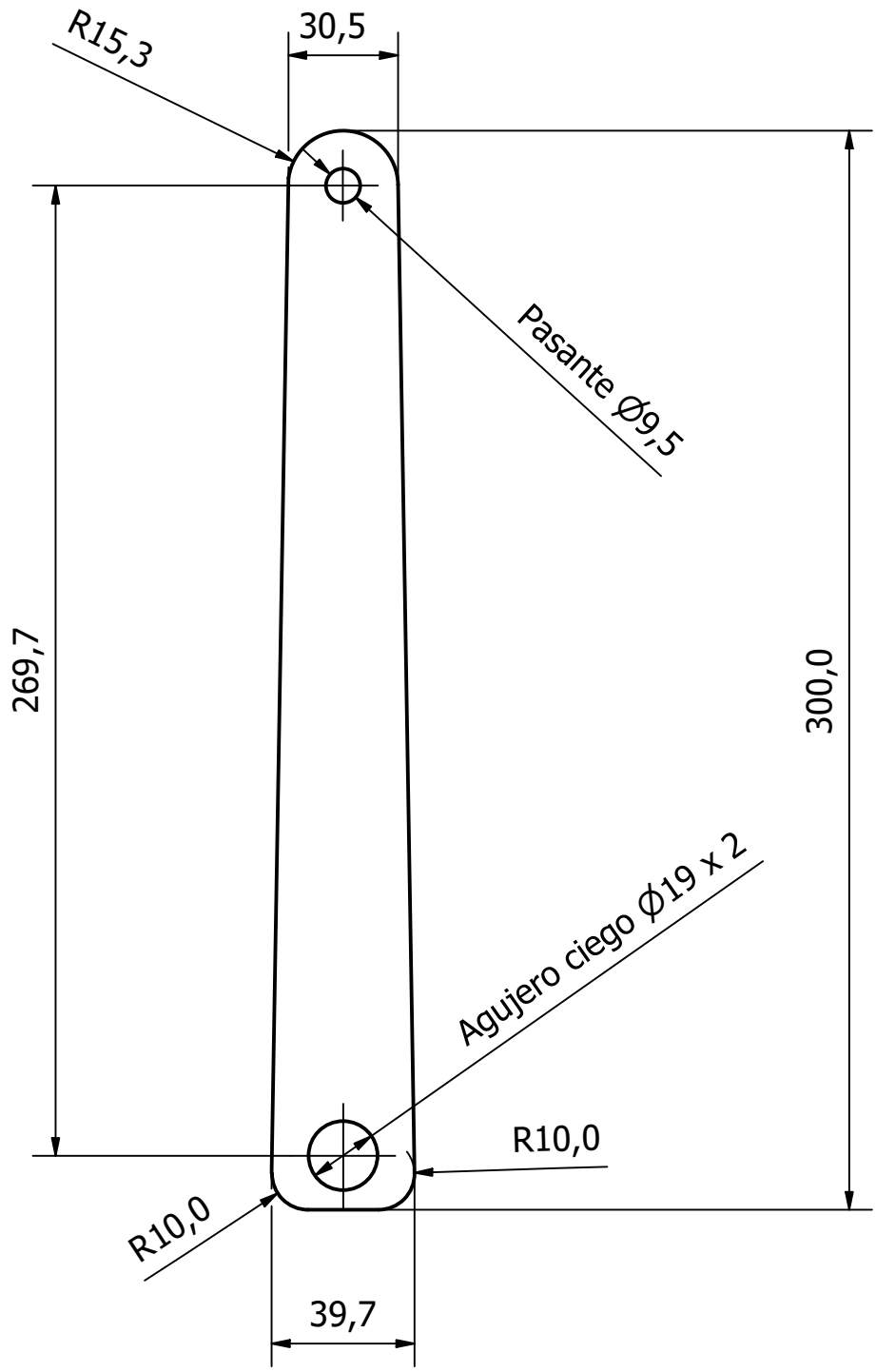

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| DENOMINACIÓN: Placa de Sujeción para Carraca | | | ESCALA: 1 : 2 | CÓDIGO: SE_EP_T_03 |
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: Placa 170x300x6, Acero A36 | TOLERANCIA: ±0,1 |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | | |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 18 | |




Nota:
- Maquinar chavetero en fresadora, 3mm de profundidad.

| DENOMINACIÓN: Eje para Polea en Estrutura Pivotante | ESCALA: 1 : 2 | CÓDIGO: SE_EP_T_04 |
|---|---|---|

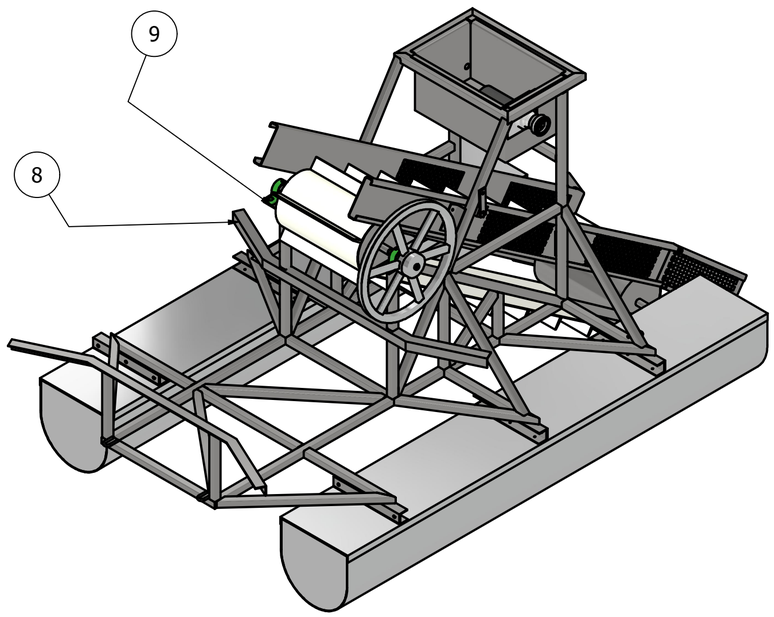
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | Acero A36, Ø19 mm x 400mm | ±0.1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 19 | |

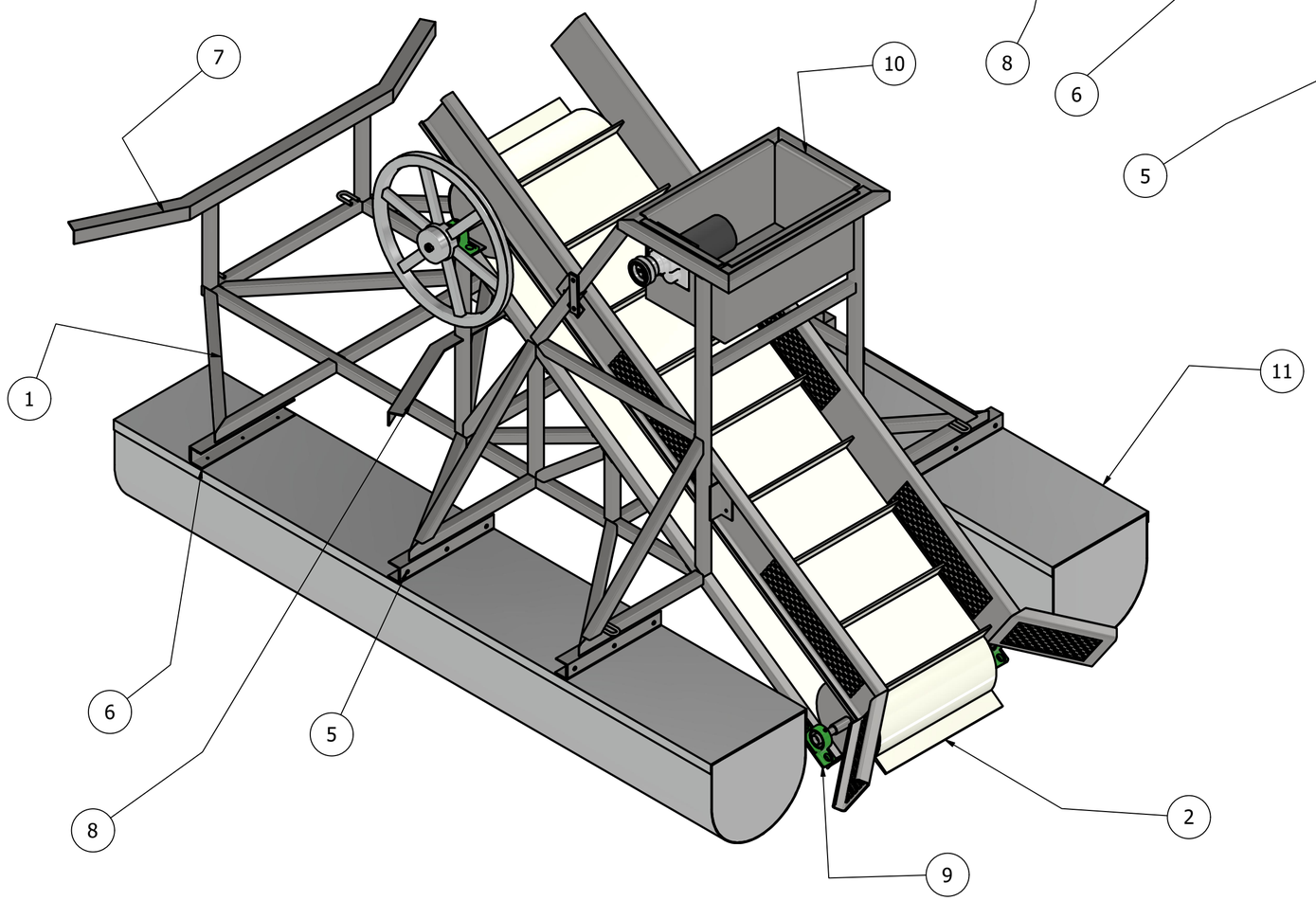


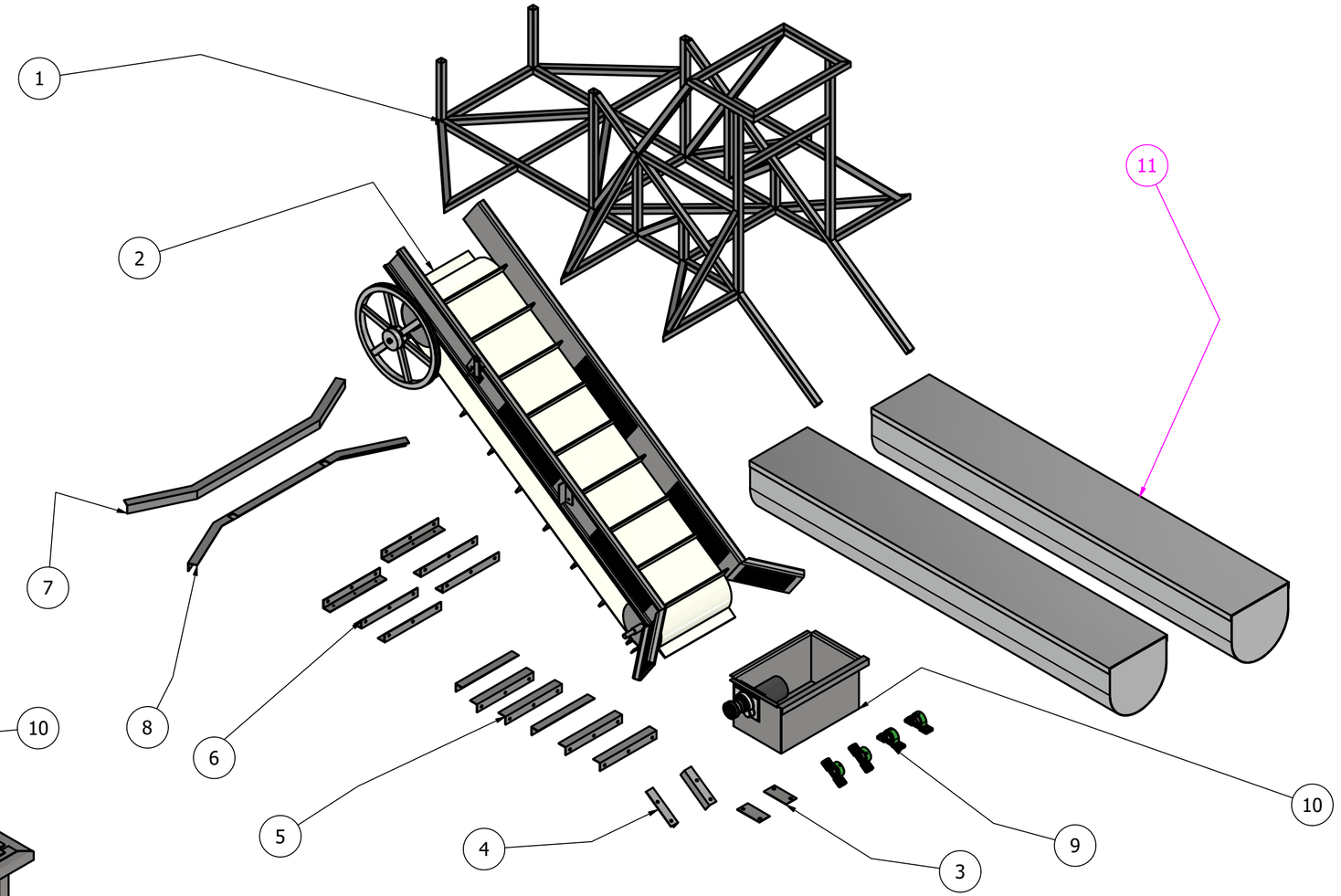

Notas:
- Se parte de una platina 310mmx410mm y se corta y desvasta el excedente para llegar a la dimensión especificada.
- Realizar el agujero ciego usando fresadora Ø19mm.

| DENOMINACIÓN: | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|
| Manivela de Polea | 1 : 2 | SE_EP_T_05 |

| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | Platina Acero A36, espesor 6mm | ±0,1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 20 | |



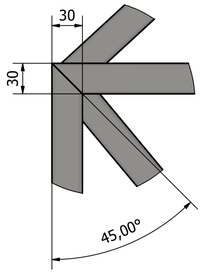



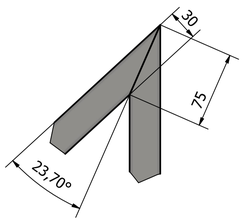

| LISTA DE PARTES | | |
|---|---|---|
| ITEM | CANTIDAD | DENOMINACIÓN |
| 1 | 1 | Estructura Metálica del Sistema de Recolección |
| 2 | 1 | Sistema de Banda Transportadora |
| 3 | 2 | Soporte Superior de Chumacera |
| 4 | 1 | Soporte Inferior de Chumacera |
| 5 | 6 | Angulo Superior para Sujecion de Flotadores |
| 6 | 6 | Angulo Inferior para Sujecion de Flotadores |
| 7 | 1 | Angulo Posterior de Direccionamiento para Canasta |
| 8 | 1 | Angulo Delantero de Direccionamiento para Canasta |
| 9 | 4 | Chumacera 3/4" |
| 10 | 1 | Contenedor de Dispositivos Electronicos |
| 11 | 2 | Flotadores |

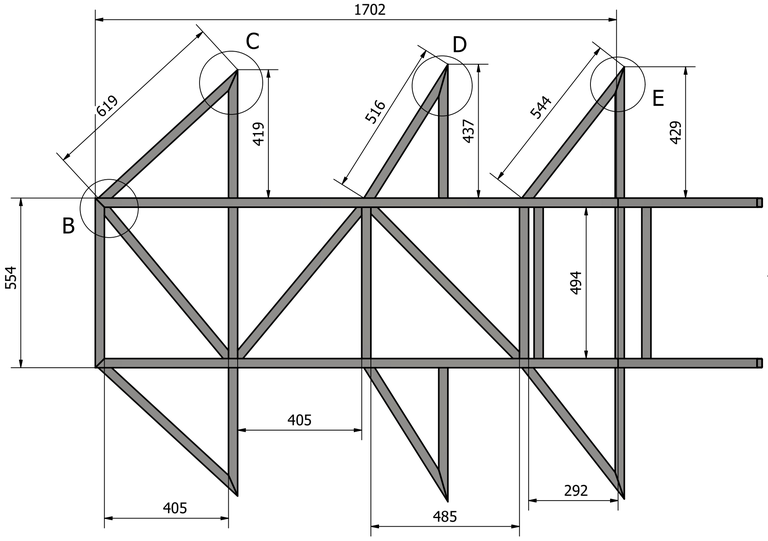
| DENOMINACIÓN: | | | | | | TAMAÑO: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistema de Recolección | | | | | | A2 |
| | FECHA: | NOMBRE: | ESCALA: | CÓDIGO: | PESO: | HOJA Nº: |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | 1 : 16 | SR_C_01 | N/A | 21 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | Plano de Conjunto | | | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | | | | |

B ( 1 : 3 )

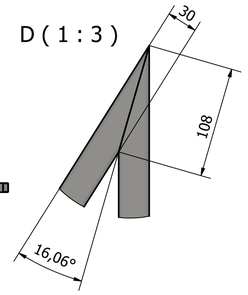



C ( 1 : 3 )

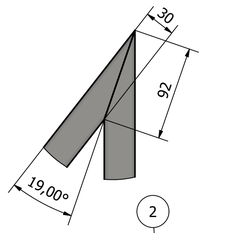


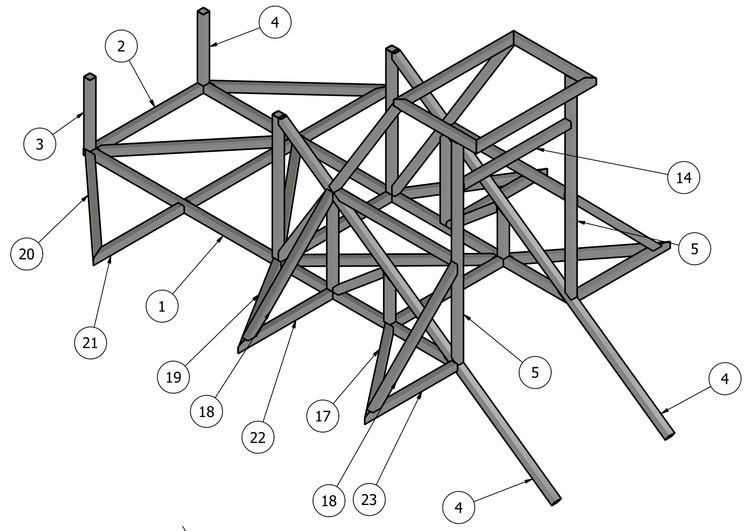



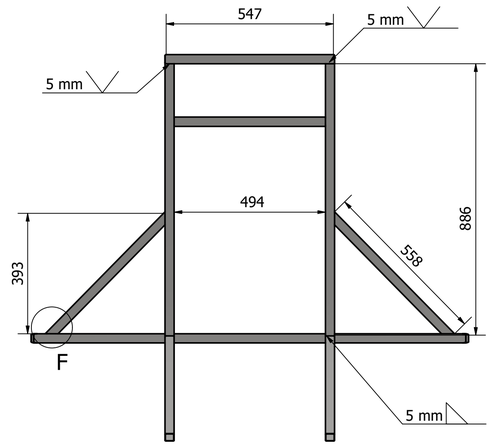

D ( 1 : 3 )

