

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

Bote recolector de basura flotante para ríos Amazónicos

**Cristian Daniel Estrella Mora
Francisco Javier Estrella Mora
Anthony Miguel Salazar Orbea
Fernando Alexander Velasco Rivera**

Ingeniería mecánica

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
INGENIERO MECÁNICO

Quito, 17 de diciembre de 2021

Universidad San Francisco de Quito USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

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

Recolector de basura para ríos

**Cristian Daniel Estrella Mora
Francisco Javier Estrella Mora
Anthony Miguel Salazar Orbea
Fernando Alexander Velasco Rivera**

Alfredo Valarezo, Ph.D. M.Sc

Quito, 17 de diciembre de 2021

© DERECHOS DE AUTOR**Por medio del © 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: Cristian Daniel Estrella Mora

Código: 00140975

Cédula de identidad: 0503613341

Lugar y fecha: Quito, 17 de diciembre de 2021

© 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: Francisco Javier Estrella Mora

Código: 00128069

Cédula de identidad: 0503613333

Lugar y fecha: Quito, 17 de diciembre de 2021

© 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: Fernando Alexander Velasco Rivera

Código: 00139558

Cédula de identidad: 1719158238

Lugar y fecha: Quito, 17 de diciembre de 2021

© 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:	Anthony Miguel Salazar Orbea
Código:	141408
Cédula de identidad:	1719939637
Lugar y fecha:	Quito, 17 de diciembre de 2021

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 plástico en los distintos ecosistemas acuáticos es un problema contemporáneo, el cual genera preocupación en la sociedad. Esto se debe a que, no solo se está afectando la calidad del agua, sino que se está perjudicando a la flora, fauna y comunidades aledañas a los ríos, las cuales dependen de estos (Encalada, et al., 2019). En el presente proyecto se resume el desarrollo de un dispositivo acuático para la recolección de desechos flotantes en el río Curaray específicamente para la comunidad Gareno ubicada en la provincia de Pastaza. Para el diseño de este dispositivo se plantearon varias alternativas en donde se seleccionó aquella que satisfaga mejor las necesidades y requerimientos impuestos por el Instituto Biósfera. El diseño seleccionado es un dispositivo conformado por dos flotadores en donde se apoyará el sistema oruga para la transportación de los desechos flotantes, un contenedor para el almacenamiento de desechos recolectados, un sistema de anclaje el cual mantendrá al dispositivo estático mientras se realizan los trabajos de recolección, un sistema de alimentación de energía para accionar el motor del sistema de transportación y al mismo tiempo accionar un sensor de peso. El objetivo principal del dispositivo es recolectar desechos plásticos flotantes para lo cual se cuenta con una capacidad de carga de $6.24 [t/h]$ para el sistema oruga y una capacidad de carga de $60 [kg]$ para el contenedor. A partir de distintas evaluaciones de diseño se puede afirmar que el dispositivo acuático es completamente funcional, ya que cumple con los parámetros de recolección, estabilidad, automatización y diseño hidrodinámico. Es decir que, el dispositivo cumple con todos los parámetros ingenieriles y a su vez con los requisitos impuestos. Este dispositivo ayudará a mantener los ecosistemas acuáticos protegidos y limpios, prolongando su existencia y brindando mejor calidad de vida.

Palabras clave: Río Curaray, dispositivo, recolección, desechos, plásticos flotantes, ecosistemas, acuático.

ABSTRACT

Plastic pollution in the different aquatic ecosystems is a contemporary problem, which generates concern in the society. This is because, not only is the quality of the water being affected, but the flora, fauna and communities surrounding the rivers, which depend on them, are being harmed (Encalada, et al., 2019). This project summarizes the development of an aquatic device for the collection of floating trash in the Curaray river specifically for the Gareno community located in the province of Pastaza. For the design of this device, several alternatives were proposed but the one that best met the needs and requirements imposed by the Biosphere Institute was selected. The selected design is a device composed by two floats and a conveyor belts (supported to the floats) to lift the floating trash into a container for storage. An anchoring system will keep the device static and floating while the harvesting work is carried out. A power supply system drives the motor of the conveyor belt and at the same time powers a weight sensor.

The main objective of the entire device is to collect floating plastic debris in the Curaray River, for which it has a load capacity of $6.24 \left[\frac{t}{h} \right]$ for the conveyor system and a load capacity of 60 [kg] for the container. Based on different design evaluations, it can be affirmed that the aquatic device is fully functional, since it complies with the parameters of collection, stability, automation, and hydrodynamic design. The device complies with all the engineering parameters and in turn with the imposed requirements. This device will help keep aquatic ecosystems protected and clean, prolonging their existence and providing quality of life.

Keywords: Curaray river, device for cleaning rivers, collection, waste, floating trash collector, ecosystems, aquatic.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	25
1.1 Declaración del problema	30
1.1.1 Requerimientos.....	31
1.1.2 Criterios ingenieriles.....	33
1.2 Concepto de diseño y selecciones.....	35
1.2.1 Concepto 1: Selección del material del flotador	36
1.2.2 Concepto 2: Selección posición	38
1.2.3 Concepto 3: Selección de componentes del sistema eléctrico	41
1.2.4 Propuesta.....	44
1.3 Gestión del Proyecto	44
1.3.1 Cronograma de actividades.....	44
1.3.2 Presupuesto de materiales.....	47
1.3.2.1 Cotización del sistema de flotación	47
1.3.2.2 Cotización del sistema electrónico	47
1.3.2.3 Cotización del sistema energético.....	48
1.3.2.4 Costo Total del Bote Recolector de desechos flotantes	48
1.4 Estándares Ingenieriles (NORMAS)	49
2. MATERIALES Y MÉTODOS	51
2.1 Selección de Materiales y Componentes	51
2.1.1 Componentes del Sistema Eléctrico	51
2.1.2 Componentes del Sistema de Flotación	54
2.2 Diseño para la Fabricación	55
2.2.1 Diagrama de flujo del dispositivo en general	56
2.2.2 Diagrama de flujo del ensamble	57
2.2.3 Diagrama de flujo de inspección	58

2.3.1 Diagrama de flujo: Fabricación del sistema de flotación.....	59
2.3.2 Diagrama de flujo: Ensamble del sistema de flotación	60
2.3.3 Hoja de ensamble del sistema de flotación	61
2.3.4 Hoja de proceso del sistema de flotación.....	62
2.4.1 Diagrama de flujo: Fabricación de la estructura de la banda transportadora	63
2.4.2 Diagrama de flujo: Ensamble de la estructura de la banda transportadora .	64
2.4.3 Hoja de Ensamble del sistema de la banda transportadora.....	64
2.4.4 Hoja de Proceso del sistema de la banda transportadora	65
2.5.1 Diagrama de flujo: Fabricación del sistema de Control y Energía	67
2.5.2 Diagrama de flujo: Ensamble del sistema de control y energía	67
2.5.3 Hoja de Ensamble del sistema de control y energía.....	68
2.5.4 Hoja de Proceso del sistema del sistema de Control y Energía	69
2.6 Plan de Verificación de Tolerancias y Dimensiones.....	70
3. ANÁLISIS INGENIERIL	71
3.1 Informe de diseño	71
3.2 Análisis de Ingeniería	72
3.2.1 Estabilidad y fuerza de empuje.....	72
Cálculo: Fuerza de Empuje del bote	73
Cálculo: Volumen sumergido del bote	74
Cálculo: Estabilidad del bote	75
Cálculo: Estabilidad del bote en casos críticos.....	76
Cálculo: Fuerza de Arrastre del bote	79
Cálculo: Fuerza de Empuje de los flotadores	83
Cálculo: Volumen sumergido de los flotadores	84
Cálculo: Estabilidad del Flotador	85

Cálculo: Fuerza de Arrastre del Flotador	86
Cálculo: Volumen sumergido y Fuerza de empuje del Bote Recolector de basura	87
Cálculo: Estabilidad del Bote Recolector de basura	88
Cálculo: Fuerza de Arrastre del Sistema Recolector y el Sistema de Flotación.....	89
Cálculo: Fuerza de Arrastre total del Bote Recolector de basura	90
3.2.2 Diseño del Ancla.....	91
Selección del Ancla por el tipo de Suelo	91
Cálculo: Capacidad de Adherencia del Ancla	92
3.2.3 Comportamiento de la Banda Transportadora.....	94
Cálculo: Capacidad de Carga	94
Cálculo: Disminución de la Velocidad mediante Poleas	96
Cálculo: Sistema de Reducción.....	97
Cálculo: Perímetro del Rodillo (Aplicado a la Banda Transportadora).....	97
Cálculo: Corriente necesaria para el Motor	99
Cálculo: Autonomía de las Baterías de Auto	100
Cálculo: Energía mediante paneles solares.....	100
Cálculo: Número de módulos fotovoltaicos.....	101
Cálculo: Controlador de carga.....	102
Cálculo: Baterías	102
3.2.4 Análisis del Sistema de Traspportación.....	103
Diseño de la banda	104
Cálculo: Banda Traspportadora.....	107
Cálculo: Sistema de Tambores	108
Cálculo: Capacidad de Traspportación.....	109
3.2.5 Estructura del Dispositivo Recolector.....	111
Cálculo: Soporte para Banda Traspportadora.....	112
Cálculo: Tubo de los Flotadores	116

Cálculo: Placas de los flotadores	119
Cálculo: Ejes de la banda transportadora.....	121
Cálculo: Selección de rodamientos de la banda transportadora	130
3.3 Simulaciones	133
3.3.1 Simulación del sistema electrónico.....	133
3.3.2 Simulación del Bote Recolector de Basura en Estado Estable.....	136
3.3.3 Simulación del Bote Recolector de Basura en Estado Transitorio.....	140
3.4 Plan de Pruebas	150
3.4 Observaciones y conclusiones de las pruebas	154
3.4.1 Estabilidad y flotación.....	154
Etapa 1 (15 de septiembre del 2021)	154
3.4.2 Flotación de los tanques.....	155
Etapa 2 (1 de octubre del 2021).....	155
3.4.3 Funcionabilidad banda transportadora.....	156
Etapa 3 (17 de noviembre del 2021).....	156
3.4.4 Funcionabilidad banda transportadora.....	157
Etapa 4 (19 de noviembre del 2021).....	157
3.4.5 Estabilidad, flotación y funcionabilidad (Primera prueba de campo)	158
Etapa 5 (20 de septiembre del 2021)	158
3.4.6 Estabilidad, flotación y funcionabilidad (Segunda prueba de campo).....	159
Etapa 6 (29 de noviembre del 2021).....	159
3.6 Seguridad a través del Diseño.....	160
3.6.1 Análisis de Prioridad	161
3.7 Manual de Mantenimiento y Funcionamiento del Bote Recolector de basura	164
3.7.1 Vida Útil Sistema de Flotadores.....	168
3.7.2 Vida Útil Sistema de Banda Transportadora	169

3.7.3 Vida Útil Sistema de Energía y Control.....	170
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	171
4.1 Resultados, Conclusiones y Discusiones	171
4.2 Trabajos Futuros	174
5. Referencias Bibliográficas.....	176
6. Anexo A: Conceptos de Selección de Conceptos.....	181
Anexo A.1 Concepto 1 Selección del material del flotador	181
A.1.1 Evaluación del peso específico de cada criterio	181
A.1.2 Evaluación del peso específico de cada criterio	181
A.1.3 Evaluación del peso específico de cada criterio	182
A.1.4 Evaluación del peso específico de cada criterio	182
A.1.5 Conclusiones.....	183
Anexo A.2 Concepto 2 Selección de posición	183
A.2.1 Evaluación del peso específico de cada criterio	183
A.2.2 Evaluación del peso específico del criterio de durabilidad	184
A.2.3 Evaluación del peso específico del criterio del precio	184
A.2.4 Evaluación del peso específico del criterio de la eficiencia	185
A.2.5 Conclusiones.....	185
Anexo A.3 Concepto 3 Selección de componentes del sistema eléctrico	186
A.3.1 Evaluación del peso específico de cada criterio	186
A.3.2 Evaluación del peso específico del criterio de precio	186
A.3.3 Evaluación del peso específico del criterio de autonomía	187
A.3.4 Evaluación del peso específico del criterio de ambiente	187
A.3.5 Conclusiones.....	188
7. Anexo B: Gestión de Proyectos.....	188

7.1 Anexo B.1 Diagrama de Gantt	188
7.2 Anexo B.2 Presupuesto y Gastos del Bote Recolector de basura.....	190
8. Anexos C: Propiedades Físicas de los Fluidos.....	190
8.1 Anexo C.1 Propiedades físicas de los fluidos a interactuar.....	190
9. Anexos D: Cálculos Flotación y Estabilidad de la Canoa.....	194
9.1 Anexo D.1 Volumen de la canoa	194
9.2 Anexo D.2 Volumen sumergido de la canoa.....	194
9.3 Anexo D.3 Centro de flotación, centro de gravedad y segundo momento de área de la canoa.....	195
9.4 Anexo D.4 Centro de flotación, centro de gravedad y segundo momento de área de la canoa + basura.	195
9.5 Anexo D.5 Superficie en contacto con el aire y el agua	197
10. Anexos E: Cálculos Flotación y Estabilidad de los Flotadores	198
10.1 Anexo E.1 Volumen del flotador.....	198
10.2 Anexo E.2 Masa del flotador	198
10.3 Anexo E.3 Volumen sumergido del flotador	199
10.4 Anexo E.4 Centro de flotación, centro de gravedad y segundo momento de área del flotador.....	199
10.5 Anexo E.5 Superficie en contacto con el aire y el agua	200
11. Anexos F: Cálculos Flotación del Dispositivo.....	201
11.1 Anexo F.1 Masa del dispositivo	201
11.2 Anexo F.2 Masa de la banda transportadora	201
11.3 Anexo F.3 Volumen sumergido con el peso total de la banda transportadora.	

11.4	Anexo F.4 Centro de flotación, centro de gravedad y segundo momento de área del flotador.....	202
11.5	Anexo F.5 Superficie en contacto con el aire y el agua.....	204
12.	Anexos G: diseño del sistema de trasportación	205
12.1	Anexo G.1 Espesor de carcasa.....	205
12.2	Anexo G.2 Calidades de cobertura normativa DIN 22102	205
12.3	Anexo G.3 Calidades de la cobertura según normativa DIN 22102.....	205
13.	Anexo H: Simulación de Sistema Electrónico	205
13.1	Anexo H.1: Sistema electrónico con 0 [kg] aplicado.....	206
13.2	Anexo H.2: Sistema electrónico con 11.2 [kg] aplicado.....	206
13.3	Anexo H.3: Sistema electrónico armado en protoboard.....	207
13.3	Anexo H.4: Sistema electrónico armado en placa.....	207
13.3	Anexo H.3: Código de Arduino	208
14.	Anexo I: Planos Ingenieriles	211
15.	Anexo J: Análisis de Riegos.....	219
15.1	Probabilidad VS Impacto.....	219

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Costo aproximado de construcción de flotadores.</i>	47
<i>Tabla 2: Cotización de los componentes electrónicos.</i>	47
<i>Tabla 3: Costo aproximado del sistema energético.</i>	48
<i>Tabla 4: Costo de total.</i>	49
<i>Tabla 5: Hoja de ensamble flotadores.</i>	61
<i>Tabla 6: Hoja de procesos flotadores.</i>	62
<i>Tabla 7: Hoja de ensamble banda transportadora.</i>	64
<i>Tabla 8: Hoja de procesos banda transportadora.</i>	65
<i>Tabla 9: Hoja de ensamble sistema electrónico.</i>	68
<i>Tabla 10: Hoja de proceso sistema eléctrico.</i>	69
<i>Tabla 11: Plan de verificación de tolerancias y dimensiones.</i>	70
<i>Tabla 12: Propiedades físicas del aire y agua.</i>	72
<i>Tabla 13: Propiedades del bote obtenidas por Inventor.</i>	73
<i>Tabla 14: Valores para el cálculo de estabilidad.</i>	75
<i>Tabla 15: Valores para el cálculo de estabilidad.</i>	78
<i>Tabla 16: Valores de superficies.</i>	80
<i>Tabla 17: Propiedades del bote obtenidas por Inventor.</i>	84
<i>Tabla 18: Valores para el cálculo de estabilidad.</i>	85
<i>Tabla 19: Valores de superficies.</i>	86
<i>Tabla 20: Valores para el cálculo de estabilidad.</i>	88
<i>Tabla 21: Valores de superficies.</i>	89
<i>Tabla 22: Consumo de energía de motor y dispositivos de control.</i>	100
<i>Tabla 23: Referencia de voltaje según consumo.</i>	101

<i>Tabla 24: Datos del módulo foto voltaico.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 25: Suma de cargass aplicados al eje.....</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 26: Condiciones de borde.....</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 27: Propiedades del fluido.....</i>	<i>144</i>
<i>Tabla 28: Datos iniciales antes de la simulación en estado transitorio</i>	<i>148</i>
<i>Tabla 29: Pruebas etapa 1</i>	<i>151</i>
<i>Tabla 30: Prueba etapa 2.</i>	<i>151</i>
<i>Tabla 31: Prueba etapa 3.</i>	<i>151</i>
<i>Tabla 32: Prueba etapa 4.</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 33: Prueba etapa 5.</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 34: Prueba etapa 6.</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 35: Lista de Riesgos.</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 36: Lista de Prioridades.....</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 37: Vida Útil Sistema de Flotadores.</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 38: Vida Útil de la Banda Trasportadora.</i>	<i>169</i>
<i>Tabla 39: Vida Útil Energía y Control.</i>	<i>170</i>
<i>Tabla 40 Evaluación del peso específico del criterio Durabilidad.....</i>	<i>181</i>
<i>Tabla 41: Evaluación del peso específico del criterio Precio.....</i>	<i>182</i>
<i>Tabla 42: Evaluación del peso específico del criterio Practicidad.....</i>	<i>182</i>
<i>Tabla 43:Tabla de conclusiones.....</i>	<i>183</i>
<i>Tabla 44: Criterios Ingenieriles de la Opción 2.</i>	<i>183</i>
<i>Tabla 45: Evaluación del peso específico del criterio Durabilidad.....</i>	<i>184</i>
<i>Tabla 46: Evaluación del peso específico del criterio Precio.....</i>	<i>184</i>
<i>Tabla 47: Evaluación del peso específico del criterio Eficiencia.....</i>	<i>185</i>

<i>Tabla 48: Tabla de conclusiones.....</i>	<i>185</i>
<i>Tabla 49: Criterio ingenieril seleccionado.....</i>	<i>186</i>
<i>Tabla 50: Evaluación criterio precio de sistema energético.</i>	<i>186</i>
<i>Tabla 51: Evaluación criterio autonomía de sistema energético.....</i>	<i>187</i>
<i>Tabla 52: Evaluación criterio ambiente de sistema energético.....</i>	<i>187</i>
<i>Tabla 53: Conclusiones de sistema energético.</i>	<i>188</i>
<i>Tabla 54: Estatus por color.....</i>	<i>188</i>
<i>Tabla 55: Diagrama de Gantt.</i>	<i>189</i>
<i>Tabla 56: Costo del Bote Recolector de basura.....</i>	<i>190</i>
<i>Tabla 57: Probabilidad VS Impacto (Opción 1).....</i>	<i>219</i>
<i>Tabla 58: Probabilidad VS Impacto (Opción 2).....</i>	<i>219</i>
<i>Tabla 59: Probabilidad VS Impacto (Opción 3).....</i>	<i>220</i>
<i>Tabla 60: Probabilidad VS Impacto (Opción 4).....</i>	<i>220</i>
<i>Tabla 61: Probabilidad VS Impacto (Opción 5).....</i>	<i>221</i>
<i>Tabla 62: Probabilidad VS Impacto (Opción 6).....</i>	<i>221</i>
<i>Tabla 63: Probabilidad VS Impacto (Opción 7).....</i>	<i>222</i>
<i>Tabla 64: Probabilidad VS Impacto (Opción 8).....</i>	<i>222</i>
<i>Tabla 65: Probabilidad VS Impacto (Opción 9).....</i>	<i>223</i>
<i>Tabla 66: Probabilidad VS Impacto (Opción 10).....</i>	<i>223</i>
<i>Tabla 67: Probabilidad VS Impacto (Opción 11).....</i>	<i>223</i>
<i>Tabla 68: Probabilidad VS Impacto (Opción 12).....</i>	<i>224</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Bote en estado de prueba.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 2: Opción flotadora con diseño de banana de acero.</i>	<i>36</i>
<i>Figura 3: Tanque plástico de 60[L].</i>	<i>37</i>
<i>Figura 4: Flotador a partir de otro cuerpo.</i>	<i>37</i>
<i>Figura 5: Sistema de recolección de basura.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 6: Sistema recolector acoplado al bote.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 7: Bote Recolector de basura opción 2.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 8: Bote Recolector de basura opción 3.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 9: Bote con paneles solares (Arribasplata, 2021)</i>	<i>42</i>
<i>Figura 10: Baterías de auto conectadas en serie (Fondear, 2021).....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 11: Ejemplo de alternador con hélice (Bosh, 2021).....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 12: Cronograma de actividades.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 13: Color de estatus.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 14: Cronograma de actividades nov 02 a dic 21.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 15: Arduino UNO (Arduino CL, 2017).....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 16: Conexión celda de carga con Arduino(Arduino CL, 2017)</i>	<i>52</i>
<i>Figura 17: Regulador 7805 (Mouser,2021)</i>	<i>52</i>
<i>Figura 18. Modulo rele (ArduinoCL, 2021)</i>	<i>52</i>
<i>Figura 19: Modulo bluetooth (Arduino CL, 2017).....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 20: Programa para crear APP (MIT, 2021)</i>	<i>53</i>
<i>Figura 21: Interfaz de aplicación.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 22: Elementos del sistema de flotación.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 23: Nomenclatura de los diagramas de flujo.</i>	<i>55</i>

<i>Figura 24: Diagrama de flujo para construcción del dispositivo.</i>	56
<i>Figura 25: Diagrama de flujo para ensamblaje del dispositivo.</i>	57
<i>Figura 26: Diagrama de flujo para inspección de funcionamiento del dispositivo.</i>	58
<i>Figura 27: Diagrama de flujo de la fabricación de los flotadores.</i>	59
<i>Figura 28: Diagrama de flujo del ensamble del sistema de flotación.</i>	60
<i>Figura 29: Diagrama de flujo fabricación de la banda transportadora.</i>	63
<i>Figura 30: Diagrama de flujo ensamble de banda transportadora.</i>	64
<i>Figura 31: Diagrama de flujo de fabricación del sistema eléctrico.</i>	67
<i>Figura 32: Diagrama de flujo de ensamble del sistema eléctrico.</i>	67
<i>Figura 33: Dispositivo recolector de desechos flotantes.</i>	71
<i>Figura 34: Corte volumen sumergido de la canoa</i>	75
<i>Figura 35: Asumiremos que el cilindro es la masa total de la basura que ejerce peso en la canoa</i>	78
<i>Figura 36: Corte volumen sumergido del flotador</i>	85
<i>Figura 37: Volumen sumergido de los flotadores con el peso de la banda transportadora.</i>	88
<i>Figura 38: Factor de eficiencia para distintos tipos de anclas (British Standard Institution, 2016)</i>	92
<i>Figura 39: Ángulo de 50 grados entre la caña y la uña del ancla (Almazán et al., 2014)</i>	92
<i>Figura 40: Triangulo rectángulo con medidas de recolector.</i>	94
<i>Figura 41: Diagrama de cuerpo libre para determinar la fuerza.</i>	95
<i>Figura 42: Relación diámetro de poleas y velocidad.</i>	96
<i>Figura: 43 Banda transportadora</i>	104

<i>Figura 44: Residuos comunes generados en la Comunidad Gareno (Vélez, 2019)</i>	<i>105</i>
<i>Figura: 45: Banda nervada.</i>	<i>107</i>
<i>Figura 46: Propiedades físicas de la banda.</i>	<i>107</i>
<i>Figura 47: Sistema de banda transportadora.</i>	<i>108</i>
<i>Figura 48: Factor de espesor en función de la carcasa utilizada (Salinero, 2013) ...</i>	<i>109</i>
<i>Figura 49: Ángulo de sobrecarga (Salinero, 2013).</i>	<i>110</i>
<i>Figura 50: Diagrama de cuerpo libre obtenido de MD Solids.</i>	<i>113</i>
<i>Figura 51: Diagramas de fuerza cortante.</i>	<i>114</i>
<i>Figura 52: Diagramas de momento flector.</i>	<i>114</i>
<i>Figura 53: Geometría del soporte.</i>	<i>115</i>
<i>Figura 54: CAD del tubo 1/2 in.</i>	<i>117</i>
<i>Figura 55: Diagrama de cuerpo libre de la barra.</i>	<i>117</i>
<i>Figura 56: CAD Placas.</i>	<i>119</i>
<i>Figura 57: Deformación del concentrador de esfuerzo.</i>	<i>120</i>
<i>Figura 58: Medidas del eje.</i>	<i>121</i>
<i>Figura 59: Aplicación de carga y reacciones a lo largo del eje.</i>	<i>122</i>
<i>Figura 60: Fuerzas aplicadas al eje.</i>	<i>122</i>
<i>Figura 61: Diagrama de cortante.</i>	<i>123</i>
<i>Figura 62: Diagrama de momento.</i>	<i>123</i>
<i>Figura 63: Diagrama de torque.</i>	<i>124</i>
<i>Figura 64: Concentración de esfuerzos para ejes con diferente diámetro (Dubynas &Nisbett, 2015)</i>	<i>126</i>
<i>Figura 65: Factor de sensibilidad a la muesca (Dubynas &Nisbett, 2015)</i>	<i>126</i>
<i>Figura 66: Parámetros de superficie (Dubynas &Nisbett, 2015).</i>	<i>127</i>

<i>Figura 67</i>	127
<i>Figura 68: Parámetros de tamaño (Dubynas &Nisbett, 2015)</i>	128
<i>Figura 69: Fuerzas para aplicadas para rodamiento.</i>	130
<i>Figura 70: Factores para aplicación de rodamiento (Dubynas &Nisbett, 2015)</i>	131
<i>Figura 71: Tipo de aplicación por horas para rodamiento (Dubynas &Nisbett, 2015)</i>	131
<i>Figura 72: Factores de Weibull por fabricante (Dubynas &Nisbett, 2015)</i>	132
<i>Figura 73: Simulación exitosa en Proteus, sistema apagado.</i>	134
<i>Figura 74: Norma IEC60529 para protección de circuitos eléctricos.</i>	134
<i>Figura 75: Circuito armado en Protoboard.</i>	135
<i>Figura 76: Circuito armado en Placa.....</i>	136
<i>Figura 77: Bote recolector CAD.....</i>	137
<i>Figura 78: Mallado del bote recolector.....</i>	137
<i>Figura 79: Cargas importantes en el bote recolector (vista superior izquierda)</i>	138
<i>Figura 80: Desplazamiento debido al peso.</i>	138
<i>Figura 81: Desplazamiento en las uniones entre el sistema de Flotación y el sistema de recolección.....</i>	139
<i>Figura 82: Desplazamiento en el sistema de recolección debido a las fuerzas.</i>	139
<i>Figura 83 :Esfuerzo de von mises.</i>	140
<i>Figura 84: Volumen general del bote recolector y el fluido.</i>	141
<i>Figura 85: Cuerpo sumergido en el agua.</i>	141
<i>Figura 86: Volumen sumergido del bote.</i>	142
<i>Figura 87: Volumen extruido más volumen sumergido del bote</i>	142
<i>Figura 88: Mallado de todo el dominio (puntos).....</i>	143

<i>Figura 89: Mallado del bote con 0.5.....</i>	<i>143</i>
<i>Figura 90:Mallado del volumen del fluido con 0.5.....</i>	<i>143</i>
<i>Figura 91: Trazas de fluido en función de la velocidad.</i>	<i>144</i>
<i>Figura 92: Comportamiento del Agua sobre el bote en función de la velocidad.....</i>	<i>144</i>
<i>Figura 93: Velocidad en función del tiempo.</i>	<i>145</i>
<i>Figura 94: Presión en función del tiempo.</i>	<i>146</i>
<i>Figura 95: Presión en función del tiempo.</i>	<i>146</i>
<i>Figura 96: Comportamiento del fluido vista superior.</i>	<i>146</i>
<i>Figura 97: Comportamiento del fluido vista inferior.....</i>	<i>147</i>
<i>Figura 98 :Superficie sumergida en el agua.</i>	<i>147</i>
<i>Figura 99: Esfuerzos cortantes sobre el bote.</i>	<i>147</i>
<i>Figura 100: Resultados Obtenidos por la simulación CFD.</i>	<i>149</i>
<i>Figura 101: Prueba de estabilidad 1.....</i>	<i>155</i>
<i>Figura 102: Prueba de estabilidad 2.....</i>	<i>156</i>
<i>Figura 103: Maquinado del nuevo rodillo.</i>	<i>157</i>
<i>Figura 104: Maquinado del nuevo rodillo.</i>	<i>158</i>
<i>Figura 105: Prueba de estabilidad del dispositivo 1.</i>	<i>159</i>
<i>Figura 106: Prueba de funcionamiento.....</i>	<i>160</i>
<i>Figura 107: Piezas Principales del Bote Recolector.</i>	<i>164</i>
<i>Figura 108: Primeros Pasos del Funcionamiento.....</i>	<i>165</i>
<i>Figura 109: Condiciones para el Funcionamiento.</i>	<i>166</i>
<i>Figura 110: Seguridad.</i>	<i>166</i>
<i>Figura 111: Operación de Encendido y Apagado.</i>	<i>167</i>
<i>Figura 112: Mantenimiento.....</i>	<i>167</i>

<i>Figura 113: Costos de los Componentes eléctricos.....</i>	<i>190</i>
<i>Figura 114: Propiedades físicas del agua (Mecánica de Fluidos by: Munson, Young, & Okiishi, 2016).....</i>	<i>191</i>
<i>Figura 115: Propiedades físicas del aire (Mecánica de fluidos by: Munson, Young, & Okiishi, 2016).....</i>	<i>192</i>
<i>Figura 116: Volumen de la canoa.....</i>	<i>194</i>
<i>Figura 117: Volumen sumergido de la canoa.</i>	<i>194</i>
<i>Figura 118: Centro de gravedad.....</i>	<i>195</i>
<i>Figura 119: Centro de flotación.</i>	<i>195</i>
<i>Figura 120: Segundo momento de inercia.</i>	<i>195</i>
<i>Figura 121: Centro de gravedad.....</i>	<i>196</i>
<i>Figura 122: Centro de flotación.</i>	<i>196</i>
<i>Figura 123: Segundo momento de inercia.</i>	<i>197</i>
<i>Figura 124: Superficie en contacto con el agua.....</i>	<i>197</i>
<i>Figura 125: Superficie en contacto con el aire.....</i>	<i>197</i>
<i>Figura 126: Volumen del flotador.....</i>	<i>198</i>
<i>Figura 127: Masa de la estructura.....</i>	<i>198</i>
<i>Figura 128: Volumen sumergido del flotador.....</i>	<i>199</i>
<i>Figura 129: Centro de gravedad.....</i>	<i>199</i>
<i>Figura 130: Centro de flotación.</i>	<i>200</i>
<i>Figura 131: Segundo momento de inercia.</i>	<i>200</i>
<i>Figura 132: Superficie en contacto con el agua.....</i>	<i>200</i>
<i>Figura 133: Superficie en contacto con el aire.....</i>	<i>201</i>
<i>Figura 134: Masa del dispositivo.....</i>	<i>201</i>

<i>Figura 135: Masa de la banda transportadora.</i>	202
<i>Figura 136: Volumen sumergido de los flotadores con el peso de la banda transportadora.</i>	202
<i>Figura 137: Centro de gravedad</i>	203
<i>Figura 138: Centro de flotación.</i>	203
<i>Figura 139: Segundo momento de inercia.</i>	204
<i>Figura 140: Superficie en contacto con el agua.</i>	204
<i>Figura 141: Superficie en contacto con el aire.</i>	204
<i>Figura 142: Espesor de carcasa (Cronos belt, 2017)</i>	205
<i>Figura 143: Calidades de cobertura (Cronos belt, 2017)</i>	205
<i>Figura 144: Calidades de cobertura de acuerdo con la normativa (Cronos belt, 2017)</i>	205
<i>Figura 145: Pruebas sistema electrónico funcional 1.</i>	206
<i>Figura 146: Pruebas sistema electrónico funcional 2.</i>	206
<i>Figura 147: Circuito armado en proboboard</i>	207
<i>Figura 148: Circuito armado en placa.</i>	207
<i>Figura 149: Plano Caja de elementos eléctricos.</i>	211
<i>Figura 150: Plano de detalle estructura banda transportadora</i>	212
<i>Figura 151: Plano de conjunto banda transportadora</i>	213
<i>Figura 152: Plano de conjunto.</i>	214
<i>Figura 153: Plano de conjunto flotador izquierdo</i>	215
<i>Figura 154: Plano de conjunto flotador derecho</i>	216
<i>Figura 155: Plano de corte flotador izquierdo versión A (Final)</i>	217
<i>Figura 156: Plano de corte flotador derecho versión A (Final)</i>	218

1. INTRODUCCIÓN

Las montañas tropicales dan origen a los ríos tropicales de montaña, estos descienden a través de los bosques montañosos para así alimentar a distintos ríos principales, y llanuras aluviales, para finalmente desembocar en el océano (Encalada, et al., 2019). Se caracterizan por su variabilidad de los caudales, así como en su temperatura. Esto permite que se magnifique la heterogeneidad del hábitat, así como diversidad biológica, lo cual provocará endemismo por la adaptación de los distintos organismos (Encalada, et al., 2019). La gran cantidad de nutrientes y sedimentos que son traídos desde los arroyos con gran altitud hasta las tierras bajas son un factor importante en cuanto a su influencia en la fertilidad y productividad del suelo. Esto es beneficioso para todos los moradores de los sectores aledaños al río, así como a la flora y fauna existente en la zona (Encalada, et al., 2019). Uno de estos cuerpos fluviales es el río Curaray el cual discurre por la zona Oriental de Ecuador. Este es un afluente de agua blanca del río Napo. Cuenta con una longitud de 800 km de los cuales 414 km le pertenece a Perú específicamente al departamento de Loreto, mientras el restante se encuentra en Ecuador específicamente en la provincia de Pastaza (Encalada, et al., 2019). Ya que estos ríos suelen ser ricos en nutrientes la producción agrícola busca ubicarse cerca de ellos y al mismo tiempo la actividad humana también frecuenta estas áreas. Esto ha provocado la contaminación de este, ya que las distintas actividades humanas no cuentan con un control para el tratamiento de desechos, por lo que con frecuencia son arrojados al río provocando afectaciones en la biota y por ende a la calidad del agua. Es importante mencionar que estas afectaciones se agravan al agregar la deforestación existente, minería y el

incremento de metales pesados en el agua (Encalada, et al., 2019). Es por ello, que el río Curaray es un ejemplo exacto de todo lo que se ha hablado, ya que se encuentra ubicado en una zona aledaña a comunidades las cuales no cuentan con un sistema de alcantarillado por lo cual los moradores han optado por desechar aguas servidas y basura por el cauce del río. Esta contaminación afecta al ecosistema acuático, flora y fauna existente en la zona (Aya, 2011).

Debido a distintos factores como la mala planificación urbanística, el hacinamiento y crecimiento económico; el mundo está enfrentado una crisis en el manejo de desechos. Esto se ha visto reflejado principalmente en la contaminación de los ecosistemas acuáticos. Es por ello por lo que, la organización Instituto Biósfera ha detectado el problema existente en el río Curaray y ha tomado la iniciativa para la sanación de este con el proyecto minga para mi río.

El objetivo principal de minga para mi río, en la presente iniciativa es el diseño de un sistema automatizado que recolecte basura flotante del río Curaray. Para ello, el sistema debe ser capaz de almacenar todos los desechos flotantes los cuales serán recolectados por el sistema de recolección. Este dispositivo deberá ser capaz de operar en el río Curaray ubicado en la provincia de Pastaza y cumplir con todos los requerimientos necesarios y dispuestos por el proyecto minga para mi río. Este dispositivo beneficiará a los ecosistemas que se encuentran por la zona evitando la contaminación masiva del río. El proyecto representará una oportunidad única para fomentar la gestión y cuidado de los ríos del Ecuador; abriendo discusiones políticas y sociales en sectores estratégicos para formular alternativas consientes en búsqueda de soluciones para el manejo de desechos en ríos.

Varios estudios relacionados con el reciclaje en ecosistemas acuáticos han sido de mucha importancia para proponer criterios e ideas dentro del proyecto; como la facilidad operacional que debe tener la máquina o el costo de ensamblaje y diseño.

Por ejemplo, existen mecanismos que recogen basura de los ríos, dependiendo de qué tan grande y profunda sea la vertiente, para ello una de las soluciones nace por parte de The Ocean Cleanup con su proyecto Interceptor (Williams, 2020). Este es un dispositivo semiautomático el cual tiene el tamaño de un barco mediano, está diseñado para trabajar en ríos amplios y profundos, debido a su tamaño puede recolectar hasta 50 toneladas de desechos no orgánicos; el funcionamiento del dispositivo tiene un principio simple que consiste en anclar el barco para que la cita transportadora dirija los desechos al interior del navío, con el fin de que la basura sea almacenada en contenedores (National Geographic, 2019). Aunque la embarcación es lo suficientemente grande para recoger basura en el mar, el dispositivo recoge los desechos que son únicamente de los ríos. Esto se debe a que Ocean Clean ha detectado mayor importancia en cuanto a la intervención de desechos a lo largo de los ríos para evitar su llegada al mar. Se ha calculado que cada año 2.4 millones de toneladas de desechos terminan en los ríos cercanos a las poblaciones, ciudades, comunidades entre otras (Baquerizo, et al., 2019). Actualmente el sistema está diseñado para que funcione con energía solar en su totalidad, su sistema semiautomatizado permite que la intervención humana sea mínima (Williams, 2020).

Sin embargo, por su gran tamaño el Interceptor no puede ser aplicado a todos los ríos existentes. Para solucionar este problema Syrennis propuso un dispositivo más pequeño el cual cuenta con 2 bocas de recolección los cuales se ubican en la proa de la barca (Güell, 2015). El sistema de la barca consiste en recoger los desechos mientras se navega, el movimiento de recolección tiene que estar a una velocidad de 2 [nudos] es

decir 3,7 [km/h]. Syrennis es una gran opción cuando se posee un espacio limitado agregando que este también es muy económico. Sin embargo, el dispositivo está diseñado para que sea operado en sitios donde la corriente no sea muy fuerte, lo que limita su uso a puertos, lagos o ríos poco caudalosos (Güell, 2015).

El último sistema considerado para la limpieza del río Curaray fue diseñado por estudiantes graduados de la Universidad San Francisco de Quito (Criollo, et al., 2020). Este dispositivo de recolección es adaptable a una canoa que, para su operación cuenta con una banda la cual descansa sobre los rodillos soportados en una estructura metálica, estos se mueven mediante un motor controlado por Arduino, el mismo que tienen sensores de peso y volumen para controlar la entrada de basura al compartimiento de almacenamiento el cual es de 28 [kg] (Criollo, et al., 2020). Es importante mencionar que este diseño no fue probado, ya que no concluyó con su fabricación.

El presente proyecto de final de carrera resume el mejoramiento del diseño, construcción, automatización, implementación y correcto funcionamiento del bote recolector de basura anteriormente diseñado. Los criterios ingenieriles que se deben tomar en cuenta son: costos, facilidad operacional, alta fiabilidad, tamaño, peso de la estructura, facilidad del mantenimiento físico, mecánico y eléctrico, enfocados principalmente al cuidado del medio ambiente.

El proyecto del bote recolector cuenta con un presupuesto de 600 USD por parte de la Universidad San Francisco de Quito y la Fundación Biosfera, teniendo en cuenta que la estructura del bote y la banda transportadora fueron proporcionadas por lo tanto no modificarán el presupuesto. El nuevo diseño podrá contener 60 [kg] de basura dentro del sistema de retención o contenedor; también tendrá un peso estructural aproximado de 110

[kg], mientras que sus dimensiones serán de 3.30 [m] de largo, 2 [m] de ancho y 1 [m] de alto.

La máquina cuenta con un sistema de recolección oruga que es capaz de recolectar 6.24 $\left[\frac{t}{h}\right]$, la cual se encuentra ubicada a 0.40 [m] tomando como referencia la popa del bote ya que estará separada por medio de una llanta que servirá de apoyo para fraudar la integridad de la fibra del bote; por lo que, esta se sumergirá en el agua por la parte inferior e iniciará el proceso de reciclaje usando un motor DC de 1.5 [HP] de potencia. Esto logrará extraer los residuos sólidos flotantes del río Curaray. Además, contará con un sistema automatizado ligado al sistema de retención y al sistema de recolección para un mejor manejo y funcionamiento de la máquina al momento de realizar el proceso de reciclaje.

El sistema de alimentación y el sistema automatizado se encontrarán protegidos para evitar fallas en los sistemas, debido a que son componentes sensibles a los cambios ambientales. La energía requerida para que bote recolector funcione, vendrá de dos baterías convencionales de 12 [V], la cual tiene un tiempo de vida estimado de 3 a 5 [años]. Cabe recalcar que, al ser una máquina netamente eléctrica, también será amigable con el medio ambiente y los ecosistemas que lo rodean; ya que, no generará gases tóxicos, provocando el aumento de gases de efecto invernadero y tampoco desechos sólidos como aceites y filtros cada cierto tiempo.

Una vez concluido el proyecto, se implementará en el Oriente Ecuatoriano específicamente en la provincia de Pastaza, en el río Curaray. Este dispositivo contribuirá con la limpieza y sanación del río, por lo que se espera una mejora en la calidad del agua. Esto será beneficioso para las comunidades aledañas, así como para el ecosistema en general. Se espera tener una buena acogida del dispositivo, para que este se pueda

expandir a más provincias que tengan problemas de residuos sólidos en sus ríos y así contribuir a la limpieza de más ecosistemas fluviales a nivel nacional.

Por lo tanto, el objetivo del presente proyecto consiste en diseñar y probar un dispositivo capaz de recolectar desechos flotantes en los ríos del flanco Oriental de la Cordillera de los Andes Ecuatoriana, específicamente en el río Curaray (Criollo, et al., 2020). Esto se logrará mediante la aplicación de principios científicos, ingenieriles y técnicos con el fin de cumplir con los requerimientos para desarrollar un equipo que cumpla con altos estándares de calidad. Es importante mencionar que este proyecto presenta un análisis económico y diseño, tanto de su parte mecánica como su parte eléctrica, con el fin de presentar un equipo con alta expectativas y fiabilidad. Por lo tanto, se espera que, con este proyecto, se presenten oportunidades para discutir sobre políticas en función al cuidado de la salud de los ecosistemas acuáticos en términos sociales, económicos y estratégicos (Criollo, et al., 2020).

El proyecto se trabaja en conjunto con las partes interesadas, para poder definir e identificar los requerimientos y alcances que el bote recolector necesita.

1.1 Declaración del problema

La contaminación por plásticos se ha convertido en un problema global debido a que cientos de fábricas, industrias y países usan los ecosistemas acuáticos para deshacerse de la basura. Estos desechos van desde los ríos hacia los mares, convirtiendo aguas salinas en aguas contaminadas; algunos de los desechos que terminan en el mar provienen de las poblaciones aledañas. Por lo tanto, muchas empresas fomentan iniciativas y proyectos para controlar y reducir la contaminación ambiental.

En los últimos años se han divulgado iniciativas para conservar los ecosistemas acuáticos a cargo de organizaciones y países que conocen la relevancia y la necesidad de este tema. El planeta y los seres vivos dependemos fuertemente de la existencia de estos ecosistemas marinos, pues no estamos exentos del impacto ambiental que se genera. Por esta razón, la idea del reciclaje acuático surge después de observar la complejidad de algunos grupos ecologistas por tratar de erradicar los desechos en grandes ríos o en alta mar, donde la contaminación abunda.

Ecuador es uno de los países latinoamericanos que están dentro de estas iniciativas debido a que parte de los ecosistemas, terrestres o acuáticos se ven vulnerados ya que Ecuador es el país más densamente poblado de sur América. Los ríos han sido contaminados con una gran cantidad por residuos plásticos que se encuentran en las diferentes provincias del país. Esto ha generado preocupación en departamentos gubernamentales y en la sociedad. La gran diversidad de seres vivos de la zona se ven afectados por la contaminación residual, obligándolos a vivir con elementos que no pertenecen a su ecosistema.

1.1.1 Requerimientos

Es fundamental precisar requisitos específicos para obtener los objetivos y alcances esperados, a continuación, se detallan los requisitos para el presente proyecto:

- Capacidad de recolección.
 - Bote recolector deberá ser capaz de recolectar entre 100[kg] a 150 [kg] de desechos flotantes.
- Sistema de recolección.