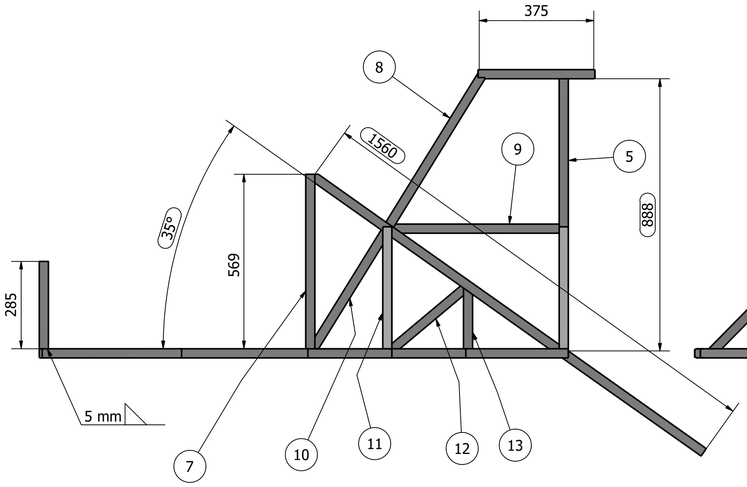


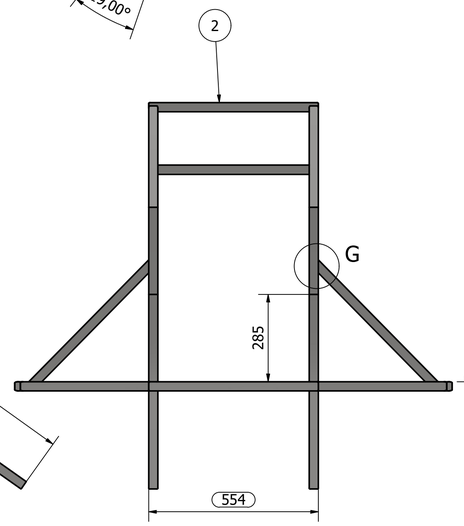

E ( 1 : 3 )

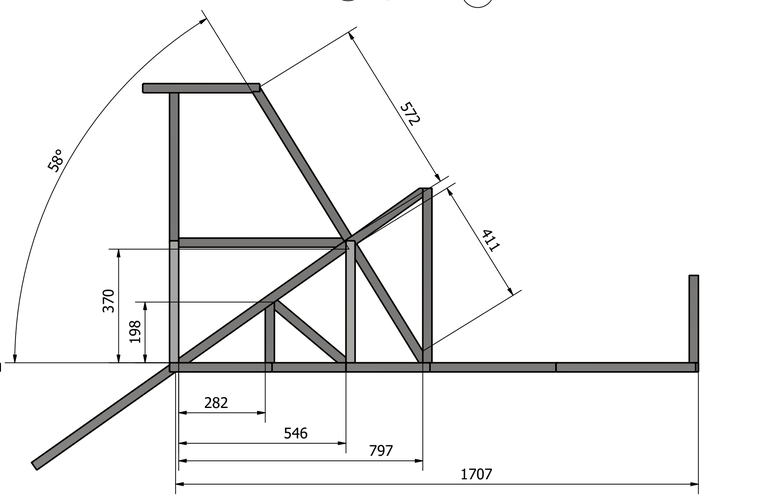


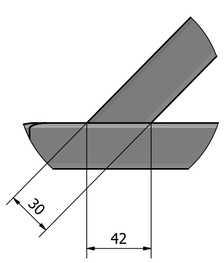



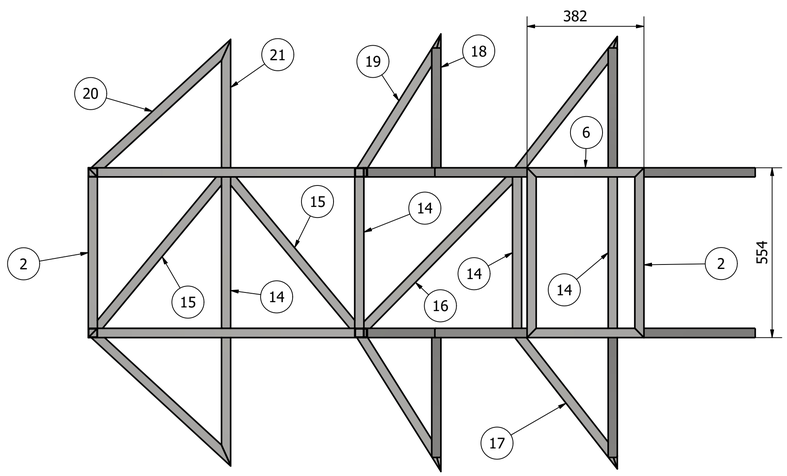



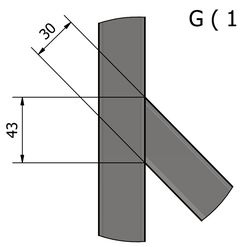




F ( 1 : 2 )



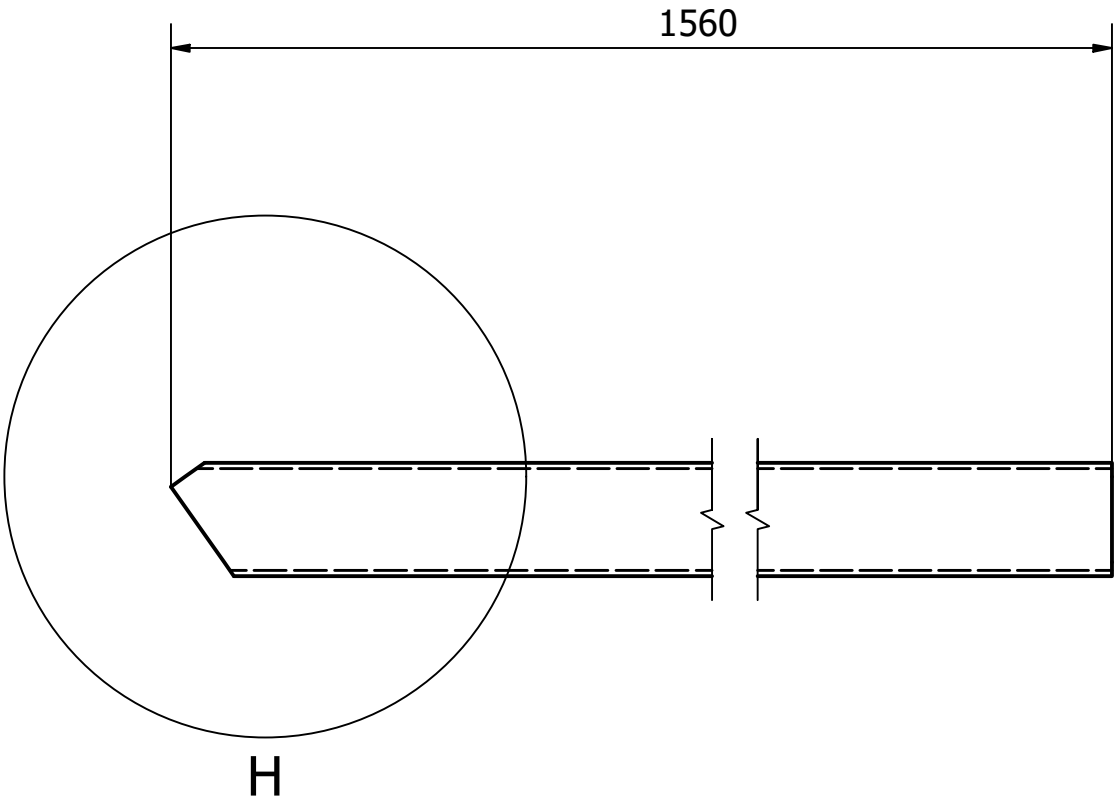

G ( 1 : 2 )

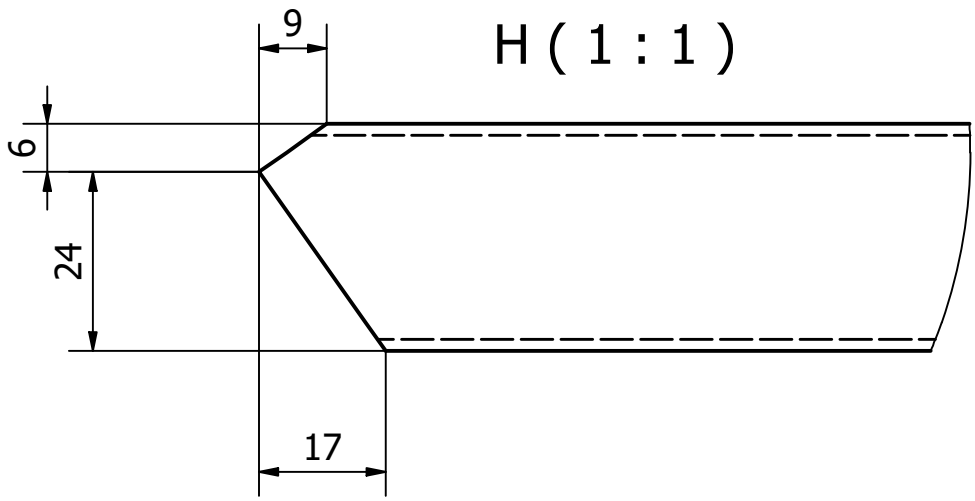



LISTA DE PARTES

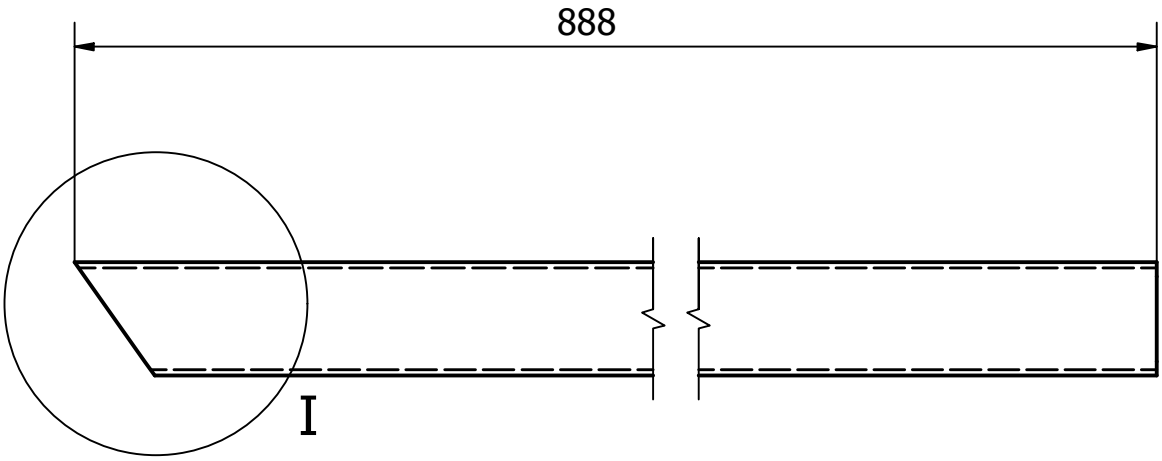
| ITEM | LONGITUD TOTAL | CANTIDAD | DENOMINACIÓN |
|---|---|---|---|
| 1 | 3414 mm | 2 | Acero F 30x30x1,5-1707 GB/T 6728-2002 |
| 2 | 1662 mm | 3 | Acero F 30x30x1,5-554 GB/T 6728-2002 |
| 3 | 570 mm | 2 | Acero F 30x30x1,5-285 GB/T 6728-2002 |
| 4 | 3120 mm | 2 | Acero F 30x30x1,5-1560 GB/T 6728-2002 |
| 5 | 1776 mm | 2 | Acero F 30x30x1.5-888 GB/T 6728-2002 |
| 6 | 764 mm | 2 | Acero F 30x30x1,5-382 GB/T 6728-2002 |
| 7 | 1139 mm | 2 | Acero F 30x30x1,5-570 GB/T 6728-2002 |
| 8 | 1148 mm | 2 | Acero F 30x30x1.5-574 GB/T 6728-2002 |
| 9 | 1082 mm | 2 | Acero F 30x30x1.5-541 GB/T 6728-2002 |
| 10 | 888 mm | 2 | Acero F 30x30x1,5-444 GB/T 6728-2002 |
| 11 | 742 mm | 2 | Acero F 30x30x1.5-371 GB/T 6728-2002 |
| 12 | 612 mm | 2 | Acero F 30x30x1,5-306 GB/T 6728-2002 |
| 13 | 396 mm | 2 | Acero F 30x30x1,5-198 GB/T 6728-2002 |
| 14 | 1976 mm | 4 | Acero F 30x30x1.5-494 GB/T 6728-2002 |
| 15 | 1278 mm | 2 | Acero F 30x30x1,5-639 GB/T 6728-2002 |
| 16 | 692 mm | 1 | Acero F 30x30x1,5-692 GB/T 6728-2002 |
| 17 | 1088 mm | 2 | Acero F 30x30x1.5-544 GB/T 6728-2002 |
| 18 | 2233 mm | 4 | Acero F 30x30x1.5-558 GB/T 6728-2002 |
| 19 | 1032 mm | 2 | Acero F 30x30x1.5-516 GB/T 6728-2002 |
| 20 | 1239 mm | 2 | Acero F 30x30x1.5-619 GB/T 6728-2002 |
| 21 | 838 mm | 2 | Acero F 30x30x1.5-419 GB/T 6728-2002 |
| 22 | 874 mm | 2 | Acero F 30x30x1.5-437 GB/T 6728-2002 |
| 23 | 857 mm | 2 | Acero F 30x30x1.5-429 GB/T 6728-2002 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DENOMINACIÓN: Estructura Metálica del Sistema de Recolección | | | | | | TAMAÑO: A1 |
| | FECHA: | NOMBRE: | ESCALA: | CÓDIGO: | PESO: | HOJA Nº: |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | 1 : 10 | ESM_SR_C_01 | 36.167 kg | 22 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | Estructura Metálica del Sistema de Recolección | | | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | | | | |

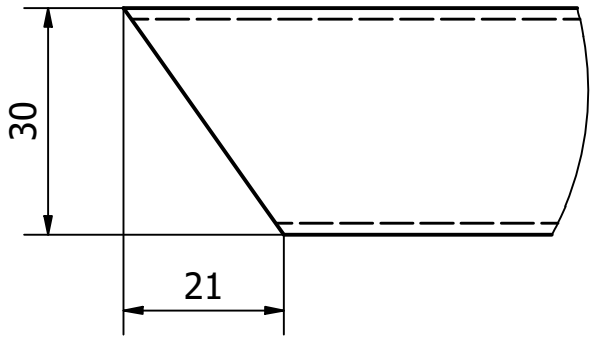


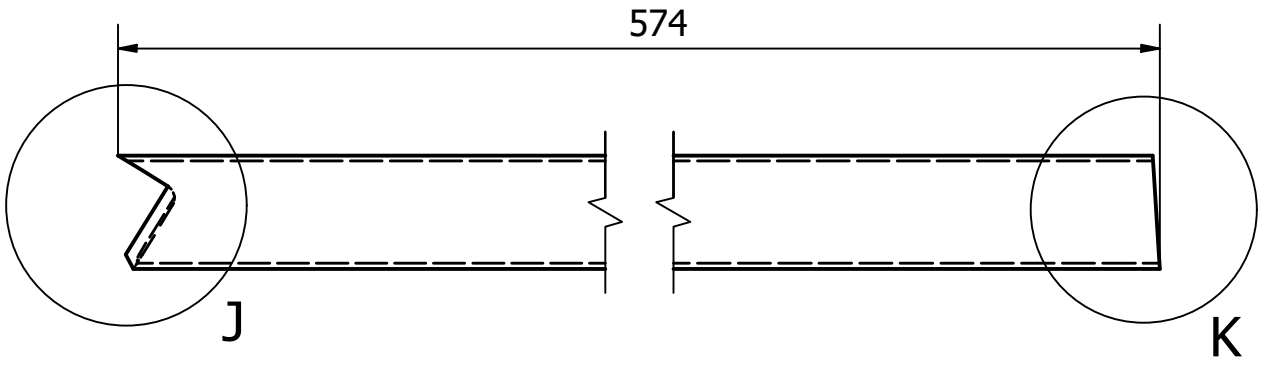

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| DENOMINACIÓN: Item 4 de Estructura Metálica | | | ESCALA: 1 : 2 | CÓDIGO: ESM_SR_T_01 |
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: Acero F 30x30x1,5 - 1560 GB/T 6728-2002 | TOLERANCIA: ±1 |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | | |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 23 | |

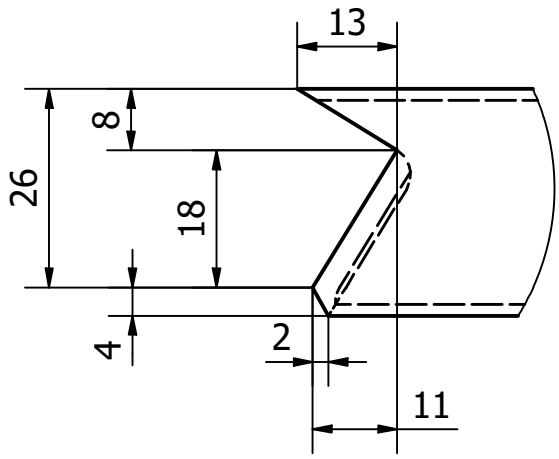



I ( 1 : 1 )

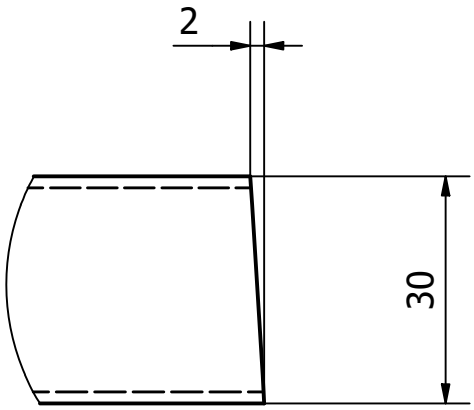



| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| DENOMINACIÓN: Item 5 de Estructura Metálica | | | ESCALA: 1 : 2 | CÓDIGO: ESM_SR_T_02 |
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: Acero F 30x30x1,5 - 888 GB/T 6728-2002 | TOLERANCIA: ±1 |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | | |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 24 | |



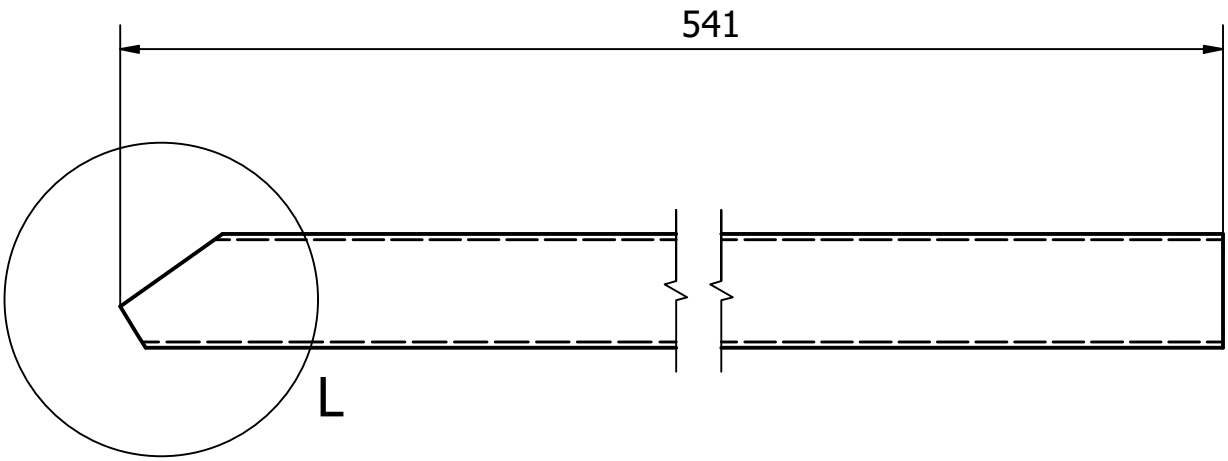

J ( 1 : 1 )



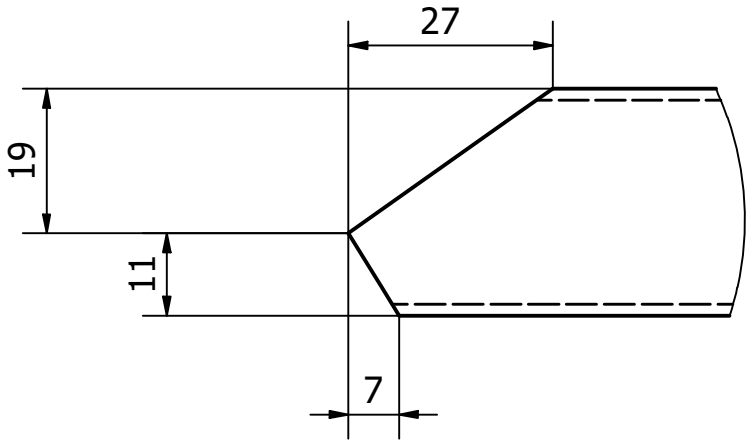

K ( 1 : 1 )

| DENOMINACIÓN: Item 8 de Estructura Metálica | ESCALA: 1 : 2 | CÓDIGO: ESM_SR_T_03 |
|---|---|---|

| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | Acero F 30x30x1,5 - 574 GB/T 6728-2002 | ±1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 25 | |

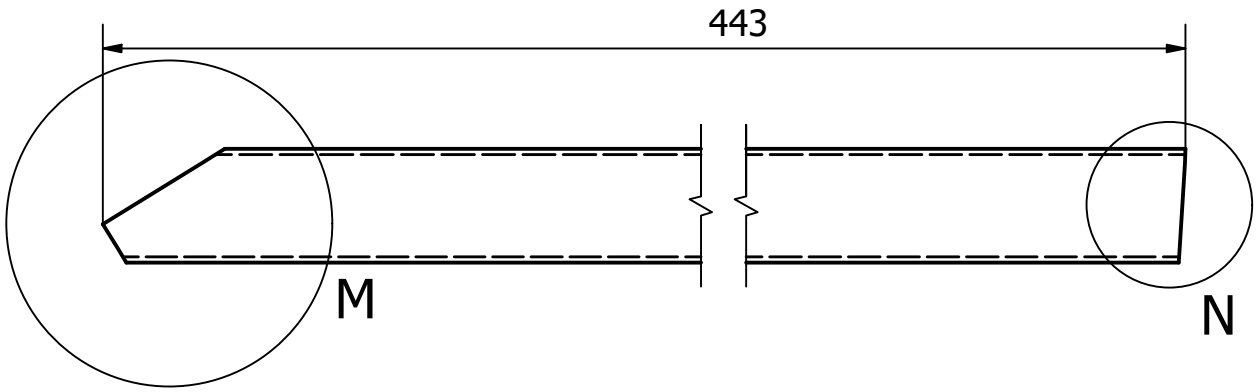


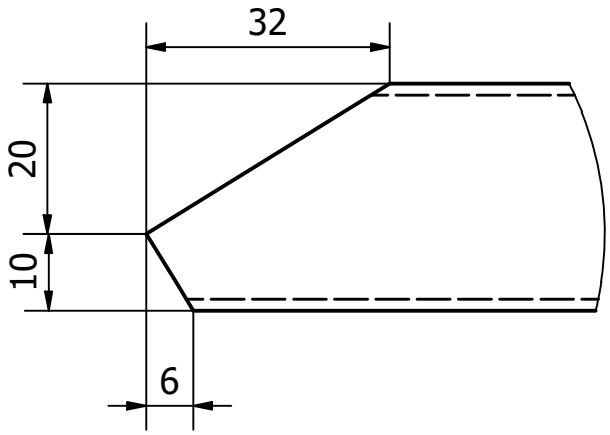

L ( 1 : 1 )




| DENOMINACIÓN: Item 9 de Estructura Metálica | ESCALA: 1 : 2 | CÓDIGO: ESM_SR_T_04 |
|---|---|---|

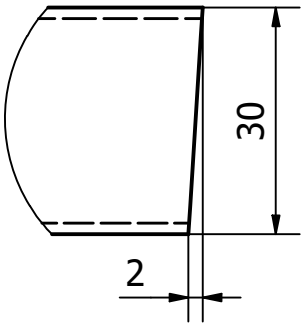
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: Acero F 30x30x1,5 - 541 GB/T 6728-2002 | TOLERANCIA: ±1 |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | | |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 26 | |



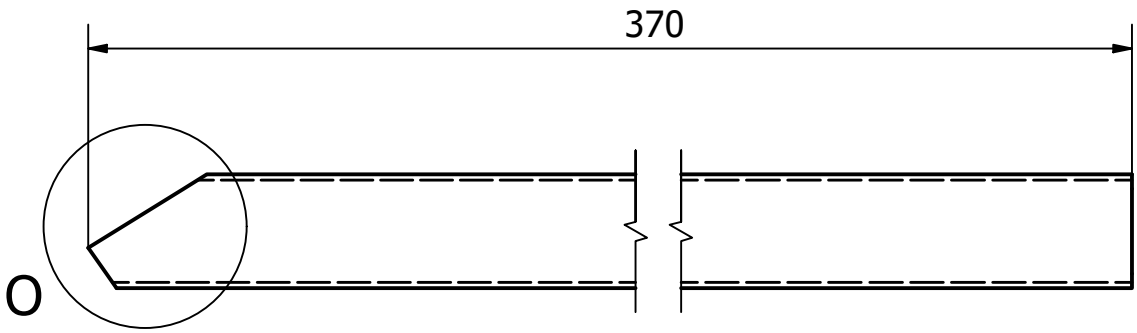



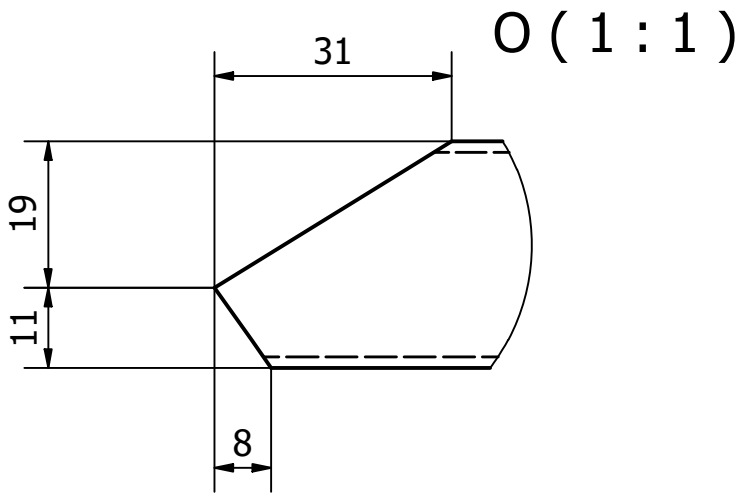

M ( 1 : 1 )

N ( 1 : 1 )

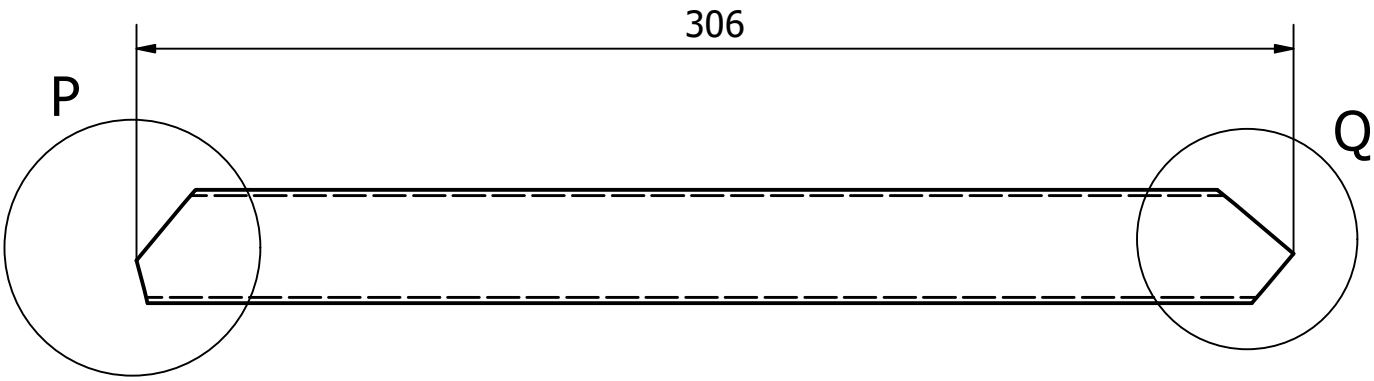


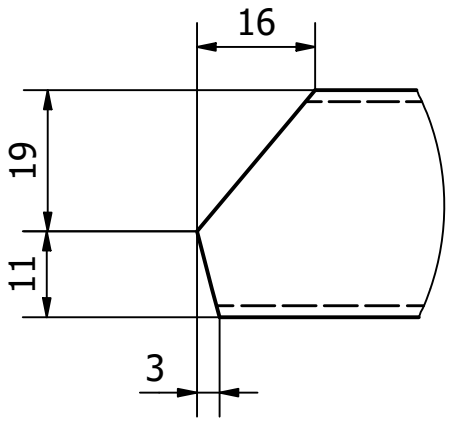

| DENOMINACIÓN: | | | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|---|---|
| Item 10 de Estructura Metálica | | | 1 : 2 | ESM_SR_T_05 |
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | Acero F 30x30x1,5 - 444 GB/T 6728-2002 | ±1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 27 | |



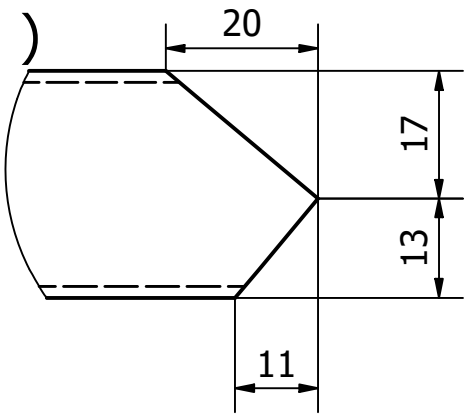

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| DENOMINACIÓN: Item 11 de Estructura Metálica | | | ESCALA: 1 : 2 | CÓDIGO: ESM_SR_T_06 |
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: Acero F 30x30x1,5 - 371 GB/T 6728-2002 | TOLERANCIA: ±1 |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | | |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 28 | |



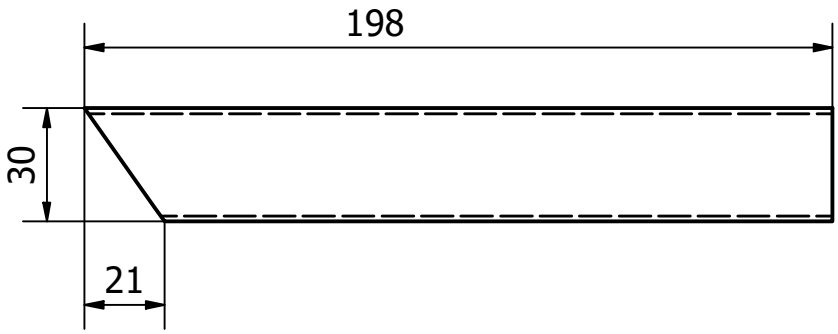




P ( 1 : 1 )

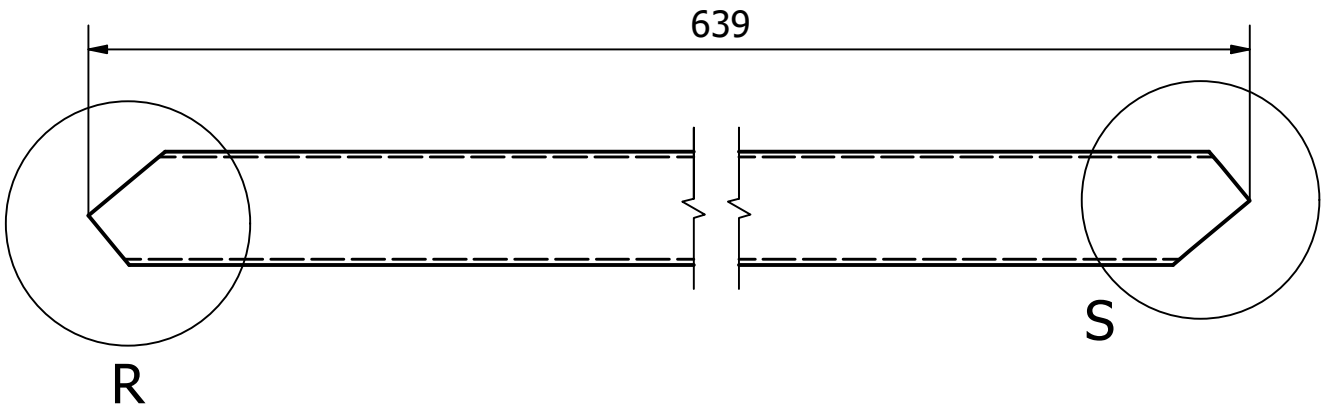
Q ( 1 : 1 )



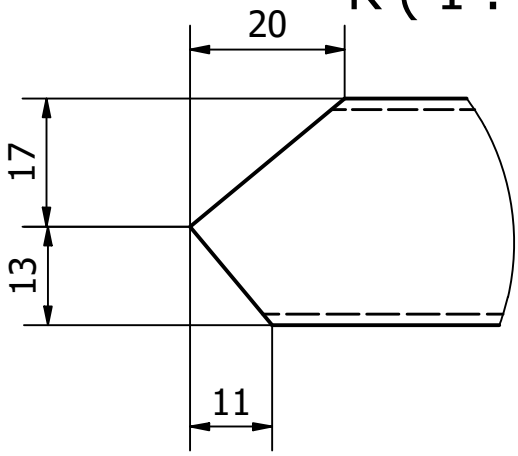

| DENOMINACIÓN: | | | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|---|---|
| Item 12 de Estructura Metálica | | | 1 : 2 | ESM_SR_T_07 |
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | Acero F 30x30x1,5 - 306 GB/T 6728-2002 | ±1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 29 | |



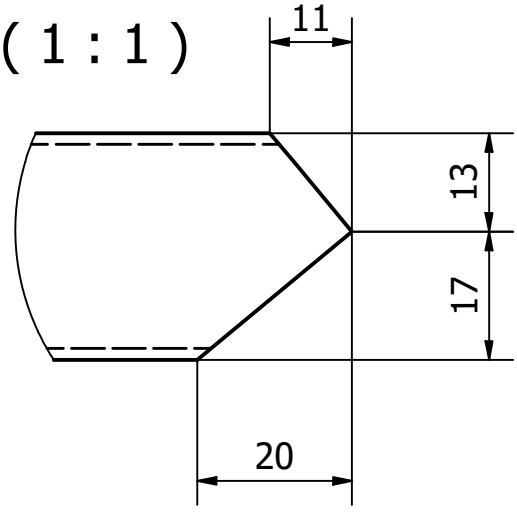

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| DENOMINACIÓN: Item 13 de Estructura Metálica | | | ESCALA: 1 : 2 | CÓDIGO: ESM_SR_T_08 |
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: Acero F 30x30x1,5 - 198 GB/T 6728-2002 | TOLERANCIA: ±1 |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | | |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 30 | |




R ( 1 : 1 )

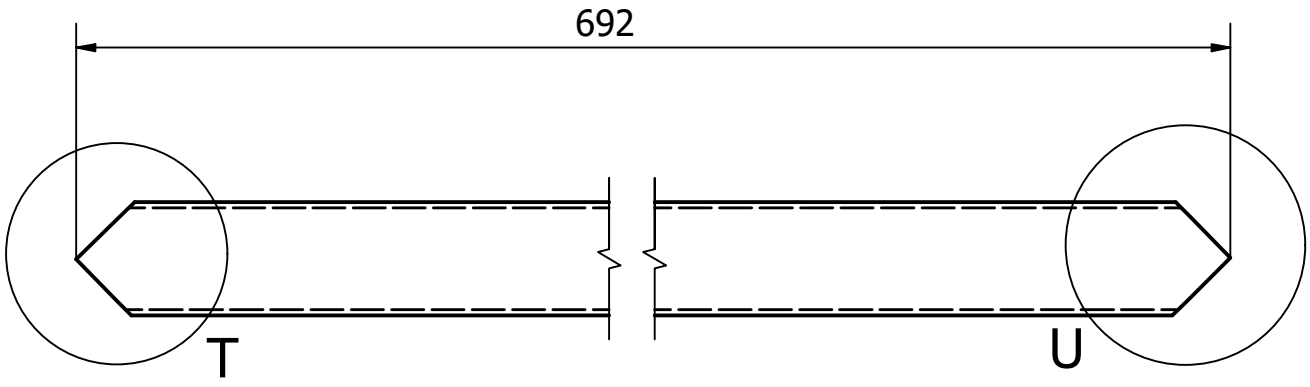


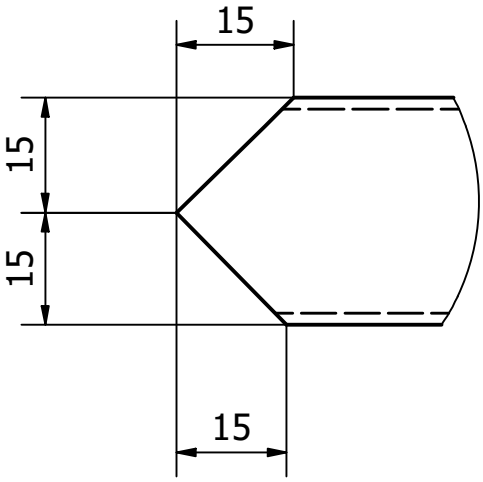

S ( 1 : 1 )




| DENOMINACIÓN: | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|
| Item 15 de Estructura Metálica | 1 : 2 | ESM_SR_T_09 |