- El recolector contendrá una cinta transportadora, este sistema debe ser capaz de recoger la basura del río y dirigirla al interior, para ser retenida.
- Sistema de Retención.
 - Servirá para contener los 60 [kg] de basura, el mismo tendrá sensores de volumen para controlar la activación de la banda recolectora, ya que una vez que se cumpla con el volumen permitido, el sistema deberá ser capaz de apagarse automáticamente.
 - También debe poseer unas tenazas que permitan que los desechos se redirijan a la cinta transportadora.
- Sistema de alimentación
 - Contará con un motor DC (1.6 [HP], 235 [RPM], 24 [V]).
- Sistema energético
 - Será alimentado mediante el uso de una batería de 24[V], la misma que es utilizada para alimentar a un automóvil.
- Operación en aguas tormentosas
 - El diseño recolector deberá poseer un sistema de fijación estática, el que consistirá en el uso de un ancla que asegure la fijación del dispositivo al fondo del río. Es importante que este permita que el bote recolector siempre se ubique de manera que el sistema de cinta transportadora este en contra de la corriente y que así, permita la recolección de la basura.
- Vida útil y seguridades
 - Todos los elementos estructurales del recolector tienen como objetivo poseer una vida útil de 5 a 10 años con el correcto mantenimiento, sin embargo, el sistema no debe presentar fallas que obliguen su rectificación

por lo menos en los primeros 6 meses, proporcionando un servicio de calidad.

- Los materiales electrónicos tendrán una vida útil de 5 años por factores ambientales.
- Los elementos del recolector deben tener resistencia a la corrosión mediante la aplicación de pintura electrostática en los componentes que podrían sufrir corrosión en contacto constante con el agua.
- Todo el sistema tiene que proteger los componentes electrónicos del agua.
- Tendrá un botón de emergencia para un apagado inmediato de todo el sistema.

1.1.2 Criterios ingenieriles

- Costo económico
 - El presupuesto previsto por la Universidad San Francisco es de 600 USD, el que consiste en un aporte del 50% de parte de la institución y el otro 50% por parte de la fundación y proyecto minga para mi río.
- Alta fiabilidad.
 - Todos los elementos estructurales o electrónicos deberán garantizar su funcionamiento correcto.
- Facilidad operacional.
 - Se adjuntará un manual operacional de la máquina.
 - Todo el funcionamiento de los sensores, regulador de velocidad y sistemas de emergencia serán de fácil acceso.
- Facilidad del mantenimiento físico, mecánico y eléctrico de la máquina.

- El mantenimiento en el sistema físico consistirá en realizar un recubrimiento superficial sobre toda la estructura, para evitar la corrosión y desgaste.
- Mantenimiento en el sistema de recolección consistirá en remover y limpiar la basura restante entre los rodillos.
- El mantenimiento en el sistema eléctrico y de almacenamiento consistirá, en asegurarse de que no haya filtraciones de agua dentro del sistema eléctrico, y que todos los componentes se encuentren en buen estado.
- El mantenimiento mecánico consistirá en que todos los componentes de los sistemas se encuentren mecánicamente unidos y operando de manera correcta.
- Tamaño
 - 3.4 [m] de largo.
 - 1.5[m] de ancho.
 - 0.8 [m] de alto.
 - 770 [kg] Peso de la estructura
 - 60 [kg] Peso de recolección
- Cuidar la fauna y flora evitando la propagación de residuos por la zona.
 - El equipo al ser totalmente eléctrico no produce ruido, el cual podría asustar a ciertas especies y además de no generar gases contaminantes, los cuales dañan el medio ambiente.

1.2 Concepto de diseño y selecciones

Una vez se analizó el siguiente presupuesto: operación, mantenimiento, tamaño, peso, seguridad, energía y la viabilidad del proyecto. Se procedió a proponer 3 opciones de diseño, los cuales deben cumplir con todos requerimientos ya descritos anteriormente.

Al finalizar el

proceso de selección, se escogerá el modelo más adecuado para el trabajo. Además, el equipo de trabajo tomo en cuenta que la prueba de campo realizada en la laguna de la Universidad San Francisco de Quito fue de gran importancia para determinar el peso máximo que tolera el bote, flotabilidad y estabilidad.



Figura 1: Bote en estado de prueba.

Por lo tanto, se ha concluido que el bote tiene una flotabilidad máxima de 280 [Kg], lo que es congruente con los cálculos y las simulaciones realizadas. No obstante, el bote recolector encontró una falla en cuanto a la estabilidad, ya que es muy estrecho, respecto a su largo. Por lo que la solución del equipo fue presentar 3 diseños que ayuden

a la simetría y estabilidad; estas se logran mejorar por medio de flotadores laterales que a su vez se ajustan al presupuesto del proyecto

1.2.1 Concepto 1: Selección del material del flotador

Opción 1: Flotadores banana de acero

Como primera opción de selección de materiales tenemos un flotador de acero, el cual se lo piensa realizar con acero inoxidable ANSI 304, la ventaja principal de este tipo de material es que el flotador al ser un solo cuerpo ayudaría a simplificar el diseño y aportaría a la simetría del diseño. También a ser acero ANSI 304, el material provee resistencia a la corrosión, ya que el recolector de basura estará en una zona húmeda como lo es la Amazonia ecuatoriana este factor es más que prioritario. La mayor desventaja de este diseño es el factor económico, ya que los flotadores se realizarán con 3 planchas estándar de 2440 x 1350 [mm].

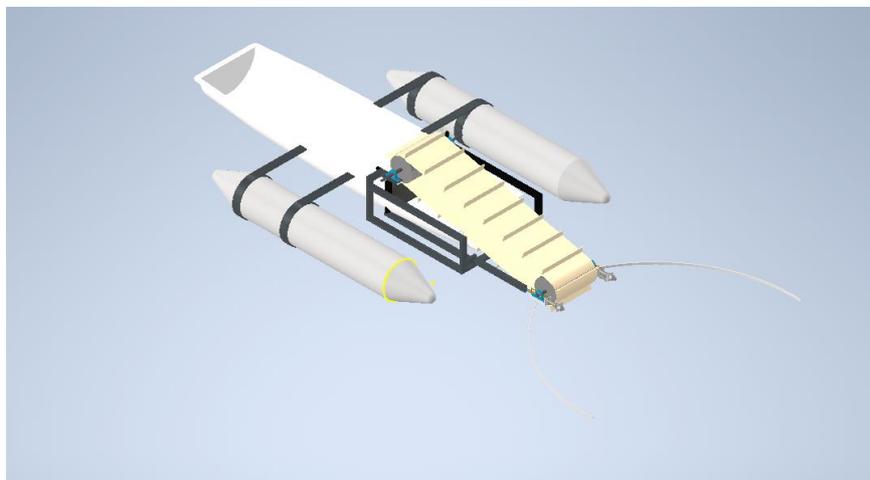


Figura 2: Opción flotadora con diseño de banana de acero.

Opción 2: Flotadores a partir de tanques plásticos

Como siguiente opción se manejó la opción de realizar un flotador a partir de otros cuerpos, se seleccionó dos tanques de 60[L] de plástico de esta manera se reduce el peso

y también su fabricación es más barata ya que usan menor cantidad de material. También como un porte extra este flotador tiene como ventaja que se puede intercambiar los tanques plásticos, ya que, si la estructura del flotador se ve vulnerada, es posible intercambiar el tanque plástico. La mayor desventaja de este modelo es que como está realizado por varias partes, su simetría se puede ver afectada, así como también la corrosión puede ser un problema en las uniones.



Figura 3: Tanque plástico de 60[L].

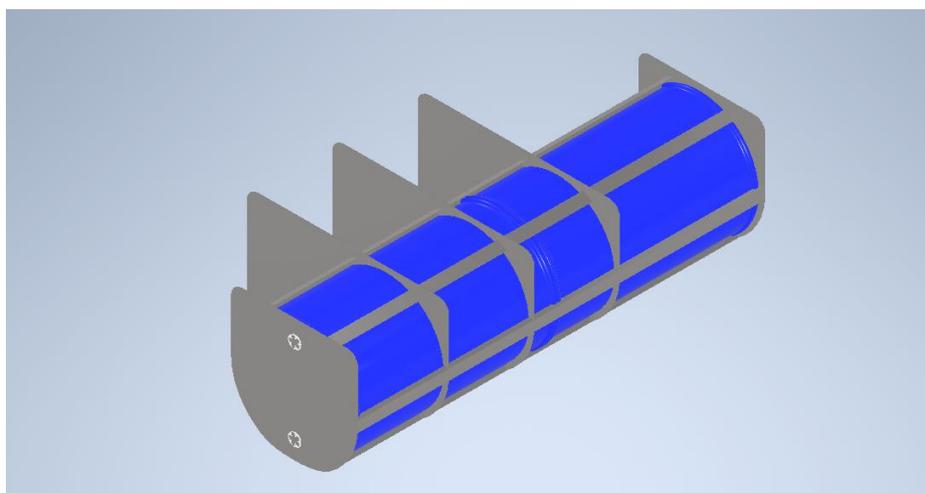


Figura 4: Flotador a partir de otro cuerpo.

Criterios para la selección de material del flotador

- **Durabilidad:** Se conoce que los flotadores deben estar construidas para que el sistema tenga una larga vida útil en condiciones húmedas o mojadas.
- **Precio:** Deber acomodarse al presupuesto inicial, es de suma importancia manejarse en el presupuesto máximo de 600 dólares.
- **Practicidad:** El sistema debe ser fácil de usar y practico en su reparación.

Según las tablas de ponderación (Anexo A.1) la mejor opción de diseño será la opción dos, aunque la opción de los tanques metálicos le agrega durabilidad al flotador, el precio hace que el diseño sea descartado, también la practicidad para arreglar el sistema es más fácil de arreglar.

1.2.2 Concepto 2: Selección posición

Opción 1: Sistema independiente del bote

La primera opción se diseñó después de realizar la primera prueba de campo, donde se probó la flotabilidad y estabilidad del bote. Por lo tanto, es muy importante para este diseño y los posteriores, tomar en cuenta la poca estabilidad que poseía el bote. De hecho, el equipo de trabajo tomó como solución, el uso de un sistema de flotadores para que sirvan de apoyo para el sistema recolector. Como resultado de esta primera opción, se tomó en cuenta el sistema de recolección y el bote como 2 sistemas por separado en donde la banda transportadora sería soportada por los flotadores. Mientras que el bote será tomado como un sistema independiente que servirá como contenedor de basura, así el bote irá sujeto al sistema recolector de basura, mediante una tolva que ayudará al paso de la basura hasta el bote.

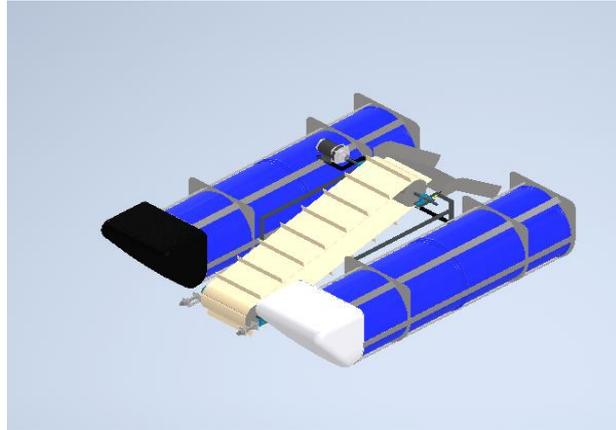


Figura 5: Sistema de recolección de basura.

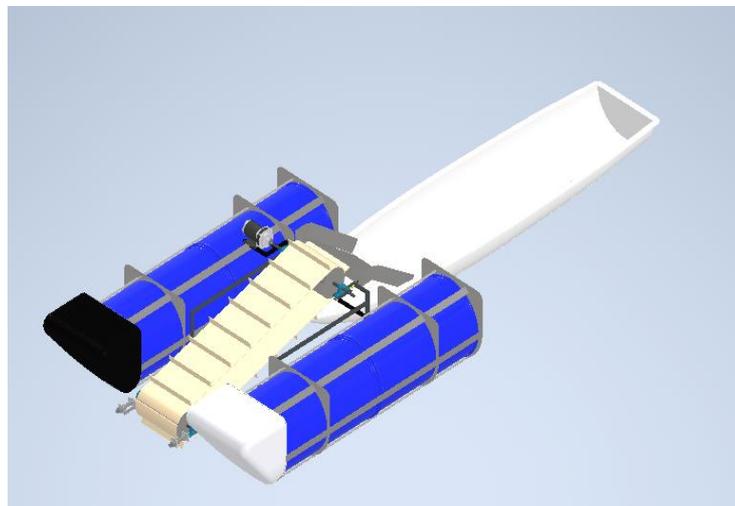


Figura 6: Sistema recolector acoplado al bote.

Opción 2: Sistema de conjunto

Este diseño se determinó con la finalidad de conservar la simetría de la estructura. Consiste en: El sistema de recolección se ubica en la parte frontal del bote, por lo que no afectará la dirección al momento de iniciar el proceso de recolección de basura y para controlar la cantidad de movimiento que entra. También se encuentra un techo en la parte trasera del bote, cuyo propósito es proteger de la lluvia y del agua del río a los sistemas eléctricos y el motor.

Además, se realizó un corte en la parte frontal para empotrar el sistema de recolección haciendo que se vuelva un solo cuerpo. Posee 2 flotadores para mejorar su estabilidad y brazos para direccionar la basura hacia el sistema recolector.

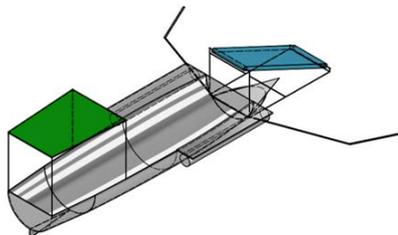


Figura 7: Bote Recolector de basura opción 2.

Opción 3: Flotadores en el bote y el rodillo

La tercera opción cuenta con 4 flotadores, los cuales tienen 2 tanques de plástico a cada lado. La estructura que envuelve los tanques es de acero inoxidable, dado que el ambiente donde estará expuesto a la intemperie. La banda recolectora se ubica en el centro de ambos flotadores para asegurar la estabilidad del sistema. Del mismo modo, el bote se encontrará unido con la misma estructura causando un solo cuerpo sólido. Durante las primeras pruebas se ha observado que el bote no es estable; como consecuencia, adaptamos flotadores a ambos lados.

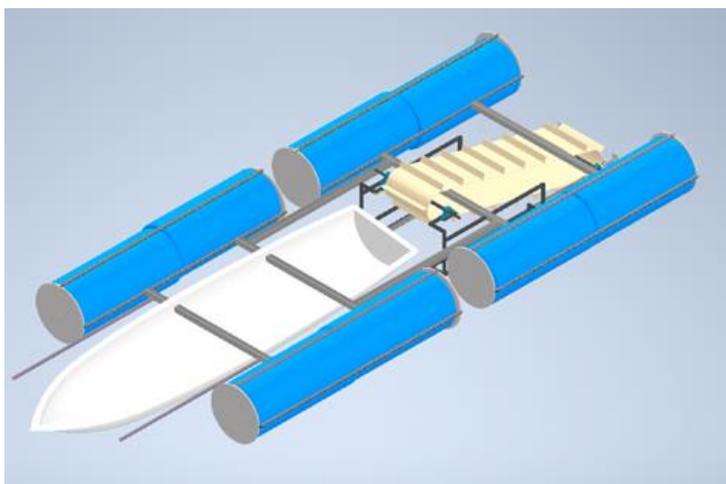


Figura 8: Bote Recolector de basura opción 3.

Criterios para la selección de cantidad de flotadores:

- Durabilidad: Se evalúa el tiempo que dura el dispositivo antes de sufrir inconvenientes.
- Precio: Se evalúa con la finalidad de no exceder el presupuesto previsto para el dispositivo.
- Eficiencia: Se evalúa la capacidad del dispositivo para cumplir con operación de manera óptima.

En el (Anexo A.2) se muestra el proceso de selección de acuerdo con el método ordinal corregido de criterios ponderados. En donde se obtiene como resultado que la mejor opción en cuanto a cantidad de flotadores es la Opción 1 la cual consiste en implementar 2 flotadores en donde se acentúa la banda transportadora y a través de una tolva conectar a la canoa la cual será nuestro contenedor de desechos. Este sistema es accesible, durable y altamente eficiente.

1.2.3 Concepto 3: Selección de componentes del sistema eléctrico

Se debe evaluar el concepto de energía ya que el dispositivo trabaja constantemente en medio de un río, lo que no permite tener una fuente de energía continua conectada al recolector. El sistema debe ser capaz de suministrar 12 [V] y 2 [A] para mover el motor y mantener encendido todo el sistema electrónico.

Opción 1: Energía proveniente de paneles solares

El uso de energías renovables hoy en día está en auge ya que la mayoría de la matriz energética viene de los combustibles fósiles, por esa razón, empresas han lanzado al mercado cada vez opciones más baratas y pequeñas, las cuales son más llamativas para el usuario. Los paneles recargan la batería durante todo el día, por lo tanto, estaría cargándose constantemente y no es necesario sacar la batería del bote para recargarla.

Cabe enfatizar que un buen calculo energético es primordial para la selección de este suministro debido a su costo en el mercado. En la figura 9, se ilustra un ejemplo de bote propulsado por generación solar.



Figura 9: Bote con paneles solares (Arribasplata, 2021)

Opción 2: Sistema de energía mediante baterías

Las baterías las podemos encontrar fácilmente en el mercado actualmente, dependiendo de la demanda energética del dispositivo, se escoge el voltaje y corriente necesarios para su uso. Esta necesita de una estación de recarga en tierra ya que el tiempo de autonomía dependerá del uso. Una buena opción son las baterías de auto ya que se pueden recargar en el mismo auto.



Figura 10: Baterías de auto conectadas en serie (Fondear, 2021)

Opción 3: Sistema de batería con alternador.

Como se sabe, el alternador se encarga de cargar la batería del auto mientras este se encuentra en movimiento, por lo tanto, proponemos un alternador que funcione con una hélice grande que este en contacto con el agua, como el rio es caudaloso la hélice del alternador estaría dando la vuelta y recargando la batería.



Figura 11: Ejemplo de alternador con hélice (Bosh, 2021).

Criterios para el análisis del sistema electrónico

- **Costo:** Como se sabe, el presupuesto es limitado para este proyecto, por lo tanto, se debe seleccionar la opción más económica y que también cumpla con los otros criterios establecidos.
- **Autonomía:** El sistema energético debe ser capaz de suministrar energía durante una jornada completa de trabajo antes de recargarlo.
- **Ambiente:** Este proyecto fomenta el cuidado del medio ambiente, por lo tanto, se debe escoger una opción que suministre energía limpia y renovable.

Según las tablas de ponderación (Anexo A.3) el mejor sistema es la opción 2, esto quiere decir que las baterías servirán para suministrar la energía necesaria, también es la mejor opción en cuestión de precios, ambiente y autonomía. Cabe recalcar, que hay que recargar la batería en una fuente de energía después de una jornada completa de trabajo.

1.2.4 Propuesta

Crear un sistema de recolección de basura que pueda cumplir con las siguientes necesidades: mantener el ecosistema limpio, soportar las condiciones físicas de la zona y que sea altamente eficiente. La máquina que se pretende construir contiene los siguientes componentes: sistema de recolección, sistema de retención, sistema de alimentación, sistema energético y sistema físico. Además, contará con un sistema automatizado para detectar el peso que puede tolerar al momento de realizar el proceso de reciclaje.

El objetivo principal es la recolección de basura flotante dentro del río Curaray ubicado en la provincia de Pastaza. De esta manera, se ayudará a mantener las zonas protegidas y los ecosistemas limpios, prolongando su tiempo de vida y fomentando el turismo en la región amazónica del país.

1.3 Gestión del Proyecto

1.3.1 Cronograma de actividades

En la siguiente imagen se encuentra el cronograma de actividades detallado por semana para el diseño, desarrollo y construcción del proyecto (Anexo B.1). Ciertas tareas podrían retrasarse por la disponibilidad de partes en el mercado, pero se cumplirá con la entrega en la fecha prevista.

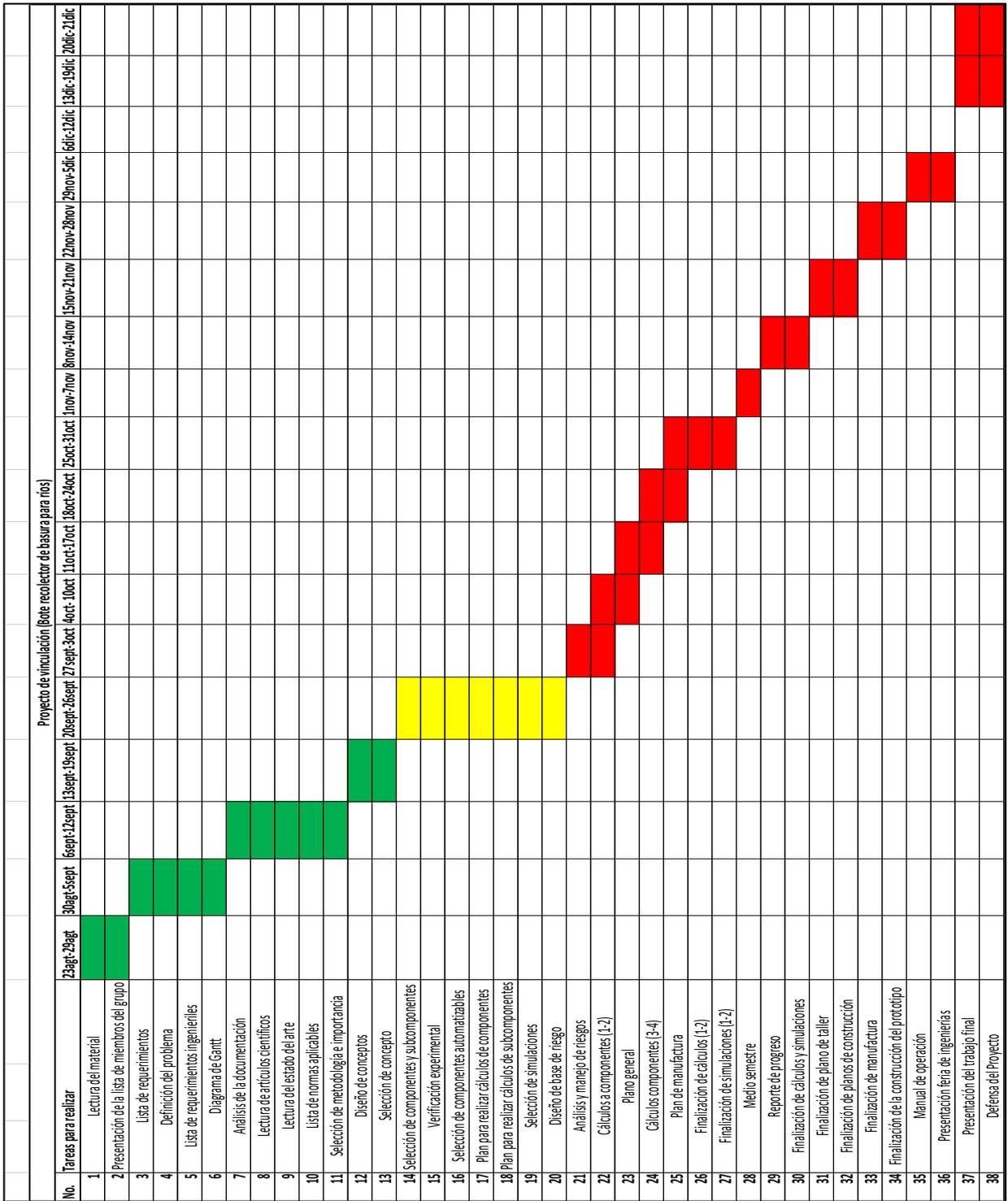


Figura 12: Cronograma de actividades.

Realización	Completo	No completo	No iniciado
Color	■	■	■

Figura 13: Color de estatus.

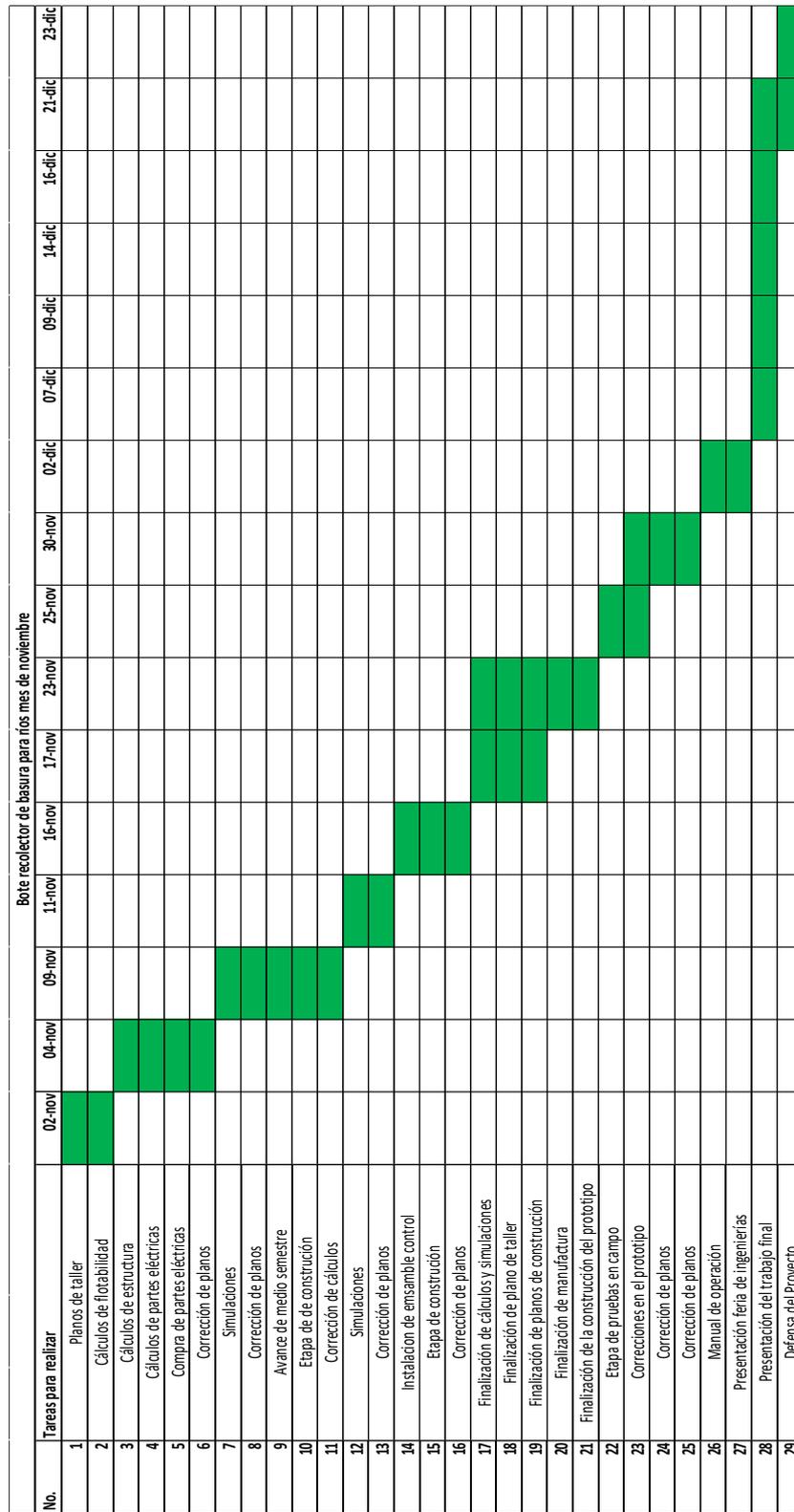


Figura 14: Cronograma de actividades nov 02 a dic 21.

1.3.2 Presupuesto de materiales

En las siguientes tablas se puede ver un valor total para la construcción del bote recolector. Se presenta un resumen de los costos más relevantes del dispositivo y al final se tiene una tabla del precio total del bote recolector.

1.3.2.1 Cotización del sistema de flotación

Todo el sistema de flotación para la banda recolectora será construido en acero inoxidable ya que estará en contacto con el agua y para abaratar costos se usa tanques de plástico (Los costos incluyen IVA).

Tabla 1: Costo aproximado de construcción de flotadores.

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Valor
Tanques de plástico	4	28	112
Plancha de acero inoxidable	1	300	300
		TOTAL	412

1.3.2.2 Cotización del sistema electrónico

A continuación, se detalla cada componente necesario para el sistema de control, cada uno es importante ya que desempeñan una acción de diferente en el sistema.

Tabla 2: Cotización de los componentes electrónicos.

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Valor
C. I 7805	1	0.45	0.45
Resistencias 1K	5	0.04	0.2
Display	1	6.7	6.7
Modulo HC	1	11.52	11.52
Arduino uno	1	22.5	22.5
Modulo TIP122	1	1.34	1.34
Protoboard	1	3.48	3.48

Celda HX711	1	3	3
Modulo 12C	1	3.4	3.4
Pulsador verde	1	1.34	1.34
Pulsador rojo	1	0.8	0.8
Sensor peso	1	6.96	6.96
Banda para polea	1	13	13
Caja de proyecto	1	5.09	5.09
Diferentes cables	1	9.08	9.08
		Iva 12%	13.5624
		TOTAL	102.4224

1.3.2.3 Cotización del sistema energético

Para el sistema energético se usa dos baterías de 70[Ah], la cual es adecuada para alimentar todo el sistema y durar un tiempo promedio antes de recargarla.

Tabla 3: Costo aproximado del sistema energético.

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Valor
Batería Bosch 70 (Ah)	2	28	56
		TOTAL	56

1.3.2.4 Costo Total del Bote Recolector de desechos flotantes

Cabe recalcar que, el bote, motor, sistema oruga fueron donados por la universidad y ciertos materiales fueron sacados de la chatarra, por lo tanto, no se reflejan en el costo final.

Tabla 4: Costo de total.

CANTIDAD	ELEMENTOS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	IVA	TOTAL
4	Tanques Plasticos	\$ 25.00	\$ 100.00	\$ 12.00	\$ 112.00
1	Plancha de acero inoxidable 314-3mm	\$ 267.86	\$ 267.86	\$ 32.14	\$ 300.00
1	Componentes electricos	\$ 91.45	\$ 91.45	\$ 10.97	\$ 102.42
2	Baterias	\$ 25.00	\$ 50.00	\$ 6.00	\$ 56.00
1	Poleas	\$ 11.00	\$ 11.00	\$ 1.32	\$ 12.32
1	Cinta para polea	\$ 15.00	\$ 15.00	\$ 1.80	\$ 16.80
20	Pernos y tuerca	\$ 0.30	\$ 6.00	\$ 0.72	\$ 6.72
14	Grilletes	\$ 0.25	\$ 3.50	\$ 0.42	\$ 3.92
1	Cable	\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 0.60	\$ 5.60
1	Fibra de vidrio	\$ 30.00	\$ 30.00	\$ 3.60	\$ 33.60
1	Pintura	\$ 30.00	\$ 30.00	\$ 3.60	\$ 33.60
1	Mano de obra	\$ 50.00	\$ 50.00	\$ 6.00	\$ 56.00
1	Trasporte y maniobras con brazo hidraulico	\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 0.60	\$ 5.60
					\$ 744.59

1.4 Estándares Ingenieriles (NORMAS)

Norma: British Standard BS-6349 (Estructuras Marinas). En el actual sistema de recolección se debe aplicar a la norma BS-6349, debido a que el dispositivo debe mantenerse estático mientras desempeña sus funciones de recolección, por lo tanto, se debe emplear un sistema de anclaje, el cual esta detallado en la norma con sus respectivas fórmulas para despejar la resistencia de los materiales a ciertas condiciones de trabajo y respectivos factores de seguridad a los cuales puede mantenerse sin fallar.

Norma: NACE SP21412-2020/SSPC-CPC 1 (Control de corrosión). El sistema recolector posee piezas ferrosas y tienden a corroerse al estar en constante contacto con agua, por lo tanto, dicha norma nos otorga las ideas para minimizar la corrosión de las piezas, también nos da una idea de cómo planificar, fabricar, usar adecuadamente y como realizar un correcto mantenimiento de estas.

Norma: DIN-22101-22102-15207 (Diseño de banda transportadora). La norma DIN 22101 es la más usada en el mercado, por lo tanto, tiene bastante aceptación, esta nos detalla las condiciones que deben cumplirse para el diseño y selección de la banda más adecuada. Algunos de estos parámetros son la longitud de la banda, recubrimientos, capas y estos dependen de la resistencia a la corrosión, cargas y temperatura a la cual va a estar expuesta.

Norma: HD 231 CENELEC (Normalización electrónica). La norma HD231 es la encargada de indicarnos la potencia necesaria para partes móviles, también va de la mano con la corriente necesaria para lograr el correcto funcionamiento del motor.

Norma: ISO R-283 (Cintas Transportadoras textiles), Esta se puede encontrar en ensayos de tracción a determinados espesores, así como la elongación en falla y elongación bajo ciertas cargas. Esta norma es usada por fabricantes como Continental para la selección del espesor de banda, diámetros de rodillos, por lo tanto, esta norma nos ayuda a seleccionar un espesor y diámetro con mayor facilidad para nuestro trabajo.

Norma: Nch885.EOf72 (Diseño, instalación y cuidado de cables). La presente norma indica como diseñar, escoger, instalar, usar y dar mantenimiento a cables de acero que se encuentren en ciertas estructuras, también dependiendo de su carga mínima, máxima, resistencia al doblado, resistencia a la abrasión, corrosión y deformación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Selección de Materiales y Componentes

2.1.1 Componentes del Sistema Eléctrico

El recolector de basura desarrollado para el cliente debe ser capaz de funcionar sin la necesidad de una persona en el bote para determinar la cantidad de basura que es recogida y poder detenerse si este excede el peso establecido, por lo tanto, se debe optar por varios componentes electrónicos, los cuales ayudara a controlar el motor y sensor presente en el bote. Antes de la construcción se procede a la correspondiente simulación en Proteus y TinkerCad. Este posee los siguientes componentes:

Arduino uno: Es una plataforma para generar electrónica de código abierto, es muy fácil de usar ya que crea algunos tipos de microcontroladores, a los cuales se les puede dar diferentes tipos de uso. Utiliza código el cual se debe cargar en la placa del Arduino.



Figura 15: Arduino UNO (Arduino CL, 2017)

Modulo HX711: El módulo es el encargado de entregar el peso, esto se da gracias a que transforma la fuerza mecánica las señales digitales, esto quiere decir que el peso aplicado a un extremo de la celda produce fluctuación cuando detecta deformación por peso.

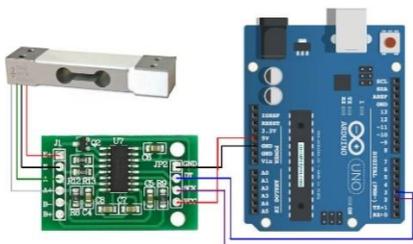


Figura 16: Conexión celda de carga con Arduino (Arduino CL, 2017)

Regulador 7805: Este dispositivo es un circuito el cual nos ayuda a mantener el voltaje en 5[V] y 1[A,] se usa ya que la fuente de poder necesaria proporciona 24[V] y la pasamos a 12[V] lo cual quemaría el sistema electrónico.

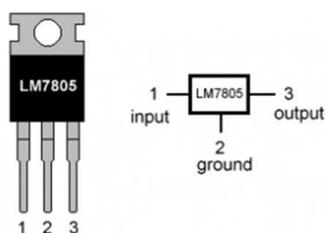


Figura 17: Regulador 7805 (Mouser, 2021)

Módulo Relé. Este módulo se usa cuando es necesario manejar alta potencia para controlar un motor, muchos usan un electroimán para encender o apagar mecánicamente un interruptor (Abdollahzadeh H, Mozafari B, Jazaeri M, 2015) es decir controla los circuitos mediante una señal.

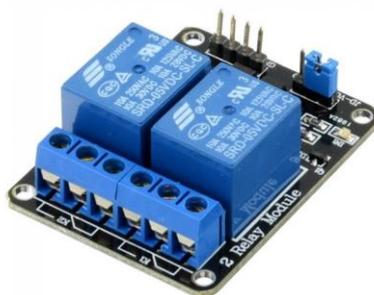


Figura 18. Modulo rele (ArduinoCL, 2021)

Modulo Bluetooth HC-06: Este módulo nos ayuda a conectar el proyecto con un smartphone, proporcionara conectividad con la aplicación diseñada para encender y apagar el motor a distancia.



Figura 19: Modulo bluetooth (Arduino CL, 2017)

MIT APPINVENTOR: Este programa ayuda a crear una app sencilla para el control del sistema utilizando el bluetooth, la app diseñada tiene una interfaz muy simple, cuenta con un botón de prendido y otro de apagado para que no sea necesario acercarse al bote y encenderlo. El uso del programa es totalmente gratis, primero se hace interfaz donde se insertan los botones y logos, después se programa cada botón. Como se mencionó anteriormente tiene un apartado de botones, los cuales decretar variables de 0 o 1, por lo tanto, al conectarse con el módulo bluetooth genera un 0 o 1, al detectar el módulo bluetooth que se generó una señal lógica lo manda al Arduino y enciende o apaga el sistema.

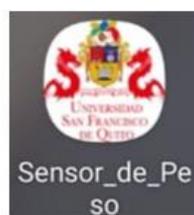


Figura 20: Programa para crear APP (MIT, 2021)



Figura 21: Interfaz de aplicación.

2.1.2 Componentes del Sistema de Flotación

El sistema de flotadores está compuesto principalmente por dos elementos, tanques de polietileno y una estructura de acero inoxidable AISI 304 Austenítico.



Figura 22: Elementos del sistema de flotación.

Se selecciono este tipo de tanques posterior a analizar la fuerza de empuje que estos proporcionaban y determinar que esta sería factible para las condiciones a las que se lo sometería. A su vez es importante mencionar que se está trabajando con el Instituto Biósfera el cual se enfoca en el cuidado del medioambiente por lo que los

tanques como muchas partes de la estructura de acero del flotador son materiales reciclados o chatarra por lo que se los consiguió a precios bajos.

2.2 Diseño para la Fabricación

Se muestra a continuación las listas de tecnologías de fabricación y componentes para fabricar/ensamblar. Los planos de conjunto, subconjuntos y de detalle se encuentra en el Anexo I, donde también se muestran los procesos de fabricación. A continuación, se muestra la nomenclatura de los diagramas de flujo:



Figura 23: Nomenclatura de los diagramas de flujo.

2.2.1 Diagrama de flujo del dispositivo en general

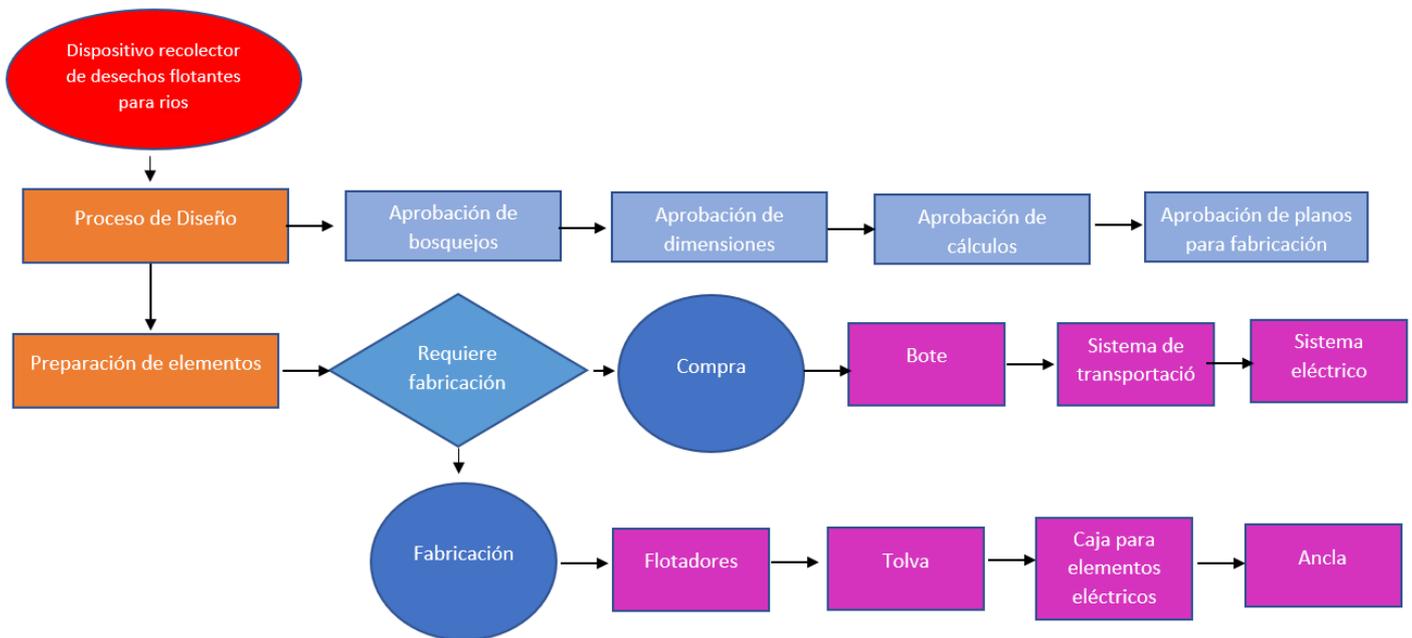


Figura 24: Diagrama de flujo para construcción del dispositivo.

2.2.2 Diagrama de flujo del ensamble

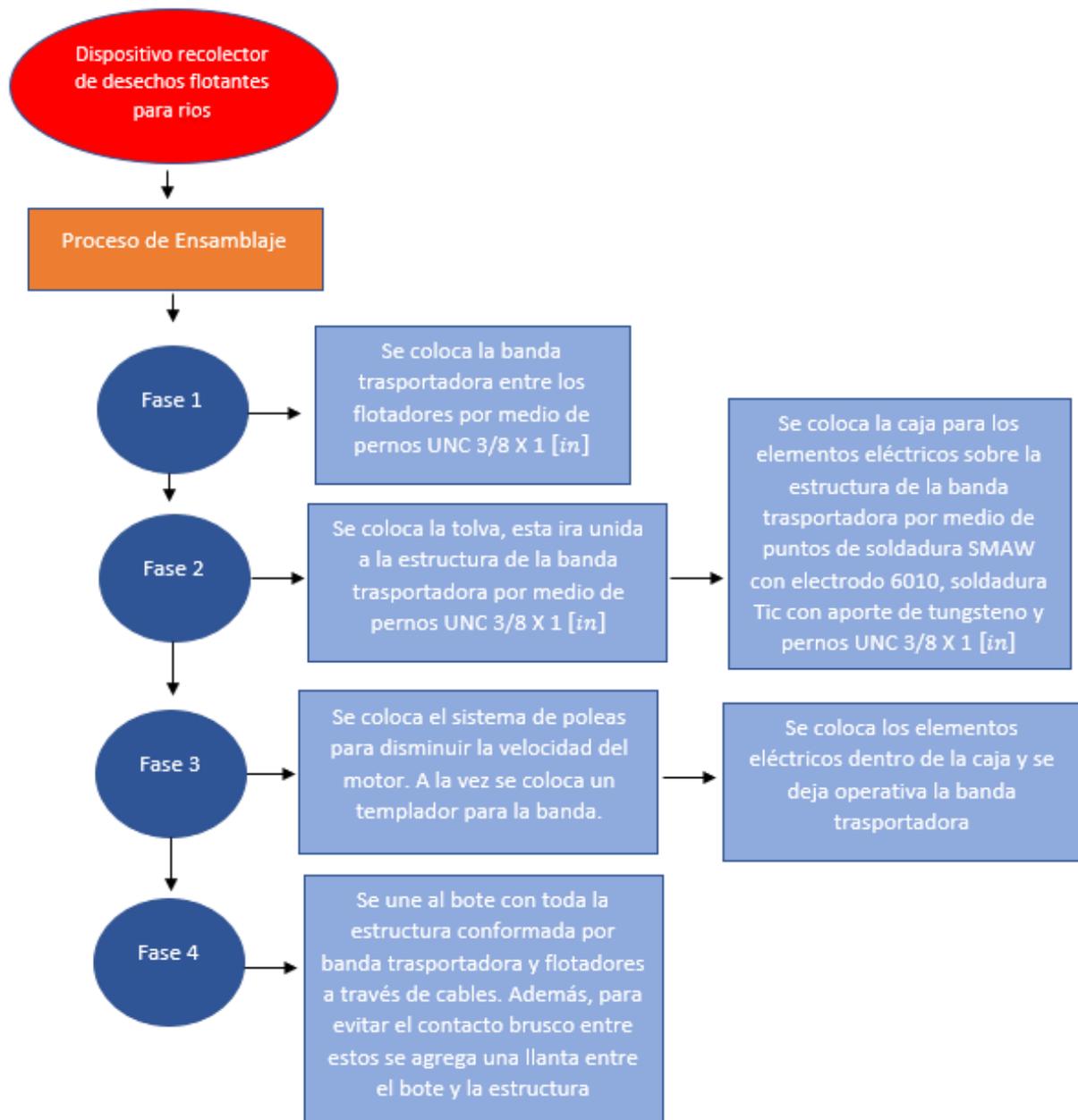


Figura 25: Diagrama de flujo para ensamble del dispositivo.