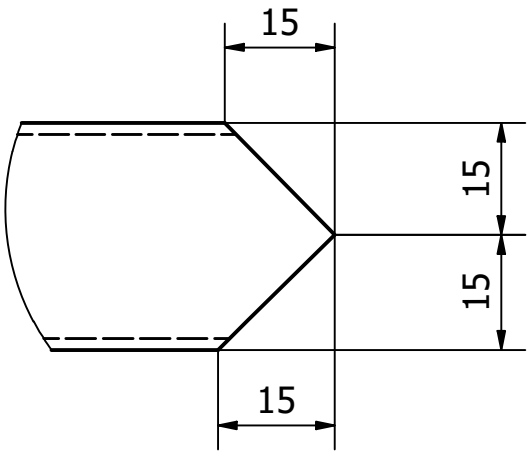
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | Acero F 30x30x1,5 - 639 GB/T 6728-2002 | ±1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 31 | |



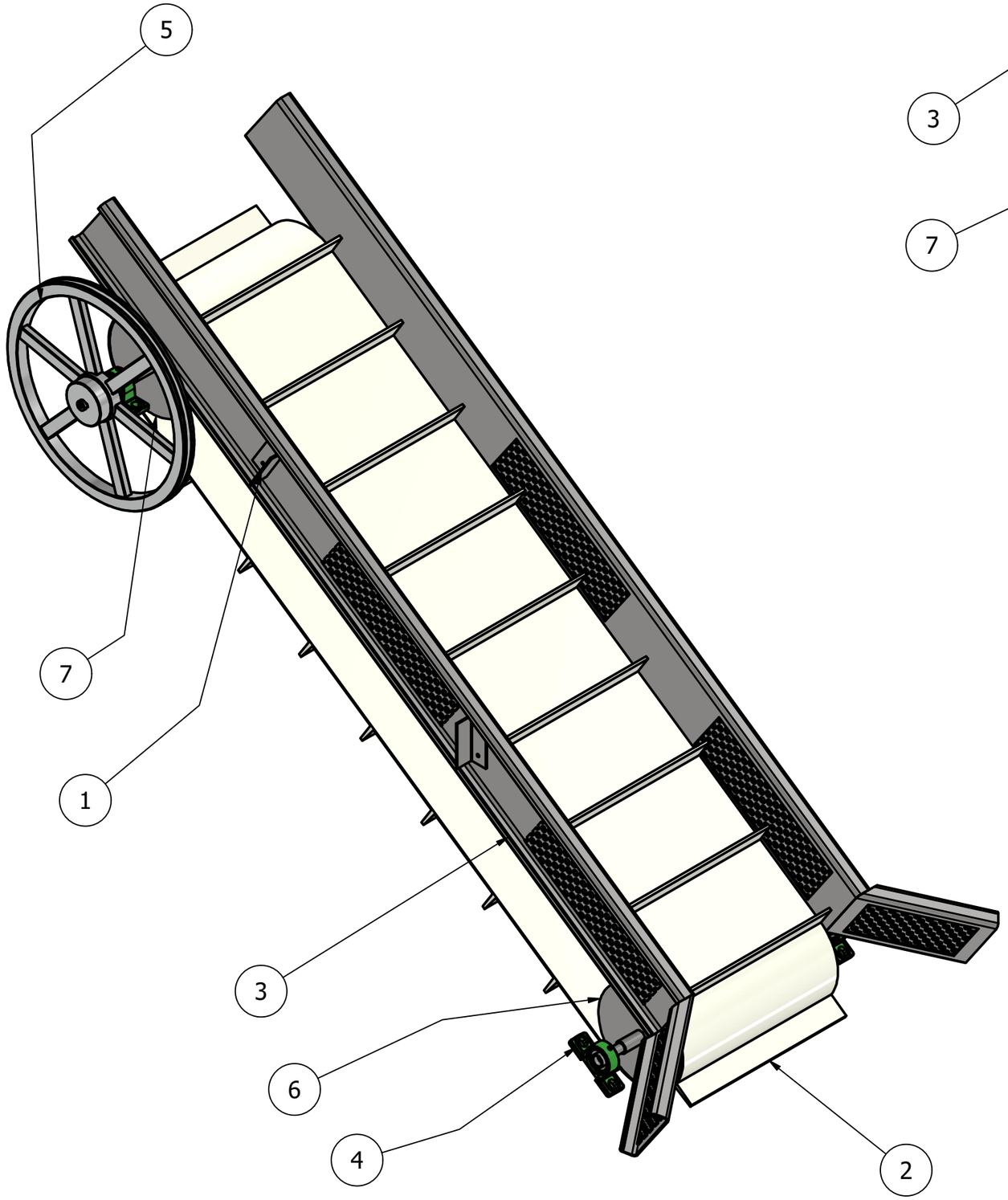

T ( 1 : 1 )

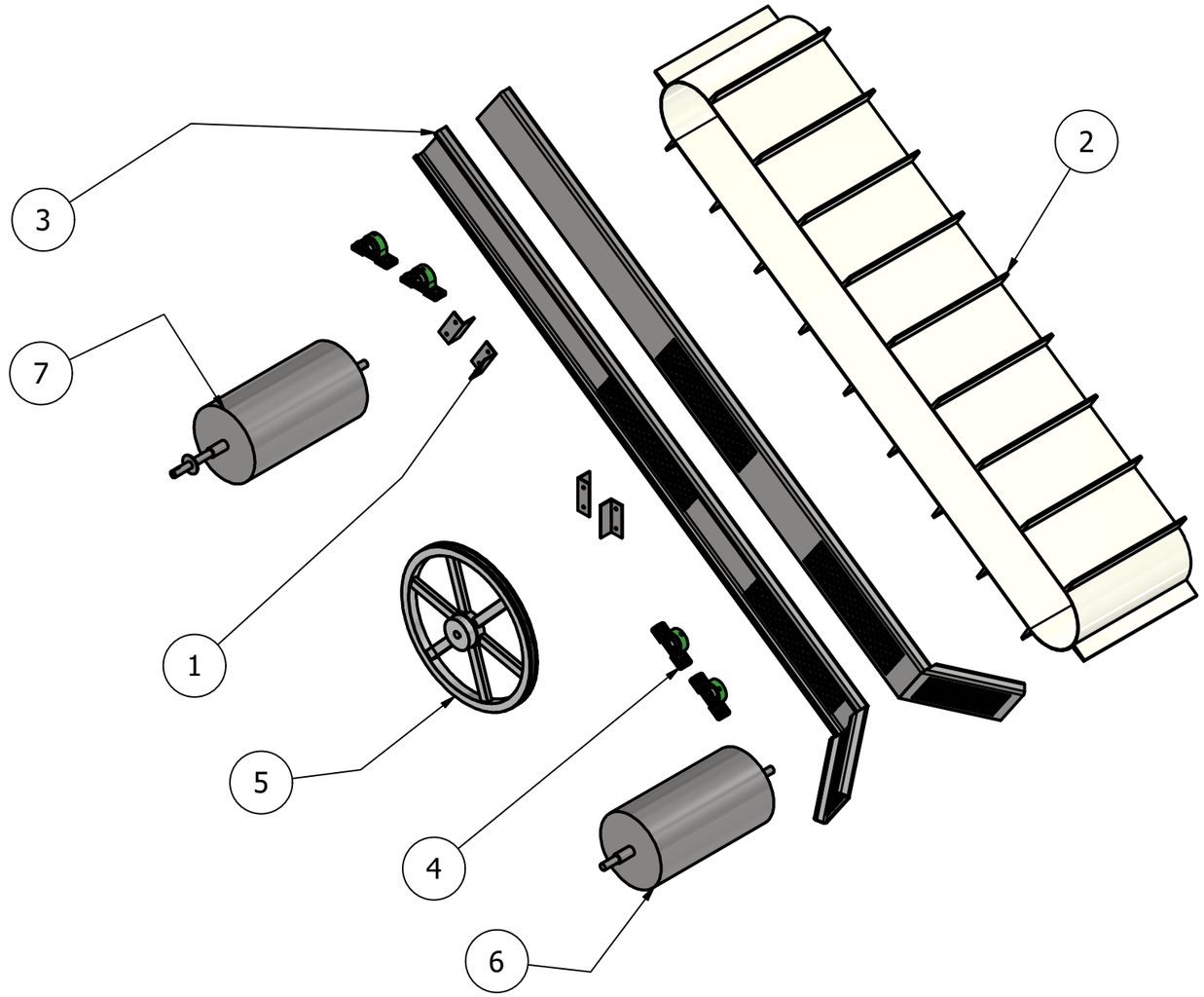
U ( 1 : 1 )




| DENOMINACIÓN: | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|
| Item 16 de Estructura Metálica | 1 : 2 | ESM_SR_T_10 |

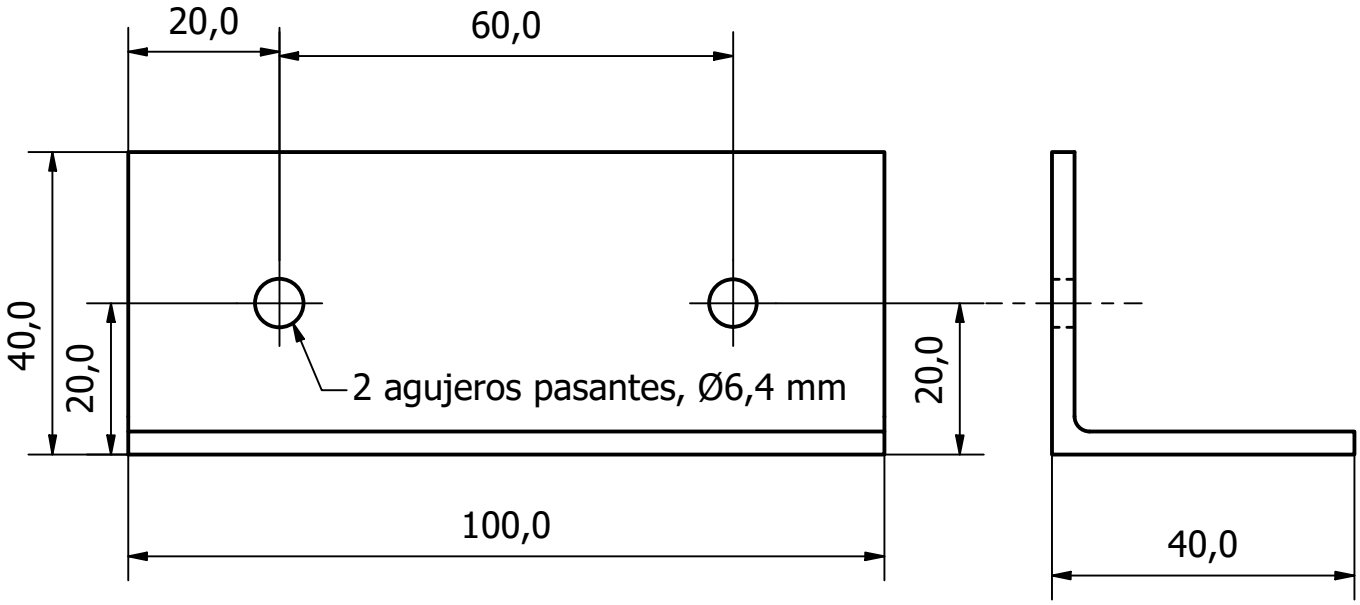
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Andrés Patiño | Acero F 30x30x1,5 - 692 GB/T 6728-2002 | ±1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 32 | |




| LISTA DE PARTES | | |
|---|---|---|
| ITEM | CANTIDAD | DENOMINACIÓN |
| 1 | 4 | Ángulos de Sujeción para Barandas de Contencion |
| 2 | 1 | Banda Transportadora 400 EP 250/2 3+1.5 G |
| 3 | 2 | Baranda de Contención |
| 4 | 4 | Chumacera 3/4" |
| 5 | 1 | Polea de Fundición, canal simple, 18". |
| 6 | 1 | Rodillo Inferior |
| 7 | 1 | Rodillo Superior |

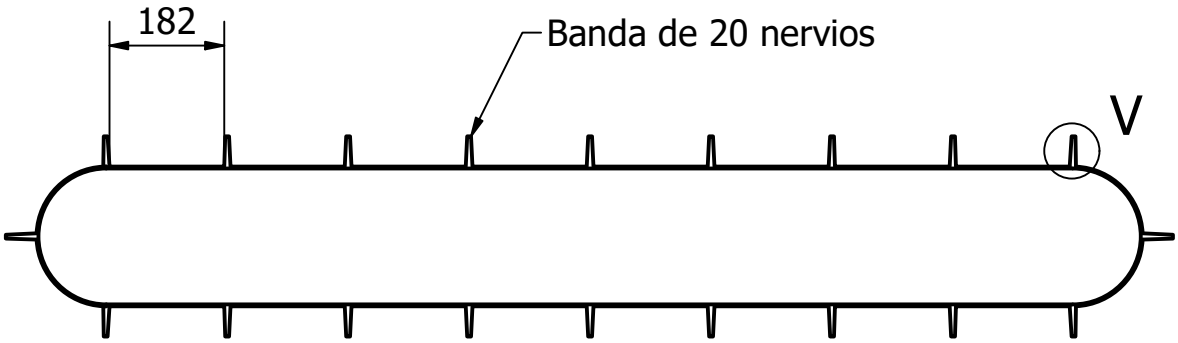
| DENOMINACIÓN: | | | | | | TAMAÑO: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistema de banda transportadora | | | | | | A3 |
| | FECHA: | NOMBRE: | ESCALA: | CÓDIGO: | PESO: | HOJA Nº: |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Angie Melo | 1 :9 | SR_BT_C_01 | N/A | 33 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | Sistema de Recolección | | | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | | | | |

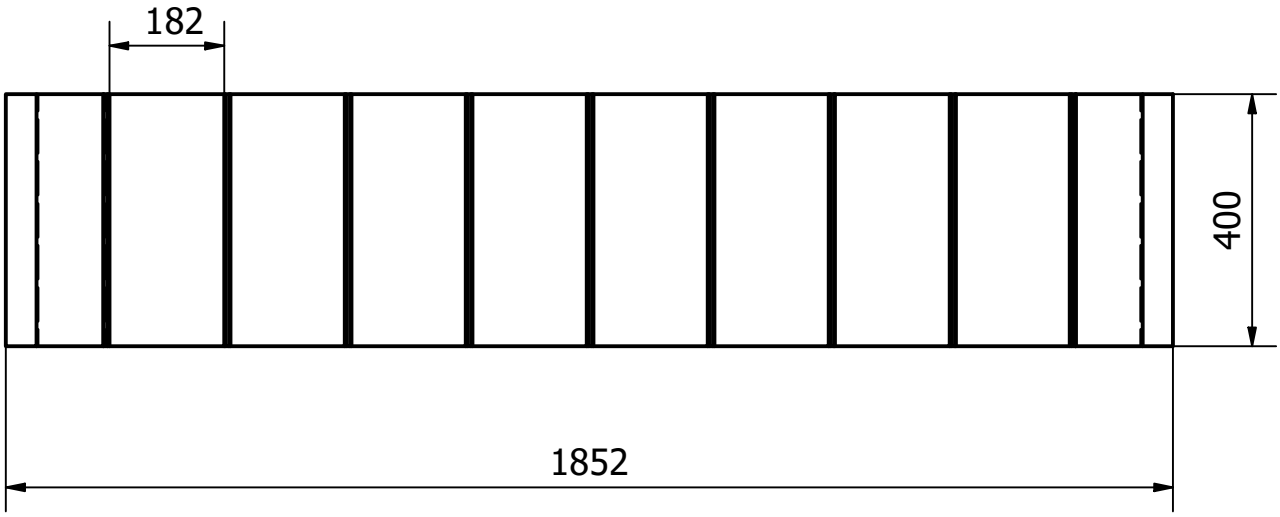


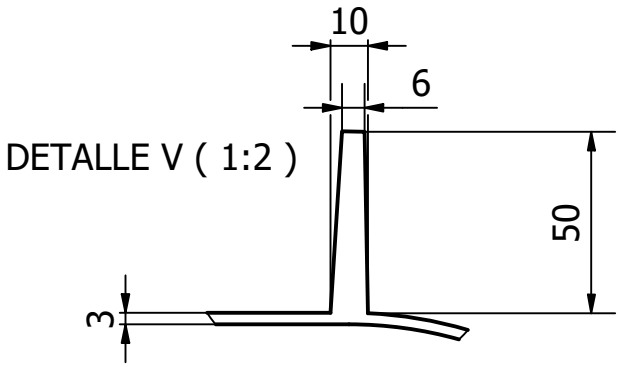

Notas:
- Todos los agujeros son pasantes, de Ø6,4m.

| DENOMINACIÓN: Ángulo de sujeción para Baranda de Contención | ESCALA: 1 : 1 | CÓDIGO: SR_AB_T_01 |
|---|---|---|

| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Angie Melo | Perfil L 40x40x3 - 100, Acero A36 | ±0.1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Galvanizado | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 34 | |