2.2.3 Diagrama de flujo de inspección

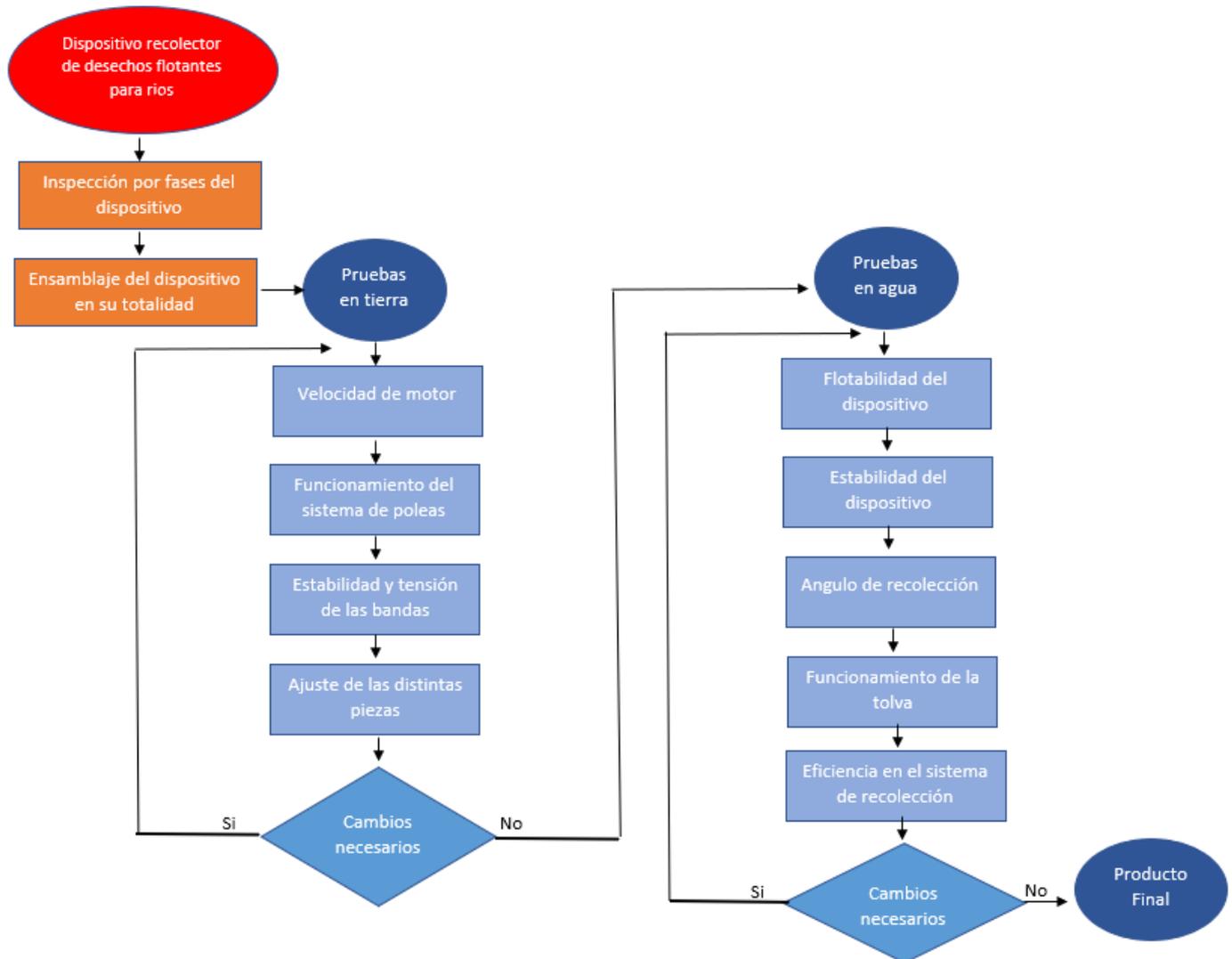


Figura 26: Diagrama de flujo para inspección de funcionamiento del dispositivo.

A continuación, se detalla diagramas y hojas de procesos de los principales elementos:

2.3.1 Diagrama de flujo: Fabricación del sistema de flotación

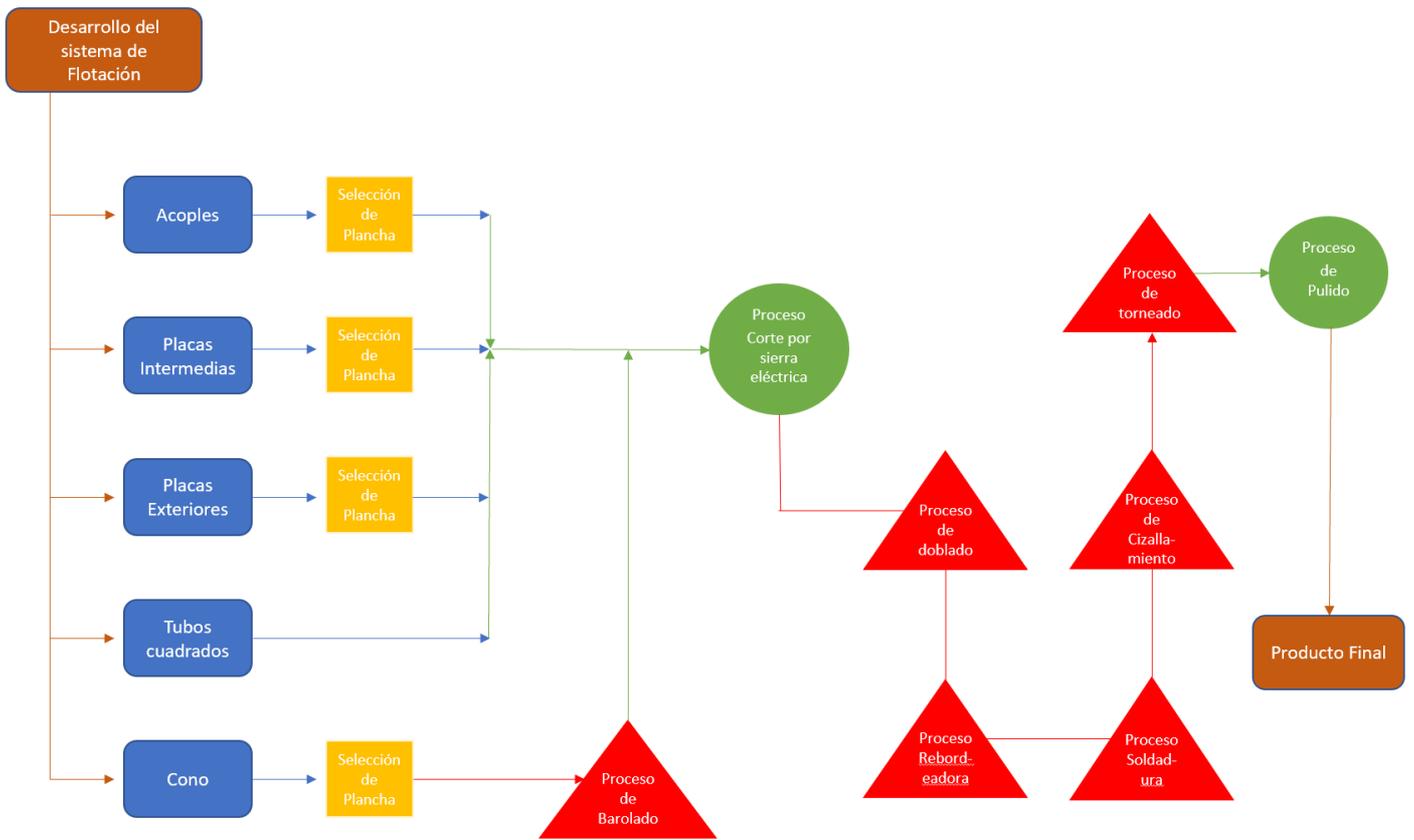


Figura 27: Diagrama de flujo de la fabricación de los flotadores.

2.3.2 Diagrama de flujo: Ensamble del sistema de flotación

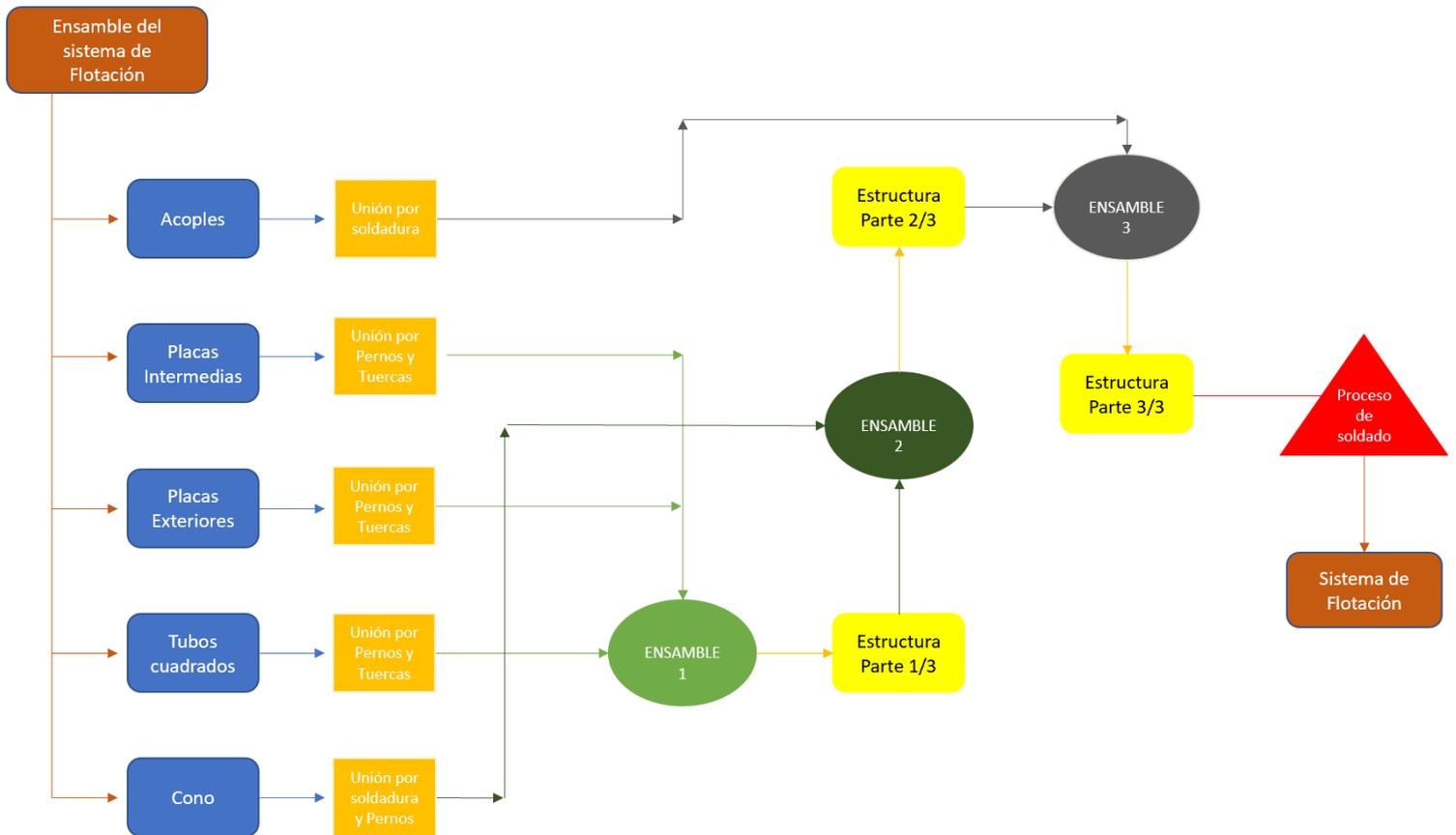


Figura 28: Diagrama de flujo del ensamble del sistema de flotación.

2.3.3 Hoja de ensamble del sistema de flotación

Tabla 5: Hoja de ensamble flotadores.

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO			
RESPONSABLE:	Fernando Velasco	REVISADO POR:	
TEMA:	Sistema de Flotación	FECHA REALIZADO:	15-11-21
		FECHA PRESENTACIÓN:	18-11-21
PROGRAMA N°:	PARAMETROS	TOOL-ATC	ESQUEMA DE PROCESO
N7: 7a, 7b, 7c, 7d, 7e, 7f (Doblado)	Vc = 30 m/min n = 105 rpm F = 0.1 mm dia = 90 mm Vf = 15.4 mm/min	CNC Machine nombre : tubos designación : GFUT3511SV	
N1	Vc = 8 m/min n = 355 rpm F = 0.4 mm dim = 760 x 760 mm Vf = 15.4 mm/min	CNC Machine nombre : Cono designación : SASD45LSV11	
N5 : 5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f (Doblado)	Vc = 30 m/min n = 105 rpm F = 0.1 mm dia = 90 mm Vf = 15.4 mm/min	CNC Machine nombre : Acoples designación : GFUT3511SV	
N6 : 6a, 6b	Vc = 15 m/min n = 270 rpm F = 0.1 mm dim = 760 x 760 mm Vf = 30.1 mm/min	CNC Machine nombre : Placas Intermedias designación : SV2001LGSLLTA	
N2 : 6a, 6b	Vc = 10 m/min n = 270 rpm F = 0.1 mm dim = 760 x 760 mm Vf = 30.1 mm/min	CNC Machine nombre : Placas a extremos designación: SV2001LGSLLTA	
N3 (Doblado)	Vc = 30 m/min n = 105 rpm F = 0.1 mm dim = 20 x 20 mm Vf = 15.4 mm/min	CNC Machine nombre : Placa sujetadora designación : GFUT3511SV	
N4 Molde por inyección	Viy = 30 m/min dia = 580 mm	Molde nombre : Flotadores designación : 114-AF3T	

2.3.4 Hoja de proceso del sistema de flotación

Tabla 6: Hoja de procesos flotadores.

HOJA DE PROCESO							
Pieza N°:	N/A	Descripción:	Sistema de flotación	Plano N°:	N/A	Cantidad:	N/A
Material:	Varios	Responsable:	Fernando Velasco				
Tareas	Herramientas	Operario	Tiempo en minutos	Dimensiones y Tolerancias	Lugar	Fecha	
Investigación de modelos de flotadores	Laptop	Fernando Velasco	1440	N/A	USFQ	28/08/2021	
Selección de los flotadores oficiales	Zoom	Grupal	180	N/A	USFQ	28/08/2021	
Estudio mecánico en Quito de flotadores	Laptop	Fernando Velasco	180	N/A	USFQ	30/08/2021	
Selección del número de flotadores	Zoom	Grupal	120	N/A	USFQ	30/08/2021	
Toma de decisiones para la compra de los	Zoom	Grupal	30	N/A	USFQ	31/08/2021	
Compra de flotadores	Efectivo	Fernando Velasco	30	Dia = 580 mm L = 600 mm TOL = +- 3.7 mm	TALLER SANTAN	08/09/2021	
Inicio del diseño de la estructura de los	Inventor	Fernando Velasco	1400	N/A	USFQ LAB MECANICA	10/09/2021	
Análisis dimensional de los flotadores para el CAD Flotadores Parte 1/3	Compas de hilo, regla, cuaderno	Fernando Velasco	30	N/A	USFQ	11/09/2021	
CAD Flotadores Parte 2/3	Inventor	Fernando Velasco	1440	N/A	USFQ	11/09/2021	
CAD Flotadores Parte 3/3	Inventor	Fernando Velasco	2880	N/A	USFQ	13/09/2021	
Planos y dimensiones de las partes diseñadas	Inventor	Fernando Velasco	1440	N/A	USFQ	15/09/2021	
Envío de planos de detalle para la fabricación de las	Mail, documentos en formato: .step .inp .iam	Fernando Velasco	30	N/A	USFQ	16/09/2021	
Revisión por parte del Director de Tesis 1/2	Planos	Director de Tesis	30	N/A	INDUACEROS	17/09/2021	
Correcciones del diseño estructural de los	Inventor	Fernando Velasco	2880	N/A	USFQ	19/09/2021	
Envío de planos de detalle corregido para la fabricación de las	Mail, documentos en formato: .step .inp .iam	Fernando Velasco	30	N/A	INDUACEROS	19/09/2021	
Revisión por parte del Director de Tesis 2/2	Planos	Director de Tesis	30	N/A	INDUACEROS	23/09/2021	
Fabricación de las piezas 1/17 (tubo 1/6)	Arranque de viruta de tubo material ASTM A 106 0.5 in SCH STD L=2010	José Luis Chioaiza	5	Dia = 0.5 in L = 2010 mm TOL = +- 2 mm	INDUACEROS	02/10/2021	
Fabricación de las piezas 2/17 (tubo 2/6)	Arranque de viruta de tubo material ASTM A 106 0.5 in SCH STD L=2010	José Luis Chioaiza	5	Dia = 0.5 in L = 2010 mm TOL = +- 2 mm	INDUACEROS	02/10/2021	
Fabricación de las piezas 3/17 (tubo 3/6)	Arranque de viruta de tubo material ASTM A 106 0.5 in SCH STD L=2010	José Luis Chioaiza	5	Dia = 0.5 in L = 2010 mm TOL = +- 2 mm	INDUACEROS	02/10/2021	
Fabricación de las piezas 4/17 (tubo 4/6)	Arranque de viruta de tubo material ASTM A 106 0.5 in SCH STD L=2010	José Luis Chioaiza	5	Dia = 0.5 in L = 2010 mm TOL = +- 2 mm	INDUACEROS	03/10/2021	
Fabricación de las piezas 5/17 (tubo 5/6)	Arranque de viruta de tubo material ASTM A 106 0.5 in SCH STD L=2010	José Luis Chioaiza	5	Dia = 0.5 in L = 2010 mm TOL = +- 2 mm	INDUACEROS	03/10/2021	
Fabricación de las piezas 6/17 (tubo 6/6)	Arranque de viruta de tubo material ASTM A 106 0.5 in SCH STD L=2010	José Luis Chioaiza	5	Dia = 0.5 in L = 2010 mm TOL = +- 2 mm	INDUACEROS	03/10/2021	
Fabricación de las piezas 7/17 (Placas 1/4)	Placa de acero ASTM A 106 GR B 1340 mm x 670 mm THCK: 0.003 mm	José Luis Chioaiza	10	L = 1340 mm x W = 670 mm THCK: 0.003 mm TOL = +- 3 mm	INDUACEROS	04/10/2021	
Fabricación de las piezas 8/17 (Placas 2/4)	Placa de acero ASTM A 106 GR B 1340 mm x 670 mm THCK: 0.003 mm	José Luis Chioaiza	10	L = 1340 mm x W = 670 mm THCK: 0.003 mm TOL = +- 3 mm	INDUACEROS	09/10/2021	
Fabricación de las piezas 9/17 (Placas 3/4)	Placa de acero ASTM A 106 GR B 1340 mm x 670 mm THCK: 0.003 mm	José Luis Chioaiza	10	L = 1340 mm x W = 670 mm THCK: 0.003 mm TOL = +- 3 mm	INDUACEROS	09/10/2021	
Fabricación de las piezas 10/17 (Placas 4/4)	Placa de acero ASTM A 106 GR B 1340 mm x 670 mm THCK: 0.003 mm	José Luis Chioaiza	10	L = 1340 mm x W = 670 mm THCK: 0.003 mm TOL = +- 3 mm	INDUACEROS	15/10/2021	
Fabricación de las piezas 11/17 (acoples tubo 1/6)	Tubo de acero ASTM A 106 GR B de 40 mm x 40 mm THCK: 0.003 mm	José Luis Chioaiza	10	L = 40 mm x W = 40 mm THCK: 0.003 mm TOL = +- 3 mm	INDUACEROS	22/10/2021	
Fabricación de las piezas 12/17 (acoples tubo 2/6)	Tubo de acero ASTM A 106 GR B de 40 mm x 40 mm THCK: 0.003 mm	José Luis Chioaiza	10	L = 40 mm x W = 40 mm THCK: 0.003 mm TOL = +- 3 mm	INDUACEROS	22/10/2021	
Fabricación de las piezas 13/17 (acoples tubo 3/6)	Tubo de acero ASTM A 106 GR B de 40 mm x 40 mm THCK: 0.003 mm	José Luis Chioaiza	10	L = 40 mm x W = 40 mm THCK: 0.003 mm TOL = +- 3 mm	INDUACEROS	25/10/2021	
Fabricación de las piezas 14/17 (acoples tubo 5/6)	Tubo de acero ASTM A 106 GR B de 40 mm x 40 mm THCK: 0.003 mm	José Luis Chioaiza	10	L = 40 mm x W = 40 mm THCK: 0.003 mm TOL = +- 3 mm	INDUACEROS	25/10/2021	
Fabricación de las piezas 16/17 (acoples tubo 6/6)	Tubo de acero ASTM A 106 GR B de 40 mm x 40 mm THCK: 0.003 mm	José Luis Chioaiza	10	L = 40 mm x W = 40 mm THCK: 0.003 mm TOL = +- 3 mm	INDUACEROS	25/10/2021	
Fabricación de las piezas 17/17 (Conos 2 de 2)	Placa de acero SA-312 TP 304 de 760 mm x 760 mm THCK: 0.003 mm	José Luis Chioaiza	10	L = 760 mm x W = 760 mm THCK: 0.003 mm TOL = +- 3.5 mm	INDUACEROS	29/10/2021	
Ensamble de todas las piezas Parte 1/2	Soldadura, pernos, tuercas, EPP	José Luis Chioaiza	180	N/A	INDUACEROS	05/11/2021	
Ensamble de todas las piezas Parte 2/2	Soldadura, pernos, tuercas, EPP	José Luis Chioaiza	180	N/A	INDUACEROS	05/11/2021	
Aprobación de los integrantes del grupo	Zoom	Grupal	30	N/A	USFQ	08/11/2021	
Análisis de riesgo de la estructura	Laptop y Cálculos	Fernando Velasco	30	N/A	USFQ	08/11/2021	
Prueba de la estabilidad de los flotadores 1/2	Flotadores plásticos	Grupal	30	N/A	PISCINA LATACUNG	11/11/2021	
Prueba de la estabilidad de los flotadores 2/2	Flotadores plásticos	Grupal	30	N/A	PISCINA LATACUNG	11/11/2021	
Simulación CAD del diseño computacional (Estático y Transitorio)	Inventor y CFD Autodesk	Fernando Velasco	1440	N/A	USFQ	16/11/2021	

2.4.1 Diagrama de flujo: Fabricación de la estructura de la banda transportadora

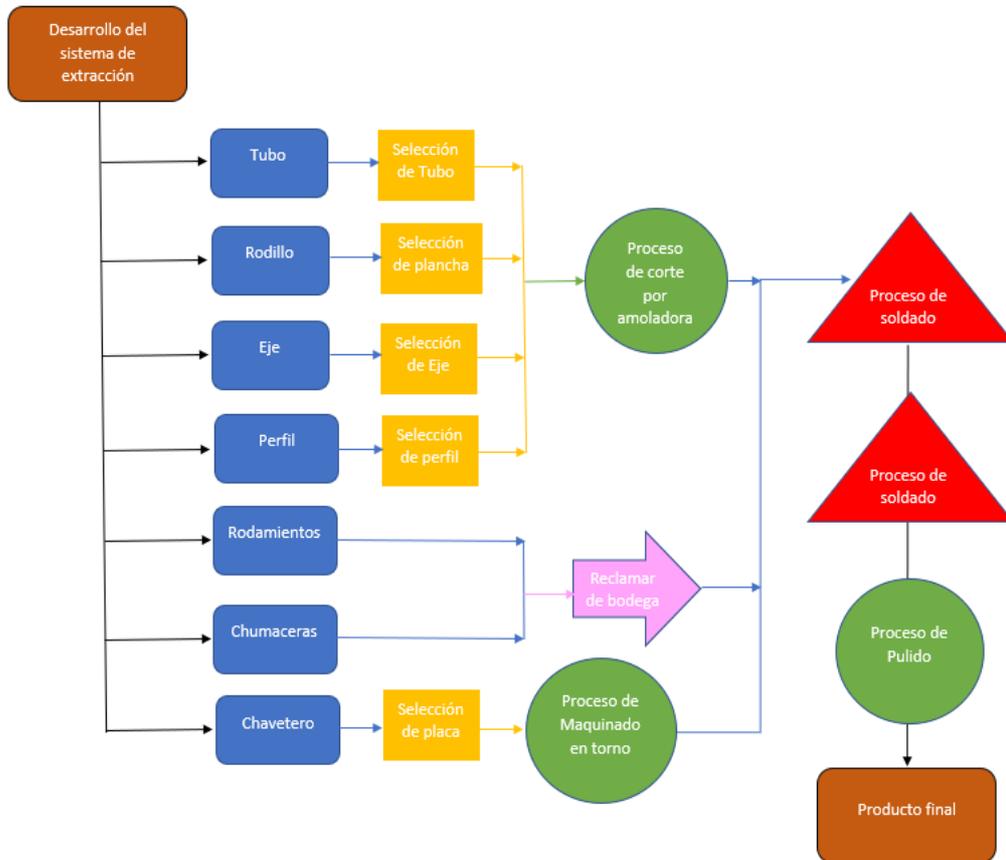


Figura 29: Diagrama de flujo fabricación de la banda transportadora.

2.4.2 Diagrama de flujo: Ensamble de la estructura de la banda transportadora

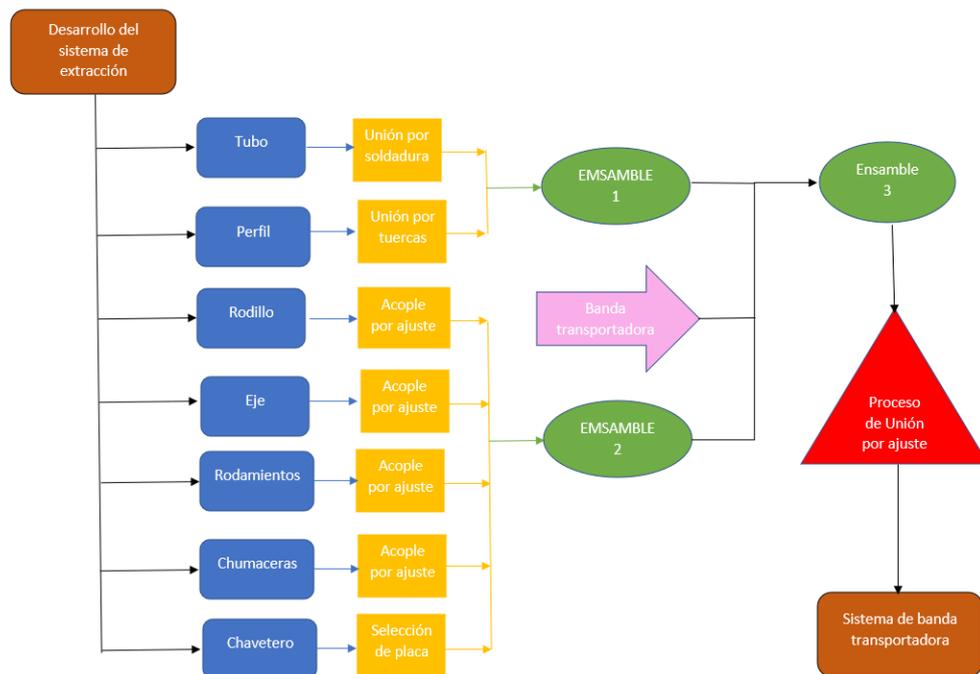
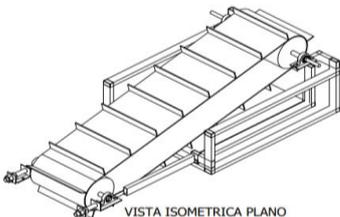
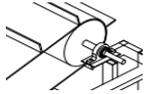
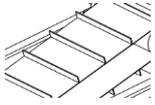


Figura 30: Diagrama de flujo ensamble de banda transportadora.

2.4.3 Hoja de Ensamble del sistema de la banda transportadora

Tabla 7: Hoja de ensamble banda transportadora.

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO			
RESPONSABLE:	Francisco Estrella	REVISADO POR:	
TEMA:	Sistema de Banda transportadora	FECHA REALIZADO:	15/11/2021
		FECHA PRESENTACIÓN:	18/11/2021
 <p>VISTA ISOMETRICA PLANO CONJUNTO SCALE 1:20</p>			
PROGRAMA N°:	PARAMETROS	TOOL-ATC	ESQUEMA DE PROCESO
N1: 1a, 1b, 1c, 1d	Vc = 8 m/min n = 355 rpm F = 0.4 mm dim = 50 x 25 mm Vf = 15.4 mm/min	CNC Machine nombre : Tubos designación : GFUT3511SV	
N4: 4a,4b	Vc = 8 m/min n = 355 rpm F = 0.4 mm dim = 50 x 25 mm Vf = 15.4 mm/min	CNC Machine nombre : Perfil designación : SASD45LSV11	
N5 : 5a, 5b	Vc = 8 m/min n = 355 rpm F = 0.4 mm dim = 50 x 25 mm Vf = 15.4 mm/min	CNC Machine nombre : Tubo designación : GFUT3511SV	
N2 : 2a, 2b	Vc = 8 m/min n = 355 rpm F = 0.4 mm dim = 50 x 25 mm Vf = 15.4 mm/min	CNC Machine nombre : Tubos designación : SV2001LGLSLTA	
N3 : 3a, 3b	Vc = 8 m/min n = 355 rpm F = 0.4 mm dim = 50 x 25 mm Vf = 15.4 mm/min	CNC Machine nombre : Tubos designación: SV2001LGLSLTA	
N6 (barolado)	Vc = 30 m/min n = 105 rpm F = 0.1 mm dim = 160 mm Vf = 15.4 mm/min	CNC Machine nombre : Plancha A36 designación : GFUT3511SV	
N7 compra banda	Viy = 30 m/min dia = 580 mm	Banda Transportadora nombre :Banda designación : 114-AF3T	
N8 Placa	Viy = 30 m/min dia = 580 mm	CNC Machine nombre : Plancha A36 designación : GFUT3511SV	
N4 Placa	Viy = 30 m/min dia = 580 mm	CNC Machine nombre : Plancha A36 designación : GFUT3511SV	

2.4.4 Hoja de Proceso del sistema de la banda transportadora

Tabla 8: Hoja de procesos banda trasportadora.

HOJA DE PROCESO							
Pieza N°:	N/A	Descripción:	Sistema de flotación	Plano N°:	N/A	Cantidad:	N/A
Material:	Varios		Responsable:	Francisco Estrella			
Tareas	Herramientas	Operario	Tiempo en minutos	Lugar	Fecha		
Investigación de modelos de banda transportadora	Laptop	Francisco Estrella	1440	USFQ	10/09/2021		
Selección del diseño de la estructura	Zoom	Francisco Estrella	180	USFQ	10/09/2021		
Diseño de la banda transportadora	Laptop	Francisco Estrella	180	USFQ	15/09/2021		
Selección de perfiles para la estructura	Zoom	Grupal	120	USFQ	18/09/2021		
Toma de desiciones para la compra de piezas y componentes	Zoom	Grupal	30	USFQ	18/09/2021		
Compra de tubos, perfiles, pernos y planchas	Efectivo	Francisco Estrella	2880	USFQ	18/09/2021		
Inicio del modelado de la estructura	Inventor	Francisco Estrella	7200	USFQ	20/09/2021		
CAD Estructura	Inventor	Francisco Estrella	1440	USFQ	21/09/2021		
CAD Rodillos y banda	Inventor	Francisco Estrella	2880	USFQ	22/09/2021		
AD Ensamble estructura rodil	Inventor	Francisco Estrella	1440	USFQ	23/09/2021		
Planos y dimensiones de las partes diseñadas	AUTOCAD Mechanical	Francisco Estrella	30	USFQ	24/09/2021		
Envío de planos de detalle para la fabricación de las partes	Mail, documentos en formato: .step .inp .iam	Francisco Estrella	30	USFQ	25/09/2021		
Revisión de planos de corte y taller 1/2	Planos	Director de tesis	30	USFQ	15/10/2021		
Correcciones del diseño	Inventor	Francisco Estrella	2880	USFQ	16/10/2021		
Envío de planos de detalle corregido para la fabricación de las partes	Mail, documentos en formato: .step .inp .iam	Francisco Estrella	30	USFQ	17/10/2021		
Revisión de planos de corte y taller 2/2	Planos	Director de tesis	30	USFQ	18/10/2021		
Fabricación de las piezas 1/30 (tubo 1/6)	Tubo de acero ASTM A 106 GR B de 25 mm x 50 mm THCK: 0.003 mm	Jose Luis Chicaiza	5	Induacero	01/11/2021		
Fabricación de las piezas 2/30 (tubo 2/6)	Tubo de acero ASTM A 106 GR B de 25 mm x 50 mm THCK: 0.003 mm	Jose Luis Chicaiza	5	Induacero	01/11/2021		
Fabricación de las piezas 3/30 (tubo 3/6)	Tubo de acero ASTM A 106 GR B de 25 mm x 50 mm THCK: 0.003 mm	Jose Luis Chicaiza	5	Induacero	01/11/2021		
Fabricación de las piezas 4/30 (tubo 4/6)	Tubo de acero ASTM A 106 GR B de 25 mm x 50 mm THCK: 0.003 mm	Jose Luis Chicaiza	5	Induacero	01/11/2021		
Fabricación de las piezas 5/30 (tubo 5/6)	Tubo de acero ASTM A 106 GR B de 25 mm x 50 mm THCK: 0.003 mm	Jose Luis Chicaiza	5	Induacero	01/11/2021		
Fabricación de las piezas 6/30 (tubo 6/8)	Tubo de acero ASTM A 106 GR B de 25 mm x 50 mm THCK: 0.003 mm	Jose Luis Chicaiza	5	Induacero	01/11/2021		
Fabricación de las piezas 7/30 (tubo 7/8)	Tubo de acero ASTM A 106 GR B de 25 mm x 50 mm THCK: 0.003 mm	Jose Luis Chicaiza	5	Induacero	01/11/2021		
Fabricación de las piezas 8/30 (tubo 8/10)	Tubo de acero ASTM A 106 GR B de 25 mm x 50 mm THCK: 0.003 mm	Jose Luis Chicaiza	5	Induacero	01/11/2021		
Fabricación de las piezas 9/30 (tubo 9/10)	Tubo de acero ASTM A 106 GR B de 25 mm x 50 mm THCK: 0.003 mm	Jose Luis Chicaiza	5	Induacero	01/11/2021		
Fabricación de las piezas 10/30 (tubo 10/10)	Tubo de acero ASTM A 106 GR B de 25 mm x 50 mm THCK: 0.003 mm	Jose Luis Chicaiza	5	Induacero	01/11/2021		
Fabricación de las piezas 11/30 (Rodillo 1/4)	Plancha de acero ASTM A 36 405 mm x 510 mm THCK: 0.003 mm	Jose Luis Chicaiza	30	Induacero	05/11/2021		
Fabricación de las piezas 12/30 (Rodillo 2/4)	Eje de acero ASTM A 36 de 3/8 in x 700 mm	Jose Luis Chicaiza	20	Induacero	06/11/2021		
Fabricación de las piezas 13/30 (Rodillo 3/4)	Chumacera 3/8 in	Jose Luis Chicaiza	2	Induacero	07/11/2021		
Fabricación de las piezas 14/30 (Rodillo 4/4)	Rodamientos 3/8 in	Jose Luis Chicaiza	2	Induacero	08/11/2021		
Fabricación de las piezas 15/30 (acoples Perfil 1/2)	Perfil de acero ASTM A 106 GR B de 20 mm x 20 mm THCK: 0.003 mm	Jose Luis Chicaiza	10	Induacero	09/11/2021		
Fabricación de las piezas 16/30 (acoples Perfil 1/2)	Perfil de acero ASTM A 106 GR B de 20 mm x 20 mm THCK: 0.003 mm	Jose Luis Chicaiza	10	Induacero	10/11/2021		
Fabricación de las piezas 17/30 (acoples tubo 6/6)	Tubo de acero ASTM A 106 GR B de 40 mm x 40 mm THCK: 0.003 mm	Jose Luis Chicaiza	30	Induacero	11/11/2021		
Fabricación de las piezas 18/30 (Rodillo 1/4)	Plancha de acero ASTM A 36 405 mm x 510 mm THCK: 0.003 mm	Jose Luis Chicaiza	30	Induacero	12/11/2021		
Fabricación de las piezas 19/30 (Rodillo 2/4)	Eje de acero ASTM A 36 de 3/8 in x 700 mm	Jose Luis Chicaiza	20	Induacero	13/11/2021		
Fabricación de las piezas 20/30 (Rodillo 3/4)	Chumacera 3/8 in	Jose Luis Chicaiza	2	Induacero	14/11/2021		
Fabricación de las piezas 21/30 (Rodillo 4/4)	Rodamientos 3/8 in	Jose Luis Chicaiza	2	Induacero	14/11/2021		
Fabricación de las piezas 22/30 (templador 1 de 2)	Placa de acero SA-312 TP 304 de 100 mm x 100 mm THCK: 0.003 mm	Jose Luis Chicaiza	15	Induacero	14/11/2021		
Fabricación de las piezas 23/30 (templador 2 de 2)	Placa de acero SA-312 TP 304 de 100 mm x 200 mm THCK: 0.003 mm	Jose Luis Chicaiza	15	Induacero	14/11/2021		
Ensamble de todas las piezas Parte 1/2	Soldadura, pernos, tuercas, EPP	Jose Luis Chicaiza	1440	Induacero	18/11/2021		
Ensamble de todas las piezas Parte 2/2	Soldadura, pernos, tuercas, EPP	Jose Luis Chicaiza	480	Induacero	19/11/2021		
Aprobación de los integrantes del grupo	Zoom	Grupal	60	USFQ	19/11/2021		
Análisis de riesgo de la estructura	Laptop y Cálculos	Daniel Estrella	60	USFQ	21/11/2021		
Simulación CAD del diseño computacional (Estático y Transitorio)	Inventor y CFD Autodesk	Fernando Velasco	1440	USFQ	30/11/2021		

2.5.1 Diagrama de flujo: Fabricación del sistema de Control y Energía

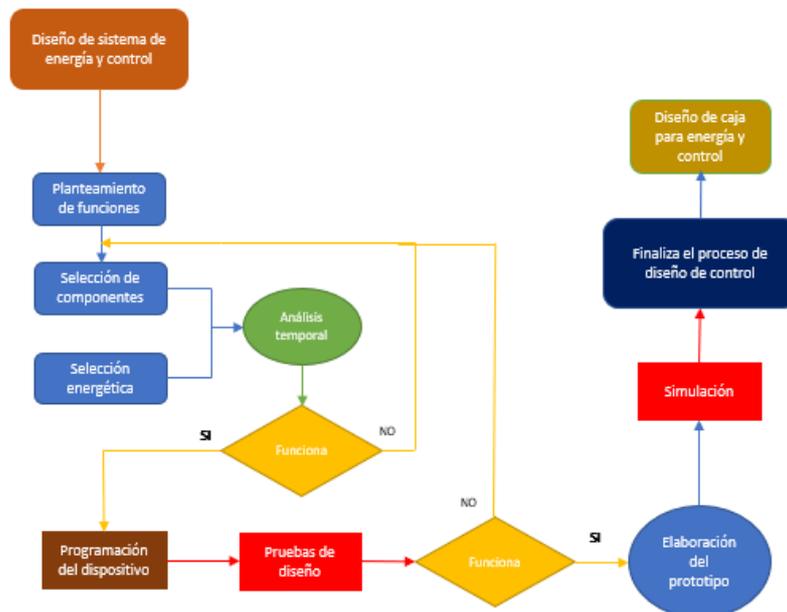


Figura 31: Diagrama de flujo de fabricación del sistema eléctrico.

2.5.2 Diagrama de flujo: Ensamble del sistema de control y energía

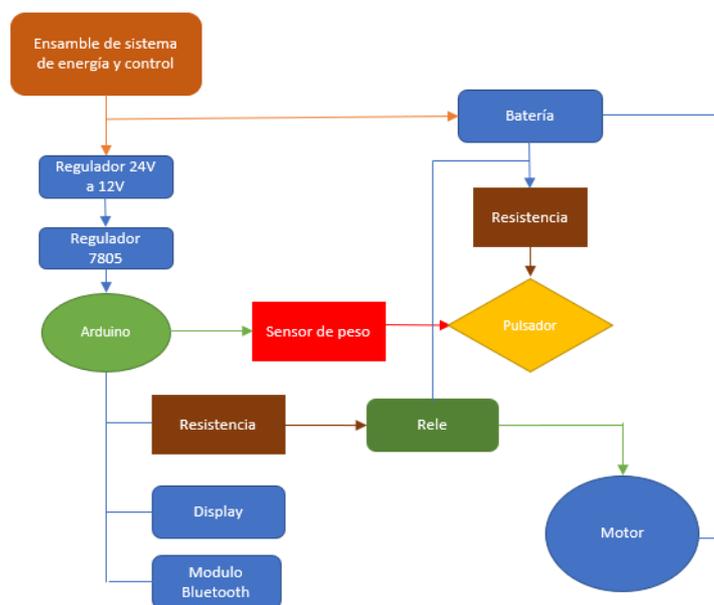
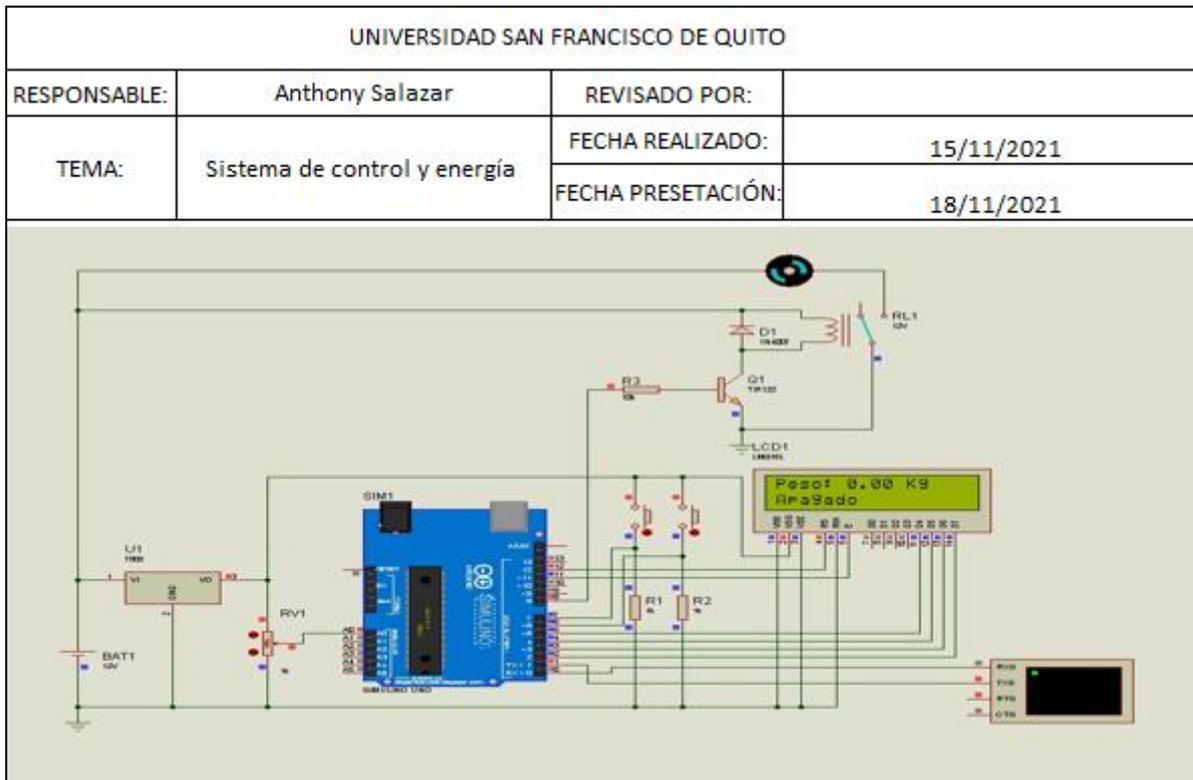


Figura 32: Diagrama de flujo de ensamble del sistema eléctrico.

2.5.3 Hoja de Ensamble del sistema de control y energía

Tabla 9: Hoja de ensamble sistema electrónico.



2.5.4 Hoja de Proceso del sistema del sistema de Control y Energía

Tabla 10: Hoja de proceso sistema eléctrico.

HOJA DE PROCESO							
Pieza N°:	N/A	Descripción:	Sistema de control y energía	Plano N°:	N/A	Cantidad:	N/A
Material:	Varios		Responsable:	Anthony Salazar			
Tareas	Herramientas	Operario	Tiempo en minutos	Lugar	Fecha		
Investigación de modelos energéticos	Laptop	Anthony Salazar	800	USFQ	10/09/2021		
Investigación de modelos de control	Laptop	Anthony Salazar	1000	USFQ	10/09/2021		
Selección de modelo de control y energético	Zoom	Grupal	250	USFQ	25/09/2021		
Simulación del circuito	Proteus, Tinkercad	Anthony Salazar	600	USFQ	30/09/2021		
Comprobación en ambiente virtual	Laptop	Anthony Salazar	60	USFQ	31/09/21		
Cotización en el mercado	Auto	Anthony Salazar	240	Quito	20/10/2021		
Aprobación de precio para compra	Zoom	Grupal	60	USFQ	20/10/2021		
Compra de componentes	Auto	Anthony Salazar	60	Quito	21/10/2021		
Análisis de velocidad de motor donado	Ipad	Anthony Salazar	180	USFQ	25/10/2021		
Diseño de sistema de reducción de velocidad	Inventor	Anthony Salazar	30	USFQ	25/10/2021		
Aprobación de sistema reductor	Zoom	Grupal	60	USFQ	26/10/2021		
Planos y dimensiones de poleas	Inventor	Anthony Salazar	30	USFQ	27/10/2021		
Envío de plano de detalle para la fabricación de poleas	Laptop	Anthony Salazar	30	USFQ	30/10/2021		
Revisión conexión circuito y motor	Laptop	Ingeniero	30	USFQ	05/10/2021		
Conexiones físicas de energía y control para pruebas	Implementos	Anthony Salazar	600	USFQ	16/10/2021		
Comprobación de circuito físico	Circuito	Anthony Salazar	30	USFQ	16/10/2021		
Aprobación de los integrantes del grupo	Zoom	Grupal	30	USFQ	16/10/2021		
Análisis de riesgo del sistema	Laptop y Cálculos	Anthony Salazar	60	USFQ	17/10/2021		
Ensamble de polea, sistema energético y control en bote recolector	Pernos, tornillos, circuito, motor, batería	Grupal	180	Inducero	18/10/2021		

2.6 Plan de Verificación de Tolerancias y Dimensiones

Cada parte del dispositivo recolector de desechos flotantes necesita pasar por una verificación de sus tolerancia y dimensiones. Serán necesario mencionar la parte a verificar, el equipo de medición utilizado, el responsable, fechas de verificación y una sección de observaciones en caso de ser necesarias. Las dimensiones deben ser comparadas con las presentadas en los planos.

Tabla 11: Plan de verificación de tolerancias y dimensiones.

Nº	Parte	Responsable	Fecha de verificación	Equipo de medición	Aprobado		Observaciones
					SI	NO	
1	Cono	Fernando Velasco		Flexómetro y calibrador	SI	NO	
2	Placa a los extremos de los flotadores	Fernando Velasco		Calibrador			
3	Placa intermedia de los flotadores	Fernando Velasco		Calibrador			
4	Tanques de plástico	Fernando Velasco		Flexómetro			
5	Acoples	Fernando Velasco		Flexómetro y calibrador			
6	Placas sujetadoras de los flotadores	Fernando Velasco		Flexómetro y calibrador			
7	Tubos de acero	Fernando Velasco		Flexómetro y calibrador			
8	Placas del bote	Francisco Estrella		Flexómetro			
9	Estructura banda transportadora	Francisco Estrella		Flexómetro			
10	Rodillos	Francisco Estrella		Flexómetro			
11	Ejes	Francisco Estrella		Calibrador			
12	Aletas de la banda	Francisco Estrella		Flexómetro			
13	Poleas	Anthony Salazar		Flexómetro y calibrador			
14	Motor	Anthony Salazar		Inspección visual			
15	Baterías	Anthony Salazar		Inspección visual			
16	Sistema eléctrico	Anthony Salazar		Inspección visual			
17	Orejas superiores flotador	Daniel Estrella		Flexómetro y calibrador			
18	Orejas laterales flotador	Daniel Estrella		Flexómetro y calibrador			

3. ANÁLISIS INGENIERIL

3.1 Informe de diseño

Para el diseño del bote recolector de basura se establece el bote como base para iniciar el desarrollo del proyecto. Este servirá como contenedor de residuos. Además, se diseñó un sistema de flotación que contendrá 2 barriles de plástico sobre los cuales se apoya el sistema recolector, el mismo que se encargará de realizar los trabajos de recolección utilizando la banda transportadora. Finalmente, se agregará una tolva, la cual será usado como puente entre el sistema de recolección y el bote. La unión de los siguientes sistemas formará el cuerpo principal del dispositivo, como se observa a continuación.

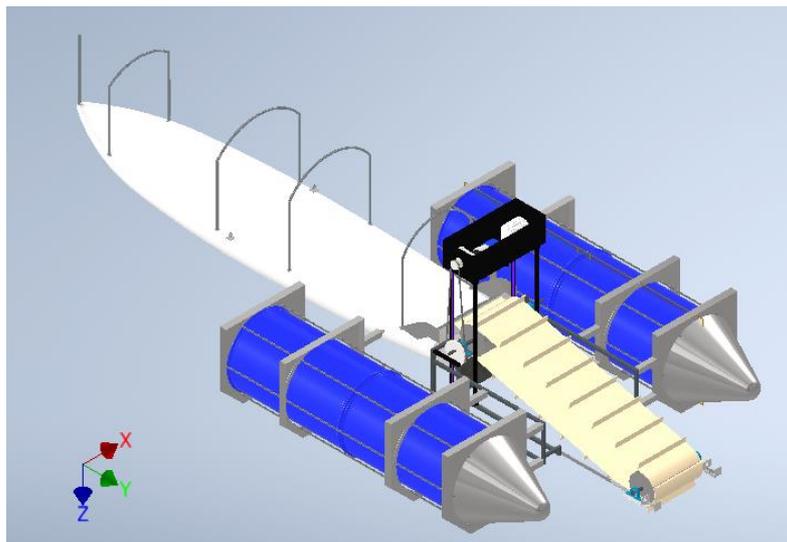


Figura 33: Dispositivo recolector de desechos flotantes.

3.2 Análisis de Ingeniería

3.2.1 Estabilidad y fuerza de empuje

El bote recolector ha sido diseñado para cumplir con ciertos parámetros de flotabilidad. Es importante mencionar, que los componentes que se agregan al sistema representan un dato adicional a los cálculos de la estabilidad y la flotabilidad. Por ello, se analiza la canoa y es sistema de flotadores como dos elementos por separado, pues en el caso de la flotabilidad se relaciona el volumen sumergido y el peso neto que se agrega sobre el sistema. Así mismo, los datos de estabilidad son primordiales debido a que la distribución de los pesos juega un rol muy importante, para que el bote no se incline o en el peor de los casos se voltee. Es por ello, que se evaluará el comportamiento del diseño del bote recolector y se analizará los factores que más influyen en el sistema como: fuerza de empuje, fuerza de arrastre, volumen sumergido del bote, centro de gravedad, estabilidad y la flotabilidad.

Previo a realizar los cálculos de flotabilidad, se tendrá que declarar ciertas propiedades físicas del aire y el agua. Para ello, se utilizará como referencia el libro de Mecánica de fluidos de Munson, Young, & Okiishi y se asumirá que la temperatura promedio para ambos fluidos es 25 [°C]. En la siguiente tabla se describen las propiedades físicas tanto del agua como del aire (Anexo C.1).

Tabla 12: Propiedades físicas del aire y agua

Magnitud	Valor
Densidad del agua $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	1012.5
Viscosidad cinética del agua $\left[\frac{m^2}{s}\right]$	8.70×10^{-7}
Densidad del aire $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	1.19

Cálculo: Fuerza de Empuje del bote

Ya que se han determinado las propiedades de los fluidos que interactúan, se procede al cálculo de flotación y volumen sumergido (V_s) de la canoa. Para ello, es necesario aplicar el principio de Arquímedes (White, 2011):

$$F_E = V_s * \rho_w * g$$

- (F_E) fuerza de empuje.
- (g) gravedad, igual a $9.81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$.
- (ρ_w) densidad del agua.

Por lo tanto, se desea conocer el peso máximo que soporta el bote antes de hundirse, por lo que se procederá a calcular la fuerza de empuje. Para esto es necesario tomar la embarcación como un sólido y el volumen sumergido será el volumen total del bote. El volumen total del bote se obtiene de Inventor (Anexo D.1).

A continuación, se muestra una tabla con los datos del bote:

Tabla 13: Propiedades del bote obtenidas por Inventor

Magnitud	Valor
Masa [kg]	40
Área [m^2]	5.87
Volumen [m^3]	0.48

Se reemplaza en la ecuación de fuerza de empuje:

$$F_E = 0.48 [m^3] * 1012.50 \left[\frac{kg}{m^3} \right] * 9.81 \left[\frac{m^2}{s} \right]$$

$$F_E = 4767.66 [N]$$

La fuerza de empuje calculada es $4767.66 [N]$. Esto nos da un rango de carga para la canoa de $486 [kg]$. Sin embargo, se debe recordar que se tomó el total del

volumen de la embarcación por lo que la capacidad de carga y fuerza de empuje será menor.

Cálculo: Volumen sumergido del bote

Se procederá a calcular del volumen sumergido del bote utilizando el principio de Arquímedes:

$$V_s = \frac{m * g}{\rho_w}$$

- (V_s) volumen sumergido del bote.
- (m) es la masa del sistema que equivale a 40 [kg].
- (g) es la gravedad, igual a 9.81 $\left[\frac{m}{s^2}\right]$
- (ρ_w) es la densidad del agua.

$$V_s = \frac{40 [kg] * 9.81 \left[\frac{m^2}{s}\right]}{1012.50 \left[\frac{kg}{m^3}\right] * 9.81 \left[\frac{m^2}{s}\right]}$$

$$V_s = 0.039 [m^3]$$

El volumen sumergido se calcula con el fin de determinar la superficie expuesta al agua y la superficie expuesta al aire, para ello será necesario realizar cortes sucesivos del modelo CAD en Inventor hasta obtener el volumen sumergido previamente calculado. El volumen sumergido del bote se obtiene de Inventor (Anexo D.2). A continuación, en la Figura 3. se muestra el corte del modelo CAD:

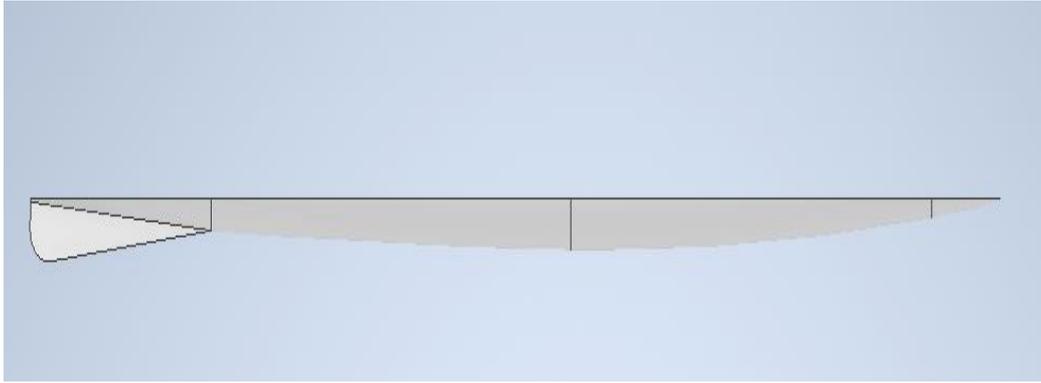


Figura 34: Corte volumen sumergido de la canoa

Cálculo: Estabilidad del bote

Después de obtener el volumen sumergido se puede obtener utilizando Inventor (Anexo D.3) los siguientes valores descritos en la tabla para determinar la estabilidad:

Tabla 14: Valores para el cálculo de estabilidad

Magnitud	Valor
Magnitud del Centro de Flotación [mm]	310.8
Magnitud del Centro de Gravedad [mm]	179.8
Magnitud del Momento de Inercia [m ⁴]	0.00916

Ecuación para obtener la magnitud de un vector

$$A = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

Procedemos a calcular la altura metacéntrica, la cual es un indicador de la estabilidad.

$$MG = \frac{I}{V_s} - GB$$

- (*I*) corresponde al segundo momento de inercia
- (*V_s*) volumen sumergido
- (*GB*) la diferencia entre el centro de gravedad y el centro de flotación.

$$MG = \frac{0.00916 [m^4]}{0.039 [m^3]} - (0.1798 - 0.3108)$$

$$MG = 0.1038 [m]$$

De acuerdo con White, para que un objeto posea estabilidad basta que su altura metacéntrica sea mayor a cero (White, 2011). Por lo tanto, el bote posee estabilidad.

Cálculo: Estabilidad del bote en casos críticos

Es sumamente importante determinar la estabilidad de la canoa cuando se encuentra totalmente lleno de basura, es decir que el contenedor estará a su capacidad máxima.

Para evaluar esto se debe calcular la masa de la canoa sumado la masa del máximo de basura que soporte, este será su caso crítico.

$$W_T = (m_b + m_B) * g$$

- (W_T) Peso total
- (m_b) masa total del bote
- (m_B) masa de la basura
- (g) es la gravedad, igual a $9.81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$

Se realiza el cálculo por separado para posteriormente sumarlos, se inicia por el peso de la canoa:

$$W_b = (m_b) * g$$

$$W_b = 40 [kg] * 9.81 \left[\frac{m^2}{s} \right]$$

$$W_b = 392 [N]$$

Seguido, se procede a calcular el peso de la basura dentro de la canoa. Para ello calcula se cuál es la capacidad máxima de basura que soporta la embarcación.

$$m_B = V * \rho$$

- (m_B) masa de la basura
- (ρ) densidad de la basura, igual a $200 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$ (Barras Quilez, 2008).
- (V) volumen del contenedor o bote el cual se obtiene mediante Inventor (Anexo D.1) y es $0.48 [m^3]$.

$$m_B = 0.48 [m^3] * 200 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

$$m_B = 96 [kg]$$

Como se aprecia $96 [kg]$ es la cantidad de basura que soporta el contenedor. Sin embargo, será necesario calcular para un volumen más pequeño ya que existe el riesgo de desbordamiento de basura. Se escoge un volumen de $0.30 [m^3]$

$$m_B = 0.30 [m^3] * 200 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

$$m_B = 60 [kg]$$

Ahora bien, se calcula el peso del dispositivo considerando los valores de la masa de basura y de la masa de la canoa.

$$W = (m_b + m_B) * g$$

$$W = (40 [kg] + 60 [kg]) * 9.81 \left[\frac{m^2}{s} \right]$$

$$W = 980 [N]$$

Con la finalidad de determinar la estabilidad del bote lleno de basura, se procede a implementar en Inventor un objeto con la densidad de la basura (Anexo D.4), este será acoplado al bote. Se procede con el cálculo de volumen sumergido. A continuación, en la

Ilustración 4. Se muestra el bote con el objeto de que representa la basura, este se ubica exactamente en el centro de gravedad para no afectar su estabilidad.



Figura 35: Asumiremos que el cilindro es la masa total de la basura que ejerce peso en la canoa

$$V_s = \frac{100 [kg] * 9.81 \left[\frac{m^2}{s} \right]}{1012.50 \left[\frac{kg}{m^3} \right] * 9.81 \left[\frac{m^2}{s} \right]}$$

$$V_s = 0.098 [m^3]$$

El volumen sumergido se calcula con el fin de determinar la superficie expuesta al agua y la superficie expuesta al aire, para ello será necesario realizar cortes sucesivos del modelo CAD en Inventor hasta obtener el volumen sumergido previamente calculado. El volumen sumergido del bote se obtiene de Inventor (Anexo D.2). A continuación, en la Tabla 4. se muestra los valores para calcular estabilidad:

Tabla 15: Valores para el cálculo de estabilidad

Magnitud	Valor
Magnitud del Centro de Flotación [mm]	290
Magnitud del Centro de Gravedad [mm]	199.8
Magnitud del Momento de Inercia [m ⁴]	0.0235

Procedemos a calcular la altura metacéntrica, la cual es un indicador de la estabilidad.

$$MG = \frac{I}{V_s} - GB$$

- (MG) altura metacéntrica
- (I) corresponde al segundo momento de inercia
- (Vs) volumen sumergido
- (GB) la diferencia entre el centro de gravedad y el centro de flotación.

$$MG = \frac{0.0235 [m^4]}{0.098 [m^3]} - (0.1998 - 0.290)$$

$$MG = 0.32 [m]$$

De acuerdo con White, para que un objeto posea estabilidad basta que su altura metacéntrica sea mayor a cero (White, 2011). Por lo tanto, la canoa posee estabilidad.

Se puede afirmar que la canoa cuenta con las características necesarias para contener los $60 [kg]$ de basura que se detallaron en la lista de requerimientos. A su vez, podemos afirmar que con esta misma carga la canoa no perderá estabilidad por lo que podrá realizar su trabajo de recolección sin complicaciones.

La fuerza de empuje calculada es $4767 [N]$. Esto permite un rango de carga para la canoa de $486 kg$. Sin embargo, es importante mencionar que la canoa podría no ser estable con esta carga de peso. Por lo que la canoa perdería su flotabilidad a una carga menor a los $486 kg$ mencionados, para determinar esto será necesario realizar los cálculos anteriores para cargas más altas. En este caso no se lo realizó ya que el caso más crítico nos proporcionaba un peso máximo de la basura de $60 [kg]$, el cual si es estable.

Cálculo: Fuerza de Arrastre del bote

El acoplamiento de distintos elementos a la embarcación afecta el funcionamiento de esta, principalmente por la agregación de peso. El peso de la embarcación definirá un volumen sumergido en donde el bote experimentará tanto fuerza de empuje del agua

como fuerza de empuje del aire. Por esta razón, se requiere calcular la fuerza de arrastre necesaria a vencer para la navegación de la canoa.

Para realizar el cálculo de fuerza de arrastre es necesario determinar la superficie en contacto tanto con el agua como con el aire. Esta se obtiene mediante el uso de Inventor (Anexo D.5) y de detalla en la siguiente tabla:

Tabla 16: Valores de superficies

Magnitud	Valor
Superficie en contacto con el agua, $A_{s,w}$ [m^2]	2.77
Superficie en contacto con el aire, $A_{s,a}$ [m^2]	5.1

En la tabla 5, se puede apreciar el valor de la superficie en contacto con el agua como en contacto con el aire. Previo a calcular la fuerza de arrastre, se calcula el número de Reynolds y el coeficiente de empuje. Se asume una velocidad de $4.73 \left[\frac{m}{s} \right]$ (Guerrero & Naranjo, 2019).

$$Re = \frac{\rho u L}{\mu}$$

- (Re) número de Reynolds
- (u) velocidad del fluido igual a $4.73 \left[\frac{m}{s} \right]$
- (L) longitud del barco igual a $3.27 [m]$
- (ρ) densidad $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$
- (μ) viscosidad dinámica del fluido $\left[\frac{m^2}{s} \right]$

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

- (v) viscosidad cinética del fluido $\left[\frac{m^2}{s} \right]$

- (μ) viscosidad dinámica del fluido $\left[\frac{m^2}{s}\right]$
- (ρ) densidad $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$

Se despeja μ

$$\mu = v * \rho$$

Se reemplaza en la fórmula de Reynolds

$$Re = \frac{\rho u L}{v * \rho}$$

Se simplifica

$$Re = \frac{uL}{v}$$

Se reemplaza

$$Re = \frac{4.73 \left[\frac{m}{s}\right] * 3.27 [m]}{8.70 * 10^{-7} \left[\frac{m^2}{s}\right]}$$

$$Re = 1.7 * 10^7$$

Ya que el Número de Reynolds es mayor a 4000 se conoce que es un flujo turbulento.

Se procede a calcular el coeficiente de empuje (C_f).

$$C_f = \frac{0.075}{(\log(Re) - 2)^2}$$

$$C_f = \frac{0.075}{(\log(1.7 * 10^7) - 2)^2}$$

$$C_f = 0.0027414$$

Con estos valores obtenidos se procede a realizar el cálculo de fuerza de arrastre del agua ($F_{a,w}$).

$$F_{a,w} = C_f A_{s,w} \rho_w V^2$$

- ($A_{s,w}$) área en contacto con el agua
- (ρ_w) densidad del agua
- (v) velocidad del fluido.

$$F_{a,w} = 0.0027 * 2.77[m^2] * 1012.50 \left[\frac{kg}{m^3} \right] * \left(4.73 \left[\frac{m}{s} \right] \right)^2$$

$$F_{a,w} = 169.41 [N]$$

Ahora, se procede con el cálculo de fuerza de arrastre del aire. Para realizar este cálculo es importante definir un coeficiente aerodinámico para la canoa, por su semejanza geométrica con streamlined half body White sugiere un coeficiente de 0.09 (White, 2011), empleando la siguiente fórmula:

$$F_{a,aire} = \frac{1}{2} C_{aire} A_{s,a} \rho_a V^2$$

- ($F_{a,aire}$) fuerza del aire
- (C_{aire}) coeficiente aerodinámico
- ($A_{s,a}$) Área expuesta al aire
- (v) velocidad

$$F_{a,aire} = \frac{1}{2} * 0.09 * 5.1 * 1.19 \left[\frac{kg}{m^3} \right] * \left(4.73 \left[\frac{m}{s} \right] \right)^2$$

$$F_{a,aire} = 6.20 [N]$$

La fuerza de empuje total es la suma del empuje del aire con el empuje del agua.

$$F_e = F_{a,w} + F_{a,aire}$$

$$F_e = 169.41 [N] + 6.20[N]$$

$$F_e = 175 [N]$$

Se determinó la fuerza de arrastre que tendrá la canoa en el río. Esta se realizó de acuerdo con sus dimensiones, peso y condiciones de operación. Esta deberá ser soportada tanto por la embarcación, así como por el sistema de anclaje para la recolección.

Cualquier elemento que se incorpore a la canoa afectará su volumen sumergido y por lo tanto a la superficie expuesta al agua como al aire. Por lo que este cálculo podrá o deberá ser refinado a futuro.

Cálculo: Fuerza de Empuje de los flotadores

Debido al gran tamaño de la banda transportadora esta no pudo ser incorporada dentro de la canoa, para solucionar esto se ideó un sistema de flotadores los cuales soportan el peso de la banda transportadora y sus componentes (motor, baterías y sistema eléctrico) a la vez que, ayudaran a dar estabilidad a la canoa. Por ello, se evaluará el comportamiento del diseño del flotador y se analizará los factores que más influyan en el sistema como: fuerza de empuje, fuerza de arrastre, volumen sumergido del flotador, centro de gravedad, estabilidad y la flotabilidad.

Por lo tanto, se desea conocer cuanta flotabilidad agrega cada flotador incorporado para soportar el peso de la banda transportadora. Se procede a calcular la fuerza de empuje, para esto es necesario tomar en cuenta al flotador como un sólido y el volumen sumergido será el volumen total del flotador. El volumen total del flotador se obtiene de Inventor (Anexo D.1).

A continuación, se calcula la masa total del flotador:

$$m_f = m_e + m_t$$

- (m_f) masa del flotador
- (m_e) masa estructura, igual a 56.62 [kg] (Anexo E.2)
- (m_t) masa de los tanques 9.50 [kg/unit]

$$m_f = 56.62 [kg] + (9.50 [kg] * 2)$$

$$m_f = 75,62[kg]$$

Se muestra una tabla con los datos del flotador:

Tabla 17: Propiedades del bote obtenidas por Inventor

Magnitud	Valor
Masa [kg]	75.62
Área [m ²]	17.30
Volumen [m ³]	0.490

Se reemplaza en la ecuación de fuerza de empuje:

$$F_E = 0.490 [m^3] * 1012.50 \left[\frac{kg}{m^3} \right] * 9.81 \left[\frac{m^2}{s} \right]$$

$$F_{E \text{ Flotador}} = 4866.98 [N]$$

La fuerza de empuje calculada es 4866 [N]. Esto nos da un rango de carga para el flotador de 496 kg. Sin embargo, se debe recordar que se tomó el total del volumen del flotador por lo que la capacidad de carga y fuerza de empuje será menor.

Cálculo: Volumen sumergido de los flotadores

Se procederá a calcular del volumen sumergido del flotador utilizando el principio de Arquímedes:

$$V_s = \frac{75,62[kg] * 9.81 \left[\frac{m^2}{s} \right]}{1012.50 \left[\frac{kg}{m^3} \right] * 9.81 \left[\frac{m^2}{s} \right]}$$

$$V_s = 0.0746 [m^3]$$

El volumen sumergido se calcula con el fin de determinar la superficie expuesta al agua y la superficie expuesta al aire, para ello será necesario realizar cortes sucesivos del modelo CAD en Inventor hasta obtener el volumen sumergido previamente calculado. El volumen sumergido del flotador se obtiene de Inventor (Anexo E.3). A continuación, en la Figura 3 se muestra el corte del modelo CAD:

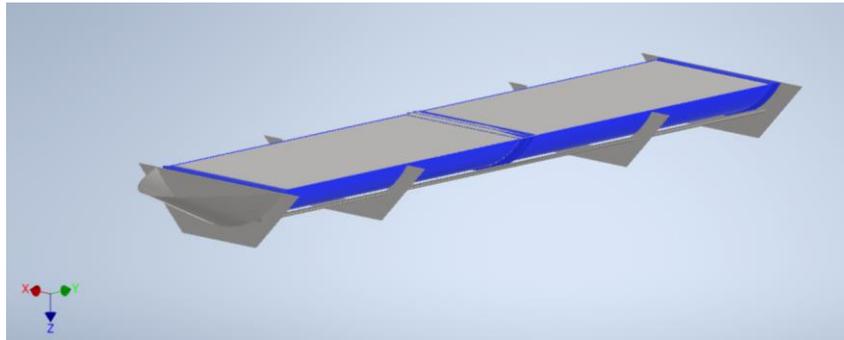


Figura 36: Corte volumen sumergido del flotador

Cálculo: Estabilidad del Flotador

Después de obtener el volumen sumergido se puede obtener utilizando Inventor (Anexo E.4) los siguientes valores descritos en la tabla para determinar la estabilidad:

Tabla 18: Valores para el cálculo de estabilidad

Magnitud	Valor
Magnitud del Centro de Flotación [mm]	232.2
Magnitud del Centro de Gravedad [mm]	27.7
Magnitud del Momento de Inercia [m ⁴]	0.0274

$$MG = \frac{0.0548[m^4]}{0.0746 [m^3]} - (0.0277 - 0.232)$$

$$MG = 0.94 [m]$$

De acuerdo con White, para que un objeto posea estabilidad basta que su altura metacéntrica sea mayor a cero (White, 2011). Por lo tanto, el flotador posee alta estabilidad y se puede afirmar que los flotadores no presentarán fallas por peso ni volteamiento. Por lo que la banda transportadora puede realizar sus trabajos de recolección sin presentar ningún inconveniente.

La fuerza de empuje calculada es 4866 [N] Esto permite un rango de carga para el de 496 kg, recordando que se usa un flotador a cada lado tendremos un rango de carga de 938[kg] . Sin embargo, es importante mencionar que para el cálculo de flotadores se tomó el volumen total como volumen sumergido por lo que a una carga como 938[kg] los flotadores estarán totalmente hundidos.

Cálculo: Fuerza de Arrastre del Flotador

Se procede a analizar la fuerza de arrastre de los flotadores sin estar sometidos a ninguna carga exterior, la única carga presente en estos es su propio peso.

Para realizar el cálculo de fuerza de arrastre es necesario determinar la superficie en contacto tanto con el agua como con el aire. Esta se obtiene mediante el uso de Inventor (Anexo E.5) y de detalla en la siguiente tabla:

Tabla 19: Valores de superficies

Magnitud	Valor
Superficie en contacto con el agua, $A_{s,w}$ [m^2]	5.066
Superficie en contacto con el aire, $A_{s,a}$ [m^2]	10.138

Con estos valores obtenidos se procede a realizar el cálculo de fuerza de arrastre del agua ($F_{a,w}$).

$$F_{a,w} = 0.0027 * 5.066[m^2] * 1012.50 \left[\frac{kg}{m^3} \right] * \left(4.73 \left[\frac{m}{s} \right] \right)^2$$

$$F_{a,w} = 309.84 [N]$$

Ahora, se procede con el cálculo de fuerza de arrastre del aire ($F_{a,aire}$).

$$F_{a,aire} = \frac{1}{2} * 0.09 * 10.138 * 1.19 \left[\frac{kg}{m^3} \right] * \left(4.73 \left[\frac{m}{s} \right] \right)^2$$

$$F_{a,aire} = 12.15 [N]$$

La fuerza de arrastre total es la suma del arrastre del aire con el arrastre del agua.

$$F_e = 309.84 [N] + 12.15 [N]$$

$$F_e = 321.99[N]$$

Ya que son 2 flotadores:

$$F_e = 643,98[N]$$

Se determinó la fuerza de arrastre que tendrá el sistema de flotadores en el río.

Esta se realizó de acuerdo con sus dimensiones, peso y condiciones de operación.

Cálculo: Volumen sumergido y Fuerza de empuje del Bote Recolector de basura

Ya que se ha determinado la fuerza de empuje de la canoa y de los flotadores por individual, se procede con el cálculo de volumen sumergido (V_s) y fuerza de empuje del dispositivo. Se procederá a calcular del volumen sumergido del dispositivo utilizando el principio de Arquímedes. Los datos utilizados se obtuvieron por Inventor (Anexo F.1)

$$V_s = \frac{300.22 [kg] * 9.81 \left[\frac{m^2}{s} \right]}{1012.50 \left[\frac{kg}{m^3} \right] * 9.81 \left[\frac{m^2}{s} \right]}$$

$$V_s = 0.29 [m^3]$$

El volumen sumergido se calcula con el fin de determinar la superficie expuesta al agua y la superficie expuesta al aire, para ello será necesario realizar cortes sucesivos del modelo CAD en Inventor hasta obtener el volumen sumergido previamente calculado. El volumen sumergido del dispositivo se obtiene de Inventor (Anexo F.3). A continuación, en la Figura 3. se muestra el corte del modelo CAD:

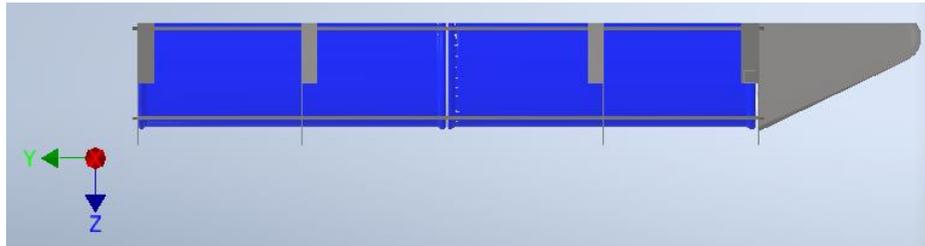


Figura 37: Volumen sumergido de los flotadores con el peso de la banda transportadora.

Se procede con el cálculo de fuerza de empuje del dispositivo en donde es necesario aplicar el principio de Arquímedes (White, 2011):

$$F_E = 0.29 \text{ [m}^3\text{]} * 1012.50 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] * 9.81 \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$$

$$F_E = 2880.46 \text{ [N]}$$

La fuerza de empuje calculada es 2880 [N]. Esta es la fuerza de empuje exacta que ejerce el dispositivo mientras realiza los trabajos de recolección. Se puede afirmar que el sistema de flotadores soportara una mayor carga ya que estos se encuentran sumergidos en un 52%.

Cálculo: Estabilidad del Bote Recolector de basura

Después de obtener el volumen sumergido se puede obtener utilizando Inventor (Anexo F.4) los siguientes valores descritos en la tabla para determinar la estabilidad:

Tabla 20: Valores para el cálculo de estabilidad.

Magnitud	Valor
-----------------	--------------

Magnitud del Centro de Flotación [mm]	96.6
Magnitud del Centro de Gravedad [mm]	27.7
Magnitud del Momento de Inercia [m^4]	0.0274

$$MG = \frac{0.0548[m^4]}{0.29 [m^3]} - (0.0277 - 0.096)$$

$$MG = 0.25 [m]$$

De acuerdo con White, para que un objeto posea estabilidad basta que su altura metacéntrica sea mayor a cero (White, 2011). Por lo tanto, el flotador posee alta estabilidad.

Se puede afirmar que los flotadores cuentan con las características necesarias para soportar el peso de la banda transportadora.

Cálculo: Fuerza de Arrastre del Sistema Recolector y el Sistema de Flotación

Se ha agregado dos flotadores sobre los que trabajara la banda transportadora, estos flotadores reciben una fuerza de arrastre por parte del río. Por ello, es necesario calcular cual es la fuerza de arrastre en cada uno de los flotadores para posteriormente utilizar este dato para el diseño del ancla, el cual es el elemento que mantendrá estático el dispositivo en su totalidad.

Para realizar el cálculo de fuerza de arrastre es necesario determinar la superficie en contacto tanto con el agua como con el aire. Esta se obtiene mediante el uso de Inventor (Anexo F.5) y de detalla en la siguiente tabla:

Tabla 21: Valores de superficies.

Magnitud	Valor
Superficie en contacto con el agua, $A_{s,w}$ [m^2]	10.50

Superficie en contacto con el aire, $A_{s,a}$ [m^2]	9
---------------------------------------------------------	---

Con estos valores obtenidos se procede a realizar el cálculo de fuerza de arrastre del agua ($F_{a,w}$).

$$F_{a,w} = 0.0027 * 10.50 [m^2] * 1012.50 \left[\frac{kg}{m^3} \right] * \left(4.73 \left[\frac{m}{s} \right] \right)^2$$

$$F_{a,w} = 642.2 [N]$$

Ahora, se procede con el cálculo de fuerza de arrastre del aire ($F_{a,aire}$).

$$F_{a,aire} = \frac{1}{2} * 0.09 * 9 * 1.19 \left[\frac{kg}{m^3} \right] * \left(4.73 \left[\frac{m}{s} \right] \right)^2$$

$$F_{a,aire} = 10.78 [N]$$

La fuerza de arrastre total es la suma del arrastre del aire con el arrastre del agua.

$$F_e = 642.2 [N] + 10.78 [N]$$

$$F_e = 652.98 [N]$$

Ya que son 2 flotadores:

$$F_e = 1305.96 [N]$$

Se determinó la fuerza de arrastre que tendrá el sistema de flotadores soportando el peso de la banda transportadora y todos sus componentes. Esta se realizó de acuerdo con sus dimensiones, peso y condiciones de operación.

Cálculo: Fuerza de Arrastre total del Bote Recolector de basura

Ahora se determina la fuerza de arrastre total del dispositivo, para esto se recuerda que la fuerza de arrastre de la canoa es $F_e = 175 [N]$.

Se sabe que:

$$F_{e,t} = F_e + F_{e,f}$$

- ($F_{e,t}$) fuerza de arrastre total

- (F_e) fuerza de arrastre canoa
- ($F_{e,f}$) fuerza de arrastre flotadores

$$F_{e,t} = 175 [N] + 1305.96 [N]$$

$$F_{e,t} = 1480.97 [N]$$

Se puede afirmar que la fuerza de arrastre que ejerce el río sobre el dispositivo es igual a 1480.97 [N]. Esta deberá ser soportada tanto por el dispositivo, así como por el sistema de anclaje para la recolección.

La fuerza de empuje de la canoa podría ser menor ya que, en primera instancia el agua chocará con los flotadores y la banda transportadora lo que disminuirá la velocidad al momento de tener contacto con la canoa.

3.2.2 Diseño del Ancla

Para que el dispositivo recolector de desechos flotantes realice su trabajo de recolección uno de los requerimientos necesarios es que se encuentre estático en el río. Por lo cual, es necesario diseñar y calcular un elemento tipo ancla el cual resista la fuerza de arrastre del río que sufre el dispositivo cuando se encuentra operando. Este sistema de anclaje deberá tomar distintos factores en cuenta como el tipo de suelo del río, la corriente del agua, fuerza de arrastre. Todo esto para que el dispositivo mantenga estabilidad para cumplir de manera eficiente los trabajos de recolección.

Selección del Ancla por el tipo de Suelo

Previo al diseño del sistema ancla es sumamente importante determinar sobre que suelo trabajara. Se puede afirmar que el suelo de los ríos amazónicos del Ecuador posee un suelo tipo arcilla el cual se caracteriza por tener baja fertilidad (Quesada et al., 2011).

En cuando a su contextura es muy blando y pobre por lo que podemos inferir que se tendrá que diseñar un ancla con alto poder de agarre.

De acuerdo con BS 6349 (norma británica) se debe seleccionar un factor de eficiencia dependiendo del tipo de suelo. Para este caso el factor escogido para el río Curaray es de 10, a continuación, se muestra la tabla de factores:

Tipo de ancla	Suelos pobres	Suelos buenos
	Fangos y arcilla blanda	Arena y arcilla consistente
Anclas de peso muerto	0.3	a 0.5
Anclas sin cepo	2.0	a 5.0
Anclas con cepo	5.0	a 10.0
Anclas de alto poder de agarre	10.0	a 30.0

Figura 38: Factor de eficiencia para distintos tipos de anclas (British Standard Institution, 2016)

Ya que el ancla operará en un suelo fangoso es necesario determinar el ángulo entre la caña y la uña del ancla. Almazán recomienda un ángulo de 50 grados como se muestra en la siguiente figura (Almazán et al., 2014).

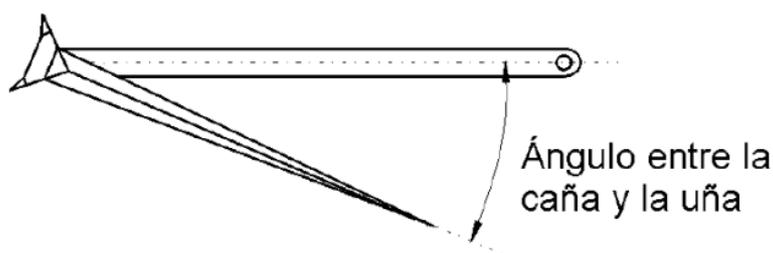


Figura 39: Ángulo de 50 grados entre la caña y la uña del ancla (Almazán et al., 2014).

Cálculo: Capacidad de Adherencia del Ancla

Se procede con el cálculo de la capacidad de agarre del ancla:

$$C_a = W * f_e$$

- (C_a) capacidad de agarre del ancla
- (W) peso del ancla igual a $21[kg]$
- (f_e) factor de eficiencia

$$C_a = 21[kg] * 10$$

$$C_a = 210[kg]$$

Se determina la fuerza de agarre del ancla:

$$F_a = C_a * g$$

- (F_a) fuerza de agarre del ancla
- (C_a) capacidad de agarre del ancla
- (g) es la gravedad, igual a $9.81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$

$$F_a = 210[kg] * 9.81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$F_a = 2060.1[N]$$

Anteriormente se determinó la fuerza de arrastre del dispositivo, igual a $818.98[N]$. En (The Naval Arch, 2020) la norma menciona que la fuerza de agarre del ancla debe ser mayor a la fuerza de arrastre del río sobre el dispositivo. Por lo tanto:

$$F_a > F_{e,t}$$

$$2060.1[N] > 1480.97 [N]$$

Con esto se comprueba que el diseño del ancla es óptimo para soportar la fuerza de arrastre del río sobre el dispositivo y mantenerlo estático mientras realiza el trabajo de recolección de desechos flotantes.

Se puede afirmar que el ancla ha sido diseñada con un criterio conservativo ya que se utilizó un factor de seguridad alto. Esto se debe a que en la Amazonia suele

incrementar la corriente de los ríos por posibles lluvias, por lo que el ancla está diseñada para tener un alto rango de factor de seguridad.

3.2.3 Comportamiento de la Banda Transportadora

Al tener ya construido el sistema de banda transportadora, se debe calcular algunos datos como el ángulo, velocidad, peso máximo, entre otros para la selección del motor y sistema energético adecuado para el sistema

Cálculo: Capacidad de Carga

Al estar los plásticos flotando en los ríos, es necesario un sistema de recolección automática, este sistema tendrá un motor, el cual se encargará de transmitir torque a la banda transportadora, por lo tanto, es necesario calcular los valores de potencia, corriente y energía que necesita el sistema para poder funcionar automáticamente.

Para determinar el valor de la potencia se inicia con el cálculo de los valores necesarios y determinar el ángulo de inclinación de la banda. Se utiliza un plano inclinado con un ángulo pequeño para que demande menos potencia el motor.

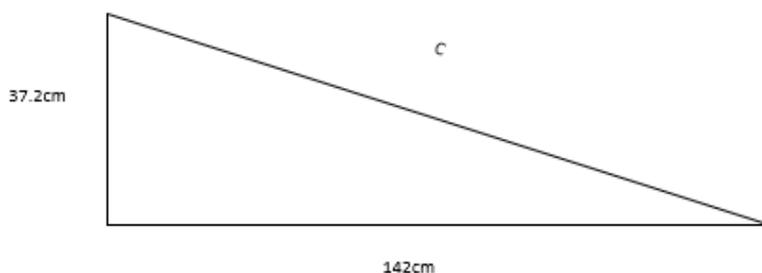


Figura 40: Triangulo rectángulo con medidas de recolector.

Para esto se usa el teorema de Pitágoras.

$$c = \sqrt{(37.2)^2 + (142)^2}$$

$$C = 146.7 [cm] = 1.467 [m]$$

El valor de la hipotenusa (C) es de 1.46 [m].

Una vez determinados los valores se procede a calcular el ángulo con la función trigonométrica e inversa.

$$\tan \theta = \frac{\text{Cateto opuesto}}{\text{cateto adyacente}}$$

$$\tan \theta = \frac{0.372}{1.467}$$

$$\tan \theta = 0.25$$

$$\theta = \tan^{-1} 0.25$$

$$\theta = 14.03^\circ$$

En la siguiente imagen se puede ver como se hace la sumatoria de fuerzas para determinar el valor de la fuerza en Newtons.

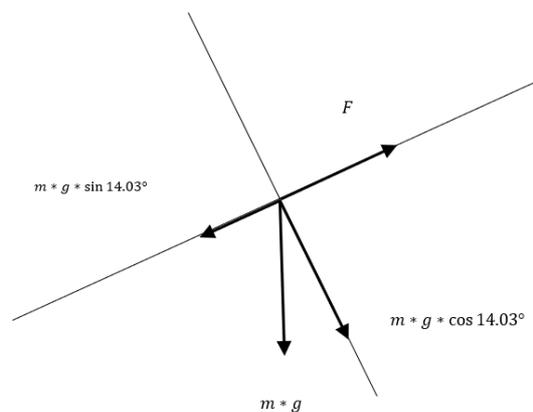


Figura 41: Diagrama de cuerpo libre para determinar la fuerza.

$$\sum F_x = 0$$

$$F - mg \sin 14.03^\circ = 0$$

$$F = mg \sin 14.03^\circ$$

$$F = 20 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * \sin 14.03^\circ$$

$$F = 47.51 \text{ [N]}$$

El valor de la fuerza necesaria para subir una carga de 20 [kg] en nuestro plano inclinado sería de 47.51 [N]. Con el valor de la fuerza se puede proseguir al cálculo de la potencia y posterior corriente.

Cálculo: Disminución de la Velocidad mediante Poleas

Debido a que el motor funciona directamente con 24 [V] y entrega una velocidad constante, se procede a determinar el tamaño de las poleas para establecer una velocidad adecuada en la banda. Esto debido a que, al tener diámetros diferentes en los ejes, se puede controlar la velocidad constante del motor a discreción del diseñador.

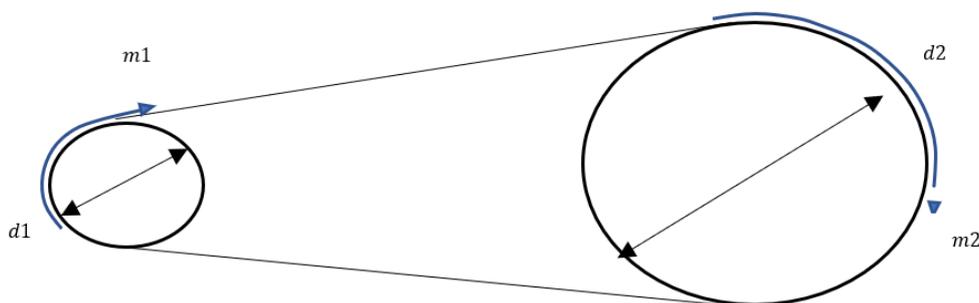


Figura 42: Relación diámetro de poleas y velocidad.

Los valores siguientes se determinaron mediante prueba y error con diferentes diámetros de polea hasta conseguir una velocidad adecuada para el funcionamiento.

$$m1 > m2 \quad d1 < d2$$

$$d1 = 7.62[\text{cm}]$$

$$d2 = 45.72[\text{cm}]$$

$$m1 = 235 \text{ [RPM]}$$

Relación de transmisión

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

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

$$i = 6$$

Cálculo: Sistema de Reducción

En el sistema de reducción se utiliza la relación de transmisión anteriormente determinada para sacar el valor de las revoluciones que tendrá el diámetro mayor.

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

$$6 = \frac{235}{m2}$$

$$m2 = \frac{235}{6}$$

$$m2 = 39.16 \text{ [RPM]}$$

El motor sin el sistema de reducción proporción 235 [RPM], una vez aplicado las poleas de diferente diámetro redujimos el número de revoluciones a 39.16 [RPM], este valor indica que el rodillo estará dando 32 vueltas por cada sesenta segundos.

Cálculo: Perímetro del Rodillo (Aplicado a la Banda Transportadora)

Debido a que el rodillo está en contacto con la banda, se procede a calcular la longitud que tiene el rodillo, esto se realiza con el valor del radio.

$$L = 2 \pi r$$

$$L = 2 \pi 10.8 \text{ [cm]}$$

$$L = 67.8 \text{ [cm]}$$

El perímetro del rodillo tiene una longitud de 67.8 [cm] y la banda entera mide 354 [cm], esto quiere decir que por cada revolución el rodillo avanza 67.8 [cm], por lo tanto, se multiplica las 39.16 revoluciones por la longitud que recorre y se obtiene la distancia que avanza el rodillo por minuto.

$$67.8 * 39.16 \text{ [RPM]} = 2655 \text{ [cm]}$$

Al dividir la distancia que el rodillo recorre durante las 39 [RPM] para la longitud de la banda transportadora, se encontrara el número de vueltas que da la banda por minuto.

$$\frac{2655 \text{ cm}}{354 \text{ cm}} = 7.5 \text{ vueltas completas por minuto}$$

La velocidad de la banda se determina mediante la distancia que recorre el rodillo por cada minuto.