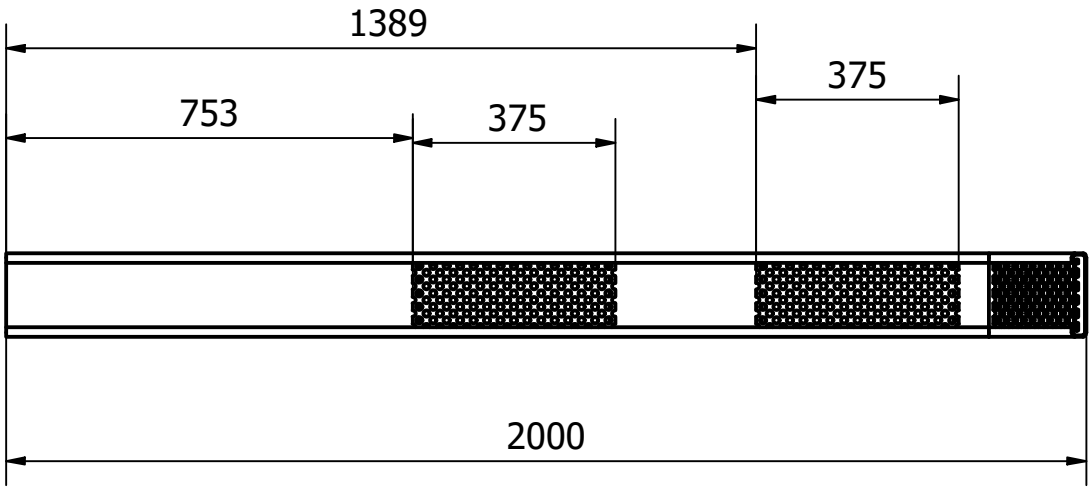


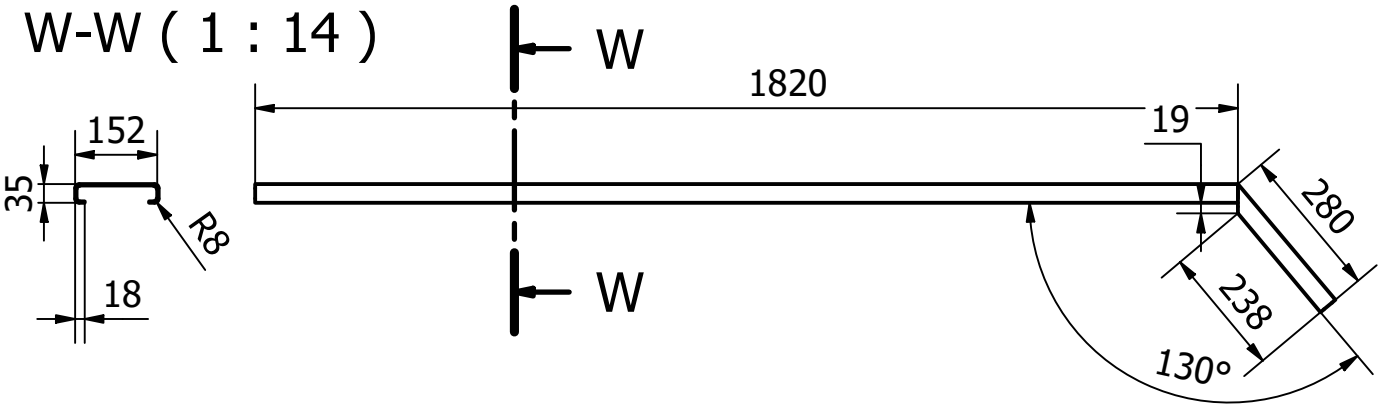



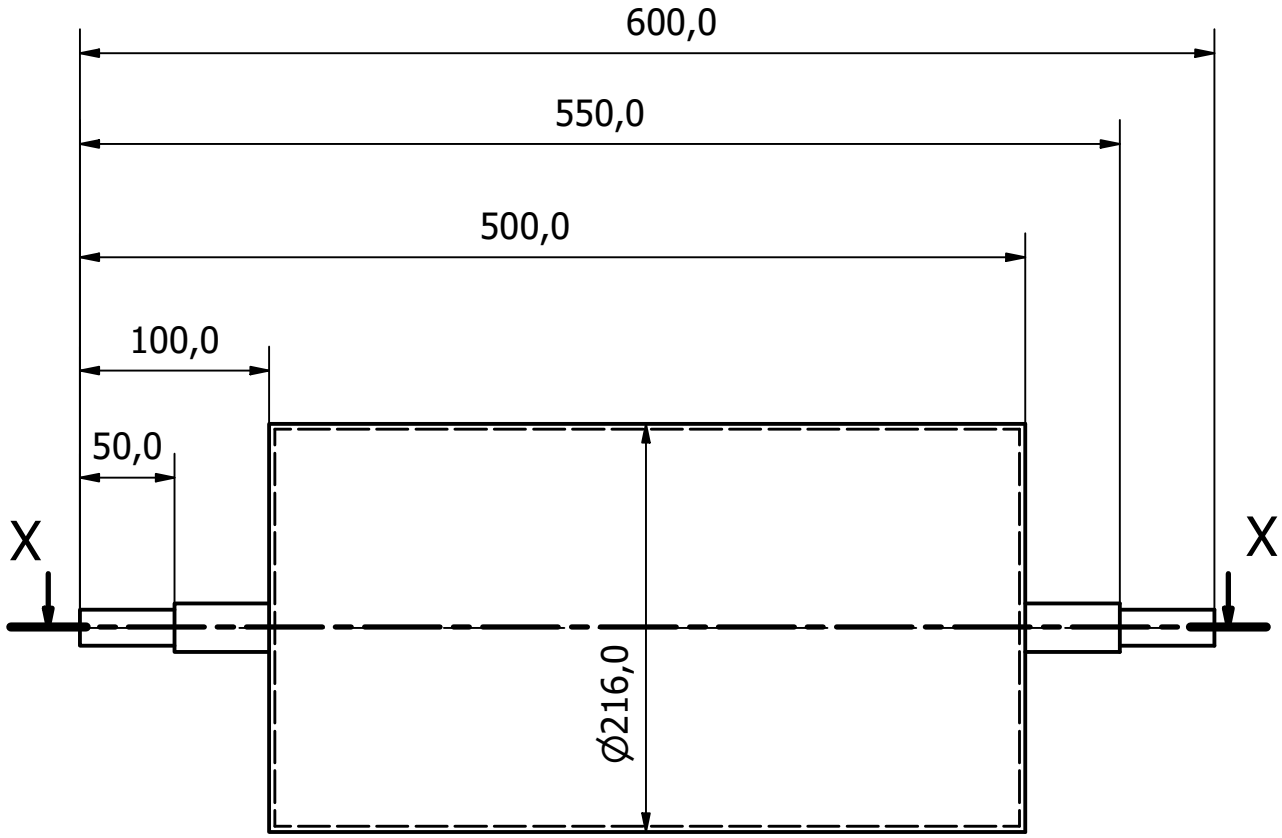

| DENOMINACIÓN: Banda Transportadora | ESCALA: 1 : 12 | CÓDIGO: SR_BT_T_01 |
|---|---|---|

| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: Banda normada: 400 EP 250/2 3+1.5 G | TOLERANCIA: ±1 |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Angie Melo | | |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 35 | |

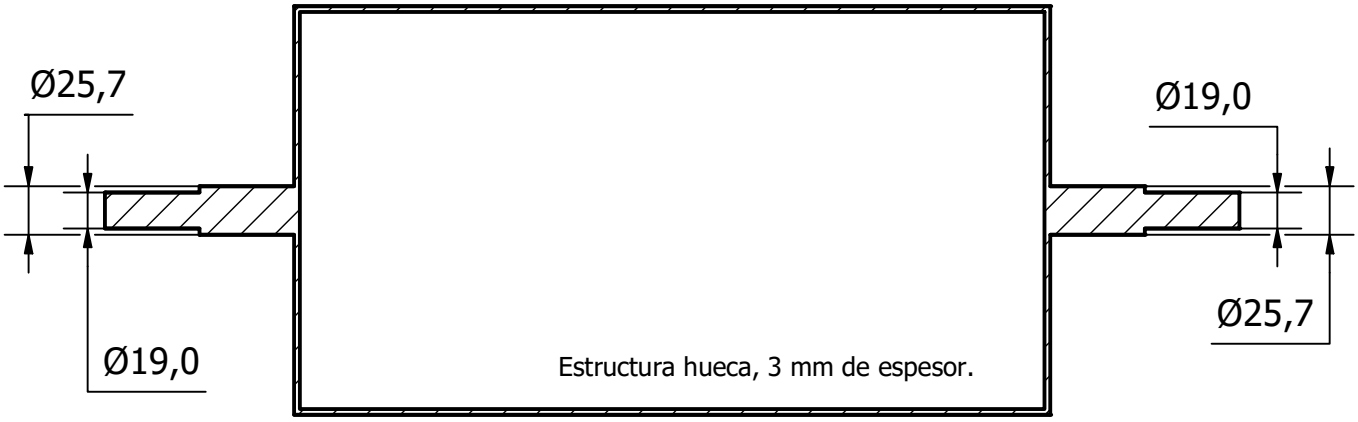



| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| DENOMINACIÓN: Baranda de Contención | | | ESCALA: 1 : 14 | CÓDIGO: SR_BC_T_01 |
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: ±1 |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Angie Melo | | |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 36 | 17 |

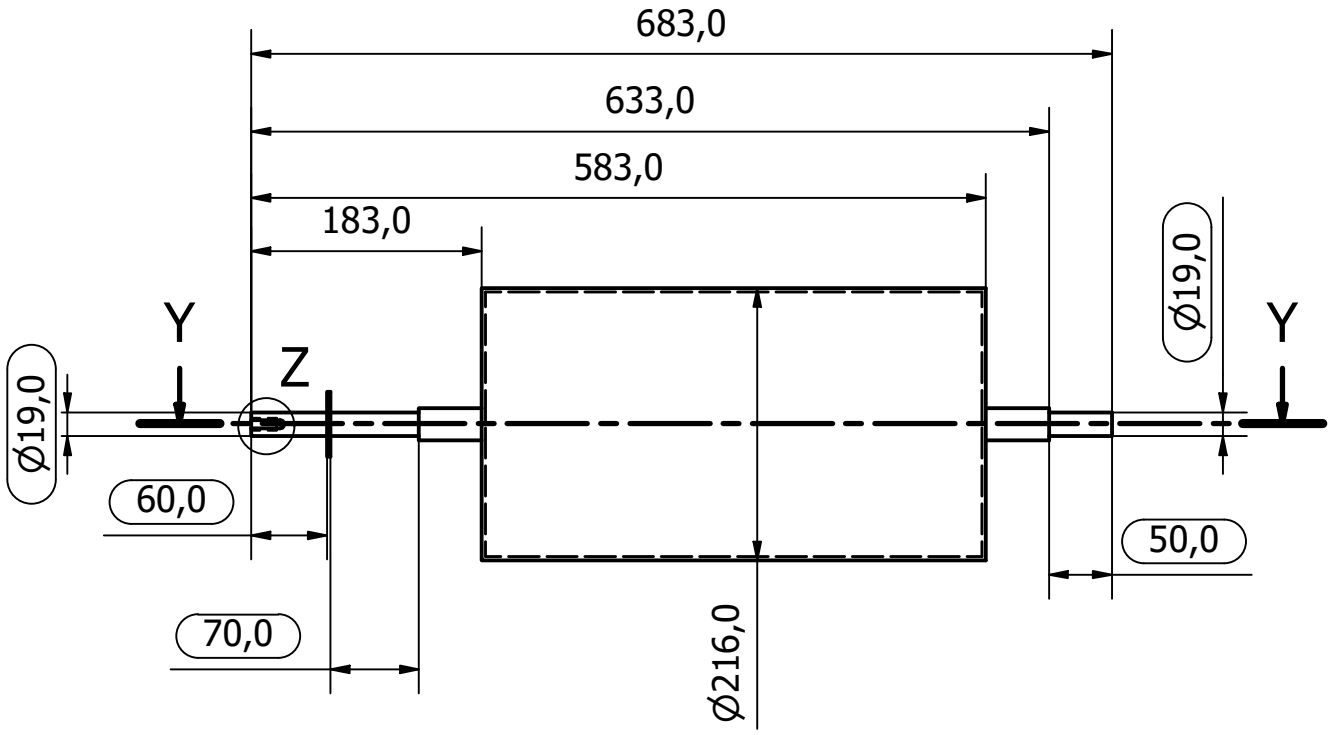



X-X ( 1 : 4 )

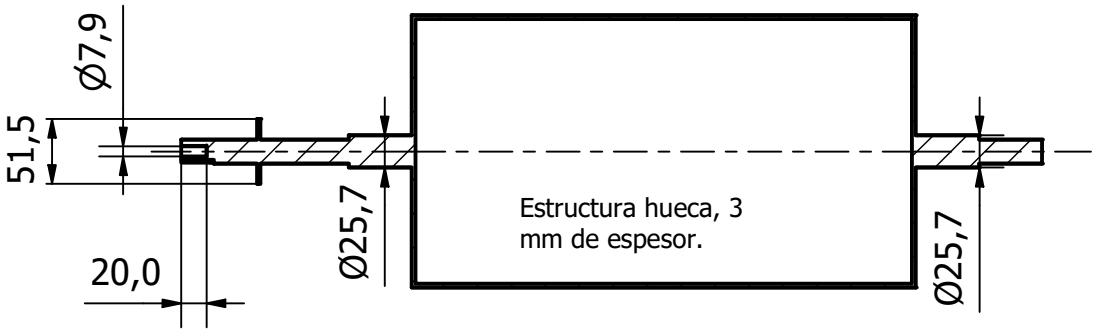



NOTA:
-No aplicar pintura sobre los segmentos del eje destinado a introducirse en las chumaceras y polea.

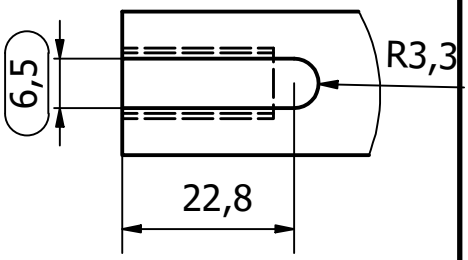
| DENOMINACIÓN: | | | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|---|---|
| Rodillo Inferior | | | 1 : 4 | SR_RI_T_01 |
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Angie Melo | Acero A36, Galvanizado | ±0.1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 37 4/12/2024 | 15 |




Y-Y ( 1 : 6 )



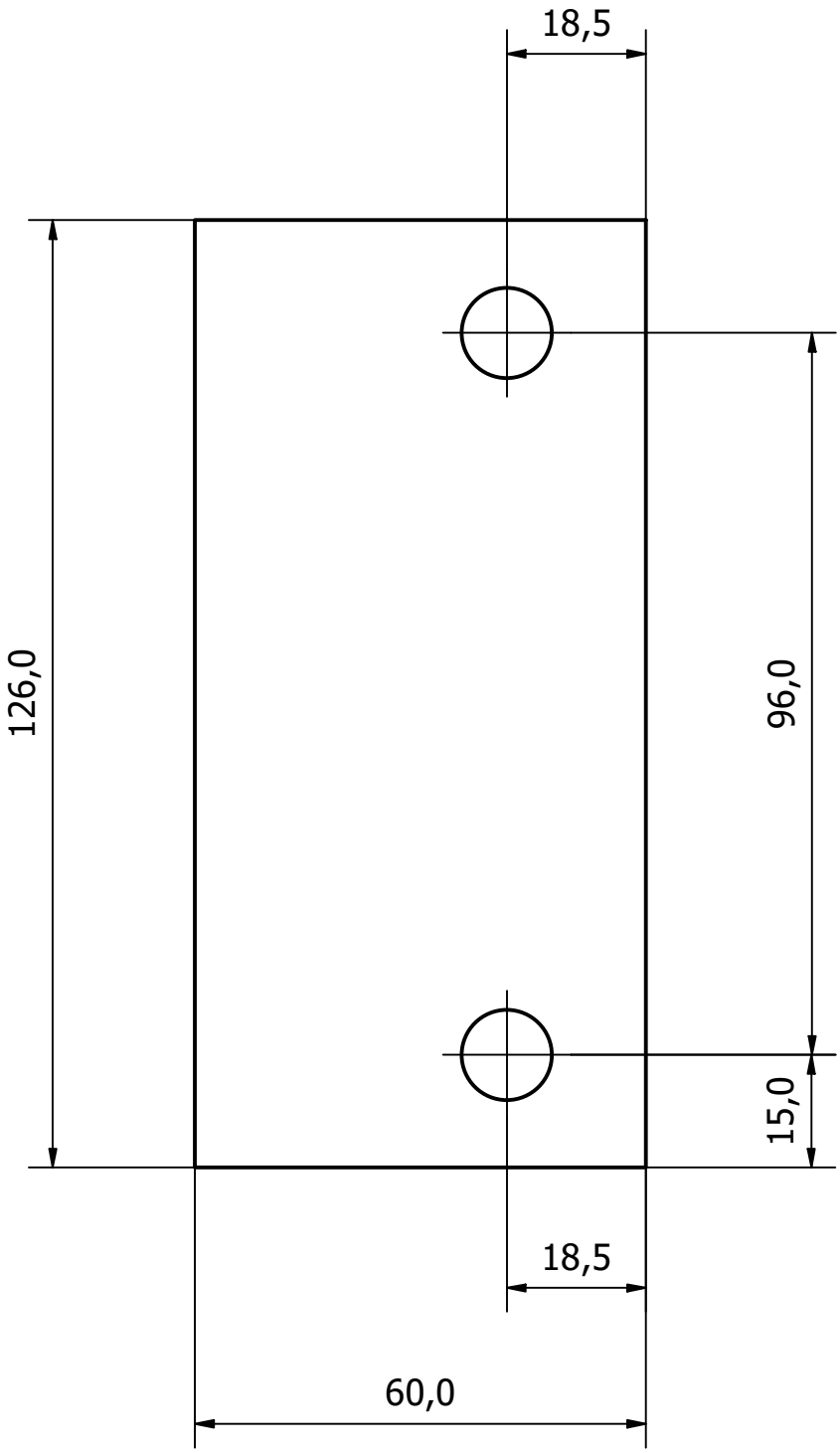

Z ( 1 : 1 )




NOTA:
-No aplicar pintura sobre los segmentos del eje destinado a introducirse en las chumaceras y polea.
- Maquinar chavetero con fresadora, 3mm de profundidad.

| DENOMINACIÓN: | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|
| Rodillo Superior | 1 : 6 | SR_RS_T_01 |

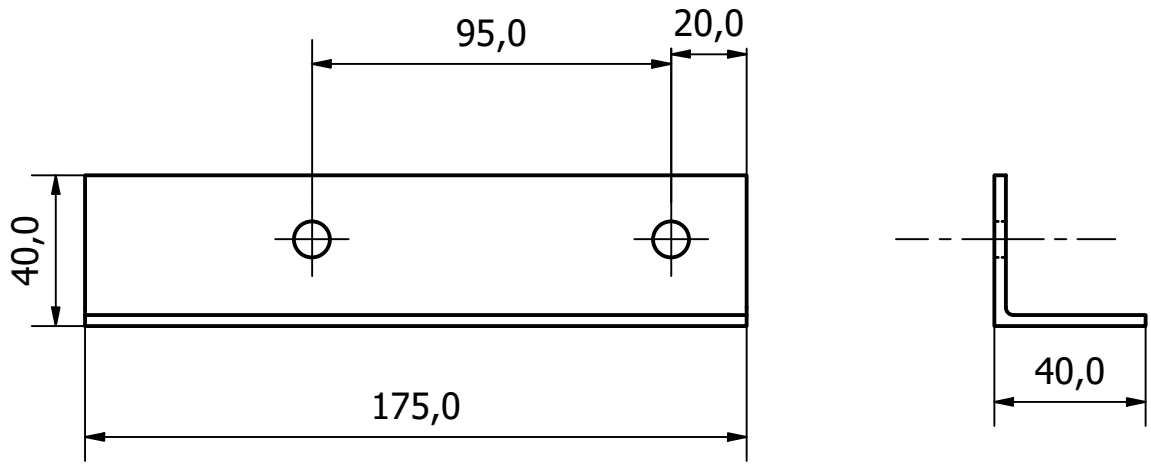
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Angie Melo | Acero A36, Galvanizado | ±0,1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 38 | |




Nota:
- Dos agujeros pasantes de Ø12mm

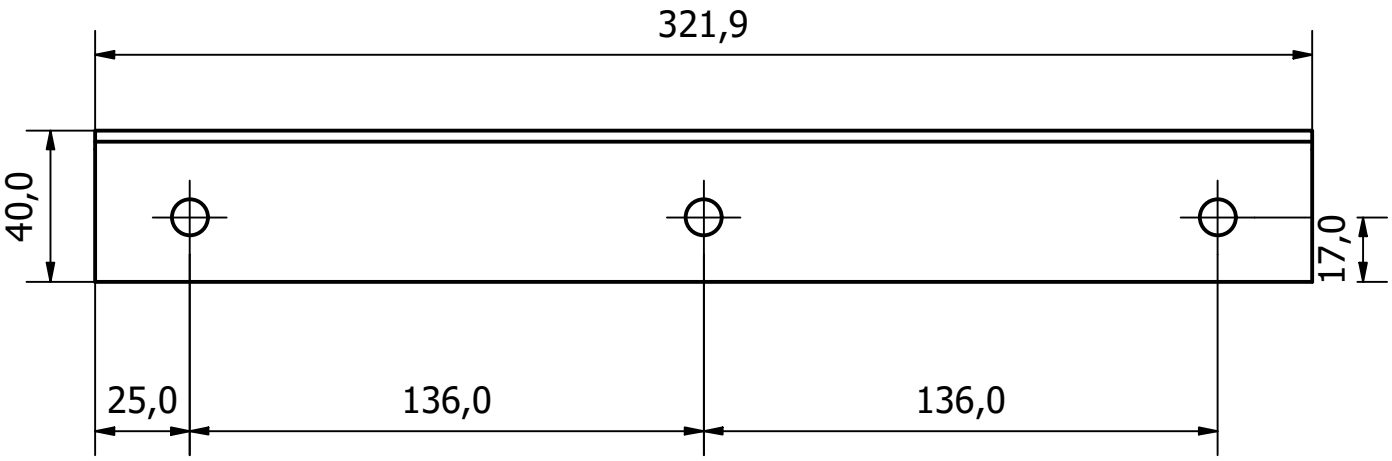
| DENOMINACIÓN: | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|
| Soporte Superior de Chumacera | 1 : 1 | SR_SSC_T_01 |

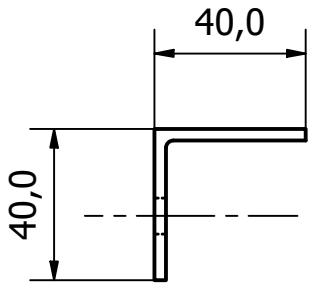
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Angie Melo | Placa 60mm x 126mm x 3mm, Acero A36 | ±0.1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Galvanizado | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 39 | |




Nota:
- Dos agujeros pasantes de Ø12mm

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| DENOMINACIÓN: Soporte Inferior de Chumacera | | | ESCALA: 1 : 2 | CÓDIGO: SR_SIC_T_01 |
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: Perfil L 40x40x3 - 175, Acero A36 | TOLERANCIA: ±0.1 |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Angie Melo | | |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Galvanizado | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 40 | |

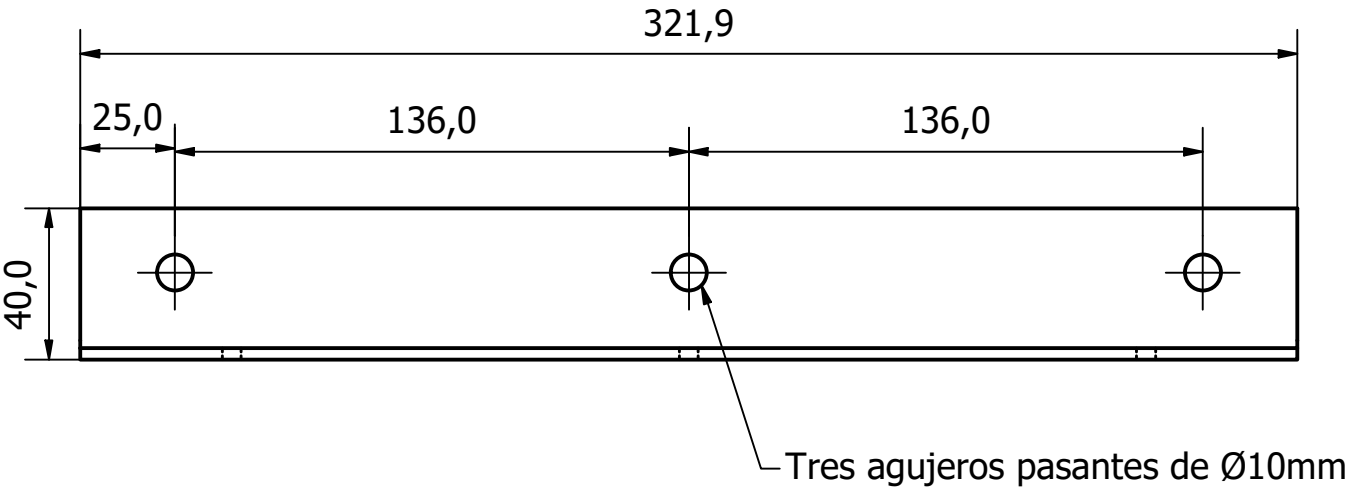


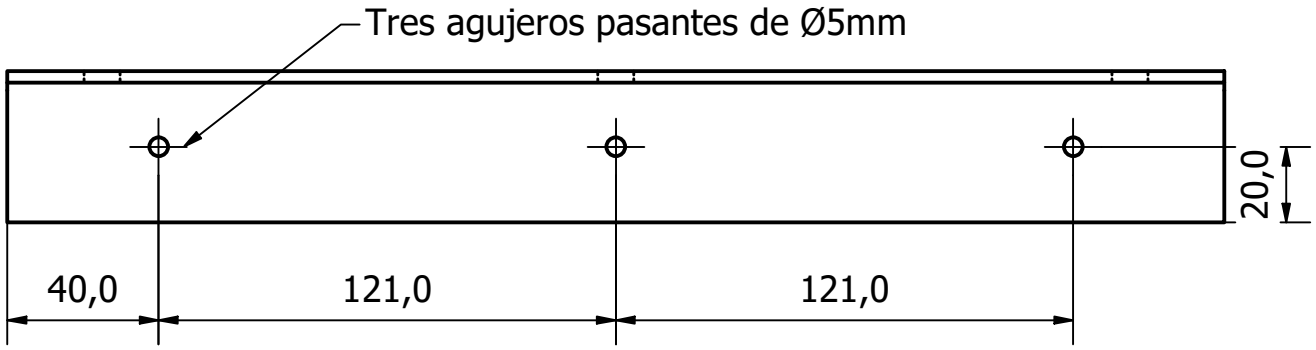



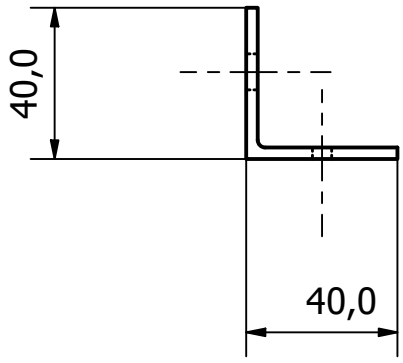

Nota:
- Tres agujeros pasantes de Ø10mm

| DENOMINACIÓN: Ángulo Superior para sujeción de Flotadores | | ESCALA: 1 : 2 | CÓDIGO: SR_ASF_T_01 |
|---|---|---|---|

| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Angie Melo | Perfil L 40x40x3 - 322, Acero A36 | ±0.1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Galvanizado | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 41 | |

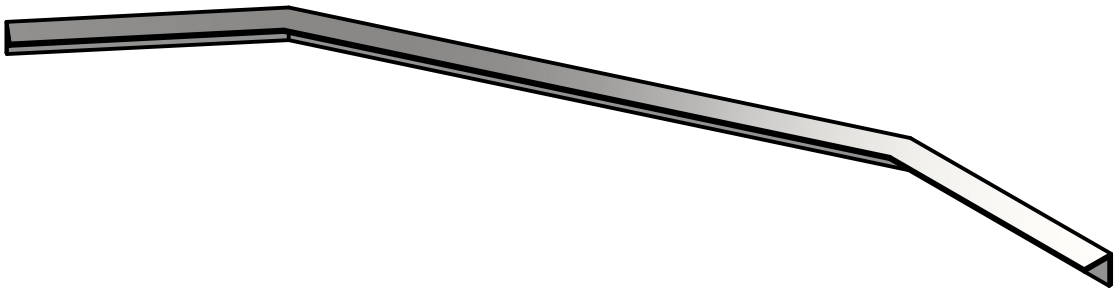


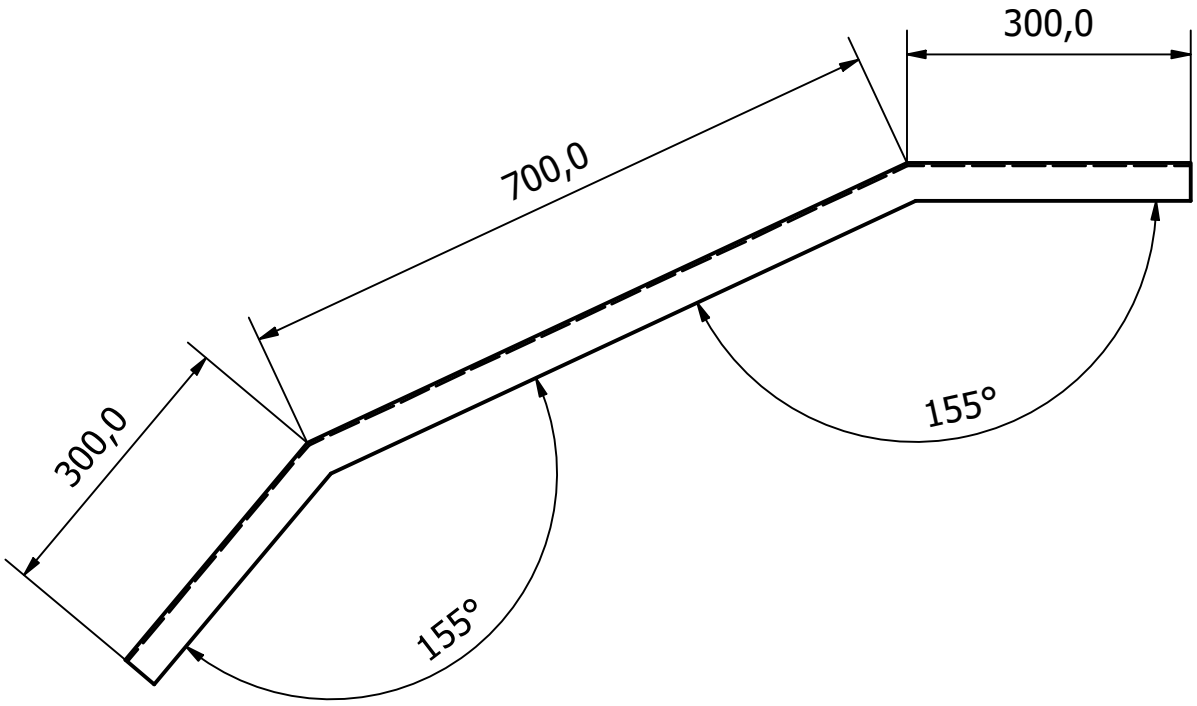




| DENOMINACIÓN: | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|
| Ángulo Inferior para sujeción de Flotadores | 1 : 2 | SR_AIF_T_01 |

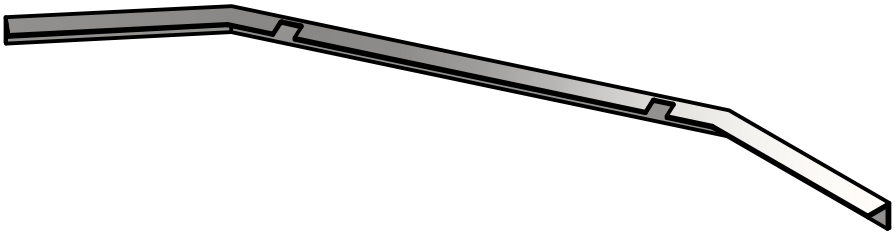
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Angie Melo | Perfil L 40x40x3 - 322, Acero A36 | ±0.1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Galvanizado | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 42 | |

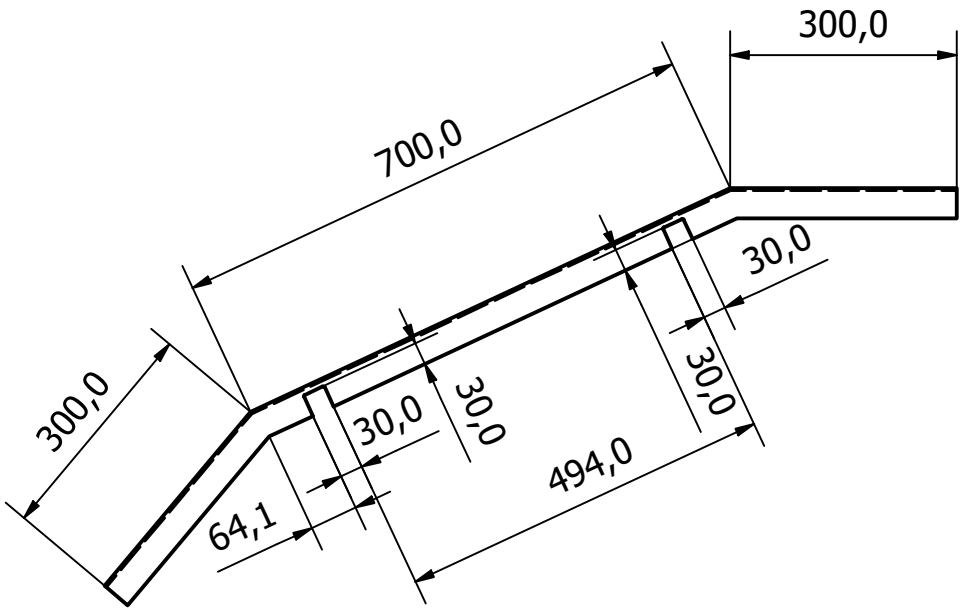





| DENOMINACIÓN: | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|
| Ángulo Posterior para Direcccionamiento de Canasta | 1 : 8 | SR_APD_T_01 |

| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Angie Melo | Perfil L 40x40x3 - 1000, Acero A36 | ±0.1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 43 | |

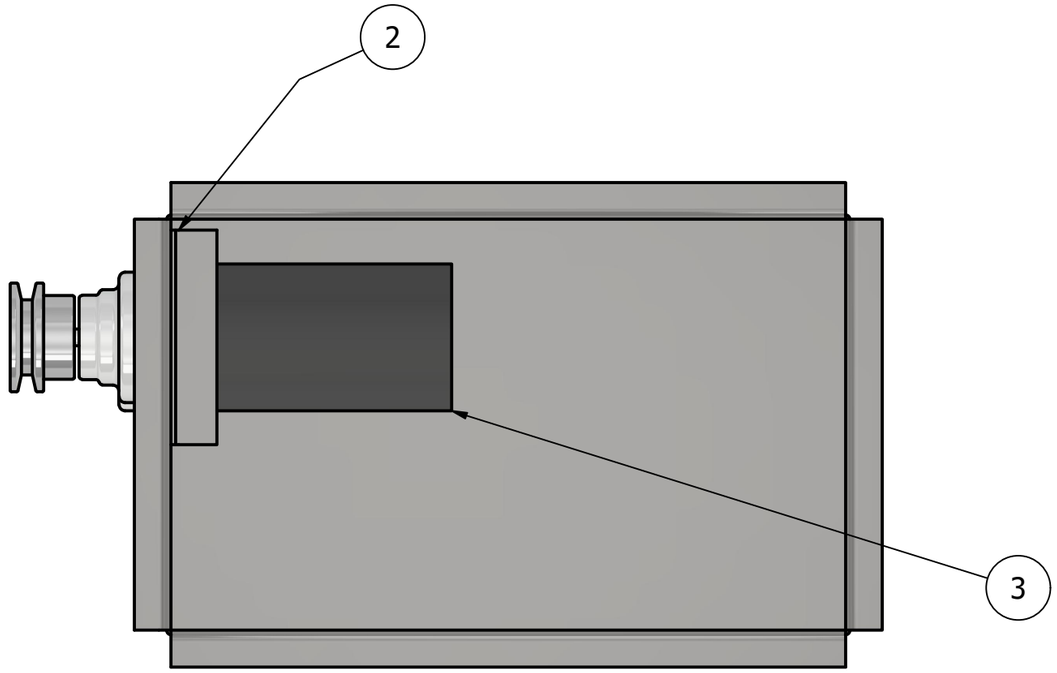


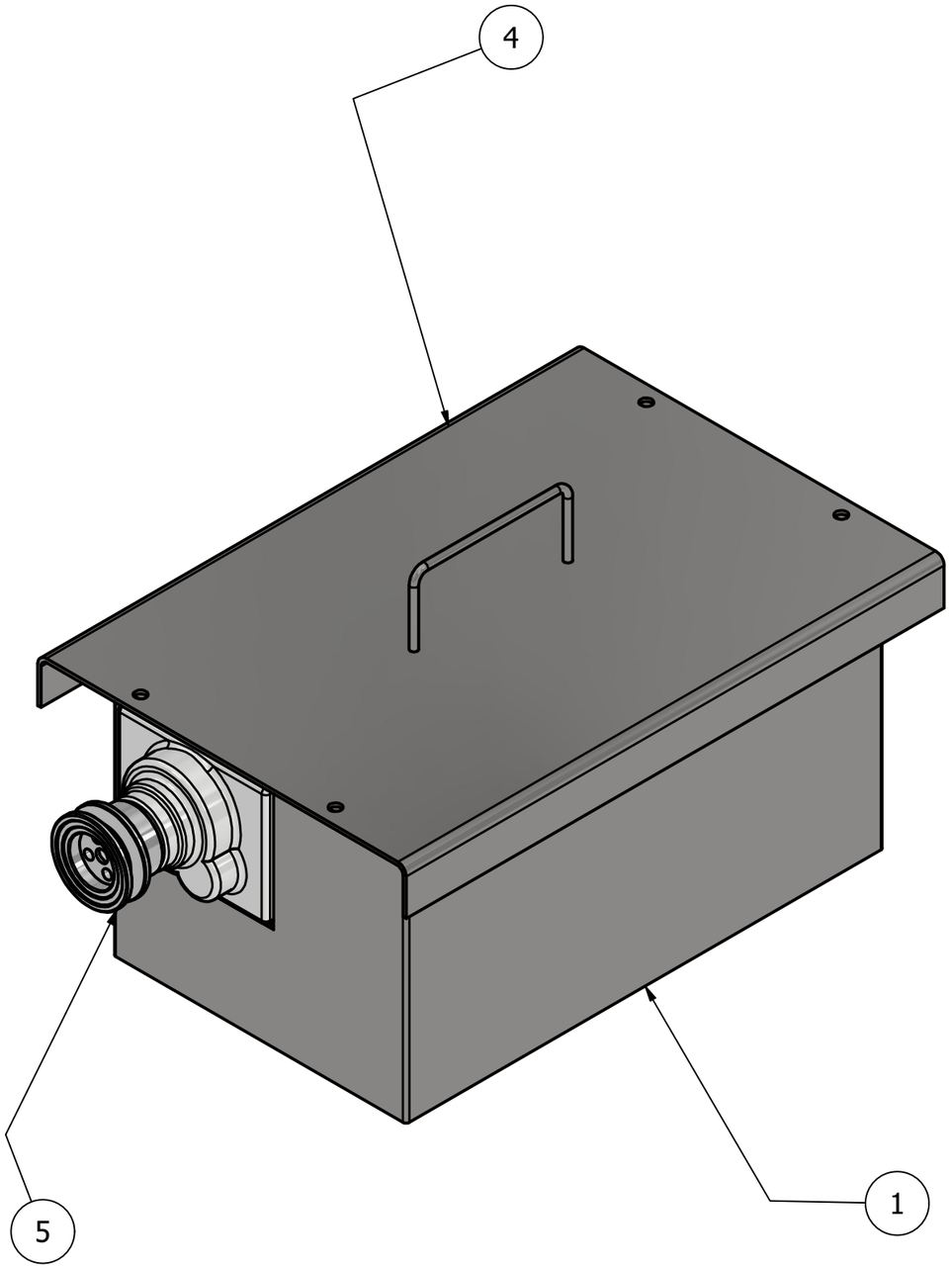



Notas:
- Doblar el perfil usando los mismos ángulos del Ángulo Posterior para Direccionamiento de Canasta (155°).
- Las cavidades cuadradas permiten su ensamble con el resto de la estructura

| DENOMINACIÓN: | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|
| Ángulo Delantero para Direcccionamiento de Canasta | 1 : 10 | SR_ADD_T_01 |