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{distancia}}{\text{tiempo}}$$

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

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

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

Una vez determinado estos valores, se procede a calcular el trabajo y la potencia. El valor de 1.46[m] es el valor de la distancia de subida que tenemos en la banda transportadora.

$$W = \text{Fuerza} * \text{Distancia}$$

$$W = 47.51 \text{ [N]} * 1.46 \text{ [m]}$$

$$W = 69.36 \text{ [N * m]}$$

El tiempo de subida para determinar la potencia se despeja con la siguiente regla de 3.

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

$$t = 3.29[s]$$

Determinado el tiempo se procede a calcular la potencia.

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Trabajo}}{\text{tiempo [s]}}$$

$$\text{Potencia} = \frac{69.36 [N.m]}{\text{tiempo}}$$

$$\text{Potencia} = \frac{69.36 [N.m]}{3.29 [s]}$$

$$\text{Potencia} = 21.08 [Watts]$$

Se convierte los Watts a Horse Power.

Se sabe que 1[HP] es igual a 746 [Watts].

$$\text{Potencia} = 21.08 [Watts] / \frac{1 [HP]}{746 [Watts]}$$

$$\text{Potencia} = 0.028 [HP]$$

La potencia necesaria para que el motor pueda elevar 20 [kg] en el plano inclinado con un grado de inclinación de 14 grados es de 0.025 [HP].

Cálculo: Corriente necesaria para el Motor

$$P = \text{voltaje} * \text{corriente}$$

$$P = V * I$$

$$21.08 [Watts] = 24[V] * I$$

$$I = \frac{21.08 [Watt]}{24[v]}$$

$$I = 0.87 [A]$$

La corriente que el motor requiere es de 0.87 [A], este valor servirá para determinar la batería adecuada para su funcionamiento.

Cálculo: Autonomía de las Baterías de Auto

El dispositivo recolector está diseñado para trabajar por 8 horas diarias, por lo tanto, debemos multiplicar la corriente que necesita el motor por la cantidad de horas de uso.

$$0.87[A] * 8 \text{ horas} = 7.02 [Ah]$$

La batería adecuada para trabajar por 8 horas sería una mayor a 5.02 [Ah], ahora, se debe tener en cuenta que una batería no se puede descargar completamente, por lo tanto, se debe tener una carga mínima del 30%.

Una vez analizado el valor de carga, se puede decir que la batería óptima para el funcionamiento del motor es de 20[Ah], debido a que se dispone de este tipo de batería en el mercado.

Cálculo: Energía mediante paneles solares.

El valor de la potencia es de 21.08 [Watts], pero por los picos de corriente que puede existir se sobredimensiona por casi dos. El control abarca el Arduino, modulo bluetooth, relé, y pantalla LED.

Tabla 22: Consumo de energía de motor y dispositivos de control.

Implementos	Cantidad	Potencia	Voltaje	Horas uso	Consumo diario	Demanda máxima
Motor	1	40[W]	24[V]	8[h]	320[Wh]	120[W]
Control	1	5[W]	24[V]	12[h]	60[Wh]	5[W]
				Total	380 [Wh]	125[W]

Se multiplica por 1.2 que es un factor de seguridad.

$$\text{Consumo} = 380 * 1.2$$

$$\text{Consumo} = 456 [Wh]$$

Hay que tomar en cuenta que el consumo del sistema no supera lo establecido, por lo tanto, se debe escoger un sistema a 12[V]

Tabla 23: Referencia de voltaje según consumo.

	Sistema de
1 – 2000 [wh]	12 [V]
2001 – 4000 [wh]	24 [V]
4001 – adelante	48 [V]

Cálculo: Número de módulos fotovoltaicos

Mediante el cálculo de los módulos se puede estimar el número de paneles que se necesitará, primero se debe determinar la potencia que suministra cada uno de los módulos fotovoltaicos.

El sistema necesita 12[V], el consumo diario es 456[Wh]. El Hsp mínima, son las horas de sol que hay al día en el oriente ecuatoriano.

$$\text{Potencia FV} = \frac{\text{Consumo diario}}{\text{Hsp minima}}$$

$$\text{Potencia FV} = \frac{456 [Wh]}{3.28 [h]}$$

$$\text{Potencia FV} = 139.02[W]$$

Datos del panel solar (módulos FV)

Tabla 24: Datos del módulo foto voltaico.

Potencia	200 [W]
Voltage Open Circuit (V)	37.50 [V]
Source Circuit (A)	5.33 [A]

Se determina el número de módulos fotovoltaicos necesarios para alimentar el sistema.

$$\# \text{ Modulos FV} = \frac{\text{Potencia FV}}{\text{Potencia del modulo}}$$

$$\# \text{ Modulos FV} = \frac{139.02 [W]}{200 [W]}$$

$$\# \text{ Modulos FV} = 0.69 \text{ Modulos} = 1 \text{ modulo de } 200[W]$$

Cálculo: Controlador de carga

El voltaje del sistema es de 24[V], si se utiliza 1 módulo de 200[W] con las características anteriormente descritas, se debe encontrar un controlador que resista los siguientes valores provenientes del panel.

$$I = 5.33 [A]$$

$$V = 37.5 [V]$$

Cabe recalcar que el voltaje que entrega el panel debe siempre ser superior al voltaje de carga de la batería. El controlador de carga debe tolerar el voltaje suministrado por el panel. No hay necesidad de inversor porque no se utiliza corriente alterna.

Cálculo: Baterías

Para el cálculo de las baterías es necesario para saber si se debe conectar baterías en serie o es suficiente con una sola batería, esto depende de la demanda de los equipos.

$$\frac{\text{Ah}}{\text{dia}} = \frac{\text{Consumo diario}}{\text{Voltaje del sistema}}$$

$$\frac{\text{Ah}}{\text{dia}} = \frac{456 [Wh]}{12 [V]}$$

$$\frac{\text{Ah}}{\text{dia}} = 38 [Ah]$$

Comprobación de numero de baterías

Profundidad de descarga significa que la batería se carga al 100% pero las baterías no se pueden descargar totalmente, por lo tanto, se debe descargar solo el 50% para no sufrir daños a largo plazo.

$$\text{Baterias} = \frac{\left(\frac{\text{Ah}}{\text{dia}}\right) * \text{dias de autonomia}}{\frac{\text{profundidad de descarga}}{\text{Capacidad de bateria}}}$$

$$\text{Baterias} = \frac{(38 [\text{Ah}]) * 1}{\frac{0.50}{100 [\text{Ah}]}}$$

$$\text{Baterias} = 0.77$$

El resultado es de 0.77 por lo tanto, es necesario 1 batería de 100 [Ah], debido a que la batería es de 12[V] necesitamos 2 baterías de 12[V] para hacer la conexión en serie y generar los 24 [V].

Como se comprobo, para el uso de paneles solares es indispensable una batería de mayor amperaje, esto se debe a los picos de corriente que se ponen en el cálculo, lo que genera que el valor de consumo del motor suba.

3.2.4 Análisis del Sistema de Trasportación

El dispositivo requiere la implementación de un mecanismo que trasporte la basura desde la superficie del río hasta contenedor de basura. Para esto es indispensable que el mecanismo que se implemente cuente con características físicas y mecánicas que satisfagan las necesidades de recolección de residuos. Entre estas, ya que el mecanismo trabajara en un ambiente húmedo deberá ser resistente a la corrosión. A su vez el material deberá ser capaz de resistir los esfuerzos presentes en su estructura (Salinero, 2013). Deberá transmitir la fuerza necesaria para trasportar los residuos desde un punto A ha un

punto B. A continuación, se analizará el comportamiento de la banda que ha sido proporcionada:

Diseño de la banda

Es importante mencionar que para el diseño de la banda transportadora se consideraron las normativas internacionales pertinentes como DIN22102 o ISO 251, R283 ,9001, 9002. Las bandas se rigen a estas normativas mencionadas ya que certificarán la correcta selección de la banda para su aplicación y funcionalidad. Las dimensiones que se seleccionaron de acuerdo con el requerimiento de la banda transportadora son una longitud de banda de 1467 [mm] y un ancho de banda de 400 [mm], este último seleccionado en base a la norma DIN 22102 de anchos de bandas EP (Criollo, et al., 2020).

$$L = 1467 \text{ [mm]} \quad B = 400 \text{ [mm]}$$

Es importante recordad que ángulo de inclinación de la banda es de 14 grados, como se calculó anteriormente.

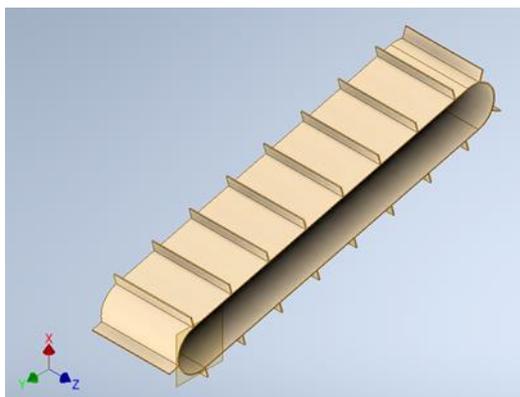


Figura: 43 Banda transportadora

Se procede a determinar el espesor de la banda, para esto se debe emplear la norma DIN 22101 (Anexo G.1). Para ello es indispensable conocer la masa en [kg] por cada

metro cuadrado de la banda. Por lo que se analiza los distintos residuos que se originan en la comunidad Gareno. Estos se distribuyen de la siguiente manera:



Figura 44: Residuos comunes generados en la Comunidad Gareno (Vélez, 2019)

Gracias a la figura se puede inferir que los desechos generados por la comunidad Gareno, la cual es aledaña al río Curaray, son en mayor parte residuos orgánicos y plásticos. Tomando en cuenta esto y suponiendo que la banda transportara un máximo de 2 fundas de 1.3 [kg] cada una, esto nos da un total de 2.6 [kg] (Miller, 2014).

Se procede con el cálculo del área de la cara de la banda:

$$A_b = B * L$$

- (A_b) Área de la banda
- (B) Ancho de la banda
- (L) Longitud de la banda

$$A_b = 1467 \text{ [mm]} * 400 \text{ [mm]}$$

$$A_b = 586800 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_b = 0.6 \text{ [m}^2\text{]}$$

Se calcula la masa en [kg] por cada metro cuadrado

$$m_{area} = \frac{m}{A_b}$$

- (m_{area}) Masa por metro cuadrado
- (m) masa
- (A_b) Área de la banda

$$m_{area} = \frac{2.6 \text{ [kg]}}{0.6 \text{ [m}^2\text{]}}$$

$$m_{area} = 4.33 \frac{\text{[kg]}}{\text{[m}^2\text{]}}$$

Recordado que se realizó el cálculo para 2 fundas de basura en la banda, para este caso necesitamos la masa en [kg] por cada metro cuadrado. Por ello se divide:

$$m_{area} = \frac{4.33 \frac{\text{[kg]}}{\text{[m}^2\text{]}}}{2}$$

$$m_{area} = 2.16 \frac{\text{[kg]}}{\text{[m}^2\text{]}}$$

Como podemos apreciar en el (Anexo E.1) la norma DIN 22102 no cuenta con este peso exactamente por lo que hay que seleccionar el inmediato superior. Es decir que se necesitará una cascará EP-250/2. Donde el 2 representa el número de capas de lona en la carcasa.

En los (Anexo G.2 y G.3) podemos apreciar las calidades de cobertura para las bandas según normativa DIN 22102. 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 (Cronos belt, 2017).

Cuando el sistema posee un ángulo elevado de inclinación es recomendable utilizar bandas nervadas, estas evitaran el retroceso del material trasportado. Este cumple con una normativa para su fabricación por lo que su ancho se debe encontrar entre 400 [mm] y 1500 [mm] (Salinero, 2013). Es importante mencionar cuenta con una altura de 50 [mm] de nervio ya que se desea recolectar residuos flotantes.

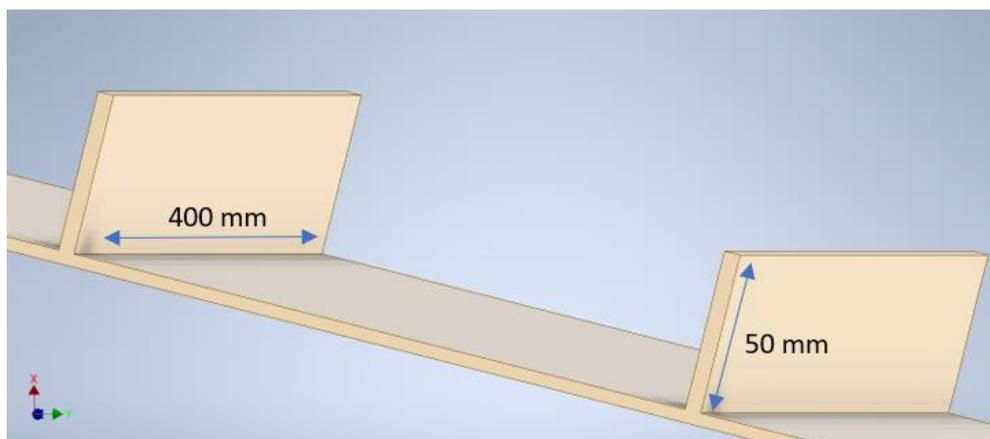


Figura: 45: Banda nervada.

Para finalizar se obtiene la denominación del diseño de la banda según normativa ISO, DIN 22101 y 22102:4.

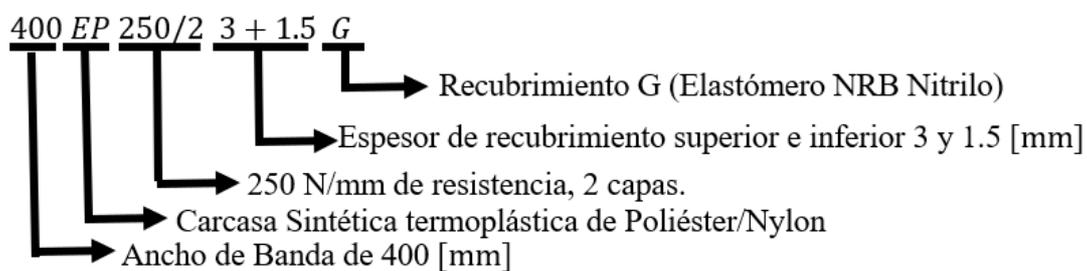


Figura 46: Propiedades físicas de la banda.

Cálculo: Banda Transportadora

La banda transportadora es un dispositivo conformado por varios componentes entre los que tenemos: banda, tambor de envío, tambor de reenvío, tambor tensor, rodillos

y bastidor. De estos, los más importante son el tambor de envío y de reenvío ya que son los elementos principales para dar movimiento a la banda transportadora.

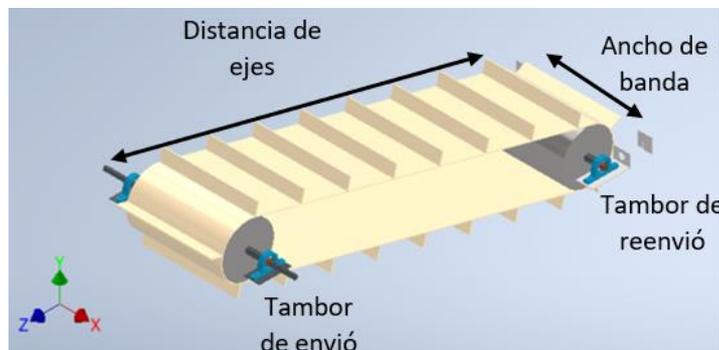


Figura 47: Sistema de banda transportadora.

Cálculo: Sistema de Tambores

Se conoce que el tambor de envío es quien transmite una fuerza tangencial a la banda permitiendo el movimiento de esta. Generalmente este es accionado por motorreductores eléctricos los cuales son acoplados al eje y transmitido mediante un sistema de poleas. El tambor de reenvío únicamente redirigirá el movimiento de la banda. Los diámetros de estos tambores están normalizados según. Es decir que el diámetro de los tambores dependerá del ancho de la banda. Este se calcula de la siguiente manera:

$$D_{tr} = C_{tr} * d$$

- (D_{tr}) diámetro mínimo requerido
- (C_{tr}) 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 48: Factor de espesor en función de la carcasa utilizada (Salinero, 2013)

Recordando que la banda tiene un ancho 400 [mm] EP250/2. Con esto
reemplazamos:

$$D_{tr} = 180 * 2[\text{mm}]$$

$$D_{tr} = 360[\text{mm}]$$

Cálculo: Capacidad de Traspotación

Previo a realizar el cálculo de capacidad de traspotación, se debe obtener la capacidad volumétrica de la banda con la siguiente ecuación:

$$Q_V = 3600 * v * A * k \frac{[m^3]}{[h]}$$

- (Q_V) 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

Se debe obtener (k):

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

- (k) coeficiente de reducción de capacidad por inclinación
- (φ) ángulo de inclinación

$$k = 1 - 1.64 \left(\frac{14 * \pi}{180} \right)^2$$

$$k = 0.90$$

Se procede con el cálculo del área de sección transversal sobre el sistema de la banda para ello se debe considerar la configuración de la banda plana en donde el ángulo de sobrecarga (β) es igual a el ángulo de inclinación (φ). A continuación, se deja una figura del ángulo de sobrecarga:

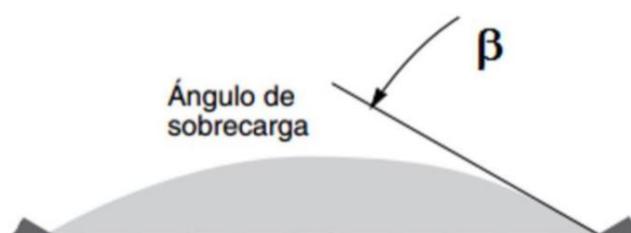


Figura 49: Ángulo de sobrecarga (Salinero, 2013).

Se debe obtener (A):

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

En donde:

$$b = 0.9 * B - 0.05$$

- (A) área de la sección transversal
- (β) ángulo de sobrecarga
- (l) longitud de los rodillos
- (B) ancho de banda

$$b = 0.9 * (400 * 10^3 [\text{m}]) - 0.05$$

$$b = 0.31 [\text{m}]$$

Se procede a calcular el área de la sección transversal:

$$A = 0.25 \tan(14) * [400 * 10^3 [\text{m}] + (0.31 [\text{m}] - 1)]^2$$

$$A = 0.00524 [m^2]$$

Se reemplazó todos los datos obtenidos en la fórmula de capacidad volumétrica de la banda

$$Q_V = 3600 * 0.44 \left[\frac{m}{s} \right] * 0.00524 [m^2] * 0.90$$

$$Q_V = 7.5 \frac{[m^3]}{[h]}$$

Finalmente, se determina la capacidad de la banda transportadora en toneladas hora. Para esto es necesario conocer el peso específico del plástico.

$$Q_m = Q_V * \gamma$$

- (Q_m) capacidad de transporte de banda
- (Q_V) capacidad de transporte de banda
- (γ) peso específico del plástico igual a $0.95 \left[\frac{t}{m^3} \right]$

$$Q_m = 7.5 \frac{[m^3]}{[h]} * 0.95 \left[\frac{t}{m^3} \right]$$

$$Q_m = 7.125 \left[\frac{t}{h} \right]$$

Se puede afirmar que la banda transportadora es totalmente funcional y eficaz para el trabajo de recolección de desechos flotantes, esto se debe a que se ha construido bajo normativas DIN 22101, DIN 22102 e ISO R-283 las cuales aseguran una correcta selección de diseño para bandas transportadoras.

3.2.5 Estructura del Dispositivo Recolector

La estructura juega un papel muy importante, en el sistema recolector de desechos flotantes. Esta permite mantener unidos a la estructura de los flotadores con los tanques

plásticos, así como mantener la unión entre el sistema de la banda transportadora con los flotadores.

Cálculo: Soporte para Banda Transportadora

Para realizar los trabajos de recolección en ríos se ha incorporado la banda transportadora sobre los flotadores, estos se conectan mediante elementos tipo tubo cuadrado los cuales deben resistir el peso de la banda transportadora. Al ser elementos estructurales están sometidos a cargas mecánicas, siendo principalmente el peso de la banda transportadora y sus componentes la carga a resistir. Por ello, es esencial evaluar los esfuerzos presentes provocados por el peso y determinar si los elementos tipo tubo soportaran las cargas.

Es necesario determinar la fuerza ocasionada por el peso de la banda transportadora y sus componentes (motor, batería y sistema eléctrico). Esto con el fin de evaluar la resistencia mecánica del soporte.

$$W = m_t * g$$

- (W) Fuerza peso
- (m_t) masa total de la banda (Anexo F.2)
- (g) es la gravedad, igual a $9.81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$

$$W = 105.54 [kg] * 9.81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$W = 1035.35 [N]$$

La fuerza ocasionada por el peso de la banda transportadora se debe considerar que se sostiene por un sistema que tiene dos flotadores, por lo que se debe dividir la fuerza para dos.

$$W = \frac{1035.35 \text{ [N]}}{2}$$

$$W = 517.68 \text{ [N]}$$

Cada flotador tiene cuatro soportes por lo que ahora se divide la fuerza para cuatro.

$$W = \frac{517.68 \text{ [N]}}{4}$$

$$W = 129.42 \text{ [N]}$$

Se procede a realizar un diagrama de cuerpo libre para el análisis mecánico del soporte. Se considera al soporte como una barra horizontal la cual esta empotrada en el punto A y con la carga en el punto B. A continuación, se muestra la figura:

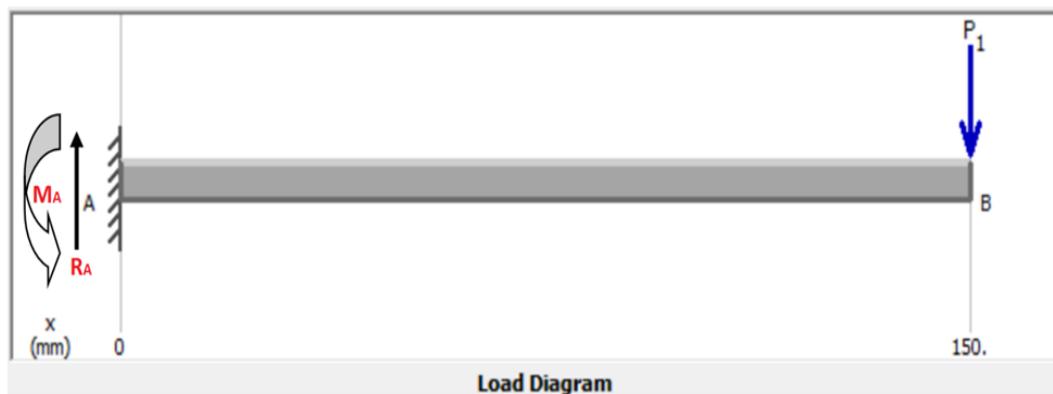


Figura 50: Diagrama de cuerpo libre obtenido de MD Solids.

Se realiza sumatoria de fuerzas:

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A - 129.42 \text{ [N]} = 0$$

$$R_A = 129.42 \text{ [N]}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$M_A - R_A * L$$

$$M_A = 129.42 \text{ [N]} * 0.15 \text{ [m]}$$

$$M_A = 19.41 \text{ [Nm]}$$

MS solids nos proporciona el diagrama de fuerza cortante y momento Flector.

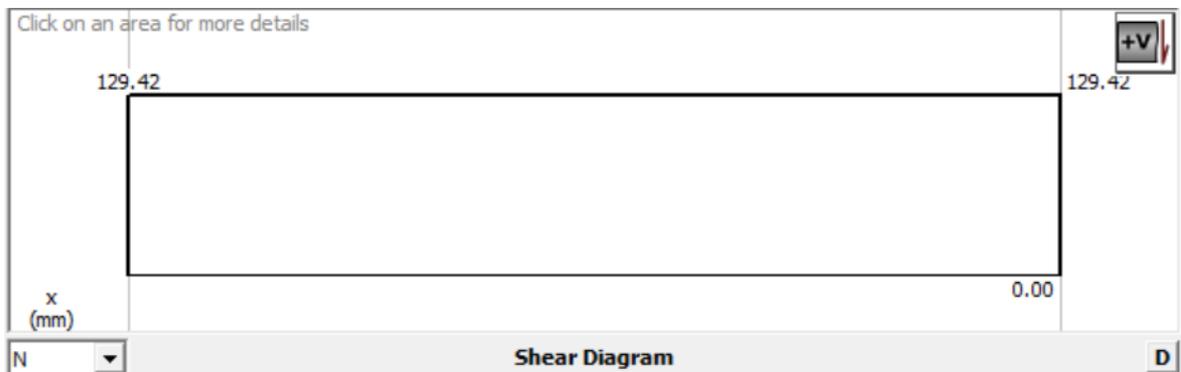


Figura 51: Diagramas de fuerza cortante.

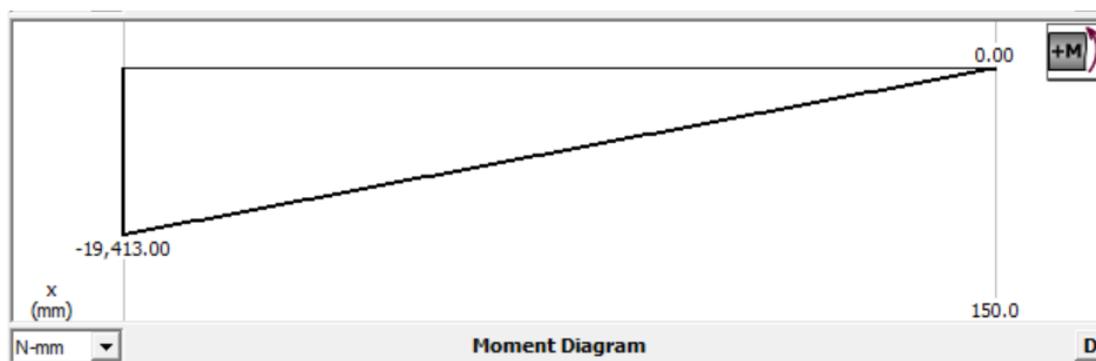


Figura 52: Diagramas de momento flector.

De los diagramas presentados se puede afirmar que la fuerza máxima es 129.42 [N] y el momento máximo es 19.41 [Nm]. Por lo cual se procede a calcular el esfuerzo de la barra, para ello se debe obtener la inercia de acuerdo con sus dimensiones.

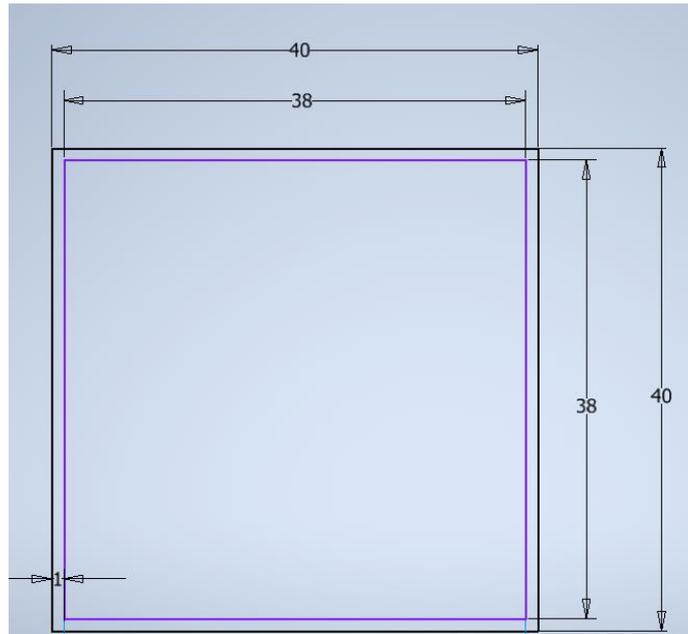


Figura 53: Geometría del soporte.

Se calcula es esfuerzo

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

- (σ) esfuerzo
- (M) momento
- (c) mitad de la altura de la barra
- (I) inercia

Se procede al cálculo de la inercia

$$I = \frac{1}{12}bh^3$$

Remplazando la geometría de la barra

$$I = \frac{1}{12}(40 * 10^{-3}[m])(40 * 10^{-3}[m])^3 - \frac{1}{12}(38 * 10^{-3}[m])(38 * 10^{-3}[m])^3$$

$$I = 2.37 * 10^{-7}[m^4]$$

Se determina el esfuerzo

$$\sigma = \frac{19.41 [Nm] * 20 * 10^{-3} [m]}{2.37 * 10^{-7} [m^4]}$$

$$\sigma = 1.63 [MPa]$$

Se puede apreciar que el esfuerzo que experimenta la barra que une a los flotadores con la banda transportadora es pequeño por lo que es muy difícil que este se deforme.

Realizado el análisis mecánico del soporte se puede afirmar que este elemento cumple con los parámetros ingenieriles para soportar la fuerza que provoca el peso de la banda transportadora y sus componentes.

Cálculo: Tubo de los Flotadores

Se realiza un análisis de fuerza del cuerpo estructural que contendrán los barriles plásticos, será fundamental para formar el sistema de flotación, para ello, se va a analizar un solo tubo que se encontrará sujeto por medio de placas ubicadas a ¼ de la longitud total.

Datos Conocidos

- Peso de los flotadores: 9.50 [kg/unit]
- Largo: 0.950 [m/unit]

Tubería (XS) ½ Acero inoxidable

- Diámetro interno: 0.0127 [m]
- Diámetro externo: 0.0213 [m]
- Peso de la barra: 1.62 [kg/m]



Figura 54: CAD del tubo 1/2 in.

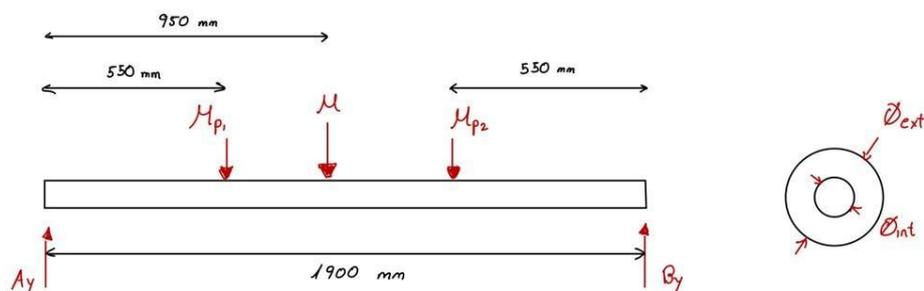


Figura 55: Diagrama de cuerpo libre de la barra.

- (M) es la masa ejercida por los flotadores en [kg]
- (M_{p1}) es la masa por la placa 1 en [kg]
- (M_{p2}) es la masa por la placa 2 en [kg]
- A_y y B_y son las reacciones a los extremos de la barra en [N]
- (g) es la gravedad en $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

Calculamos las fuerzas que se ejercen sobre el tubo y dividimos para 2, ya que hay otro tubo que comparte la distribución del peso total.

- (M_1) es la masa del flotador 1
- (M_2) es la masa del flotador 2

$$M = 9.50 \text{ kg} + 9.50 \text{ kg} = 19 \text{ [kg]}$$

$$F_M = \frac{M}{2} * g$$

$$F_M = \left(\frac{19}{2}\right) \text{ kg} * (9.8) \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 93.10 \text{ [N]}$$

$$F_p = \left(\frac{M_{p1}}{2} + \frac{M_{p2}}{2}\right) * g$$

$$F_p = \left(\frac{11.56}{2} \text{ kg} + \frac{11.56}{2} \text{ kg}\right) * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 113.288 \text{ [N]}$$

$$F_{p1} = F_{p2} = \frac{113.288 \text{ [N]}}{2} = 56.644 \text{ [N]}$$

Procedemos a calcular el momento alrededor del punto (A).

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

$$B_y(1.9) \text{ m} - F_{p1}(0.55)\text{m} - F_{p2}(1.350)\text{m} - F_M (0.950) \text{ m} = 0$$

$$B_y(1.9) \text{ m} - (56.644)\text{N}(0.55)\text{m} - (56.644)\text{N}(1.350)\text{m} - (93.10)\text{N} (0.950) \text{ m} = 0$$

$$B_y(1.9) \text{ m} = 303.69 \text{ Nm}$$

$$B_y = \frac{196.068}{(1.9)} \frac{\text{Nm}}{\text{m}} = 103.194 \text{ [N]}$$

Ahora se procede a calcular la sumatoria de fuerzas en el eje (Y), para poder determinar la fuerza en el otro extremo.

$$\sum F_y = 0$$

$$A_y + B_y - F_{p1} - F_{p2} - F_M = 0$$

$$A_y + 196.068 \text{ N} - 56.644 \text{ N} - 56.644 \text{ N} - 93.10 \text{ N} = 0$$

$$A_y = 196.068 \text{ N}$$

Las reacciones encontradas, nos ayudan a entender y determinar cuánto peso pueden llegar a pesar los tubos. Por lo tanto, al momento de analizar los concentradores

de esfuerzo en la placa, el peso del tubo y del sistema de los flotadores jugarán un papel importante al momento de calcular el esfuerzo de aplastamiento.

Cálculo: Placas de los flotadores

Se procede a encontrar el esfuerzo de aplastamiento que se da por el peso que hay en los tubos y de los barriles plásticos sobre las placas sujetadoras. El enfoque de este análisis está en la parte inferior de la placa, debido a que todo el peso se concentrará abajo. Por lo que solo analizará para un solo concentrador de esfuerzo.

Datos conocidos

- Espesor: 3 [mm]
- Largo: 660 [mm]
- Ancho: 666 [mm]
- Masa de la placa: 11.56 [kg]
- Cantidad de placas: (X2)
- Material: SA-312 TP. 304
- Masa del tubo: 6.57 [kg]

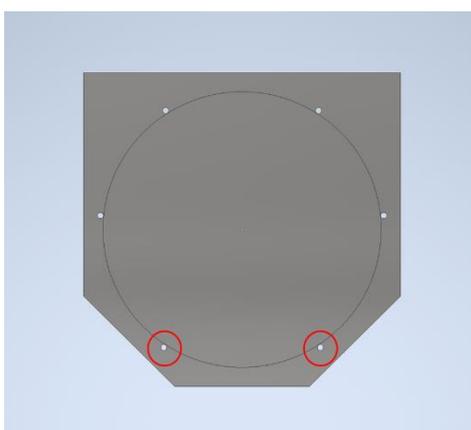


Figura 56: CAD Placas.



Figura 57: Deformación del concentrador de esfuerzo.

Esfuerzo de aplastamiento (σ)

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

Donde (A) es el área proyectada, es decir un rectángulo

$$A = b * h$$

$$A = 1.9 \text{ m} * 0.0213 \text{ m} = 0.040 \text{ m}^2$$

Ahora sumamos las fuerzas que se están ejerciendo sobre las placas en los extremos (F)

Donde la gravedad es $g = 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

- (F_P) es la fuerza de la placa en [N]
- (F_M) es la fuerza de los flotadores en [N]
- (F_t) es la fuerza del tubo en [N]
- (M_t) es la masa del tubo en [kg]

$$F_t = M_t * g$$

$$F_t = 6.57 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 64.386 \text{ [N]}$$

$$F = F_M + F_P + F_t$$

$$F = 93.10 \text{ N} + 113.288 \text{ N} + 64.384 \text{ N}$$

$$F = 270.772 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{270.770 \text{ N}}{0.040 \text{ m}^2} = 6769.300 \text{ [Pa]}$$

Se determino el esfuerzo de aplastamiento y se consideró que habrá una pequeña deformación en los concentradores de esfuerzos inferiores. Por lo tanto, se consideró en poner un aislamiento de caucho alrededor de estos concentradores para minimizar y evitar el deterioro de la placa.

Cálculo: Ejes de la banda transportadora

El sistema oruga es el encargado de llevar la basura del rio hasta el almacenamiento, por lo tanto, es necesario ejes en la parte superior e inferior para que guíe la banda recolectora. El eje debe ser capaz de soportar los esfuerzos máximos a los que puede estar sometido, por esta razón se realiza un análisis de este componente.

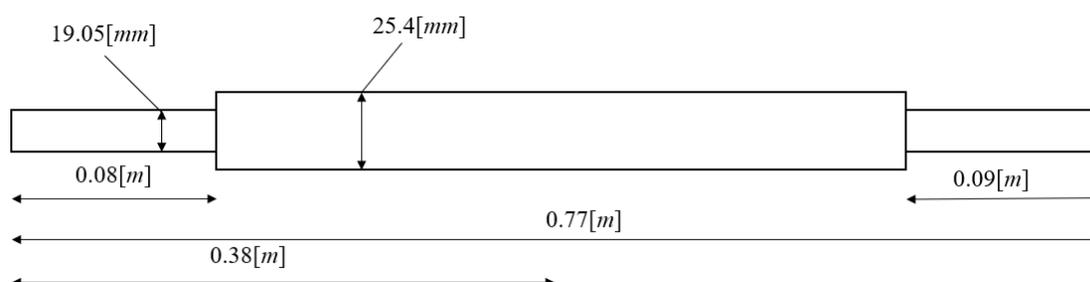


Figura 58: Medidas del eje.

Se debe determinar el valor total de peso que tiene que soportar el eje, esto se determina con el valor de peso por metro y el peso de la basura que estaría elevándose en la banda. El valor de la fuerza se determina multiplicando el peso por la gravedad. El peso los residuos se puso alto para determinar si trabajara en estado crítico.

Tabla 25: Suma de cargas aplicados al eje.

	Masa [kg]	Fuerza [N]
Peso de Banda	2.16	21.1
Peso de basura	10	98
Total	12.16	119.1

Se realiza sumatoria de fuerza y momentos para determinar el valor de las reacciones en el eje.

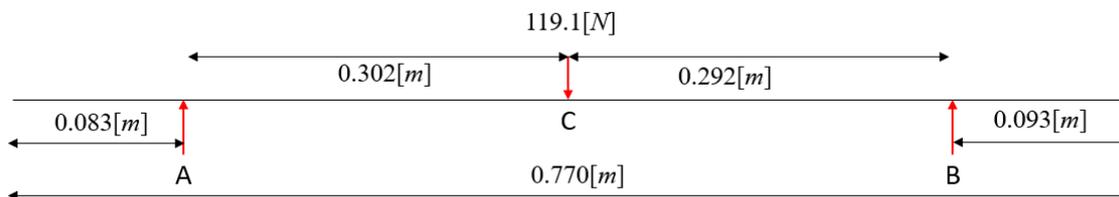


Figura 59: Aplicación de carga y reacciones a lo largo del eje.

$$\sum M_A = 0$$

$$119.1 * (0.302) - B(0.594) = 0$$

$$B = \frac{119.1(0.302)}{0.594}$$

$$B = 60.58 [N]$$

$$\sum F_y = 0$$

$$A + B = 119.1 [N]$$

$$A = 119.1 [N] - 60.58 [N]$$

$$A = 58.58 [N]$$

Una vez determinados los valores de las reacciones tenemos lo siguiente.

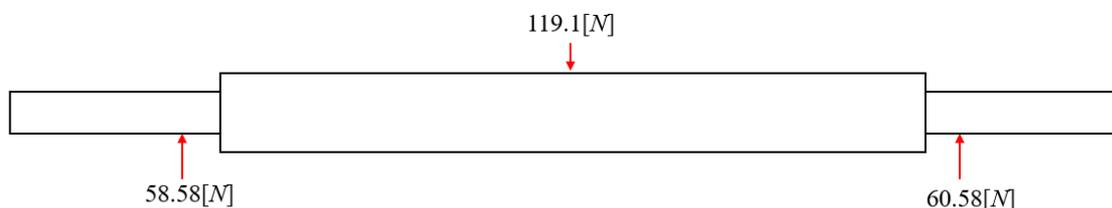


Figura 60: Fuerzas aplicadas al eje.

Se determinará el torque suministrado por el motor con la siguiente formula.

$$T = \frac{HP * 5252}{RPM}$$

$$T = \frac{1.6 * 5252}{235}$$

$$T = 33.52 [lb \cdot ft]$$

Transformamos a $[N \cdot m]$ sabiendo que 1 $[lb \cdot ft]$ es igual a 1.35 $[Nm]$.

$$33.52 [lb \cdot ft] / \frac{1.35[Nm]}{1 [lb \cdot ft]} = 45.25 [N \cdot m]$$

Se procede graficar el diagrama de cortante, momento, torque.

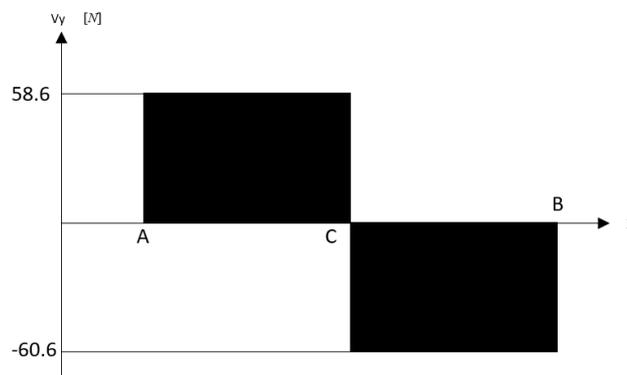


Figura 61: Diagrama de cortante.

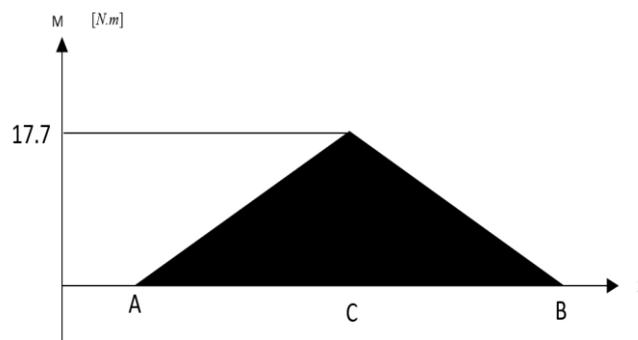


Figura 62: Diagrama de momento.



Figura 63: Diagrama de torque.

Una vez analizados los diagramas se puede determinar y confirmar los siguientes valores de momento máximo, cortante máximo y torque máximo.

$$M_{max} = 17.69 [N * m]$$

$$V_{max} = 58.6 [N]$$

$$T_{max} = 45.25 [N * m]$$

Se determina los esfuerzos por torque

$$\tau = \frac{T r}{J}, \text{ hay que tomar en cuenta } r = \frac{d}{2}, J = \frac{\pi d^4}{32}$$

$$\tau = \frac{T * 16}{\pi(0.025)^3}$$

$$\tau = 14.06 * 10^6 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Se determina esfuerzos por flexión

$$\sigma = \frac{M * 32}{\pi(d)^3}$$

$$\sigma = \frac{17.69 * 32}{\pi(0.025)^3}$$

$$\sigma = 11 * 10^6 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Máximos y mínimos por flexión

$$\sigma_{max} = \sigma_{min} = 11 * 10^6 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Este valor va de tracción a compresión

Máximos y mínimos por torque

$$\tau_m = 14.06 * 10^6 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

$$\tau_a = 0 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Debido a que el torque es constante el τ_a es igual a 0.

El acero que se utiliza para esta ampliación es in *AISI 1018* con las siguientes propiedades.

$$S_{ut} = 440 \text{ MPa}$$

$$S_y = 370 \text{ MPa}$$

Concentradores de esfuerzo

El eje del sistema tiene un cambio de diámetro, lo que significa que se tendrá concentradores de esfuerzo en los radios de acuerdo. Para determinar si estos son críticos se debe ver los apéndices de Shigleys.

$$\frac{D}{d} = \frac{25.40}{19.05} = 1.33$$

$$r = \frac{d}{10} = 1.90$$

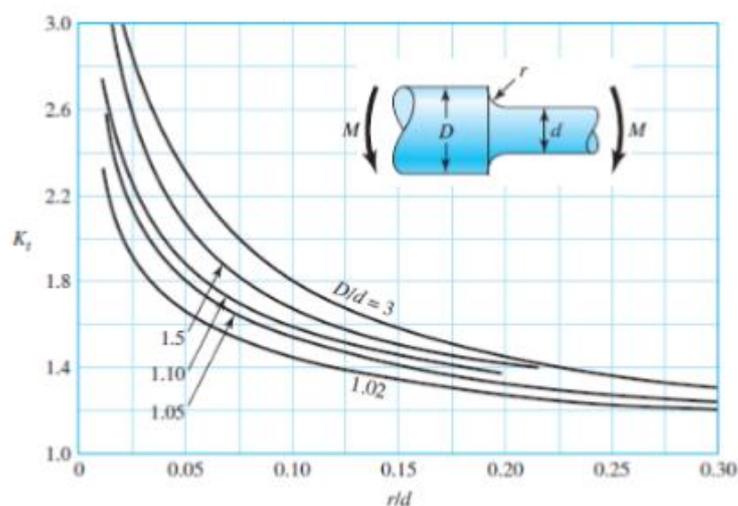


Figura 64: Concentración de esfuerzos para ejes con diferente diámetro (Dubynas & Nisbett, 2015)

Con los valores de D/d y r/d podemos sacar el valor de Kt .

$$Kt = 1.7$$

Una vez determinado el valor de Kt se debe sacar el valor de q , el cual corresponde a la sensibilidad de muesca. Estos se hallan con los valores del radio de acuerdo y el S_{ut} del tipo de acero que se use.

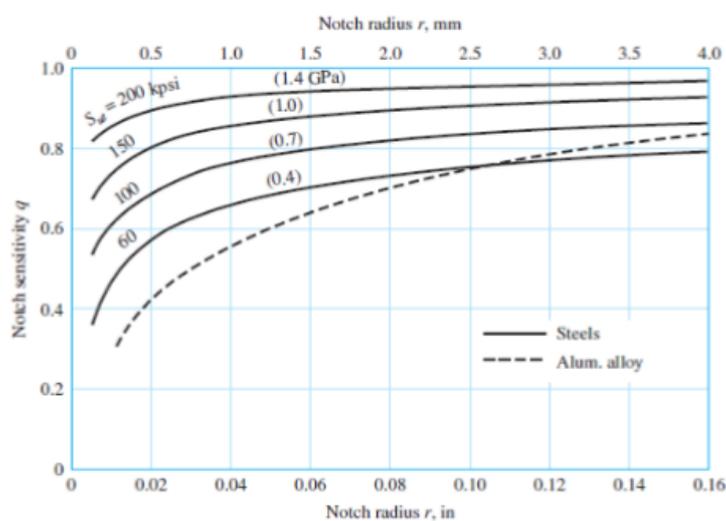


Figura 65: Factor de sensibilidad a la muesca (Dubynas & Nisbett, 2015)

$$q = 0.8$$

Se debe encontrar los factores correspondientes a los concentradores de esfuerzo presentes en nuestro eje, eso se despeja con los valores anteriormente determinados en con las gráficas.

$$Kf = q(Kt - 1) + 1$$

$$Kf = 0.8(1.7 - 1) + 1$$

$$Kf = 1.56$$

El valor de Kf es el valor del concentrador por fatiga.

Esfuerzos por flexión

$$\sigma_m = 0 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

$$\text{Como } \sigma_{max} = -\sigma_{min}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - (-\sigma_{max})}{2}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{max}}{2} = \sigma_{max}$$

$$\sigma_a = \sigma_{max}$$

$$\sigma_a = Kf * 2 * \sigma_{max}$$

$$\sigma_a = 1.56 * 2 * 11 * 10^6$$

$$\sigma_a = 34.32 * 10^6 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Se procede a calcular el límite de resistencia con la ecuación, cada una de las k corresponde a diferentes procesos de fabricación y condiciones de operación.

$$Se = Se' * ka * kb * kc * kd * ke$$

Ka factor de superficie y se usa dependiendo su terminado y unidades.

Surface Finish	Factor a		Exponent b
	S_{utr} kpsi	S_{utr} MPa	
Ground	1.34	1.58	-0.085
Machined or cold-drawn	2.70	4.51	-0.265
Hot-rolled	14.4	57.7	-0.718
As-forged	39.9	272.	-0.995

Figura 66: Parámetros de superficie (Dubynas & Nisbett, 2015)

Figura 67

$$ka = a S_{ut}^b$$

$$ka = 4.51 (440)^{-0.265}$$

$$ka = 0.89$$

Kb se determina con el diámetro del eje, en caso de no tenerlo se debe estimar para una primera iteración.

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ in} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ in} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Figura 68: Parámetros de tamaño (Dubynas & Nisbett, 2015)

$$kb = 1.24d^{-0.107}$$

$$kb = 0.87$$

Kc de determina por la dirección de la fuerza.

$$kc = 1$$

Kd es el factor de temperatura, esto indica las condiciones de ambiente en el cual está trabajando la pieza.

$$kd = 1$$

Ke es el factor de confiabilidad que se tiene en los datos proporcionados.

$$ke = 0.868$$

Se' es el valor de Sut multiplicado por 0.5.

$$Se' = Sut * 0.5$$

$$Se' = 440 * 0.5$$

$$Se' = 220[\text{Mpa}]$$

El valor de Se se obtiene de la multiplicación de todos los valores anteriormente determinados.

$$Se = ka * kb * kc * kd * ke * Se'$$

$$Se = 0.89 * 0.87 * 0.868 * 220$$

$$Se = 149 [MPa]$$

Finalmente se aplica la teoría de Goodman Modificada

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma'_a}{Se} + \frac{\sigma'_m}{Sut}$$

Se determina σ'_a y σ'_m ya que son esfuerzos combinados

$$\sigma_m = 0 [MPa] \quad \sigma_a = 34.32 [MPa]$$

$$\tau_m = 14.06 [MPa] \quad \tau_a = 0 [MPa]$$

$$\sigma'_a = \sqrt{\sigma_a^2 + 3 * \tau_a^2}$$

$$\sigma'_a = \sqrt{34.32^2 + 0}$$

$$\sigma'_a = 34.32 [MPa]$$

$$\sigma'_m = \sqrt{\sigma_m^2 + 3 * \tau_m^2}$$

$$\sigma'_m = \sqrt{0^2 + 3 * 14.06^2}$$

$$\sigma'_m = 24.35 [MPa]$$

Se procede a reemplazar los valores en Goodman modificada

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma'_a}{Se} + \frac{\sigma'_m}{Sut}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{34.32}{149} + \frac{24.35}{440} = 0.2856$$

$$n = 3.5$$

Una vez concluido los cálculos del eje se puede confirmar que el eje utilizado en el sistema de recolección es adecuado para su uso ya que estaría sobredimensionado 3.5 veces.

Debido a que el eje ya estaba maquinado y ensamblado en la banda no se pudo hacer un cálculo para mejorar el diámetro o selección del tipo de acero para que los costos de manufactura bajen.

Cálculo: Selección de rodamientos de la banda transportadora

La cinta transportadora debe estar en constante movimiento por medio de los rodillos en la parte inferior y superior, por lo tanto, es necesario el cálculo de los rodamientos adecuados para el uso continuo del sistema. Los valores que se ven a continuación en el eje son los calculados mediante la sumatorio de fuerza y momentos en el cálculo del eje.

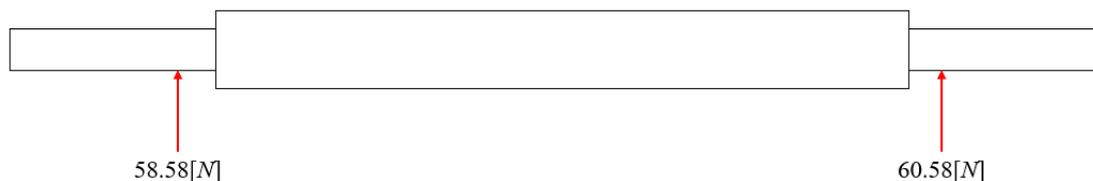


Figura 69: Fuerzas para aplicadas para rodamiento.

Se toma 60. 58 [N] ya que es el mayor, este valor servirá para calcular el C_{10} y seleccionar adecuado rodamiento, para esto se deben tomar en cuenta la siguiente ecuación.

$$C_{10} = af * F_D \left(\frac{X_D}{X_0 + (\theta - X_0)(1 - R_D)^{\frac{1}{b}}} \right)^{\frac{1}{a}}$$

Primero se debe sacar el valor de af el cual es el factor de aplicación.

Type of Application	Load Factor
Precision gearing	1.0-1.1
Commercial gearing	1.1-1.3
Applications with poor bearing seals	1.2
Machinery with no impact	1.0-1.2
Machinery with light impact	1.2-1.5
Machinery with moderate impact	1.5-3.0

Figura 70: Factores para aplicación de rodamiento (Dubynas & Nisbett, 2015)

En el caso de estudio se escogerá un *Commercial gearing*, el cual esta desde 1.1 a 1.3, para ser conservativos se escogerá el valor de 1.3.

Se cambia el valor de F_D el cual se encuentra en $[N]$ por $[lb]$ por lo tanto se obtiene lo siguiente.

$$F_D = 60.58[N] = 13.61[lb]$$

La vida del rodamiento se saca de la siguiente tabla.

Type of Application	Life, kh
Instruments and apparatus for infrequent use	Up to 0.5
Aircraft engines	0.5-2
Machines for short or intermittent operation where service interruption is of minor importance	4-8
Machines for intermittent service where reliable operation is of great importance	8-14
Machines for 8-h service that are not always fully utilized	14-20
Machines for 8-h service that are fully utilized	20-30
Machines for continuous 24-h service	50-60
Machines for continuous 24-h service where reliability is of extreme importance	100-200

Figura 71: Tipo de aplicación por horas para rodamiento (Dubynas & Nisbett, 2015)

Debido a que el sistema va a trabajar un aproximado de 8 horas al día se escoge “Machines for 8h service that are fully utilized” con un valor de 30000 $[h]$.

$$L = 30[Kh]$$

La vida en ciclos se despeja de siguiente formula.

$$X_D = \frac{L_D}{L_R}$$

Se despeja el valor de ciclos

$$L_D = 30 * 10^3 [h] / \frac{60 [min]}{1 [h]} / 33 \frac{[rpm]}{[min]} = 5.94 * 10^7 \text{ ciclos}$$

Los factores de Weibull se obtienen de la siguiente tabla, cabe recalcar que cada fabricante tiene diferentes factores, por este caso de análisis se utilizara el segundo fabricante proporcionado por Shigleys.

Manufacturer	Rating Life, Revolutions	Weibull Parameters Rating Lives		
		x_0	θ	b
1	90(10 ⁶)	0	4.48	1.5
2	1(10 ⁶)	0.02	4.459	1.483

Figura 72: Factores de Weibull por fabricante (Dubynas & Nisbett, 2015)

Por lo tanto, se sacan los siguientes valores.

$$L_R = 1 * 10^6, X_0 = 0.02, \theta = 4.459, b = 1.483$$

El valor de la confianza recomendada por el fabricante es de 0.90, pero para este caso se utiliza 0.95.

$$R_D = 0.95$$

Debido a que no se tiene carga axial en el rodamiento, se escogerá un rodamiento de bolas, por lo tanto, se saca el valor de a .

- $a = 3$ for ball bearings
- $a = 10/3$ for roller bearings (cylindrical and tapered roller)

$$a = 3$$

Una vez determinado los valores de Weibull se debe despejar el valor de X_D .

$$X_D = \frac{L_D}{L_R}$$

$$X_D = \frac{5.94 * 10^7 \text{ ciclos}}{1 * 10^6}$$

$$X_D = 59.4$$

Finalmente se determina el valor de C_{10} con todos los datos ya determinados anteriormente.

$$C_{10} = af * F_D \left(\frac{X_D}{X_0 + (\theta - X_0)(1 - R_D)^{\frac{1}{b}}} \right)^{\frac{1}{a}}$$

$$C_{10} = 1.3 * 13.61 \left(\frac{59.4}{0.02 + (4.459 - 0.02)(1 - 0.95)^{\frac{1}{1.483}}} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$C_{10} = 82.73 [lb]$$

Se procede a convertir de $[lb]$ a $[N]$

$$C_{10} = 82.73 [lb] = 365 [N]$$

$$C_{10} = 0.36[kN]$$

Una vez finalizado el análisis para la selección de rodamientos, se debe buscar en los catálogos de fabricantes, específicamente rodamientos de bola con un C_{10} de 0.36 $[kN]$ y con un diámetro interior de 19mm.

El valor de C_{10} es bastante bajo, por lo tanto, en los catálogos de rodamientos se deberá sobredimensionar el rodamiento, esto no afectará mucho al presupuesto debido a que no se construye este sistema en masa.

3.3 Simulaciones

3.3.1 Simulación del sistema electrónico

En cada circuito deben existir la parte de potencia y control, ambas deben estar aisladas, en este caso se utiliza una batería de 24[V], por lo tanto, es necesario el uso del regulador, cual transforma los 24[V] a 5 [V] para mantener alimentado el Arduino y el módulo del sensor de peso. El sistema tiene dos botones, los cuales encienden o apagan el motor, estos usan resistencias y conectados a los 5[V] que proporciona el 7805. La salida del motor tenemos en el pin5 seguido de una resistencia de 1[k] y el TIP122 el cual resiste corrientes altas, finalmente va conectado al módulo relé, mediante la señal lógica encenderá o apagará el motor.

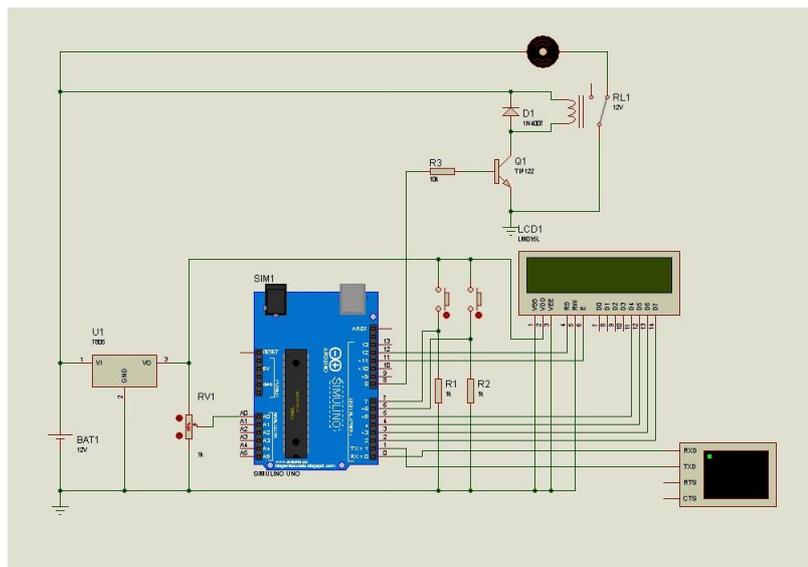


Figura 73: Simulación exitosa en Proteus, sistema apagado.

Se puede apreciar el sistema funcional en el anexo H, donde se aplica cargas y el sistema.

Una vez finalizado las respectivas conexiones se debe aplicar la norma IEC60529, la cual detalla la protección de los circuitos contra agentes externos. En base a las características de la conexión se establece un grado el cual nos dará información sobre el tipo de circuito que se tiene y si está protegido contra polvos y agua.

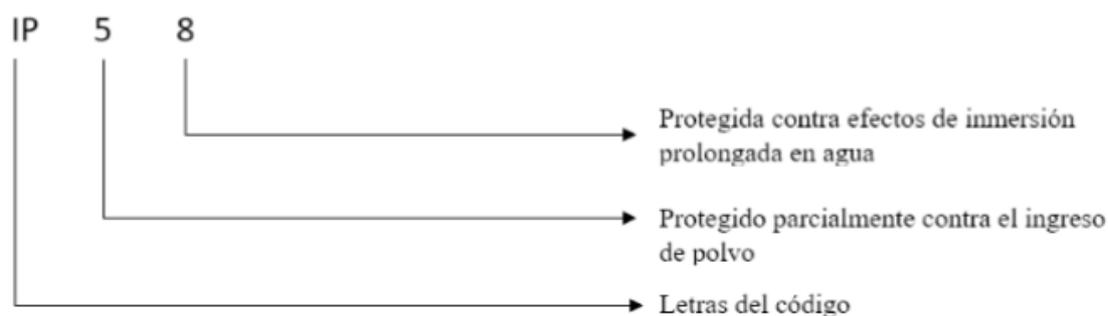


Figura 74: Norma IEC60529 para protección de circuitos eléctricos.

Como se observó las conexiones para el bote recolector son sencillas, si se usa un programa de simulación como Proteus o Tikercad, estos ayudan a ver si el código y circuito están bien hechos. Una vez finalizada la simulación se procede a la construcción

como se detalló anteriormente, el Arduino funciona como microcontrolador, la celda HX71 como sensor de peso, modulo bluetooth el cual nos ayuda conectarnos a nuestra app móvil, modulo relé que acciona o apaga el motor dependiendo de la señal lógica, son los sistemas las importantes de la conexión, por lo tanto, se debe tener cuidado al momento de conectar los mismos.

Una vez construido el circuito, se instala en el bote, este se realizó en un protoboard, los cuales solo se usan para probar los proyectos, por esa razón tuvo problemas de desconexión de cables, ya que no estaban fijos completamente como en la siguiente figura.

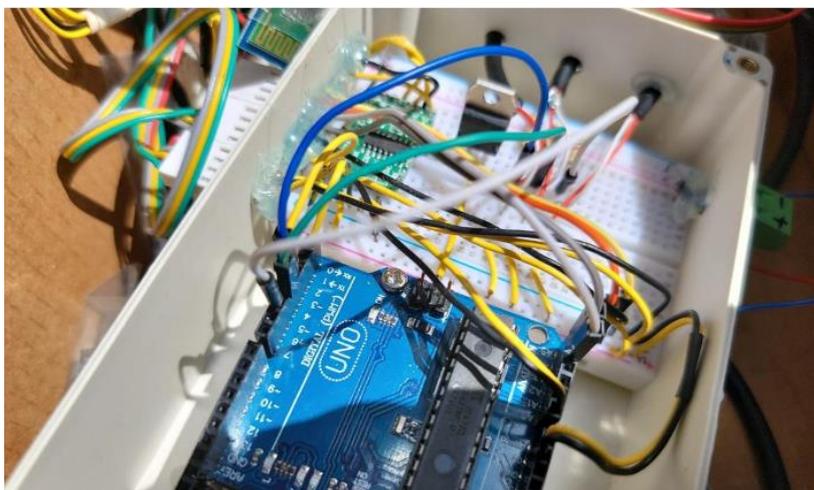


Figura 75: Circuito armado en Protoboard.

Por lo descrito anteriormente se optó por la creación de una placa, esta ayuda a evitar el uso de cables como se ve en la figura anterior, se realiza con ácido clorhídrico ya que esta remueve el exceso de cobre presente en la baquelita anteriormente impresa.

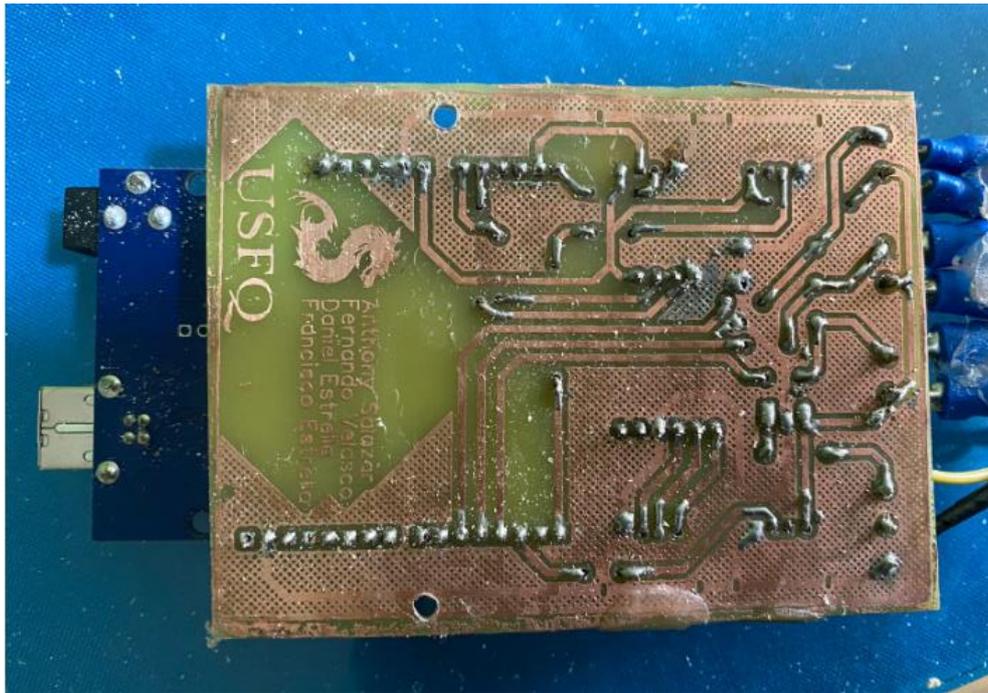


Figura 76: Circuito armado en Placa.

El sistema electrónico funciona con 5 [V] y 2 [A] por lo tanto es importante la selección de una fuente de energía adecuada, por otro lado, el motor necesita de 24 [V], se pudo escoger un motor con menos demanda de corriente para el sistema, pero el mismo fue donado por la universidad.

3.3.2 Simulación del Bote Recolector de Basura en Estado Estable

Se analiza una simulación en Estado Estable sobre la Tensión y Compresión del bote recolector en las zonas más importantes. Esto ayuda a identificar las zonas más afectadas al momento por los esfuerzos que produce el bote recolector al estar trabajando. A continuación, se observará el bote recolector antes de ser analizado.

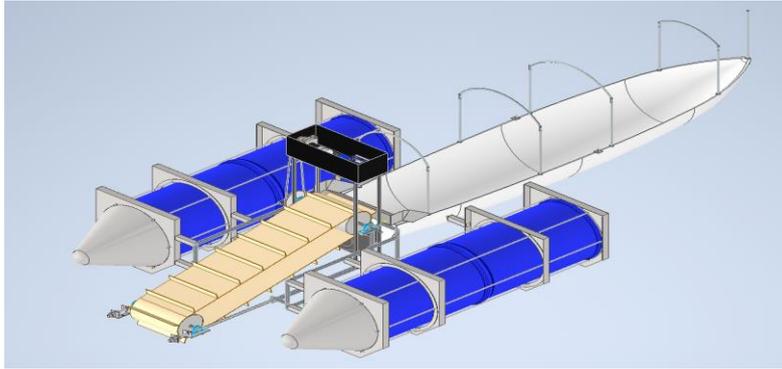


Figura 77: Bote recolector CAD.

Posteriormente se aplicará mallado de 0.5 con el objetivo de obtener resultados más precisos sobre las zonas que se van a estudiar. Entre ellas está el sistema de recolección y el sistema de flotación, que estarán unidos por medio de tubos de 0.5 in lateralmente.

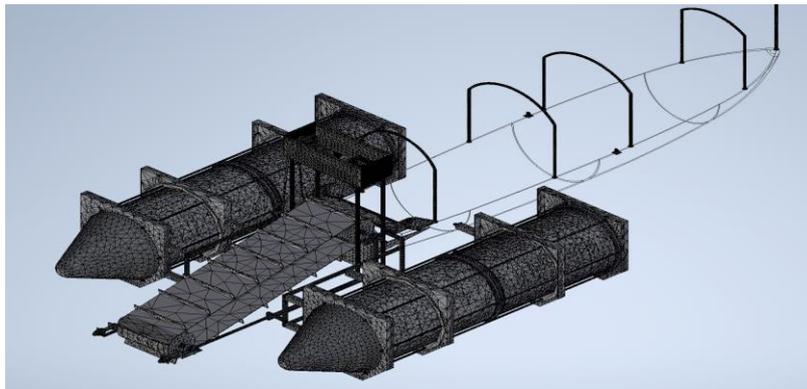


Figura 78: Mallado del bote recolector.

Partes analizar:

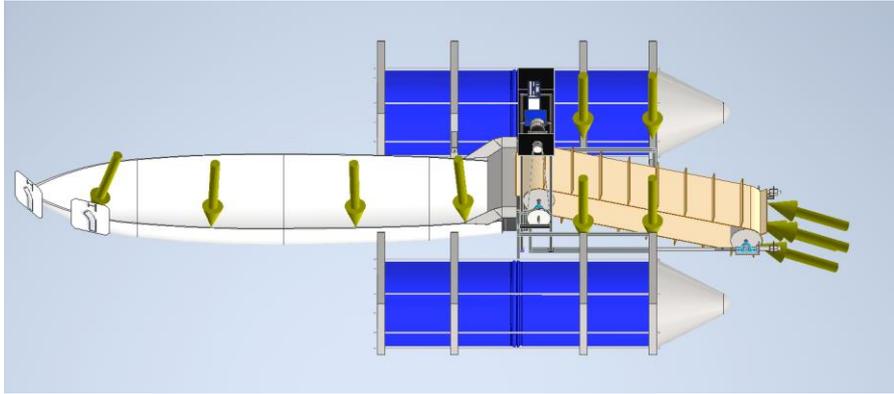


Figura 79: Cargas importantes en el bote recolector (vista superior izquierda)

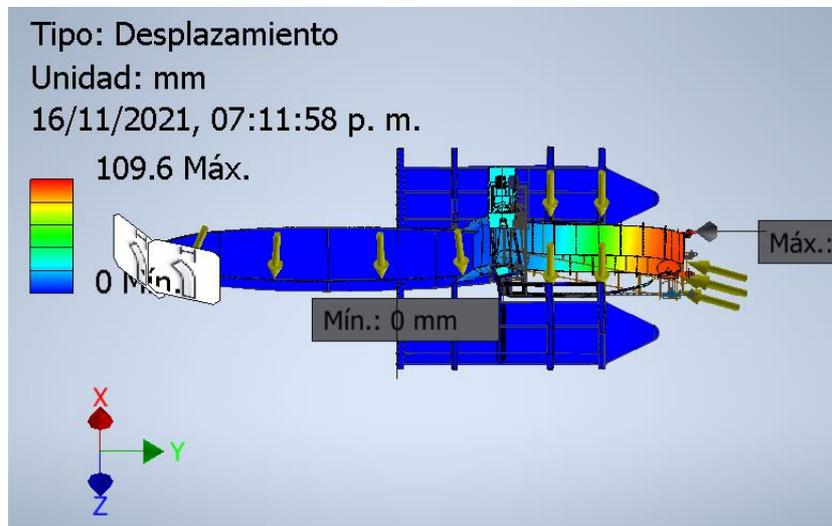


Figura 80: Desplazamiento debido al peso.

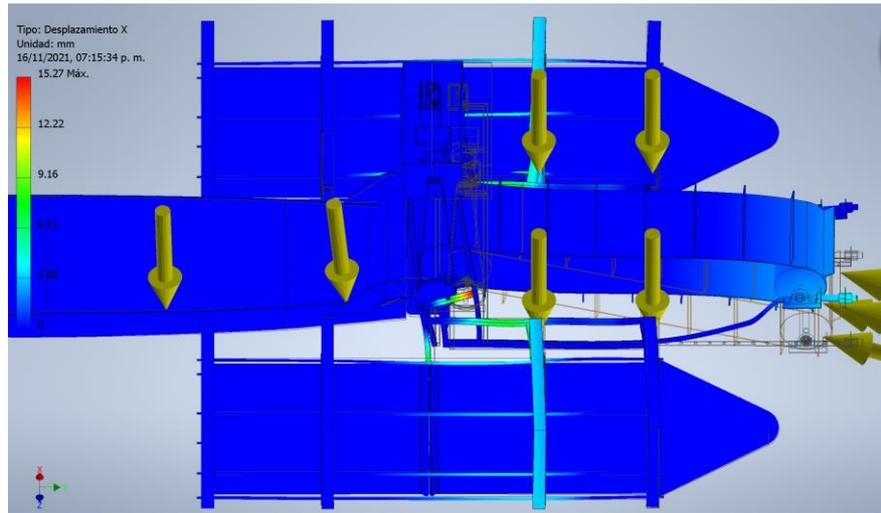


Figura 81: Desplazamiento en las uniones entre el sistema de Flotación y el sistema de recolección.

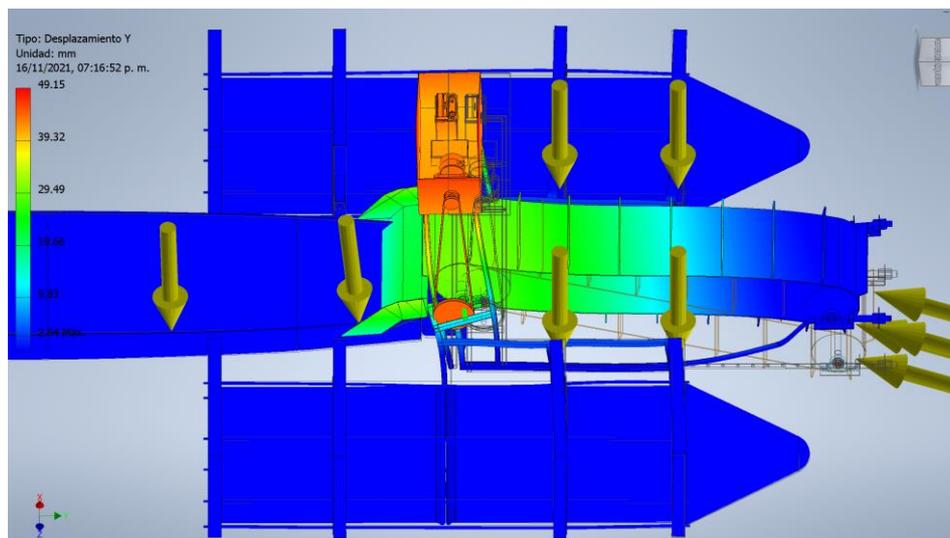


Figura 82: Desplazamiento en el sistema de recolección debido a las fuerzas.

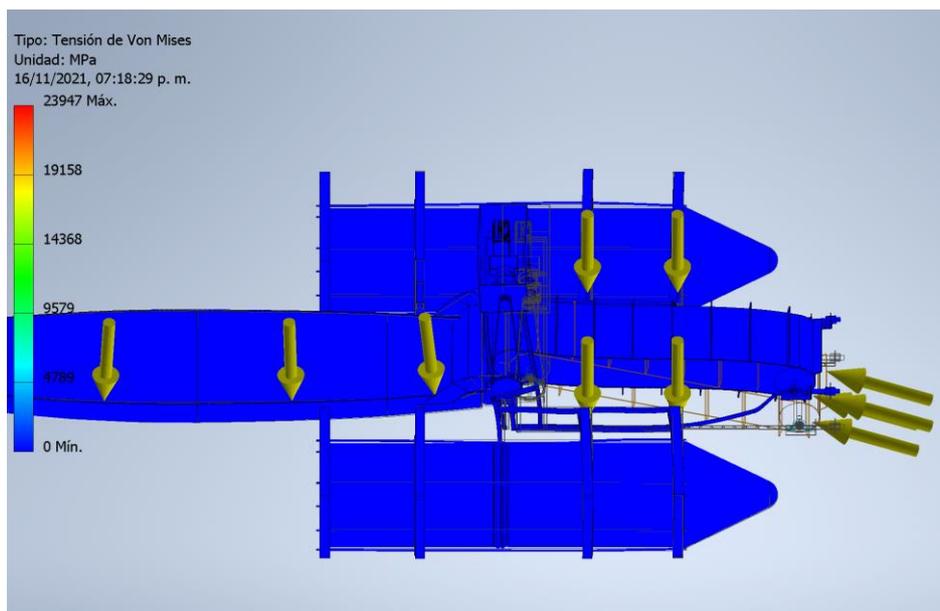


Figura 83 :Esfuerzo de von mises.

Como se observó en la imagen anterior, los esfuerzos de tensión son de cero, debido a que se modificó y se realizaron cálculos, con el propósito de evitar esfuerzos y desplazamientos en el sistema. Por lo tanto, estos resultados corroboran con los cálculos previamente analizados.

3.3.3 Simulación del Bote Recolector de Basura en Estado Transitorio

Se realizó una simulación del bote recolector con el propósito de corroborar los resultados como: la fuerza de arrastre del bote y la fuerza de empuje en los cálculos previamente calculados. Para ello, se usará el software CFD (Control Fluid Dynamics) de Autodesk, que permitirá apreciar el comportamiento del bote recolector en un ambiente similar al río Curaray.

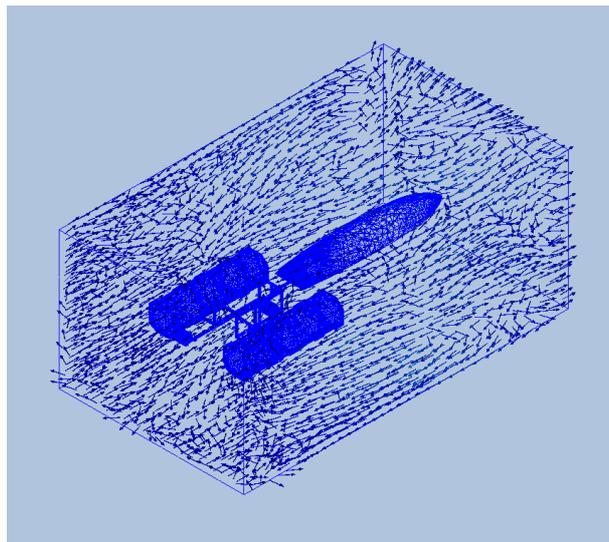


Figura 84: Volumen general del bote recolector y el fluido.

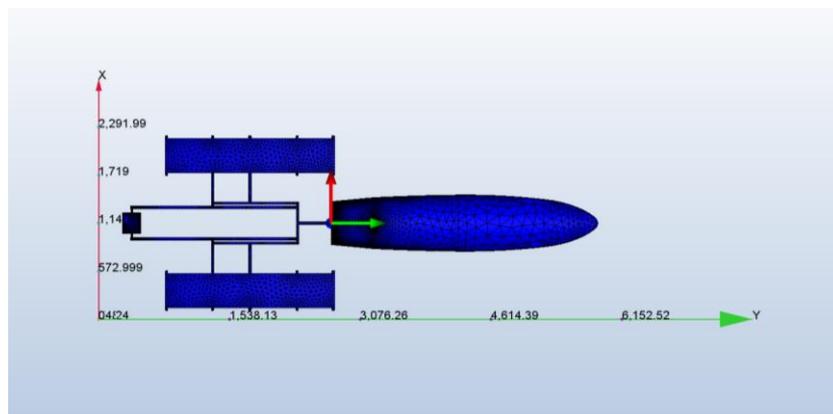


Figura 85: Cuerpo sumergido en el agua.

Como se observa en la Ilustración 1, el modelo CAD ya fue exportado y listo para el inicio de la simulación en estado transitorio. Para ello tomaremos ciertos parámetros de geometría para analizar el cuerpo. Se optará por crear un volumen extruido que contenga el bote recolector, también se aplicarán ciertas condiciones iniciales y condiciones de borde, para efectuar la simulación. Se procederá a darle un material a cada componente, en este caso será para el área sumergida del bote recolector y el volumen extruido.

El bote tomará el valor de un sólido, en este caso se obviarán las propiedades reales del material que es de fibra de vidrio, y se pondrá uno de aluminio. Sin embargo, se colocará el peso real del sistema. Del mismo modo el volumen extruido tomará el material de un fluido como el agua.



Figura 86: Volumen sumergido del bote.

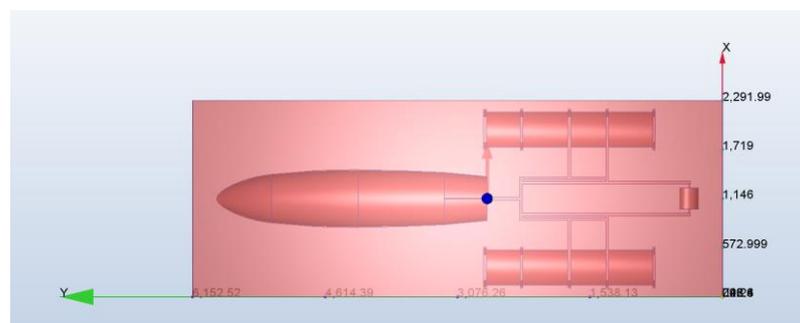


Figura 87: Volumen extruido más volumen sumergido del bote

Se aplicarán las condiciones de borde para la entrada y la salida del volumen.

Tabla 26: Condiciones de borde.

Velocidad de Entrada	4.7 m/s
Velocidad de Salida	4.7 m/s

A continuación, se procederá a realizar el mallado. Se usará el mallado automático, debido a que hay superficies planas y cilíndricas, luego se modificará el tamaño de la malla para precisar más con los datos aplicando un mallado fino de 0,5. Esto afectará también al volumen extruido, por lo que las trazas que se verán posteriormente se harán más precisas.

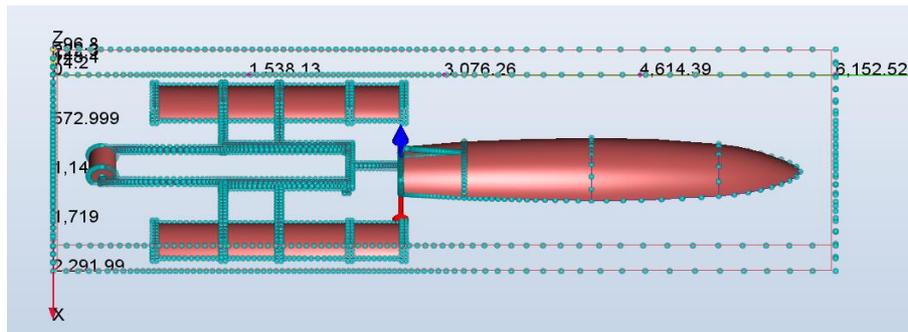


Figura 88: Mallado de todo el dominio (puntos)

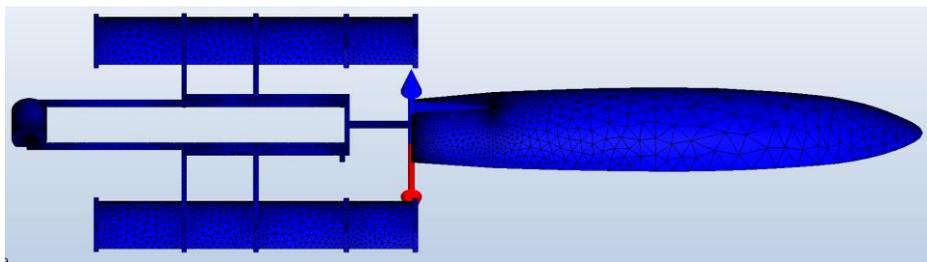


Figura 89: Mallado del bote con 0.5.

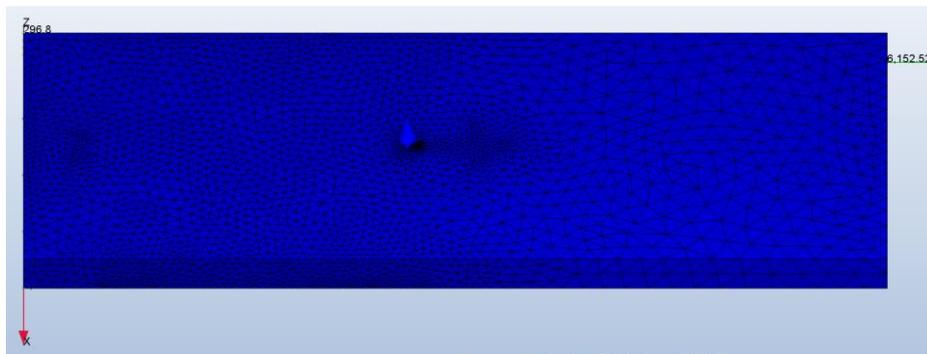


Figura 90: Mallado del volumen del fluido con 0.5.

Una vez realizado el mallado en pequeños nodos donde se analizará de manera individual el comportamiento de cada una. Luego procederá a realizar un estudio de elementos finitos para obtener sus respectivos resultados en función de la velocidad y la presión hidrostática. Cabe destacar que el número de nodos propuesto es el adecuado para que sus valores converjan durante las 800 iteraciones.

Ahora se selecciona el tipo de simulación que se desea realizar, En este caso se hará la superficie del bote recolector que está en contacto con el agua. Por lo que, es necesario indicar las propiedades y características que tendrá nuestro fluido. El río Curaray tiene un caudal turbulento con un numero de Reynolds elevado como se verá a continuación.

Tabla 27: Propiedades del fluido.

Parámetro del fluido	Valor
Densidad del Agua $\frac{kg}{m^3}$	$1012.5 \frac{kg}{m^3}$
Viscosidad Dinámica del Agua $\frac{kg}{m-s}$	$8.70 \times 10^{-7} \frac{kg}{m-s}$
Reynolds	1.70×10^{-7}
Gravedad $\frac{m}{s^2}$	$9.8 \frac{m}{s^2}$

A continuación, se crea en el eje XZ para observar el comportamiento del agua sobre el bote recolector en función de la velocidad.

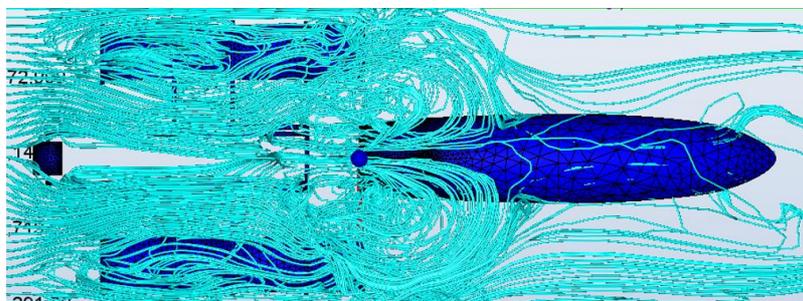


Figura 91: Trazas de fluido en función de la velocidad.

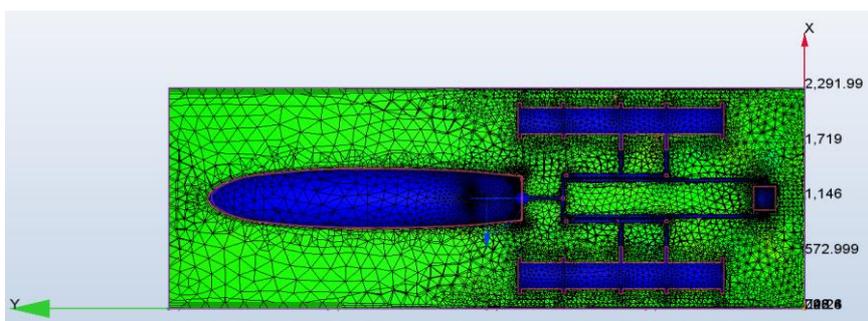


Figura 92: Comportamiento del Agua sobre el bote en función de la velocidad.

Se puede observar que en la parte del rodillo y el sistema de flotación hay un cambio en la variación de la velocidad, por lo que esa zona tiene a oscurecerse. Mientras que la parte del bote no recibe mucha influencia sobre el agua y no varía demasiado.

La siguiente gráfica se puede apreciar mejor como inicialmente al instante de 1 segundo, la velocidad choca con el sistema y la velocidad se reduce drásticamente, hasta que luego pasa a la zona del bote y vuelve a recuperar su velocidad común de 4.7 [m/s] (Guerrero & Naranjo, 2019).

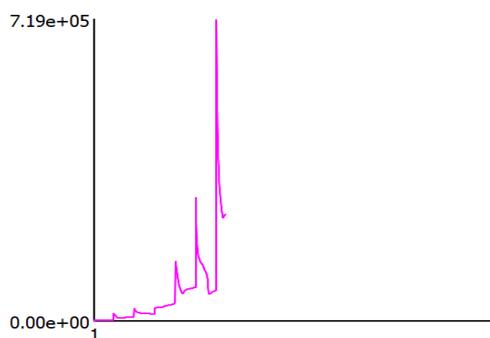


Figura 93: Velocidad en función del tiempo.

A continuación, se observa como la Presión influye sobre el bote recolector, inicialmente se puede observar que la presión hidrostática del río es más fuerte al inicio debido a que chocan en las superficies, y después se va desplazando hasta que la presión se reduce a su estado normal casi al final del bote.

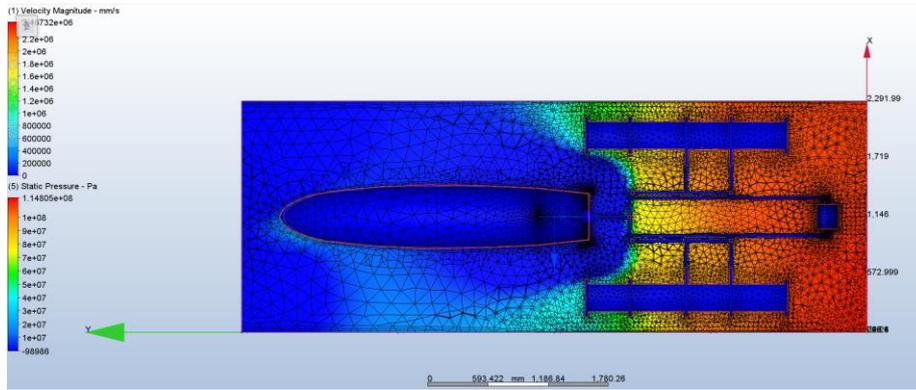


Figura 94: Presión en función del tiempo.

En la siguiente gráfica, se puede observar el cambio de la presión inicialmente hasta finalizar el proceso.

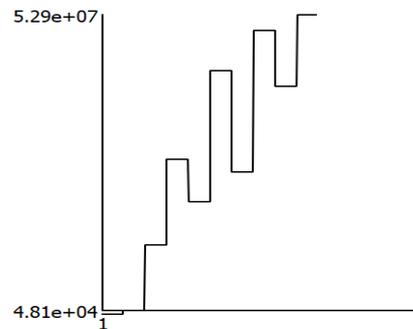


Figura 95: Presión en función del tiempo.

Otra perspectiva de como el fluido afecta al bote.

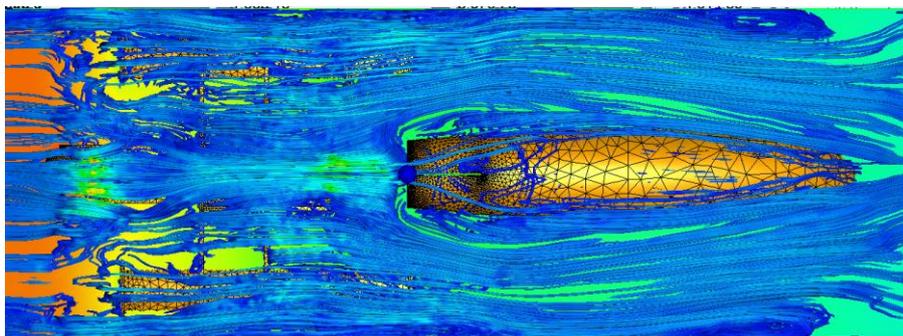


Figura 96: Comportamiento del fluido vista superior.