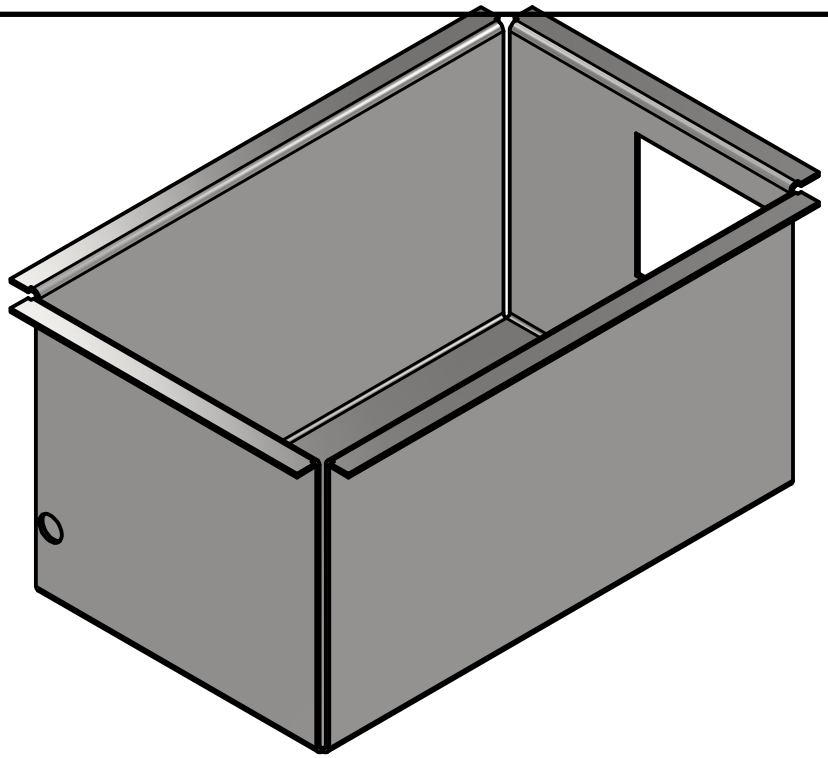
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | Angie Melo | Perfil L 40x40x3 - 1000, Acero A36 | ±0.1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: Desoxidante y fosfatizante + Primer + Pintura tipo esmalte sintético | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 44 | |



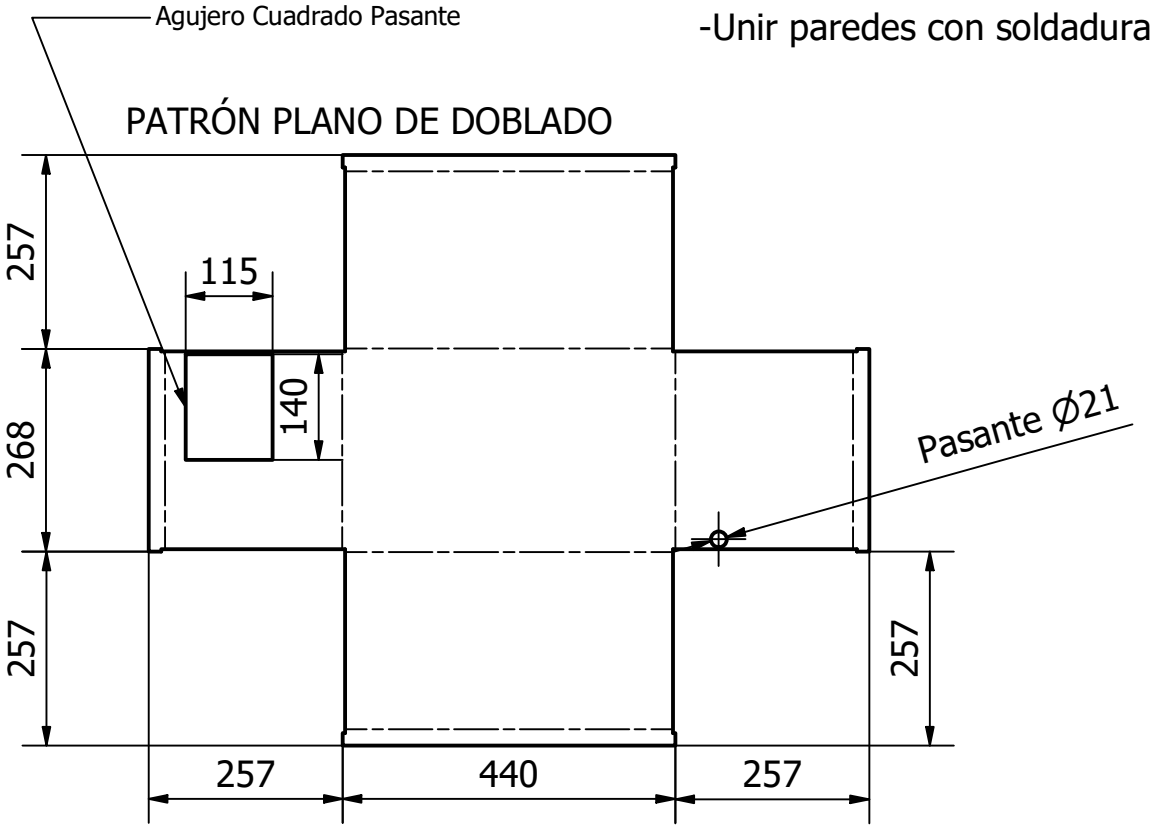




| LISTA DE PARTES | | |
|---|---|---|
| ITEM | CANTIDAD | DENOMINACIÓN |
| 1 | 1 | Caja Contenedora |
| 2 | 1 | Sujeción de Motor DC |
| 3 | 1 | Motor DC |
| 4 | 1 | EnsambleTapaContenedorElectronicos |
| 5 | 1 | Polea de Fundición, Canal Simple, 3,5". |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DENOMINACIÓN: Contenedor de Dispositivos Electrónicos | | | | | | TAMAÑO: A3 |
| | FECHA: | NOMBRE: | ESCALA: 1 : 4 | CÓDIGO: SR_CDE_C_01 | PESO: 23.574 kg | HOJA Nº: 45 |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | David Silva | | | | |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | Sistema de Recolección | | | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | | | | |

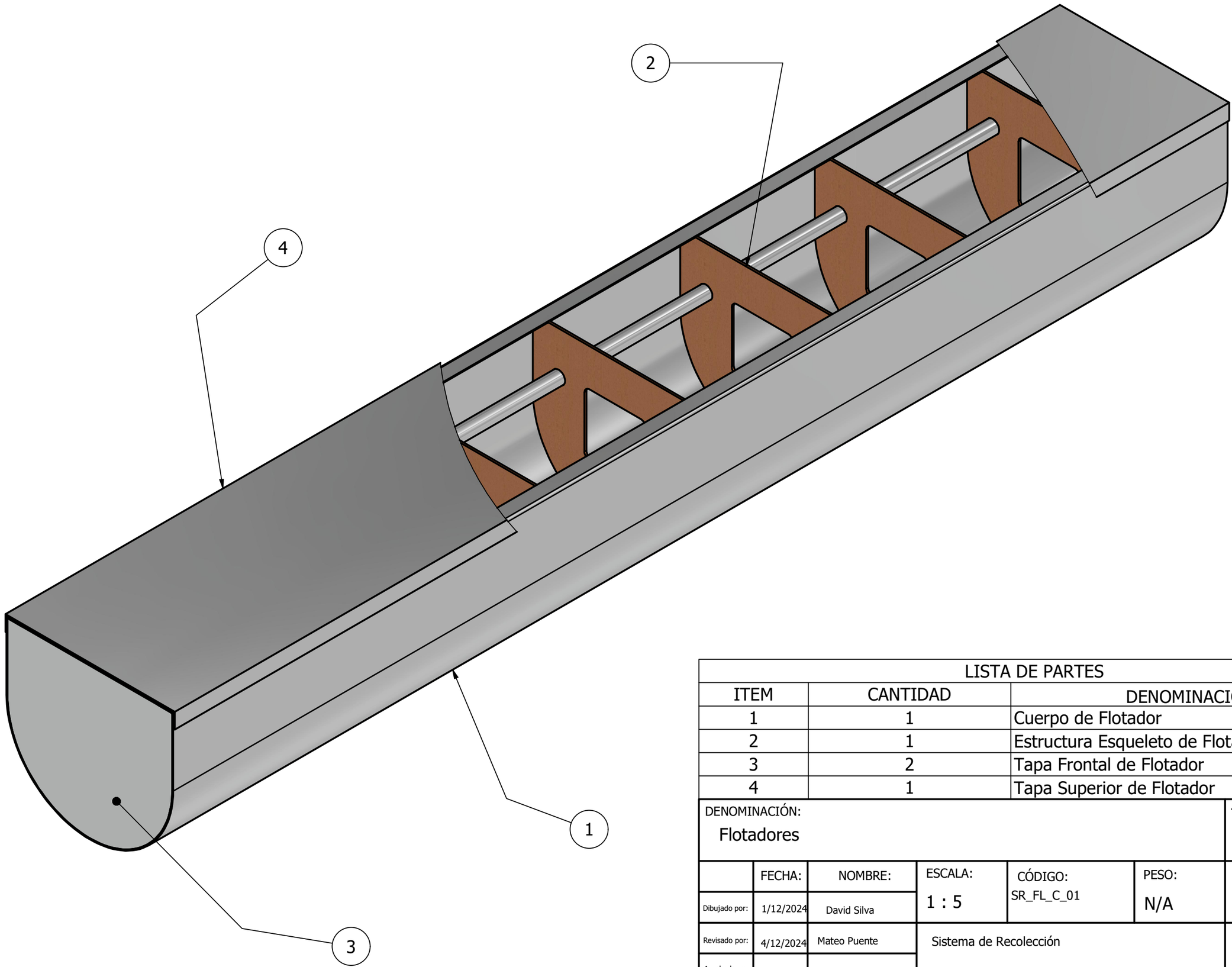


Notas:
- Doblado superior con R8.
-Doblado inferior con R5
-Unir paredes con soldadura 5mm.



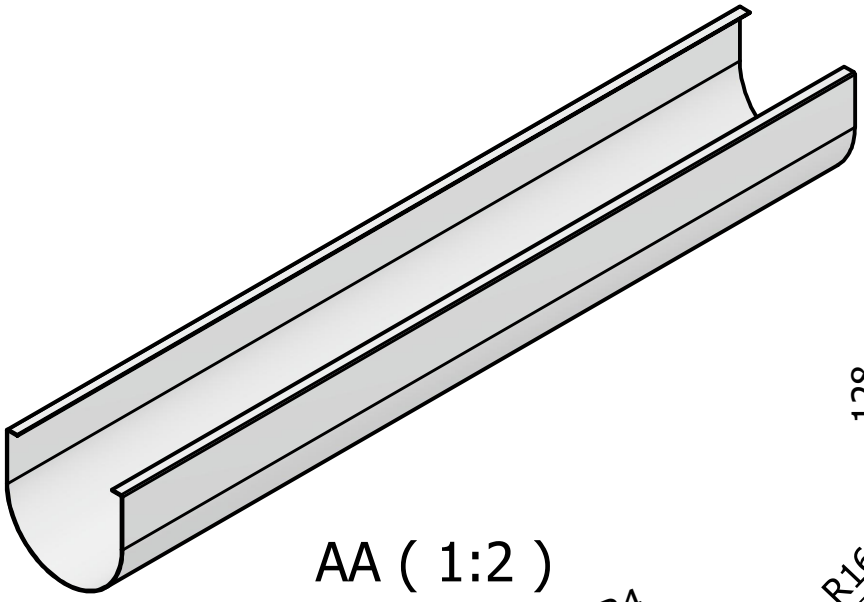

| DENOMINACIÓN: | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|
| Caja Contenedora | 1 : 10 | SR_CDE_CC_T_01 |

| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | David Silva | Acero Inox. AISI 304. Lámina con esp. 3mm. | ±1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 46 | |

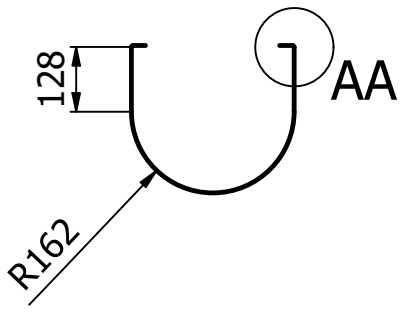



| LISTA DE PARTES | | |
|---|---|---|
| ITEM | CANTIDAD | DENOMINACIÓN |
| 1 | 1 | Cuerpo de Flotador |
| 2 | 1 | Estructura Esqueleto de Flotador |
| 3 | 2 | Tapa Frontal de Flotador |
| 4 | 1 | Tapa Superior de Flotador |

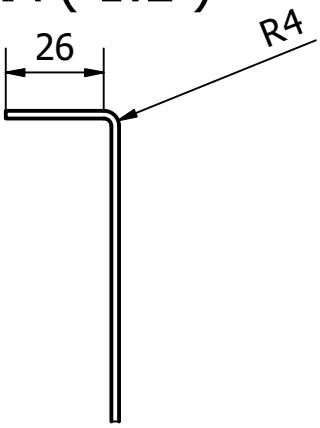
| DENOMINACIÓN: | | | | | | TAMAÑO: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Flotadores | | | | | | A3 |
| | FECHA: | NOMBRE: | ESCALA: | CÓDIGO: | PESO: | HOJA Nº: |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | David Silva | 1 : 5 | SR_FL_C_01 | N/A | 47 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | Sistema de Recolección | | | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | | | | |



VISTA FRONTAL

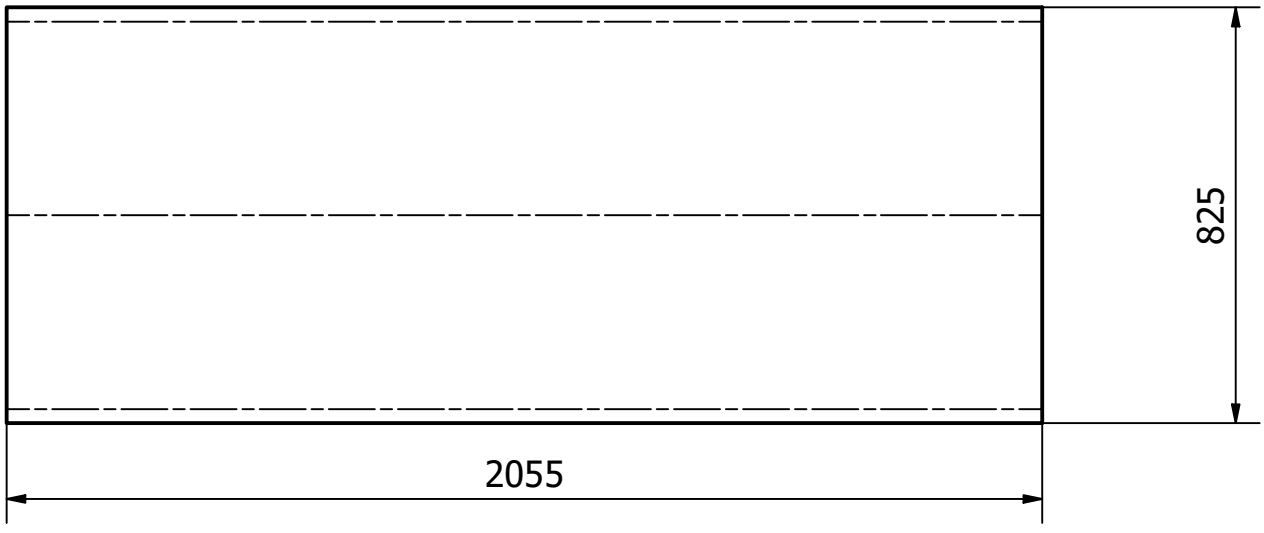



AA ( 1:2 )