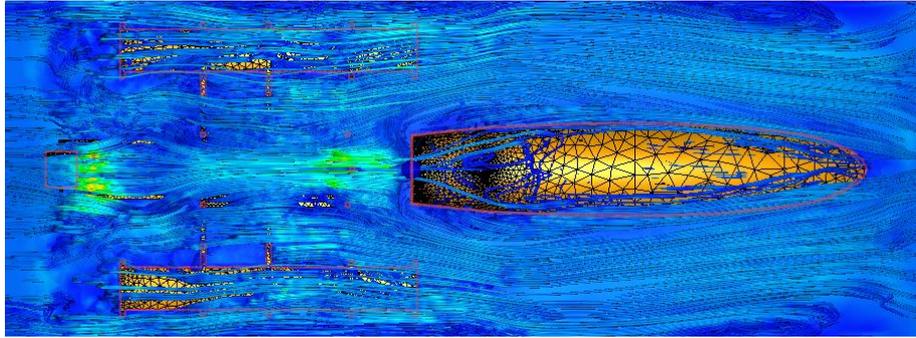


Figura 97: Comportamiento del fluido vista inferior.

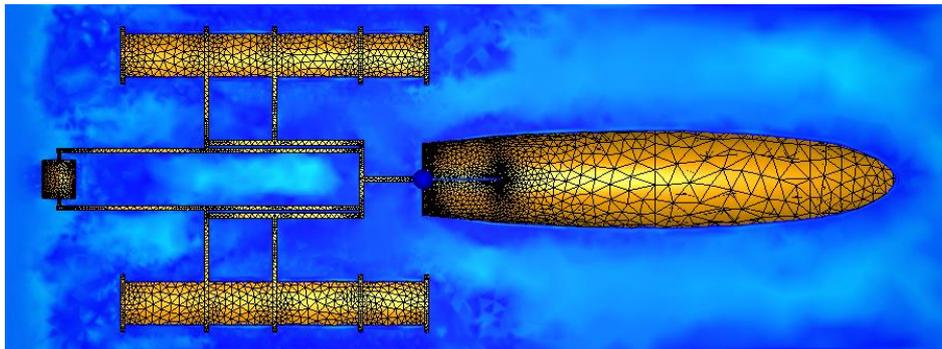


Figura 98 :Superficie sumergida en el agua.

También, se puede observar cómo actúan los esfuerzos cortantes sobre el bote, llegando a la conclusión de que el bote recolector con turbulencias más fuertes puede presentar un problema para el diseño en cuestión de las uniones que conforman el cuerpo principal.

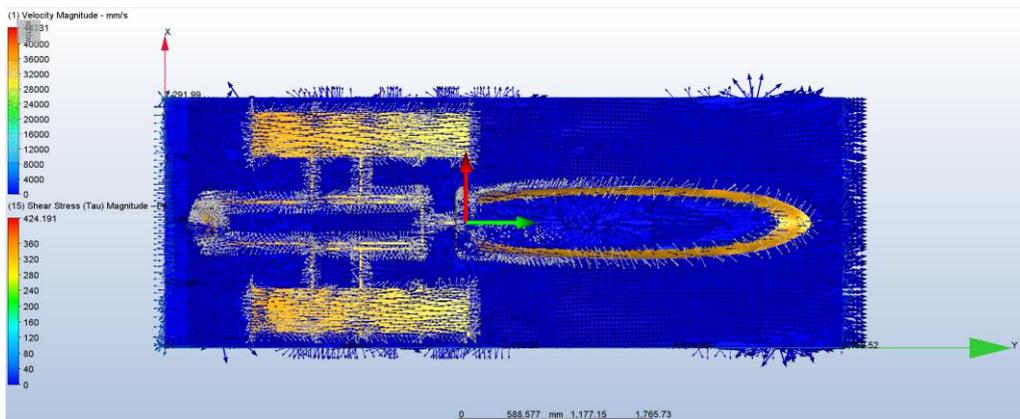


Figura 99: Esfuerzos cortantes sobre el bote.

Datos generales de la simulación antes de iniciar el estudio de elementos finitos.

Tabla 28: Datos iniciales antes de la simulación en estado transitorio

VARIABLE	MAX	MIN
cond	0.204 W/mm-K	0.0006 W/mm-K
dens	0.002707 g/mm ³	0.0009982 g/mm ³
econd	600.0 W/mm-K	0.0 W/mm-K
emiss	1.0	0.0
evisc	984.045 g/mm-s	0.0 g/mm-s
gent	111096.0 1/s	0.0316228 1/s
press	1995220.0 N/m ²	765376.0 N/m ²
ptotl	2610450.0 N/m ²	0.0 N/m ²
scall	0.0	0.0
seebeck	0.0 V/K	0.0 V/K
shgc	0.0	0.0
spech	4.182 J/g-K	0.896 J/g-K
temp	0.0 C	0.0 C
transmiss	0.0	0.0
turbd	60372800000.0 mm ² /s ³	6.83566 mm ² /s ³
turbk	73962800.0 mm ² /s ²	1.003e-06 mm ² /s ²
ufactor	0.0	0.0
visc	0.001003 g/mm-s	0.0 g/mm-s
vx vel	11178.3 mm/s	-12101.5 mm/s
vy vel	47500.0 mm/s	-11194.6 mm/s

vz vel	12387.8 mm/s	-13494.6 mm/s
wrough	0.0 mm	0.0 mm

Los resultados obtenidos por la simulación en estado transitorio con un total de 800 iteraciones fueron divididos en dos regiones, debido a que hay dos cuerpos independientes. La primera región le pertenece al cuerpo principal que contiene: sistema recolector, sistema eléctrico, sistema de flotación. Mientras que la segunda región viene a ser el bote. La fuerza de arrastre está nombrada como *Pressure Force*.

A continuación, se observan los datos arrojados por CFD.

REGION # 1 and Area 1.28391e+07, mm2
 Mass Flowrate, 120.126, kg/s
 Volumetric Flowrate, 0.120651, m3/s
 Vx-Velocity, -6.61936, mm/s
 Vy-Velocity, 5214.4, mm/s
 Vz-Velocity, 9.39716, mm/s
 Density, 995.343, kg/m3
 Pressure, 6003.31, kPa
 Pressure Force, 1.5119e+03, Newton
 Viscosity, 0.00100013, Pa-s
 Turbulence Energy, 4.50286, m2/s2

REGION # 2 and Area 1.15861e+06, mm2
 Mass Flowrate, -75.4393, kg/s
 Volumetric Flowrate, -0.0755753, m3/s
 Vx-Velocity, 25.4015, mm/s
 Vy-Velocity, 35.3249, mm/s
 Vz-Velocity, -65.2294, mm/s
 Density, 998.202, kg/m3
 Pressure, 843.29, kPa
 Pressure Force, 1.8311e+02, Newton
 Viscosity, 0.001003, Pa-s
 Turbulence Energy, 0.191476, m2/s2

Figura 100: Resultados Obtenidos por la simulación CFD.

Las fuerzas que se obtuvo por CFD nos confirman la proximidad de los resultados de la fuerza de arrastre y empuje. Sin embargo, se observó una leve variación los esfuerzos cortantes, donde se ve una leve afectación a las juntas que unen todos los

sistemas para conformar el cuerpo principal. Cabe destacar que el diseño analizado sirve siempre y cuando los parámetros calculados sean los mismos, como el peso del cuerpo y las dimensiones de las juntas en todos los sistemas.

A continuación, se comparará los resultados obtenidos de manera Teórica y CFD.

Fuerza de Arrastre del bote CFD (Región 2)

$$F_{BOTE} = 183.11 [N]$$

Fuerza de Arrastre del Cuerpo principal CFD (Región 1)

$$F_{BOTE} = 1511.90 [N]$$

Fuerza de Arrastre Teórica del bote

$$F_{BOTE} = 175 [N]$$

Fuerza de Arrastre Teórico del Cuerpo principal

$$F_{BOTE} = 1480.97 [N]$$

Error porcentual del bote

$$Error_{\%} = \frac{|175 - 183.11|}{175} \times 100\% = 4.63 \%$$

Error porcentual del Cuerpo principal

$$Error_{\%} = \frac{|1480.97 - 1511.90|}{1480.97} \times 100\% = 2.08 \%$$

3.4 Plan de Pruebas

Con el fin de comprobar que el bote recolector de basura flotante cumple con los requisitos y los objetivos propuestos por el cliente y por el grupo de trabajo, se realizó un plan de pruebas con el cual se evaluarán los requisitos, en las diferentes etapas con la siguiente ficha técnica:

Tabla 29: Pruebas etapa 1.

Plan de prueba bote recolector de basura flotante				
Fecha:	15-sep-21	Supervisor:	Francisco Estrella	CHECK
Encargado:	Grupo	Firma:	FE	
Pieza:	BOTE DE FIBRA	Observaciones:	La prueba se la realizará en el lago universitario pedir permiso a planta física	
Prueba	Requisito		Componente	CHECK
Flotabilidad	El bote debe flotar con un mínimo de 150Kg		Bote de fibra	X
Estabilidad	Comprobar si el bote tiene poca estabilidad como se marca en los cálculos		Bote de fibra	X

Tabla 30: Prueba etapa 2.

Plan de prueba bote recolector de basura flotante				
Fecha:	15-sep-21	Supervisor:	Francisco Estrella	CHECK
Encargado:	Grupo	Firma:	FE	
Pieza:	BOTE DE FIBRA	Observaciones:	La prueba se la realizará en el lago universitario pedir permiso a planta física	
Prueba	Requisito		Componente	CHECK
Flotabilidad	El bote debe flotar con un mínimo de 150Kg		Bote de fibra	X
Estabilidad	Comprobar si el bote tiene poca estabilidad como se marca en los cálculos		Bote de fibra	X

Tabla 31: Prueba etapa 3.

Plan de prueba bote recolector de basura flotante				
Fecha:	17-nov-21	Supervisor:	Francisco Estrella	CHECK
Encargado:	Luis Chicaiza	Firma:	FE	
Pieza:	Estructura banda transportadora	Observaciones:	Alinear de manera continua para obtener unos mejores resultados	

Prueba	Requisito	Componente	CHECK
Prueba del sistema dinámico	La banda transportadora debe moverse	Banda transportadora	X
Estabilidad	Comprobar si la banda no se desvía	Rodillos	X
Funcionabilidad	La banda no debe desviarse en un largo periodo de tiempo	Banda transportadora	X

Tabla 32: Prueba etapa 4.

Plan de prueba bote recolector de basura flotante				
Fecha:	19-nov-21	Supervisor:	Francisco Estrella	CHECK
Encargado:	Luis Chicaiza	Firma:	FE	
Pieza:	Estructura banda transportadora	Observaciones:	Alinear de manera continua para obtener unos mejores resultados	
Prueba	Requisito	Componente	CHECK	
Prueba del sistema dinámico	La banda transportadora debe moverse por 1 hora	Banda transportadora	X	
Estabilidad	Comprobar si la banda no se desvía mientras esté en funcionamiento	Rodillos	X	

Tabla 33: Prueba etapa 5.

Plan de prueba bote recolector de basura flotante				
Fecha:	20-nov-21	Supervisor:	Francisco Estrella	CHECK
Encargado:	Luis Chicaiza	Firma:	FE	
Pieza:	Estructura bote recolector de basura	Observaciones:	Alinear de manera continua para obtener unos mejores resultados	
Prueba	Requisito	Componente	CHECK	
Prueba del sistema dinámico	La banda transportadora debe moverse por 1 hora	Banda transportadora	X	
Estabilidad	Comprobar si la banda no se desvía mientras esté en funcionamiento	Rodillos	X	

Flotabilidad	El bote recolector debe flotar con la estructura ya anclada	Recolector de basura	X
Estabilidad	Comprobar si el diseño puede soportar a un operador en un extremo del dispositivo	Recolector de basura	X

Tabla 34: Prueba etapa 6.

Plan de prueba bote recolector de basura flotante				
Fecha:	29-nov-21	Supervisor:	Francisco Estrella	CHECK
Encargado:	Luis Chicaiza	Firma:	FE	
Pieza:	Estructura bote recolector de basura	Observaciones:	Alinear de manera continua para obtener una mejor conclusión	
Prueba	Requisito		Componente	CHECK
Prueba del sistema dinámico	La banda transportadora debe moverse por 1 hora		Banda transportadora	X
Estabilidad	Comprobar si la banda no se desvía mientras esté en funcionamiento		Rodillos	X
Flotabilidad	El bote recolector debe flotar con la estructura ya anclada		Recolector de basura	X
Estabilidad	Comprobar si el diseño puede soportar a un operador en un extremo del dispositivo		Recolector de basura	X
Funcionabilidad	Comprobar si el diseño resiste una corriente en contra		Recolector de basura	X

3.4 Observaciones y conclusiones de las pruebas

3.4.1 Estabilidad y flotación

Etapa 1 (15 de septiembre del 2021)

Una vez se recibió el bote, se decidió realizar una prueba de flotación. La prueba consistió en colocar el bote en un cuerpo de agua en donde se subirían 1 por 1 los miembros del grupo con el fin de conocer el peso máximo que podría soportar y la estabilidad que este ofrecía. Una vez fijado el objetivo se señaló el lago de la universidad San Francisco como sitio para las pruebas, donde para obtener el permiso se habló con el supervisor de planta física de la universidad para permitirnos la entrada del bote en un lugar que este pueda estar hasta la fecha de la prueba en el lago. Finalmente, se pidió permiso para colocar el bote recolector en el lago con la condición de no dañar ni perjudicar de alguna manera la vida acuática o la integridad de la estructura del lago. Por lo tanto, se programó de la siguiente manera:

Lugar: Lago universitario, Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.

Fecha: 15 de septiembre del 2021

Objetivo: Conocer características como flotación y estabilidad del bote.

Observaciones y conclusiones: A pesar de que el bote consta con una muy buena flotación, ya que soportó el peso de todos los miembros del grupo, se pudo apreciar la poca estabilidad que poseía ya que al momento de colocar el tercer miembro del grupo el bote pudo mantenerse, sin embargo, cualquier movimiento por más ligero que este fuese, producía que la estabilidad del bote se vea afectada y termine tambaleándose. Esto fue demostrado en la parte de cálculos en la sección inicial. El bote resistió 224 [Kg]. Uno de los integrantes cayó del bote por la baja estabilidad.



Figura 101: Prueba de estabilidad 1.

3.4.2 Flotación de los tanques

Etapa 2 (1 de octubre del 2021)

Uno de los retos más desafiantes del proyecto fue ajustarse al presupuesto del proyecto. Inicialmente fue de 600 dólares, tomando en cuenta que, en el análisis de diseño se seleccionó un prototipo donde se tendrá que agregar estabilidad y flotación al dispositivo, para ello se usaron 2 flotadores que se ubicarán a los costados laterales de la banda transportadora. Estos flotadores están diseñados para contener 2 barriles de plástico de 60 litros como se muestra en la ilustración 102. En la prueba de campo se llevó a los barriles a una piscina para comprobar los cálculos de flotación, ya que se estimó una flotación aproximada de 400 [Kg] de cada barril. La prueba consiste en pesar a un miembro del grupo para que este se suba y medir cuando se ha hundido el flotador.

Lugar: Lago El baño azul, Latacunga, Ecuador.

Fecha: 1 de octubre del 2021

Objetivo: Conocer la flotación de los barriles plásticos y comparar con cálculos.

Observaciones y conclusiones: Como se puede ver en la ilustración 102, el barril al ser cilíndrico no tiene estabilidad. Por lo tanto, se sostendrá en la orilla para que la

segunda persona se pueda subir. Tal como se esperaba, el flotador con la suma de 200 [Kg] no se hundió ni la mitad.



Figura 102: Prueba de estabilidad 2.

3.4.3 Funcionabilidad banda transportadora

Etapa 3 (17 de noviembre del 2021)

Una vez se construyó el dispositivo bote recolector de basura, se probó la funcionabilidad de los rodillos, con el fin de encontrar un punto en el cual la banda no se desvíe. Para ello, se probó la banda con distintos tiempos y distintas tensiones ajustándolos al borde en donde el diseño posee 2 tensadores la prueba se realizó en el taller mecánico donde se estaba armando el bote recolector de basura y ésta tomó aproximadamente 3 horas.

Lugar: Induacero, Latacunga, Ecuador

Fecha: 17 de noviembre del 2021

Objetivo: Conocer características de funcionabilidad del sistema de rodillos.

Observaciones y conclusiones: En esta prueba se presentó uno de los mayores problemas del diseño, como el sistema de rodillos fue entregado por el anterior grupo,

este se encontró mal diseñado, ya que los rodillos eran totalmente circulares y se requería de un rodillo cónico para evitar el desvío de la banda hacia los costados. Como solución se soldó una placa encima de los rodillos para que tenga mayor grosor con el fin de desarrollar el cono que permitiese que la banda no se desvíe.

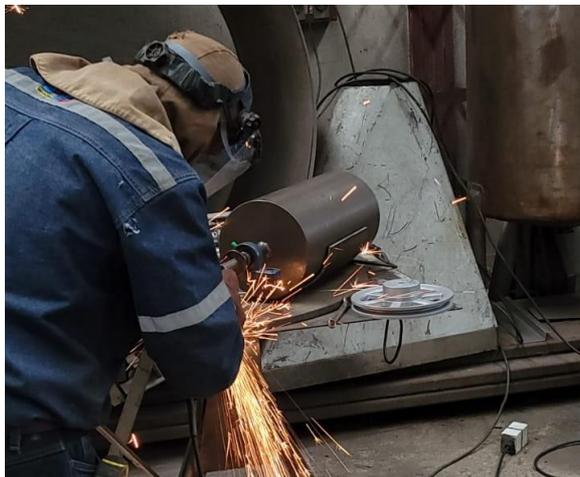


Figura 103: Maquinado del nuevo rodillo.

3.4.4 Funcionabilidad banda transportadora

Etapas 4 (19 de noviembre del 2021)

Se corrigieron todos los defectos que poseía el rodillo y se lo templo correctamente, se realizó una prueba de larga duración para conocer la estabilidad que poseen los rodillos. De esta manera se puso en funcionamiento el sistema de la banda transportadora durante 3 horas continuas, parando por 30 minutos y luego continuando por una hora más; con el objetivo de conocer su comportamiento en un escenario real.

Lugar: Induacero, Latacunga, Ecuador

Fecha: 19 de noviembre del 2021

Objetivo: Comprobar la funcionalidad de la banda transportadora

Observaciones y conclusiones: Esta prueba se concluyó de manera exitosa, ya que los rodillos se comportan de tal manera que no hubo desviaciones a lo largo de su funcionamiento.



Figura 104: Maquinado del nuevo rodillo.

3.4.5 Estabilidad, flotación y funcionabilidad (Primera prueba de campo)

Etapa 5 (20 de septiembre del 2021)

Una vez construido todo el dispositivo se procedió a realizar una prueba de campo. Sin embargo, antes de realizarlas se hicieron varias pruebas en tierra las cuales pasaron de manera satisfactoria. Posteriormente, se llevó a cabo la siguiente prueba donde se llevó el dispositivo armado por medio de un camión con brazo hidráulico y éste se lo llevaría al lugar de la prueba. Una vez en el sitio de prueba, el camión procedió a poner el bote recolector sobre la laguna, lugar en donde se probaría la flotación, estabilidad y la funcionabilidad del dispositivo que duró 6 horas aproximadamente.

Lugar: Lago La Laguna, Latacunga, Ecuador.

Fecha: 15 de septiembre del 2021

Objetivo: Conocer características como flotación, funcionabilidad y estabilidad el bote.

Observaciones y conclusiones: La observación principal fue que el bote recolector necesita unas guardas ya que al levantar la basura como botellas se filtraba hacia los costados ya que el agua se la llevaba a medida que se levantaba. Es importante mencionar que el bote posee una gran estabilidad de manera que los flotadores soportar el peso de dos personas a un lado y aun mantener su estabilidad.



Figura 105: Prueba de estabilidad del dispositivo 1.

3.4.6 Estabilidad, flotación y funcionabilidad (Segunda prueba de campo)

Etapa 6 (29 de noviembre del 2021)

El día 29 de noviembre se programó la segunda prueba de campo la cual se realizó en el canal de riego de la parroquia Intinacaso de la ciudad de Latacunga en este canal de riego se simularía el funcionamiento del bote recolector de basura en un río real ya que éste posee un caudal muy parecido a los ríos de la Amazonía y tiene suficiente ancho como para que no se desvíe en caso de que exista algún problema. En la prueba se arroja basura para que el bote recolector de basura lo levante y lo lleve a su contenedor que sería el bote, la prueba dura aproximadamente cuatro horas.

Lugar: Canal de riego, Latacunga, Ecuador.

Fecha: 29 de septiembre del 2021

Objetivo: Conocer características como flotación, funcionabilidad y estabilidad del bote.

Observaciones y conclusiones: una vez construidas las guardas el problema del desborde de la basura en la banda transportadora se solucionó. Se recomienda implementar guías más largas que salgan de las guardas para abarcar una mayor zona de recolección de desechos.



Figura 106: Prueba de funcionamiento.

3.6 Seguridad a través del Diseño

A continuación, se muestra una lista de posibles riesgos que pueden ocurrir al poner en operación el dispositivo recolector de desechos flotantes. Cada uno de estos riesgos tiene su respectivo código para analizar la prioridad del riesgo.

Tabla 35: Lista de Riesgos.

Lista de Riesgos	
Código	Riesgo
001	Partes electrónicas podrían mojarse y dañar el sistema completo.
002	Perdida del barco recolector por alta corriente del río.

003	Imprevistos en pruebas de campo.
004	Daño de la cinta transportadora por desgaste.
005	Desprendimiento de componentes que conforman el bote debido a altas presiones del río.
006	Dispositivo puede quedarse sin energía.
007	Sulfatación de la batería.
008	Daños del dispositivo por posible colisión con rocas.
009	Peligro de corto circuito debido a inundaciones imprevistas.
010	Desbordamiento del contenedor de basura por exceder el volumen permitido del mismo.
011	Daños en el sistema de direccionamiento de basura (brazos flotadores) por posible colisión con rocas.
012	Problemas con la estabilidad y flotabilidad del bote recolector.

3.6.1 Análisis de Prioridad

Se realiza un análisis de prioridad de cada uno de los riesgos (Anexo J). Con el propósito de controlar este tipo de riesgos en las pruebas de campo, se ha designado como responsables de cada riesgo a cada integrante del grupo.

Tabla 36: *Lista de Prioridades*

Partes electrónicas podrían mojarse y dañar el sistema completo	3X4=12	Francisco Estrella	Crear: un compartimiento totalmente hermético para todos los componentes electrónicos.	Vigente	El diseño del recolector debe contar con un lugar específico en donde se garantice la integridad de todo elemento eléctrico.
Perdida del barco recolector por alta corriente del río	5X3=15	Francisco Estrella	Diseñar: un sistema de respaldo para cuando el río tenga un alto flujo, en donde tendrá un apoyo externo por 2 cuerdas que anclaran al recolector de manera lateral.	Vigente	El diseño deberá ser de fácil de usar para que no genere un problema o confusión en el operador.
Imprevistos en pruebas de campo	4X4=16	Francisco Estrella	Rediseñar: el recolector una vez se realicen las pruebas de campo, ya que puede surgir un problema vigente pasado por alto por el equipo de trabajo.	Vigente	Las alteraciones a los planos deberán ser inmediatas, para agilizar la siguiente prueba de campo.
Daño de la cinta transportadora por desgaste.	2X3=6	Anthony Salazar	Elaboración: de un manual en donde indique el mantenimiento lubricación o cambio de piezas.	Vigente	Tomar en cuenta el tipo de material usado y calcular el número el desgaste que puede llegar a tener en las conexiones cuando tiene un uso diario.
Desprendimiento de componentes que conforman el bote debido a altas presiones del río.	2X3=6	Fernando Velasco	Usar: soldadura y recubrimiento superficial adecuado para que todas las partes del bote recolector de basura.	Vigente	Evaluar, el tipo de material con el que se hará el recubrimiento, y el tipo de electrodo que se usará para realizar la soldadura.
Dispositivo puede quedarse sin energía	4X2=8	Anthony Salazar	Calcular: el rango de vida útil de la batería para realizar un aviso en el manual de uso para el cambio de la misma.	Vigente	El manual debe especificar que tipo de batería y las características es la más óptima para la operación del recolector.
Sulfatación de la batería	4X2=8	Anthony Salazar	Indicar: los intervalos de uso para impedir que la batería tenga un desgaste químico excesivo.	Vigente	Especificar en el manual que intentos de recargar la batería cuando fue dejada en estado de descarga total, velocidades de carga bajas provocarán daños en

					la vida útil de la batería.
Daños del dispositivo por posible colisión con rocas	5X3=15	Daniel Estrella	Reducir: Realizar trabajos de recolección en zonas en donde no exista gran cantidad de rocas, colocar un operador en el bote que se encargue de evitar la colisión. Asegurar: Contratar una empresa de seguros que cubra los daños de un posible impacto.	Vigente	Establecer en el manual de operaciones la necesidad e importancia de contratar un seguro el cual cubra posibles accidentes del dispositivo
Peligro de corto circuito debido a inundaciones imprevistas.	3X4=12	Fernando Velasco	Utilizar: estructura impermeable y asilada de tal manera que no entre agua por los agujeros de los cables.	Vigente	Verificar, que la estructura contenga el cable de un material anticorrosivo, también verificar que los aislantes sean de caucho para que eviten el paso del agua por los agujeros.
Desbordamiento del contenedor de basura por exceder el volumen permitido del mismo	2X2=4	Daniel Estrella	Evitar: Incorporar al dispositivo un sistema que controle el volumen y corte la operación de la banda transportadora al exceder el volumen permitido.	Vigente	Se debe realizar los respectivos cálculos del sistema y su diagrama eléctrico correspondiente
Daños en el sistema de direccionamiento de basura (brazos flotadores) por posible colisión con rocas	3X2=6	Daniel Estrella	Evitar: Se debe seleccionar un material resistente a las colisiones, que a su vez sea ligero y pueda flotar.	Vigente	Evaluar propiedades físicas y mecánicas de distintos materiales para posteriormente seleccionar el más adecuado

Problemas con la estabilidad y flotabilidad del bote recolector	4X4=16	Fernando Velasco	Usar: 2 flotadores en cada lado que estabilice el bote en caso de sobrecarga.	Vigente	Verificar, que cada uno sea simétricamente al otro, esto ayudará a los cálculos de estabilidad y flotabilidad.
-----------------------------------------------------------------	--------	------------------	-------------------------------------------------------------------------------	---------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3.7 Manual de Mantenimiento y Funcionamiento del Bote Recolector de basura

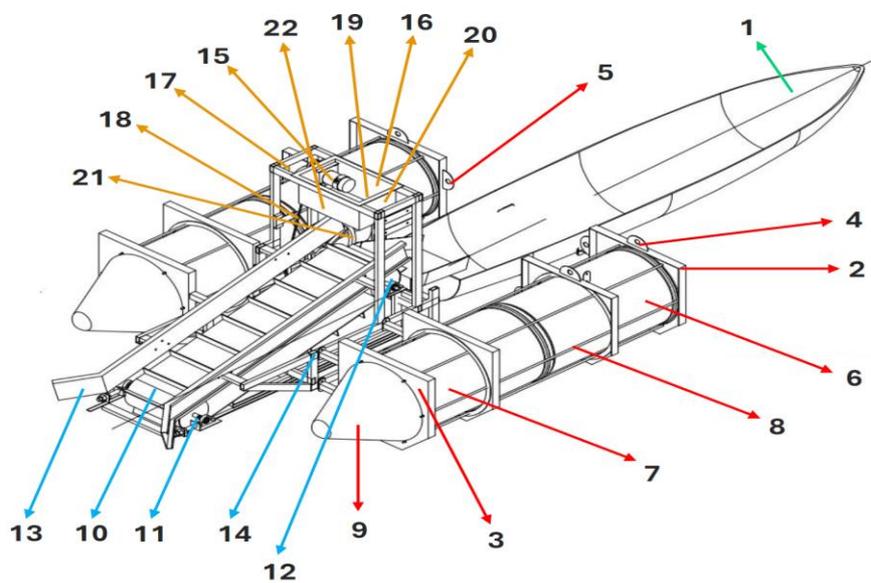


Figura 107: Piezas Principales del Bote Recolector.

Piezas Principales del Bote Recolector de Basura

Bote

1) Bote de fibra de vidrio

Sistema de Flotación

2) Placa trasera

3) Placa delantera

4) Soporte para cable superior

5) Soporte para cable lateral

6) Barril de plástico trasero

7) Barril de plástico delantero

8) Tubo

9) Cono

Sistema de Recolección

10) Banda transportadora

11) Rodillo inferior

12) Rodillo superior

13) Guías de la banda

14) Estructura del Sistema

Sistema Eléctrico

15) Motor

16) Batería de auto (X2)

17) Polea superior

18) Cinta de Polea

19) Circuito Eléctrico

20) LED y Bluetooth

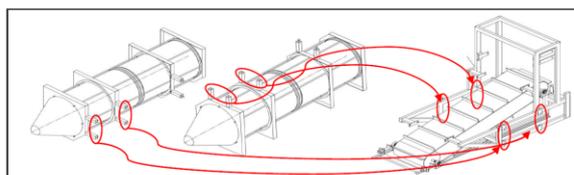
21) Polea inferior

22) Carcasa metálica

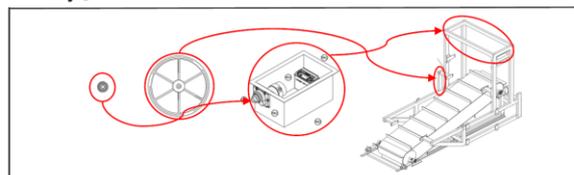
Primeros Pasos

1. Unir el sistema de flotación al sistema recolector con pernos.
2. Colocar el sistema eléctrico sobre el sistema recolector.
3. Colocar la polea superior en el eje del motor y la polea inferior sobre la estructura del sistema recolector.
4. Unir el bote al sistema recolector con cables de acero por medio de grilletes a sus respectivos soportes laterales y tensionarlos hasta que el bote quede totalmente estático.

Paso 1



Paso 2 y 3



Paso 4

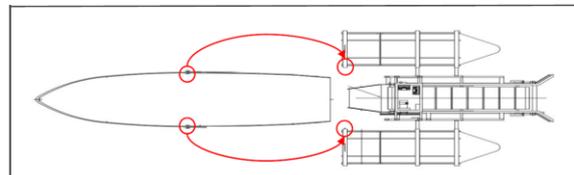


Figura 108: Primeros Pasos del Funcionamiento.

Funcionamiento

1. Conectarse a la App (solo Android) y encender el bote recolector de basura para empezar a trabajar.
2. En caso contrario un operador debe acercarse a encender el dispositivo manualmente presionando el botón de encendido localizado cerca de la pantalla LED.
3. Asegúrese de que el bote se encuentre sujetado con cable en la parte trasera para evitar movimiento y que su rendimiento sea altamente efectivo.
4. Asegúrese de que el bote se encuentre a una altura mínima de 70 cm sobre el nivel del suelo, para evitar daños en el rodillo inferior y la banda transportadora.
5. Al finalizar su uso se debe recargar las baterías si es necesario, para utilizarlo al día siguiente.
6. Se recomienda que el dispositivo sea usado 4 horas al día y luego dejar reposar.

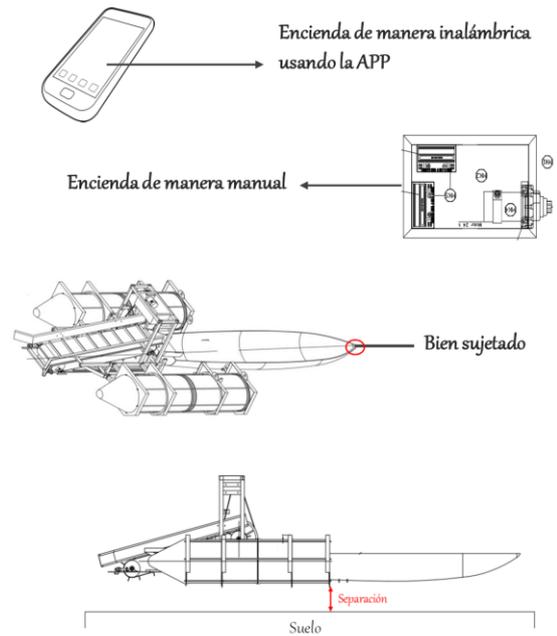


Figura 109: Condiciones para el Funcionamiento.

Información de seguridad

1. No introducir objetos o manos cerca de las poleas, banda o rodillos del sistema recolector mientras este se encuentre en funcionamiento.
2. Evitar la manipulación del sistema energético (baterías) si no es necesario recargarlas o cambiarlas, esto para prevenir cortos circuitos en el sistema.
3. Una vez recargadas las baterías, compruebe que los cables positivos y negativos estén insertados en el lado correcto de las baterías, si no lo hace podría quemar el sistema.
4. En caso de emergencia oprima el botón rojo que se encuentra en la caja de control, ubicada a un costado del almacenamiento de baterías.

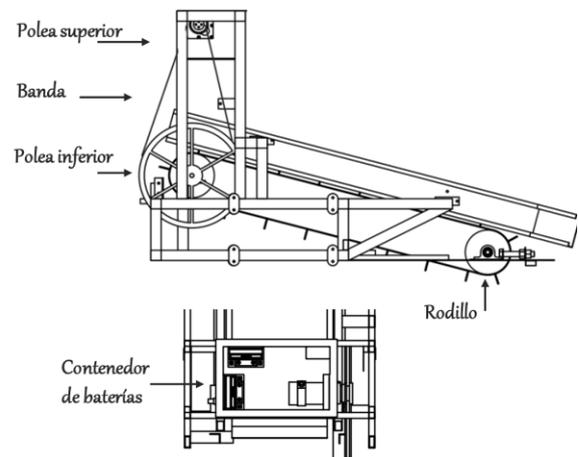


Figura 110: Seguridad.

Operación, prendido, apagado, controles y almacenamiento

1. El dispositivo se puede encender de dos formas, manual y a distancia, los controles manuales se encuentran a un costado del dispositivo, cuentan con 3 botones y una pantalla.
 - **Botón rojo:** Apaga el sistema.
 - **Botón verde:** Enciende el sistema.
 - **Interruptor on/off:** Cambio de modo manual o distancia.
 - **Pantalla display:** Permite ver el estado del dispositivo y el peso total de escombros que tiene almacenado.
2. El dispositivo al ser completamente desarmable se puede almacenar por piezas, se debe quitar las tuercas y pernos situados en el banda como se puede ver en la imagen.
3. El sistema de control al estar en un ambiente cerrado no corre ningún peligro si esta sin uso, mientras el sistema energético (baterías) se recomienda guardarlas en un lugar seco y fresco si el dispositivo no va a estar en funcionamiento.

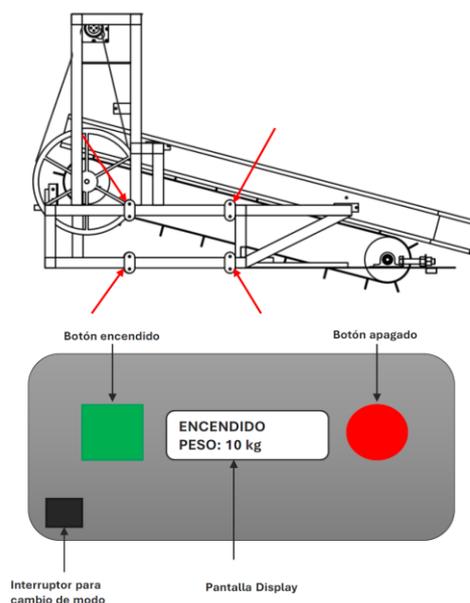


Figura 111: Operación de Encendido y Apagado.

Mantenimiento

1. Para un correcto mantenimiento y no afectar las piezas del dispositivo se necesitarán las siguientes herramientas:
 - 2 Juegos de llaves o rachas.
 - Aceite WD40.
 - Grasa grado alimenticio.
 - Destornillador estrella
 - Destornillador plano
2. El dispositivo al ser totalmente desarmable necesita una lubricación constante, por lo tanto, se recomienda el uso de lubricantes como WD40, Grasa tipo sanitaria. Estos se aplicarán en todas las uniones que no estén pintadas. Cada 2 semanas
3. Para desarmar la tapa del sistema eléctrico se necesitará una llave 10 milimétrica, se recomienda tener 2 llaves con el fin de evitar juego. Una vez desarmada se para desarmar las borneras se usará el destornillador estrella. En cada descarga de la batería.
4. Es muy importante lubricación en la zona de las chumaceras, cada vez que salga del agua caso contrario se oxidara.

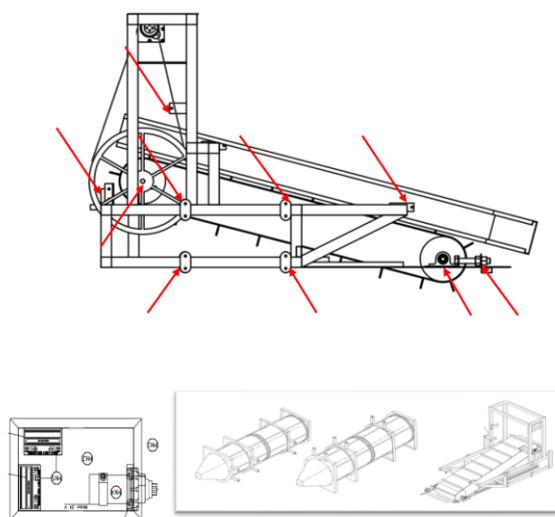


Figura 112: Mantenimiento.

A continuación, se presentará el tiempo de vida de cada una de las piezas en los distintos sistemas que conforma el Bote Recolector de basura. Esta proporcionará información suficiente sobre la duración en años de las distintas piezas.

3.7.1 Vida Útil Sistema de Flotadores

Tabla 37: Vida Útil Sistema de Flotadores.

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO													
VIDA UTIL POR PIEZAS													
RESPONSABLE:		Fernando Velasco			FECHA INICIAL:		16-11-21						
No. PIEZAS:		7			FECHA FINAL:		18-11-21						
TEMA:		Sistema de Flotación			REVISADO POR:								
PIEZA	MATERIAL	DURACIÓN (AÑOS)											
		1 AÑO	2 AÑOS	3 AÑOS	4 AÑOS	5 AÑOS	6 AÑOS	7 AÑOS	8 AÑOS	9 AÑOS	10 AÑOS		
N1	Placa de acero ASTM A 106 GR B 1340 mm x 670 mm THCK: 0.003 mm	████████████████████											
N2	Placa de acero ASTM A 106 GR B 1340 mm x 670 mm THCK: 0.003 mm	██████████████████											
N3	Placa de acero ASTM A 106 GR B 1340 mm x 670 mm THCK: 0.003 mm	████████████████████████████████████████											
N4	Tanque de plástico 580 mm de diámetro	████████████████████████████████████████████████████████████████████████████████											
N5	Placa de acero ASTM A 106 GR B 1340 mm x 670 mm THCK: 0.003 mm	██████████████											
N6	Placa de acero ASTM A 106 GR B 1340 mm x 670 mm THCK: 0.003 mm	██████████████████											
N7	Tubo de acero ASTM A 106 GR B L: 2010 mm SCH: STD 0.5 in	████████████████████████████████████████											

3.7.2 Vida Útil Sistema de Banda Transportadora

Tabla 38: Vida Útil de la Banda Transportadora.

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO													
VIDA ÚTIL POR PIEZA													
RESPONSABLE:		Francisco Estrella			FECHA INICIAL:			16/11/2021					
No. PIEZAS:		23			FECHA FINAL:			18/11/2021					
TEMA:		Banda transportadora			REVISADO POR:								
PIEZA	MATERIAL	DURACIÓN (AÑOS)											
		1 AÑO	2 AÑOS	3 AÑOS	4 AÑOS	5 AÑOS	6 AÑOS	7 AÑOS	8 AÑOS	9 AÑOS	10 AÑOS		
N1	Estructura de acero	[Redacted]											
N2	Estructura de acero	[Redacted]											
N3	Estructura de acero	[Redacted]											
N4	Estructura de acero	[Redacted]											
N5	Estructura de acero	[Redacted]											
N6	Estructura de acero	[Redacted]											
N7	Estructura de acero	[Redacted]											
N8	Estructura de acero	[Redacted]											
N9	Estructura de acero	[Redacted]											
N10	Estructura de acero	[Redacted]											
N11	Estructura de acero	[Redacted]											
N12	Estructura de acero	[Redacted]											
N13	Estructura de acero	[Redacted]											
N14	Estructura de acero	[Redacted]											
N15	Estructura de acero	[Redacted]											
N16	Estructura de acero	[Redacted]											
N17	Estructura de acero	[Redacted]											
N18	Estructura de acero	[Redacted]											
N19	Estructura de acero	[Redacted]											
N20	Estructura de acero	[Redacted]											
N21	Pernos, arandelas y tuercas	[Redacted]											
N22	Polea	[Redacted]											
N23	Chumacera	[Redacted]											

3.7.3 Vida Útil Sistema de Energía y Control

Tabla 39: Vida Útil Energía y Control.

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO											
VIDA ÚTIL POR PIEZA											
RESPONSABLE:		Anthony Salazar		FECHA INICIAL:		16-11-21					
No. PIEZAS:		11		FECHA FINAL:		18-11-21					
TEMA:		Sistema de control y energía		REVISADO POR:							
PIEZA	MATERIAL	DURACIÓN (AÑOS)									
		1 AÑO	2 AÑOS	3 AÑOS	4 AÑOS	5 AÑOS	6 AÑOS	7 AÑOS	8 AÑOS	9 AÑOS	10 AÑOS
N1	Arduino	[Redacted]									
N2	Sensor	[Redacted]									
N3	Regulador	[Redacted]									
N4	Rele	[Redacted]									
N5	Bluetooth	[Redacted]									
N6	Motor	[Redacted]									
N7	Pulsadores	[Redacted]									
N8	Resistencia	[Redacted]									
N9	Bateria	[Redacted]									
N10	Poleas	[Redacted]									
N11	Caja	[Redacted]									

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Resultados, Conclusiones y Discusiones

El objetivo principal del proyecto fue diseñar, construir e implementar un dispositivo capaz de recolectar desechos flotantes en los ríos de la amazonia específicamente en el Río Curaray. Este dispositivo debe cumplir con los requisitos del cliente, así como con criterios ingenieriles con la finalidad de diseñar y construir un dispositivo optimo y eficiente.

El presente proyecto corresponde a la segunda fase de tesis de un dispositivo recolector de desechos flotantes por lo que se ha proporciono una canoa, una banda transportadora, un motor y un presupuesto de 600 dólares para realizar este proyecto. Esto es un factor muy importante ya que el diseño debía regirse a están variables.

En primer lugar, ya que la banda transportadora era muy grande como para implementarla dentro de la canoa como se propuso en el trabajo de titulación anterior agregando la baja estabilidad que posee la canoa se debía pensar una solución para este problema. Por lo que se empezó por realizar un estudio de estabilidad y fuerza de empuje para la canoa, para ello es necesario aplicar el principio de Arquímedes en donde fuerza de empuje calculada es $4767.66 [N]$. Esto nos da un rango de carga para la canoa de $486 [kg]$. Sin embargo, se debe recordar que se tomó el total del volumen de la embarcación por lo que la capacidad de carga y fuerza de empuje será menor. A su vez se determina si el bote es estable en donde se puede apreciar que lo es ya que solo está soportando su propio peso. Ya que el bote será utilizado como el contenedor de los desechos atrapados se debe calcular si este será estable con la carga de peso que genere la basura, para ello se multiplica el volumen del contenedor por la densidad de la basura

lo que nos da 96 [kg] de capacidad. Sin embargo, con el fin de evitar desbordamiento de la basura se utiliza un volumen menor al total del contenedor lo cual nos da una capacidad de carga de 60 [kg] de desechos. Se puede afirmar que la canoa cuenta con las características necesarias para contener los 60 [kg] de basura que se detallaron en la lista de requerimientos. A su vez, podemos afirmar que con esta misma carga la canoa no perderá estabilidad por lo que podrá realizar su trabajo de recolección sin complicaciones.

Debido al gran tamaño de la banda transportadora esta no pudo ser incorporada dentro de la canoa, para solucionar esto, se ideó un sistema de flotadores los cuales soportan el peso de la banda transportadora y sus componentes (motor, baterías y sistema eléctrico) a la vez que, ayudaran a dar estabilidad a la canoa. La fuerza de empuje calculada es 4866 [N] Esto permite un rango de carga para el de 496 kg, recordando que se usa un flotador a cada lado tendremos un rango de carga de 938[kg] . Sin embargo, es importante mencionar que para el cálculo de flotadores se tomó el volumen total como volumen sumergido por lo que a una carga como 938[kg] los flotadores estarán totalmente hundidos. Se puede afirmar que los flotadores poseen una alta estabilidad por lo que la banda transportadora puede realizar sus trabajos de recolección sin presentar ningún inconveniente.