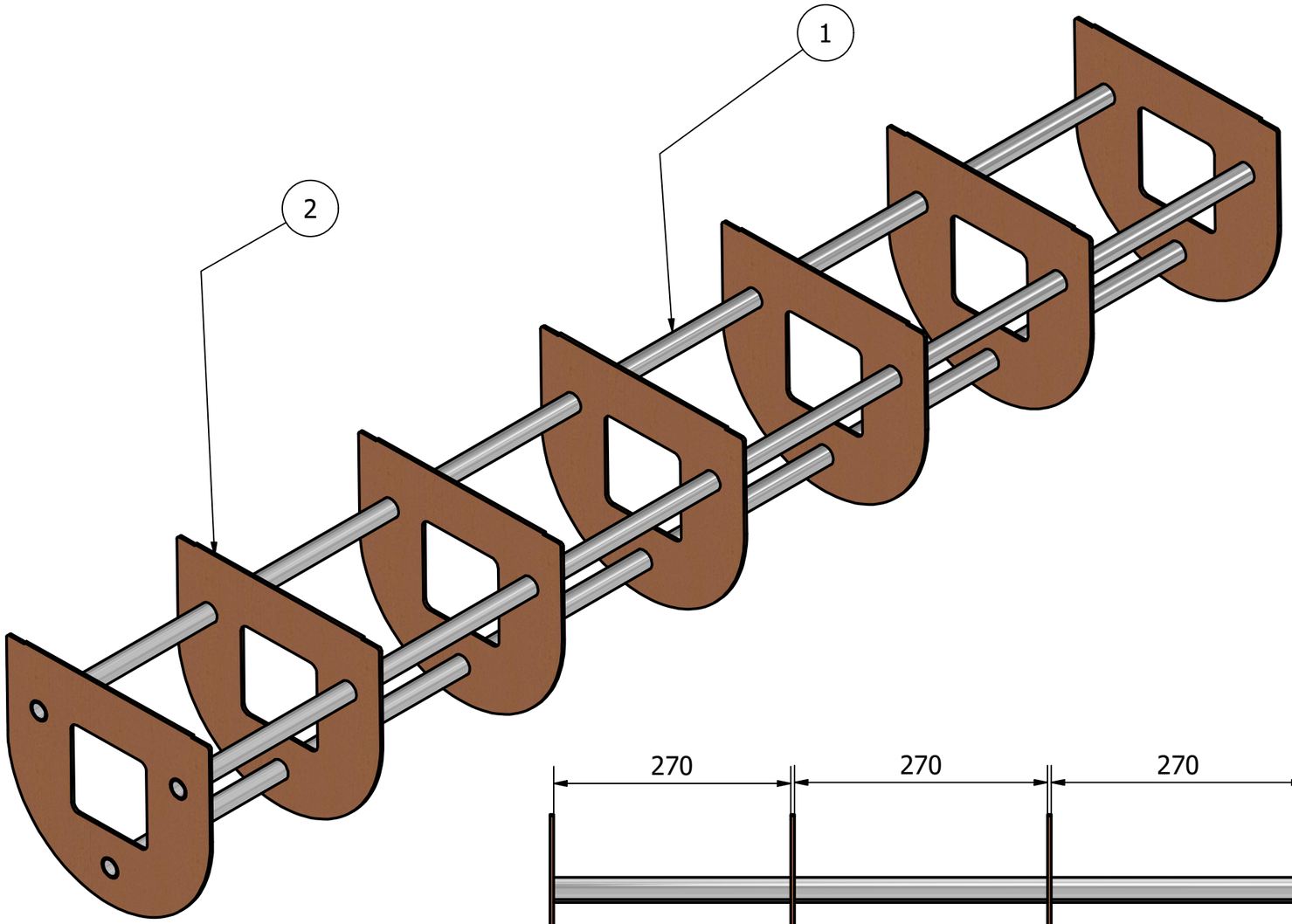

Notas:
- Se parte de una plancha comercial de Aluminio ASISI/ASTM6061 de 2440mm x 1220mm x 2mm
- Se realiza corte láser para obtener la geometría.
- Se dobla según lo acotado.

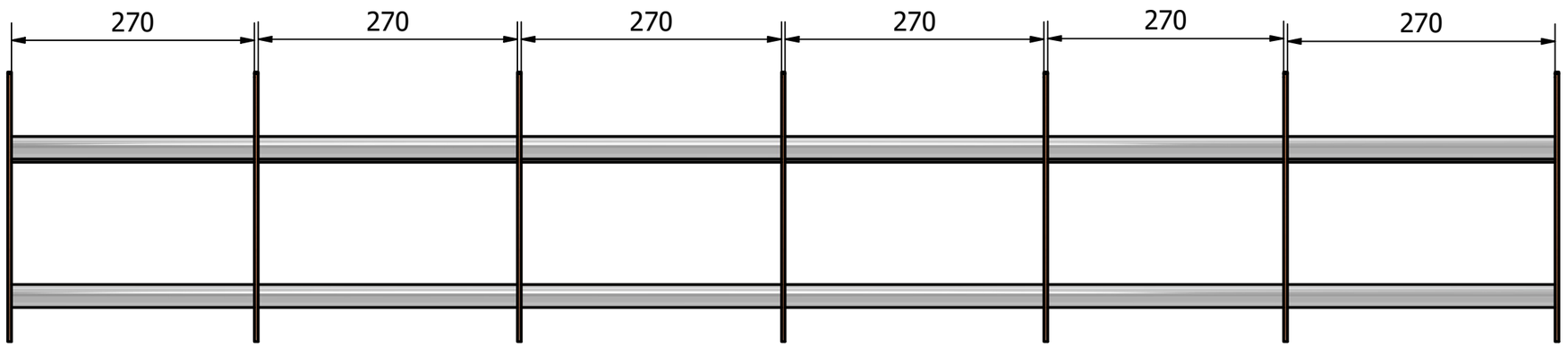
PATRÓN PLANO DE DOBLADO




| DENOMINACIÓN: Cuerpo de Flotador | ESCALA: 1 : 15 | CÓDIGO: SR_FL_CF_T_01 |
|---|---|---|

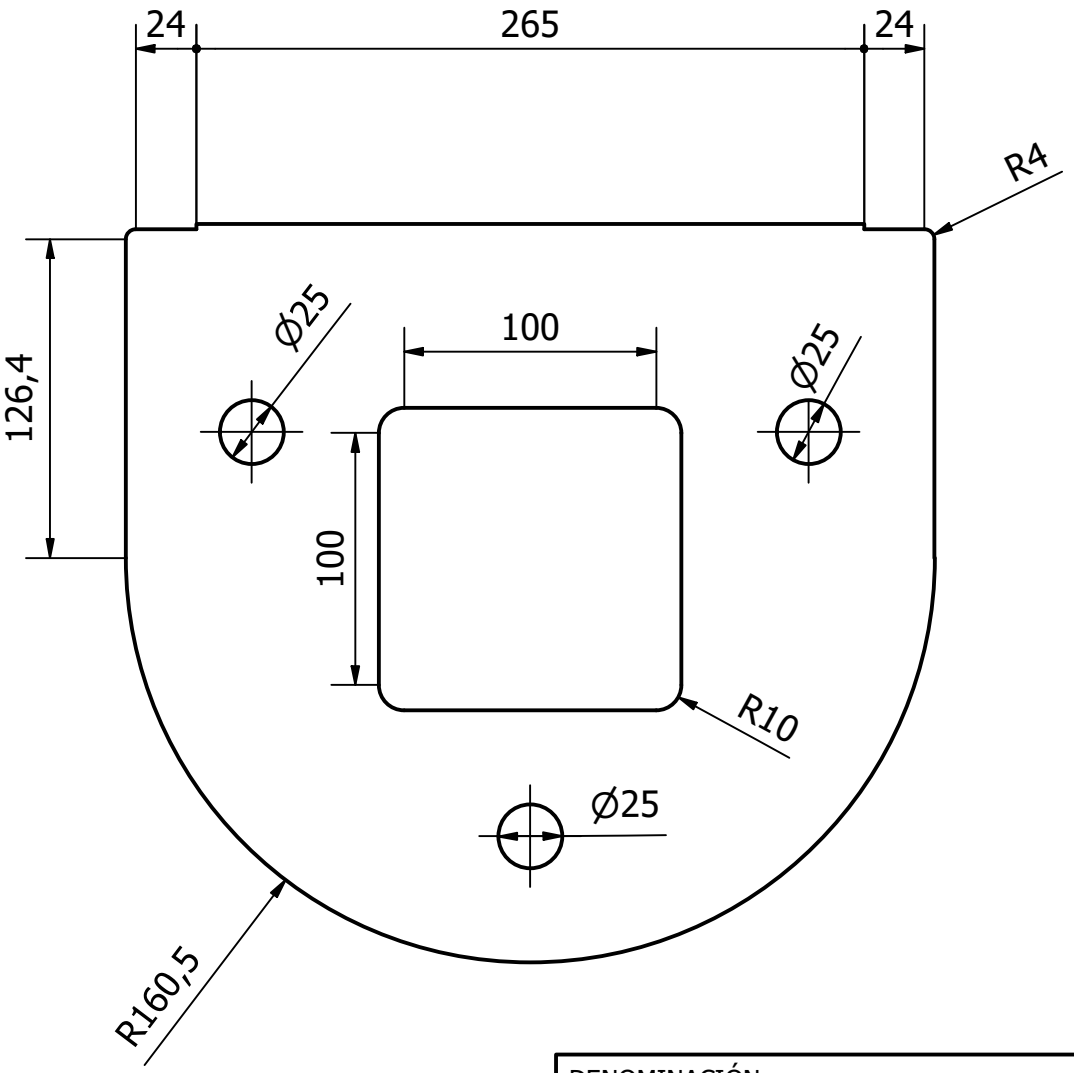
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | David Silva | Aluminio AISI/ASTM 6061. Lámina 2440mm x 1220mm x 2mm. | ±1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 48 | |

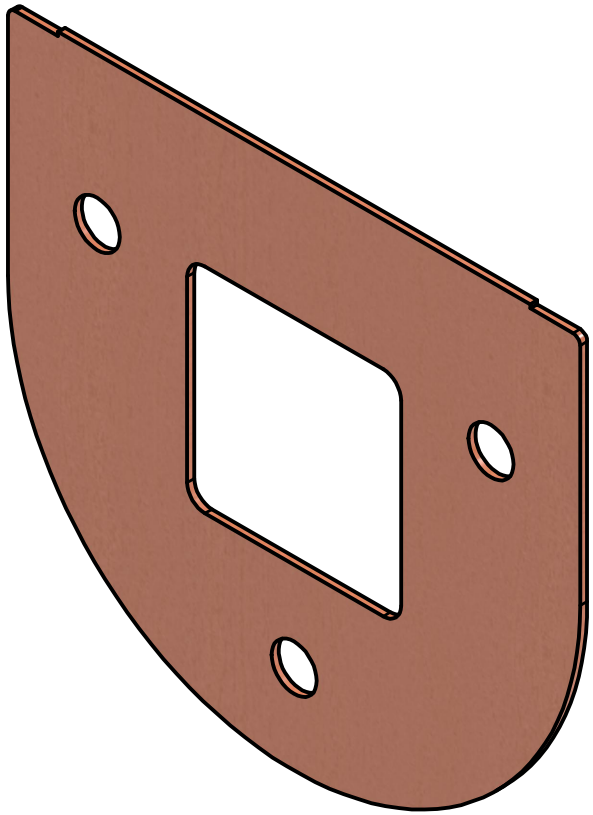



| LISTA DE PARTES | | |
|---|---|---|
| ITEM | CANTIDAD | DENOMINACIÓN |
| 1 | 3 | Tubo de Aluminio Diá. 1" x 2m |
| 2 | 7 | Costillas de Flotadores |

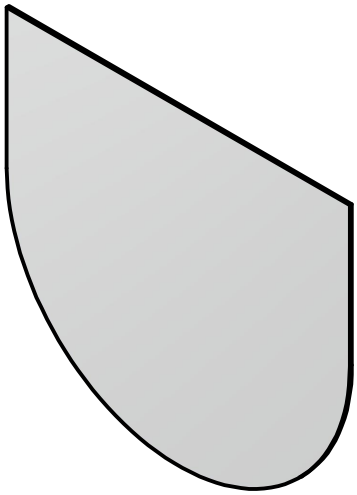
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DENOMINACIÓN: Estructura Esqueleto de Flotador | | | | | | TAMAÑO: A3 |
| | FECHA: | NOMBRE: | ESCALA: | CÓDIGO: | PESO: | HOJA Nº: |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | David Silva | 1 : 6 | SR_FL_EE_C_01 | N/A | 49 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | Flotadores | | | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | | | | |

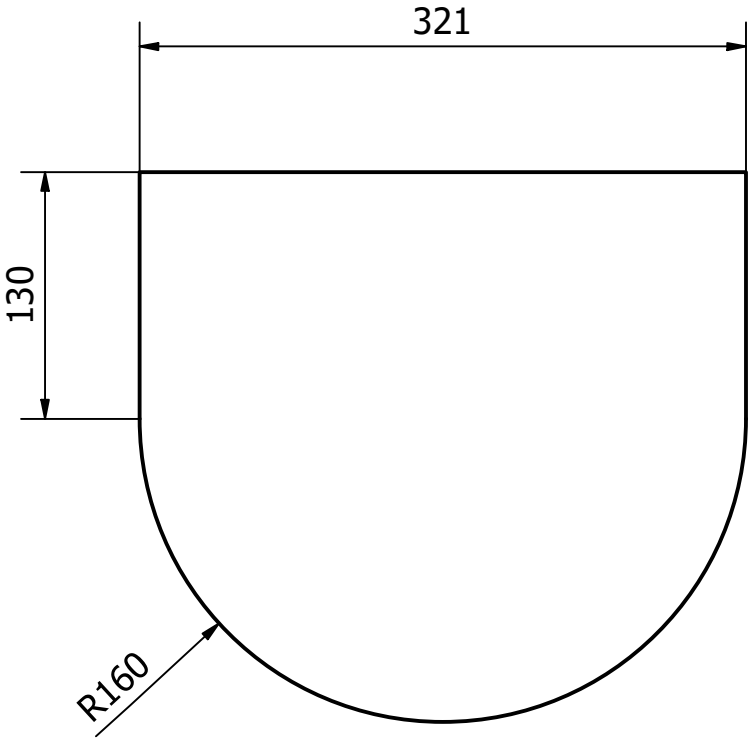


Notas:
- Se parte de una plancha comercial de MDF 2440mm x 1220mm x 4mm.
- Se realiza corte láser para obtener la geometría.
- Todos los agujeros son pasantes.

| DENOMINACIÓN: | | | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|---|---|
| Costilla de Flotador | | | 1 : 3 | SR_FL_EE_CF_T_01 |
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
| Dibujado por: | 1/12/2024 | David Silva | MDF esp. 4mm. Corte a láser. | ±1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 50 | |



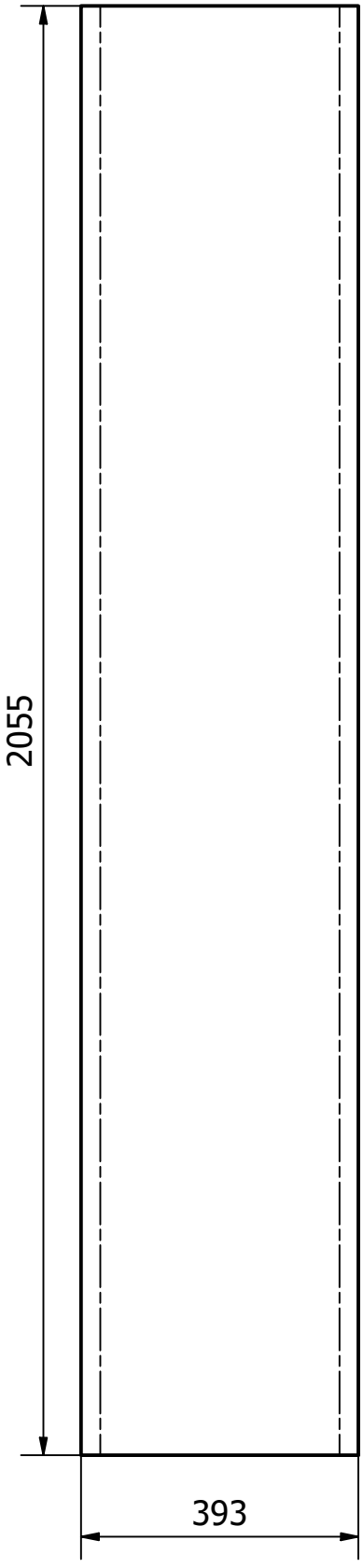



Notas:
- Se parte de una plancha comercial de Aluminio ASISI/ASTM6061 de 2440mm x 1220mm x 2mm.
- Se realiza corte láser para obtener la geometría.

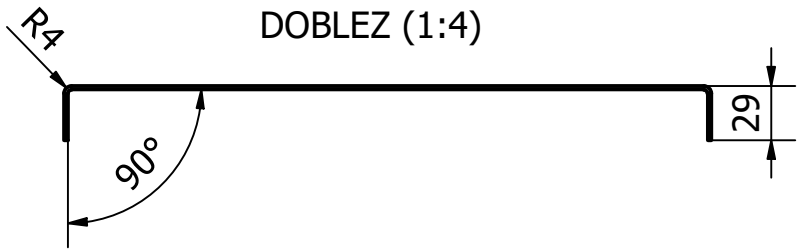
| DENOMINACIÓN: | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|
| Tapa Frontal de Flotador | 1:4 | SR_FL_TF_T_01 |

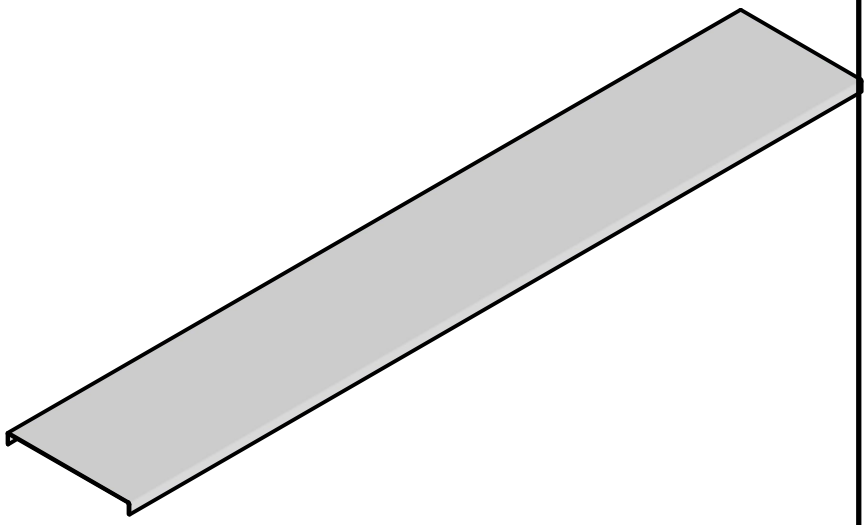
| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | David Silva | Aluminio AISI/ASTM 6061. Lámina esp. 2mm. | ±1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: | |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 51 | |

PATRÓN PLANO DE DOBLADO




DOBLEZ (1:4)



Notas:
- Se parte de una plancha comercial de Aluminio ASISI/ASTM6061 de 2440mm x 1220mm x 2mm
- Se realiza corte láser para obtener la geometría.
- Se dobla según lo acotado.

| DENOMINACIÓN: | ESCALA: | CÓDIGO: |
|---|---|---|
| Tapa Superior de Flotador | 1 : 10 | SR_FL_TS_T_01 |

| | FECHA: | NOMBRE: | MATERIAL: | TOLERANCIA: |
|---|---|---|---|---|
| Dibujado por: | 1/12/2024 | David Silva | Aluminio AISI/ASTM 6061. Lámina esp. 2mm. | ±1 |
| Revisado por: | 4/12/2024 | Mateo Puente | TRATAMIENTO: | USFQ |
| Aprobado por: | | Alfredo Valarezo | HOJA N°: 52 | |