Para que el dispositivo recolector de desechos flotantes realice su trabajo de recolección uno de los requerimientos necesarios es que se encuentre estático en el río. Por lo cual, es necesario diseñar y calcular un elemento tipo ancla el cual resista la fuerza de arrastre del río que sufre el dispositivo cuando se encuentra operando. Se puede afirmar que la fuerza de arrastre que ejerce el río sobre el dispositivo es igual a 1480.97 [N]. Esta deberá ser soportada tanto por el dispositivo, así como por el sistema de anclaje para la recolección. De acuerdo con BS 6349 (norma británica) se debe seleccionar un factor de eficiencia dependiendo del tipo de suelo. Para este caso el factor escogido para el río

Curaray es de 10 ya que se desea un ancla con alto poder de agarre que trabajara en suelos pobres o fangosos. Se procede a determina la fuerza de agarre del ancla en donde se obtiene $2060.1[N]$ esta es mayor a la fuerza de arrase del dispositivo por lo que se puede afirmar que la ancla esta correctamente diseñada.

Una vez concluida la etapa de análisis, diseño, construcción y pruebas del primer prototipo del bote recolector de basura, se puede decir que se cumplió con los objetivos planteados al inicio del proyecto al lograr el funcionamiento de un dispositivo capaz de mantenerse a flote, recolectar basura flotante de manera automática y almacenarla para su posterior reciclaje.

Se realizaron cálculos de flotabilidad, energía, potencia, velocidad, diseño de componentes con el fin de garantizar el correcto funcionamiento y seguridad de todos los sistemas.

Como se puede observar en los cálculos de energía, el dispositivo es capaz de trabajar más de 20 horas seguida con las baterías de $57[Ah]$ instaladas en el dispositivo, se recomienda recargar la batería después de tres días bajo un trabajo normal de 8 horas diarias, esto debido a que las baterías tienden a desgastarse si se descargan más del 30%.

Todos los componentes estructurales, ejes, perfiles y rodamientos fueron analizados bajo esfuerzos mayores a los posiblemente presentados en el ambiente de trabajo, por lo tanto, su factor de seguridad es considerablemente alto.

Los resultados que se obtuvo por CFD nos confirman la proximidad de los resultados de la fuerza de arrastre y empuje calculados teóricamente. Por lo que se obtuvo el margen de error de cada cálculo para corroborar la eficacia de la simulación. Los errores demuestran que los resultados no varían arriba 5%.

A continuación, se comparará los resultados obtenidos de manera Teórica y CFD.

Fuerza de Arrastre del bote CFD (Región 2)

$$F_{BOTE} = 183.11 [N]$$

Fuerza de Arrastre del Cuerpo principal CFD (Región 1)

$$F_{BOTE} = 1511.90 [N]$$

Fuerza de Arrastre Teórica del bote

$$F_{BOTE} = 175 [N]$$

Fuerza de Arrastre Teórico del Cuerpo principal

$$F_{BOTE} = 1480.97 [N]$$

Error porcentual del bote

$$Error_{\%} = \frac{|175 - 183.11|}{175} \times 100\% = \mathbf{4.63\%}$$

Error porcentual del Cuerpo principal

$$Error_{\%} = \frac{|1480.97 - 1511.90|}{1480.97} \times 100\% = \mathbf{2.08\%}$$

Para concluir el proyecto del Bote Recolector de Desechos Flotantes para Ríos Amazónicos nos ha permitido aplicar y demostrar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, así como ganar nuevas destrezas que serán de gran utilidad para empezar el camino de nuestra vida profesional.

4.2 Trabajos Futuros

En el futuro se puede mejorar el diseño, primero se debería empezar por el cambio del suministro de energía, ya que al ser un dispositivo que ayuda al medio ambiente, debería ser capaz de utilizar energía limpia proveniente del sol, por esa razón, se detalla anteriormente el número de paneles solares, la resistencia del controlador de carga y número de baterías necesarias para el funcionamiento de dispositivo, sin la necesidad de recargar las baterías en tierra.

El dispositivo está diseñado para la colocación de módulos fotovoltaicos en la parte superior de los flotadores. La mayoría de este tipo de módulos son resistentes al agua, por lo tanto, no habría ningún problema con las salpicaduras que podrían presentarse.

Se aconseja cambiar el motor solo si se quiere reducir el consumo de energía, debido a que el motor fue donado por la Universidad San Francisco de Quito, se adaptó un sistema de energía mayor para cumplir con la exigencia del motor, igualmente se detalla la potencia necesaria para el funcionamiento de la banda transportadora en la sección de cálculos. Si se realiza el cambio de motor, se aconseja retirar las poleas si las revoluciones por minuto del nuevo motor son adecuadas para su funcionamiento. Debido a que el sistema de energía y control están separados, no habría ningún inconveniente en el cambio de motor.

Se puede adaptar un motor en la parte posterior del bote, para esto se debe dar vuelta, por lo tanto, la proa del bote debe quedar en dirección de la corriente, esto para que el dispositivo ya no sea estático y se pueda mover con un operario a través del río.

Se debe realizar el cambio de la estructura y componentes de la banda transportadora a elementos en acero inoxidable, esto con el fin de evitar la corrosión y alargar su vida útil. Es aconsejable empezar por los elementos que se encuentran sumergidos como las chumaceras, tambor de reenvío, templadores y parte de la estructura sumergida.

Se debe implementar un sistema de guías el cual salga de las guardas de la banda transportador, esto con el fin de ampliar la zona de recolecciones desechos.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almazán Gárate, J. L., Palomino Monzón, M. d., Paramio Cabrera, J. M., & Espinosa Goded, J. (2014). *Ingeniería Marítima: Sistemas de fondeo y anclaje*. Recuperado el 07 de Noviembre de 2021, de Universidad Politécnica de Madrid: www.almazaningenieros.es/data/archivo/Ingenieria%20Maritima.%20Sistemas%20de%20fondeo%20y%20anclaje.pdf
- Abdollahzadeh, H., Mozafari, B., & Jazaeri, M. (2015). A functional auxiliary module for 1st-zone conventional distance relays of double-circuit lines to eliminate high fault resistance-introduced under-reach. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 71, 315–326. <https://doi.org/10.1016/J.IJEPES.2015.03.013>
- Aya, K. (2011). Propuesta de un sistema de recolección, manejo, transporte y disposición de residuos sólidos con miras a la construcción de un arrecife artificial en Isla Fuerte, Cartagena. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7462/tesis634.pdf?sequence=1> el 15 de septiembre del 2021.
- Arduino CL, A. (20 de Noviembre de 2021). *Arduino.cl*. Obtenido de <https://arduino.cl/tienda/>
- Arribasplata, M. (10 de Octubre de 2021). *Andina*. Obtenido de <https://andina.pe/agencia/noticia-innovaciones-energia-solar-un-bote-riega-y-una-maquinahiladora-774222.aspx>
- Baquerizo, M., Acuña, M., & Solis-Castro, M. (2019). Contaminación de los ríos: caso río Guayas y sus afluentes. *Manglar*, 16(1), 63-70.

- Balaji, R., Sarkar, A., Anusiya devi, S. D., Sai Vandana, L., & Selokar, A. (2020). A novel design on high-capacity lithium-ion batteries prepared using advanced material: Leonite series. *Materials Today: Proceedings*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.523>
- Barras Quilez, F. (2008). Residuos Urbanos o Municipales. Recuperado el 28 de octubre de 2021, de Escuela de Negocios:
<https://static.eoi.es/savia/documents/componente45745.pdf>
- Beer, F., Johnston, R., Dewolf, J., & Mazurek, D. (2015). *Mechanic of Materials*. New York: McGraw Hill.
- Behar, O., Peña, R., Kouro, S., Kracht, W., Fuentealba, E., Moran, L., & Sbarbaro, D. (2021). The use of solar energy in the copper mining processes: A comprehensive review. *Cleaner Engineering and Technology*, 4, 100259.
<https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100259>
- Bosch. (10 de Octubre de 2021). *Bosch.com*. Obtenido de <https://www.bosch.com/products-and-services/mobility/>
- Budymas R, Nisbett J. (2015). *Mechanical Engineering Design*. New York: McGraw Hill.
- British Standard Institution. (2016). *Maritime works*. United Kingdom : BSI Standards Limited.
- Criollo, S., García, I., Benavides, P., & Paz, J. (2020). Minga para mi río: Dispositivo para limpieza del río. Tesis, Universidad San Francisco de Quito, Ingeniería Mecánica, Quito.
- Cronos belt. (2017). *Bandas transportadoras*. Recuperado el 07 de Noviembre de 2021, de <https://www.cronosbelt.com/web/bandas-transportadoras/>

- Dsouza, V. L., Dsouza, S. F., Sarosh, M., Kukkilaya, S., Chilimbi, V., & Fernandes, S. R. (2021). Remotely controlled boat for water quality monitoring and sampling. *Materials Today: Proceedings*, 47, 2391–2400. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2021.04.354>
- Encalada, A., Flecker, A., Poff, L., Suárez, E., Herrera, G., Ríos-Touma, B., . . . Anderson, E. (2019, septiembre 13). A global perspective on tropical montane rivers. *Science*, 1124- 1129. doi:10.1126/science.aax1682.
- Fondear. (10 de Octubre de 2021). *Fondear.org*. Obtenido de http://www.fondear.org/infonautic/Equipo_y_Usos/Electricidad_Energia/Baterias_y_tecnologias/Baterias_tecnologias.htm
- Guerrero, D., & Naranjo, D. (2019). Análisis del sistema de propulsión alimentado con energía solar para una canoa. Quito.
- Güell, J. (2015). Syrennis. Recuperado de <https://www.syrennis.com/informacion/46-caracteristicas> el 9 de septiembre de 2021.
- Lozano-luna, D. (2018). Revista del Diseño Innovativo Eficiencia en paneles solares Efficiency in solar panels. *Marzo*, 2(2), 9–21. www.ecorfan.org/taiwan
- Miller, C. (1 de Octubre de 2014). Profiles in garbage: Plastic Films. Obtenido de <https://www.waste360.com/paper-glass-plastic-aluminum/profiles-garbage-plastic-film>
- Munson, B., Young, D., & Okiishi, T. (2016). *Fundamentals of Fluid Mechanics*. Hoboken: Wiley.
- MIT. (18 de Noviembre de 2021). *MIT app inventor*. Obtenido de <https://appinventor.mit.edu/>
- Mouser. (15 de Noviembre de 2021). *Mouserelectronics*. Obtenido de <https://www.mouser.es/c/?q=7805%20regulator>

National Geographic. (2019, 4 noviembre). Interceptor: la nueva idea de The Ocean Cleanup contra el plástico. Recuperado de www.nationalgeographic.com.es. https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/interceptor-nuevo-aliado-contra-plastico_14875 el 15 de septiembre del 2021.

Quesada, C., Lloyd, J., Anderson, L., Fyllas, N., Schwarz, M., & Czimczik, C. (2011). Suelos de la Amazonia con particular referencia a los sitios RAINFOR. Recuperado el 07 de Noviembre de 2021, de <https://www.scribd.com/document/471121462/quesada-et-al-2011-en-es>.

Salinero, M. (13 de Octubre de 2013). Diseño de una banda transportadora mediante guide de matlab. Madrid, España.

Ricardo Francisco, N.-P. (2014). La tendencia del factor de cresta ayuda a detectar eventos nacientes; circuito electrónico, programas y aplicaciones a señales de diversos campos. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 15(1), 63–81. [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(15\)30007-X](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(15)30007-X)

Samaniego Idrovo, D. I., Orellana, V., & Fernando, D. (2016). *Diseño e implementación de un medidor de energía electrónico para vivienda, con orientación a la prevención de consumo y ahorro energético*.

The Naval Arch. (15 de Febrero de 2020). A simple method of selecting the right anchor for mooring a tanker/gas carrier. Recuperado el 07 de noviembre de 2021, de <https://www.thenavalarch.com/a-simple-method-of-selecting-the-right-anchor-formooring-a-vessel/>

Vélez, Peñafiel, P. A., Heredia, M., Barreno, S. N., & Chávez, J. F. (2019). Propuesta de sistema de gestión de residuos sólidos domésticos en la comunidad Waorani Gareno de la Amazonía ecuatoriana. *Ciencia y Tecnología (Quevedo, Ecuador)*, 12(2), 33–45. <https://doi.org/10.18779/cyt.v12i2.324>

White, F. (2011). *Fluid Mechanics*. New York: McGraw Hill.

Williams, L. (2020). Rid the rivers of rubbish [Plastics Pollution]. *Engineering & Technology*, 15(10), 64-67.

Yakiinov, P. I., & Iovev, A. N. (2019). Development of a Modern Learning Environment for Education in Mechatronics and Industrial Automation. *IFAC-PapersOnLine*, 52(25), 441–444. <https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2019.12.578>

6. ANEXO A: CONCEPTOS DE SELECCIÓN DE CONCEPTOS

Anexo A.1 Concepto 1 Selección del material del flotador

A.1.1 Evaluación del peso específico de cada criterio

Durabilidad > Precio = Practicidad					
Criterio	Durabilidad	Precio	Practicidad	$\Sigma+1$	Ponderación
Durabilidad	0	1	1	3	0,428
Precio	0	1	0,5	2,5	0,357
Practicidad	0	0,5	0	1,5	0,215
			Suma	7	1

A.1.2 Evaluación del peso específico de cada criterio

Tabla 40: Evaluación del peso específico del criterio Durabilidad

Opción 1 > Opción 2					
Criterio	Opción 1	Opción 2	$\Sigma+1$	Ponderación	
Opción 1	0	1	2	0,50	
Opción 2	1	0	2	0,50	
			Suma	4	1

A.1.3 Evaluación del peso específico de cada criterio

Tabla 41: Evaluación del peso específico del criterio Precio.

Opción 2 > Opción 1				
Criterio	Opción 1	Opción 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Opción 1	0	1	2	0,40
Opción 2	1	1	3	0,60
			5	1

A.1.4 Evaluación del peso específico de cada criterio

Tabla 42: Evaluación del peso específico del criterio Practicidad.

Opción 2 > Opción 1				
Criterio	Opción 1	Opción 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Opción 1	0	0	1	0,25
Opción 2	1	1	3	0,75
			4	1

A.1.5 Conclusiones

Tabla 43: Tabla de conclusiones.

Conclusión	Durabilidad	Precio	Practicidad	Σ	Prioridad
Opción 1	0,2142857	0,1428571	0,0535714	0,4107143	2
Opción 2	0,2142857	0,2142857	0,1607143	0,5892857	1

Anexo A.2 Concepto 2 Selección de posición

A.2.1 Evaluación del peso específico de cada criterio

Tabla 44: Criterios Ingenieriles de la Opción 2.

Durabilidad > Precio = Eficiencia					
Criterio	Durabilidad	Precio	Eficiencia	$\Sigma+1$	Ponderación
Durabilidad	0	1	1	3	0,5
Precio	0	0	0,5	1,5	0,25
Eficiencia	0	0,5	0	1,5	0,25
			Suma	6	1

A.2.2 Evaluación del peso específico del criterio de durabilidad

Tabla 45: Evaluación del peso específico del criterio Durabilidad.

Opción 1 = Opción 2 = Opción 3					
Criterio	Opción 1	Opción 2	Opción 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Opción 1	0	0,5	0,5	2	0,333
Opción 2	0,5	0	0,5	2	0,333
Opción 3	0,5	0,5	0	2	0,333
Suma				6	1

A.2.3 Evaluación del peso específico del criterio del precio

Tabla 46: Evaluación del peso específico del criterio Precio.

Opción 1 > Opción 2 > Opción 3					
Criterio	Opción 1	Opción 2	Opción 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Opción 1	0	1	1	3	0,500
Opción 2	0	0	1	2	0,333
Opción 3	0	0	0	1	0,167
Suma				6	1

A.2.4 Evaluación del peso específico del criterio de la eficiencia

Tabla 47: Evaluación del peso específico del criterio Eficiencia.

Opción 1 > Opción 2 = Opción 3					
Criterio	Opción 1	Opción 2	Opción 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Opción 1	0	1	1	3	0,5
Opción 2	0	0	0,5	1,5	0,25
Opción 3	0	0,5	0	1,5	0,25
Suma				6	1

A.2.5 Conclusiones

Tabla 48: :Tabla de conclusiones.

Conclusión	Durabilidad	Precio	Eficiencia	Σ	Prioridad
Opción 1	0,1665	0,125	0,125	0,4165	1
Opción 2	0,1665	0,08325	0,0625	0,31225	2
Opción 3	0,1665	0,04175	0,0625	0,27075	3

Anexo A.3 Concepto 3 Selección de componentes del sistema eléctrico

A.3.1 Evaluación del peso específico de cada criterio

Tabla 49: Criterio ingenieril seleccionado.

Ambiente > Precio=Autonomía					
Criterio	Precio	Autonomía	Ambiente	$\Sigma+1$	Pondera
Precio		0,5	0	1,5	0,25
Autonomía	0,5		0	1,5	0,25
Ambiente	1	1		3	0,5
Suma				6	1

A.3.2 Evaluación del peso específico del criterio de precio

Tabla 50: Evaluación criterio precio de sistema energético.

Evaluación de peso específico del criterio precio					
opción 1 = opción 3 < Opción 2					
Criterio	Opción 1	Opción 2	Opción 3	$\Sigma+1$	Pondera
Opción 1		0	0	1	0,167
Opción 2	1		1	3	0,500
Opción 3	0,5	0		2	0,333
Suma				6	1

A.3.3 Evaluación del peso específico del criterio de autonomía

Tabla 51: Evaluación criterio autonomía de sistema energético.

Evaluación de peso específico del criterio autonomía					
opción 1 = opción 3 > opción 2					
Criterio	Opción 1	Opción 2	Opción 3	$\Sigma+1$	Pondera
Opción 1		1	0,5	2,5	0,385
Opción 2	0		0,5	1,5	0,231
Opción 3	0,5	1		2,5	0,385
			Suma	6,5	1

A.3.4 Evaluación del peso específico del criterio de ambiente

Tabla 52: Evaluación criterio ambiente de sistema energético.

Evaluación de peso específico del criterio ambiente					
opción 1 = opción 3 = opción 2					
Criterio	Opción 1	Opción 2	Opción 3	$\Sigma+1$	Pondera
Opción 1		0,5	0,5	2	0,333
Opción 2	0,5		0,5	2	0,333
Opción 3	0,5	0,5		2	0,333
			Suma	6	1

A.3.5 Conclusiones

Tabla 53: Conclusiones de sistema energético.

Criterio	Precio	Autonomía	Ambiente	Σ	Prioridad
Opción 1	0,04	0,095	0,165	0,300	3
Opción 2	0,125	0,0575	0,165	0,348	1
Opción 3	0,0825	0,095	0,165	0,343	2

7. ANEXO B: GESTIÓN DE PROYECTOS

7.1 Anexo B.1 Diagrama de Gantt

Leyenda

Tabla 54: Estatus por color.

Realización	Completo	No completo	No iniciado
Color			

7.2 Anexo B.2 Presupuesto y Gastos del Bote Recolector de basura

Tabla 56: Costo del Bote Recolector de basura.

CANTIDAD	ELEMENTOS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	IVA	TOTAL	DETALLE
4	Tanques Plasticos	\$ 25,00	\$ 100,00	\$ 12,00	\$ 112,00	REEMBOLSAR INST. BIOSFERA (falta factura)
1	Plancha de acero inoxidable 314-3mm	\$ 267,86	\$ 267,86	\$ 32,14	\$ 300,00	REEMBOLSAR USFQ (ya tiene factura)
1	Componentes electricos	\$ 91,45	\$ 91,45	\$ 10,97	\$ 102,42	REEMBOLSAR INST. BIOSFERA (ya tiene factura)
2	Baterias	\$ 25,00	\$ 50,00	\$ 6,00	\$ 56,00	REEMBOLSAR INST. BIOSFERA (falta factura)
1	Poleas	\$ 11,00	\$ 11,00	\$ 1,32	\$ 12,32	REEMBOLSAR INST. BIOSFERA (falta factura)
1	Cinta para polea	\$ 15,00	\$ 15,00	\$ 1,80	\$ 16,80	REEMBOLSAR INST. BIOSFERA (falta factura)
20	Pernos y tuerca	\$ 0,30	\$ 6,00	\$ 0,72	\$ 6,72	REEMBOLSAR INST. BIOSFERA (falta factura)
14	Grilletes	\$ 0,25	\$ 3,50	\$ 0,42	\$ 3,92	REEMBOLSAR INST. BIOSFERA (falta factura)
1	Cable	\$ 5,00	\$ 5,00	\$ 0,60	\$ 5,60	REEMBOLSAR INST. BIOSFERA (falta factura)
1	Fibra de vidrio	\$ 30,00	\$ 30,00	\$ 3,60	\$ 33,60	REEMBOLSAR INST. BIOSFERA (falta factura)
1	Pintura	\$ 30,00	\$ 30,00	\$ 3,60	\$ 33,60	REEMBOLSAR INST. BIOSFERA (falta factura)
1	Mano de obra	\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 6,00	\$ 56,00	REEMBOLSAR INST. BIOSFERA (falta factura)
1	Trasporte y maniobras con brazo hidraulico	\$ 5,00	\$ 5,00	\$ 0,60	\$ 5,60	REEMBOLSAR INST. BIOSFERA (falta factura)
					\$ 744,59	
UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO (COSTO TOTAL)		\$ 300,00				
INSTITUTO BIOSFERA (COSTO TOTAL)		\$ 444,58				

NOTA: POR MEDIO DE LA USFQ SE ACORDO QUE EL INSTITUTO BIOSFERA NOS DARIA 300\$ DOLARES PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO.

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Valor
C. I 7805	1	0,45	0,45
Resistencias 1K	5	0,04	0,2
Display	1	6,7	6,7
Modulo HC	1	11,52	11,52
Arduino uno	1	22,5	22,5
Modulo TIP122	1	1,34	1,34
Protoboard	1	3,48	3,48
Celda HX711	1	3	3
Modulo 12C	1	3,4	3,4
Pulsador verde	1	1,34	1,34
Pulsador rojo	1	0,8	0,8
Sensor peso	1	6,96	6,96
Banda para polea	1	13	13
Caja de proyecto	1	5,09	5,09
Diferentes cables	1	9,08	9,08
Iva 12%			13,5624
TOTAL			102,4224

Figura 113: Costos de los Componentes eléctricos

8. ANEXOS C: PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS FLUIDOS.

8.1 Anexo C.1 Propiedades físicas de los fluidos a interactuar

Para determinar las propiedades físicas de los fluidos se utiliza el libro de Mecánica de fluidos de Munson, Young, & Okiishi y se asumirá que la temperatura promedio para ambos fluidos es 25 [°C].

■ Table B.2

Physical Properties of Water (SI Units)^a

Temperature (°C)	Density, ρ (kg/m ³)	Specific Weight ^b , γ (kN/m ³)	Dynamic Viscosity, μ (N · s/m ²)	Kinematic Viscosity, ν (m ² /s)	Surface Tension ^c , σ (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

^aBased on data from *Handbook of Chemistry and Physics*, 69th Ed., CRC Press, 1988.

^bDensity and specific weight are related through the equation $\gamma = \rho g$. For this table, $g = 9.807 \text{ m/s}^2$.

^cIn contact with air.

^dBased on data from R. D. Blevins, *Applied Fluid Dynamics Handbook*, Van Nostrand Reinhold Co., Inc., New York, 1984.

Figura 114: Propiedades físicas del agua (*Mecánica de Fluidos* by: Munson, Young, & Okiishi, 2016)

■ Table B.4

Physical Properties of Air at Standard Atmospheric Pressure (SI Units)^a

Temperature (°C)	Density, ρ (kg/m ³)	Specific Weight ^b , γ (N/m ³)	Dynamic Viscosity, μ (N · s/m ²)	Kinematic Viscosity, ν (m ² /s)	Specific Heat Ratio, k (—)	Speed of Sound, c (m/s)
-40	1.514	14.85	1.57 E - 5	1.04 E - 5	1.401	306.2
-20	1.395	13.68	1.63 E - 5	1.17 E - 5	1.401	319.1
0	1.292	12.67	1.71 E - 5	1.32 E - 5	1.401	331.4
5	1.269	12.45	1.73 E - 5	1.36 E - 5	1.401	334.4
10	1.247	12.23	1.76 E - 5	1.41 E - 5	1.401	337.4
15	1.225	12.01	1.80 E - 5	1.47 E - 5	1.401	340.4
20	1.204	11.81	1.82 E - 5	1.51 E - 5	1.401	343.3
25	1.184	11.61	1.85 E - 5	1.56 E - 5	1.401	346.3
30	1.165	11.43	1.86 E - 5	1.60 E - 5	1.400	349.1
40	1.127	11.05	1.87 E - 5	1.66 E - 5	1.400	354.7
50	1.109	10.88	1.95 E - 5	1.76 E - 5	1.400	360.3
60	1.060	10.40	1.97 E - 5	1.86 E - 5	1.399	365.7
70	1.029	10.09	2.03 E - 5	1.97 E - 5	1.399	371.2
80	0.9996	9.803	2.07 E - 5	2.07 E - 5	1.399	376.6
90	0.9721	9.533	2.14 E - 5	2.20 E - 5	1.398	381.7
100	0.9461	9.278	2.17 E - 5	2.29 E - 5	1.397	386.9
200	0.7461	7.317	2.53 E - 5	3.39 E - 5	1.390	434.5
300	0.6159	6.040	2.98 E - 5	4.84 E - 5	1.379	476.3
400	0.5243	5.142	3.32 E - 5	6.34 E - 5	1.368	514.1
500	0.4565	4.477	3.64 E - 5	7.97 E - 5	1.357	548.8
1000	0.2772	2.719	5.04 E - 5	1.82 E - 4	1.321	694.8

^aBased on data from R. D. Blevins, *Applied Fluid Dynamics Handbook*, Van Nostrand Reinhold Co., Inc., New York, 1984.^bDensity and specific weight are related through the equation $\gamma = \rho g$. For this table $g = 9.807 \text{ m/s}^2$.

Figura 115: Propiedades físicas del aire (*Mecánica de fluidos by: Munson, Young, & Okiishi, 2016*)

Propiedades de los fluidos

Se utilizará la interpolación para obtener las propiedades físicas del agua a 25 [°C].

$$\frac{(x - x_o)}{(x_1 - x_o)} = \frac{(y - y_o)}{(y_1 - y_o)}$$

De acuerdo con la Ilustración 1, las propiedades físicas del agua son:

$$\rho_{T=20^\circ} = 998.2 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$\rho_{T=30^\circ} = 995.7 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

Se procede a interpolar, considerando como incógnita $\rho_{T=25^\circ}$.

$$\frac{25 [^\circ\text{C}] - 20 [^\circ\text{C}]}{30 [^\circ\text{C}] - 20 [^\circ\text{C}]} = \frac{\rho_{T=25^\circ} - 998.2 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]}{995.7 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] - 998.2 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]}$$

$$\rho_{T=25^\circ} = \rho_w = 996.95 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

La densidad del agua salada se promedia a 25 [°C], 1028.05 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$ (Guerrero & Naranjo, 2019).

$$\rho_w = 1012.5 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

También, se determinará la viscosidad cinética del agua, usando el mismo proceso de interpolación.

$$v_{T=20^\circ} = 1.004 * 10^{-6} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$$

$$v_{T=30^\circ} = 8.009 * 10^{-7} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$$

$$\frac{25 [^\circ\text{C}] - 20 [^\circ\text{C}]}{30 [^\circ\text{C}] - 20 [^\circ\text{C}]} = \frac{v_{T=25^\circ} - 1.004 * 10^{-6} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]}{8.009 * 10^{-7} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right] - 1.004 * 10^{-6} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]}$$

$$v_{T=25^\circ} = v_w = 8.70 * 10^{-7} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$$

De acuerdo con la Ilustración 2 de propiedades físicas del aire, se determinará la densidad, usando el proceso de interpolación.

$$\rho_{T=20^\circ} = 1.204 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$\rho_{T=30^\circ} = 1.184 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

Se procede a interpolar

$$\frac{25 [^{\circ}\text{C}] - 20 [^{\circ}\text{C}]}{30 [^{\circ}\text{C}] - 20 [^{\circ}\text{C}]} = \frac{\rho_{T=25^{\circ}} - 1.204 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]}{1.184 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] - 1.204 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]}$$

$$\rho_{T=25^{\circ}} = \rho_a = 1.19 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

9. ANEXOS D: CÁLCULOS FLOTACIÓN Y ESTABILIDAD DE LA CANOA

9.1 Anexo D.1 Volumen de la canoa

Mediante IProperties de Inventor se obtiene el valor del volumen de la canoa:

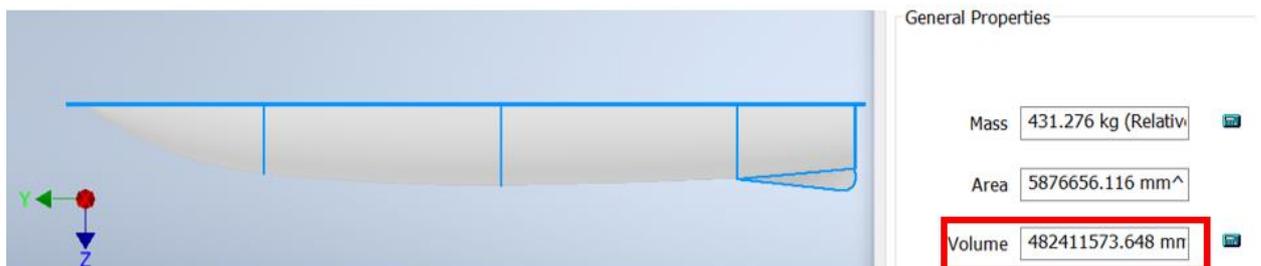


Figura 116: Volumen de la canoa.

9.2 Anexo D.2 Volumen sumergido de la canoa

Mediante IProperties de Inventor se obtiene el valor del volumen sumergido de la canoa:



Figura 117: Volumen sumergido de la canoa.

9.3 Anexo D.3 Centro de flotación, centro de gravedad y segundo momento de área de la canoa

Mediante IProperties de Inventor se obtiene el centro de gravedad y el centro de flotación:

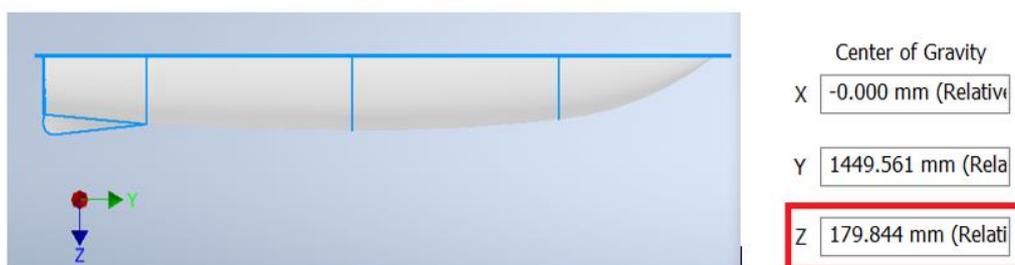


Figura 118: Centro de gravedad.



Figura 119: Centro de flotación.

Mediante Region Properties de Inventor se obtiene el momento de cada área:

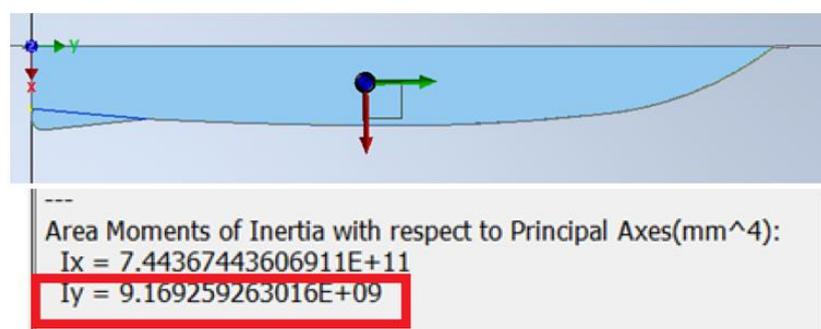


Figura 120: Segundo momento de inercia.

9.4 Anexo D.4 Centro de flotación, centro de gravedad y segundo momento de

área de la canoa + basura.

Mediante IProperties de Inventor se obtiene el centro de gravedad y el centro de flotación:

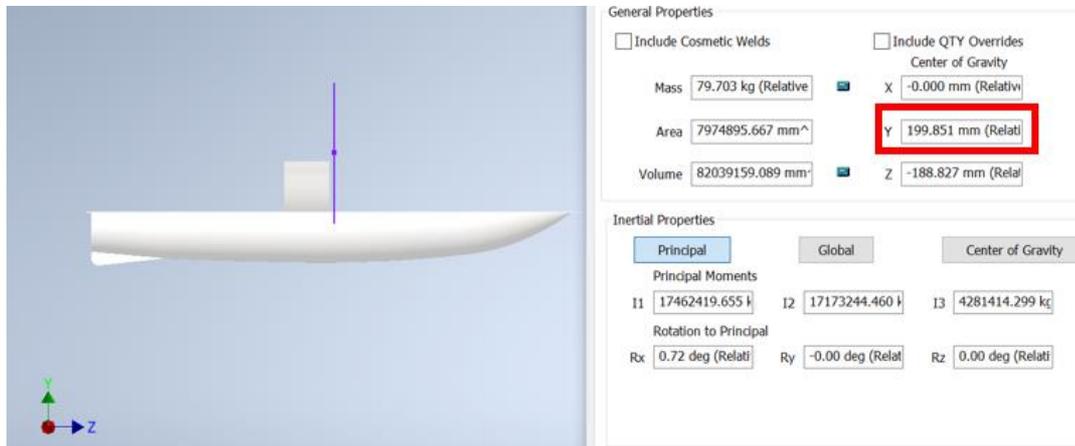


Figura 121: Centro de gravedad.

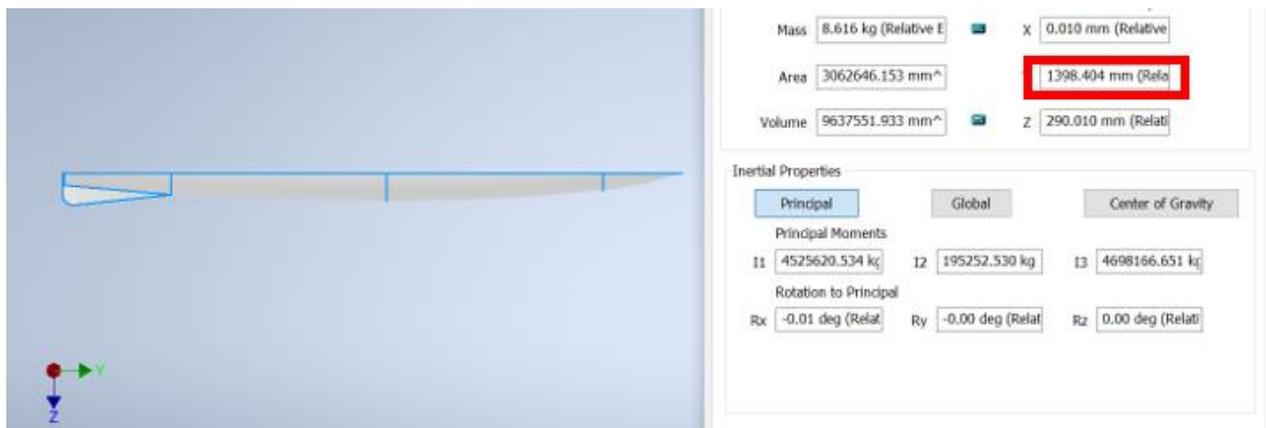


Figura 122: Centro de flotación.

Mediante Región IProperties de Inventor se obtiene el momento de cada área:

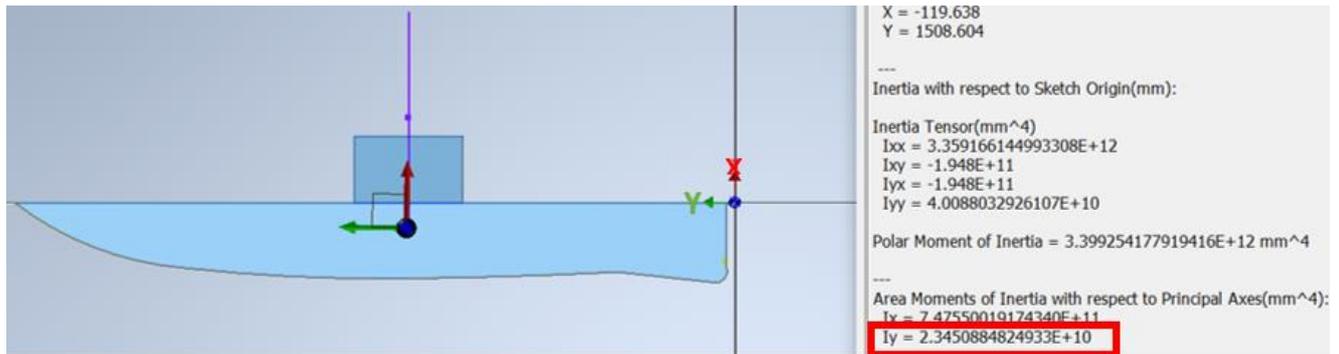


Figura 123: Segundo momento de inercia.

9.5 Anexo D.5 Superficie en contacto con el aire y el agua

Mediante IProperties de Inventor se obtiene el Área en contacto con el agua y el aire.

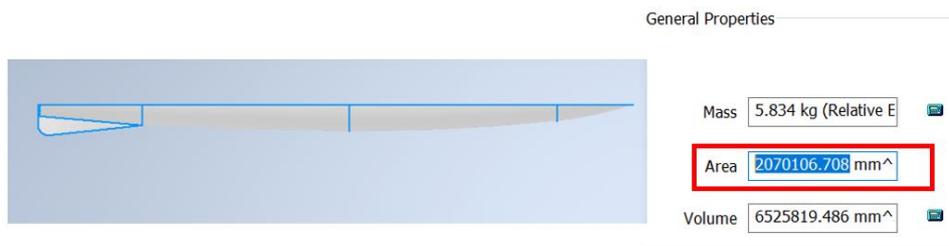


Figura 124: Superficie en contacto con el agua.



Figura 125: Superficie en contacto con el aire.

10. ANEXOS E: CÁLCULOS FLOTACIÓN Y ESTABILIDAD DE LOS FLOTADORES

10.1 Anexo E.1 Volumen del flotador

Mediante IProperties de Inventor se obtiene el valor del volumen del flotador:

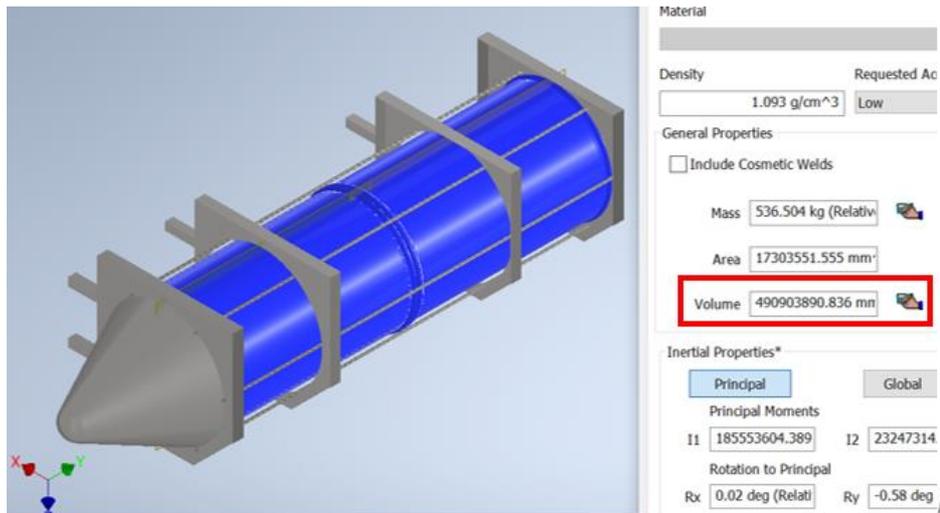


Figura 126: Volumen del flotador.

10.2 Anexo E.2 Masa del flotador

Mediante IProperties de Inventor se obtiene el valor de la masa de la estructura:

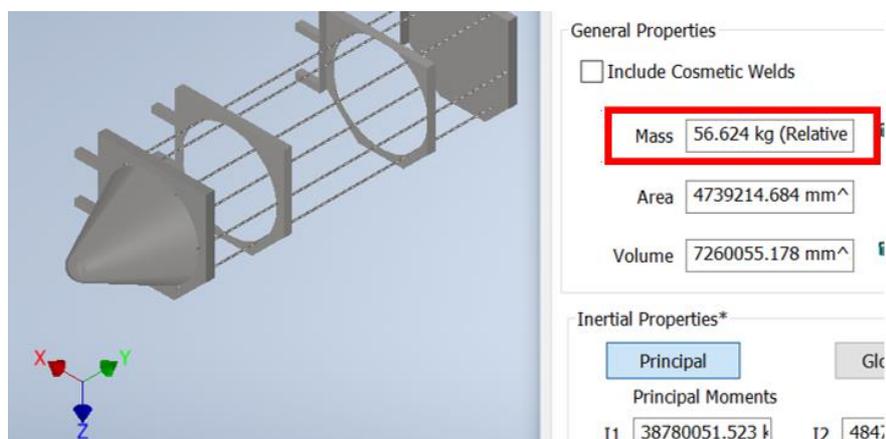


Figura 127: Masa de la estructura.

10.3 Anexo E.3 Volumen sumergido del flotador

Mediante IProperties de Inventor se obtiene el valor del volumen sumergido del flotador:

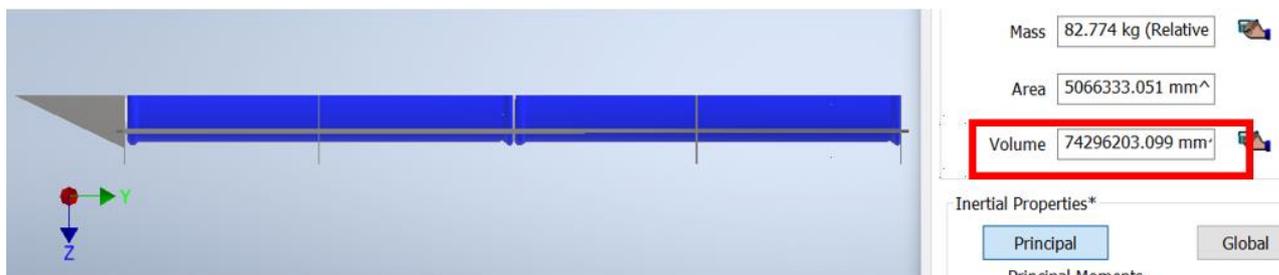


Figura 128: Volumen sumergido del flotador.

10.4 Anexo E.4 Centro de flotación, centro de gravedad y segundo momento de área del flotador

Mediante IProperties de Inventor se obtiene el centro de gravedad y el centro de flotación:

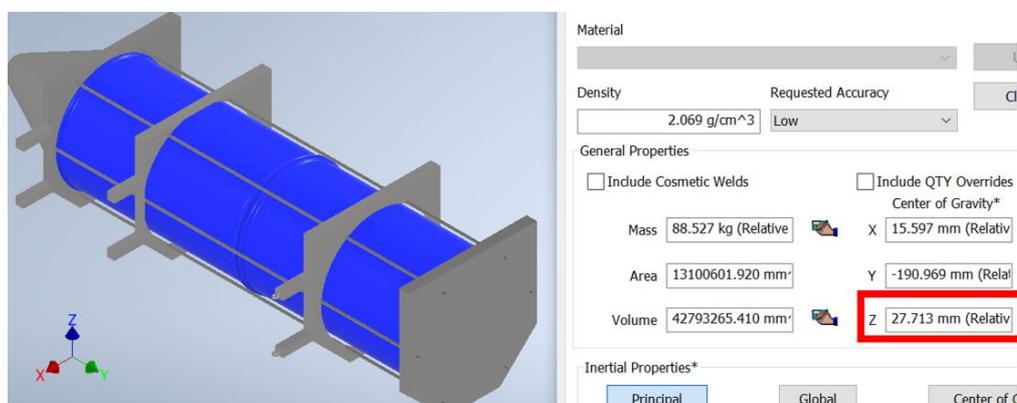


Figura 129: Centro de gravedad.

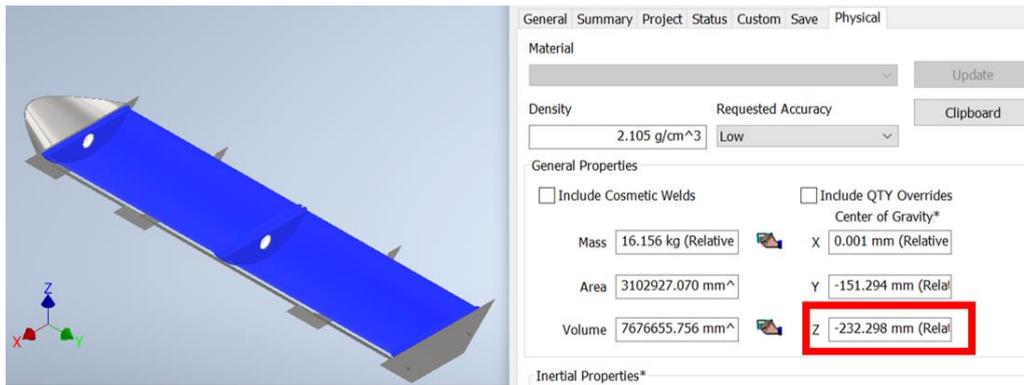


Figura 130: Centro de flotación.

Mediante Región IProperties de Inventor se obtiene el momento de cada área:

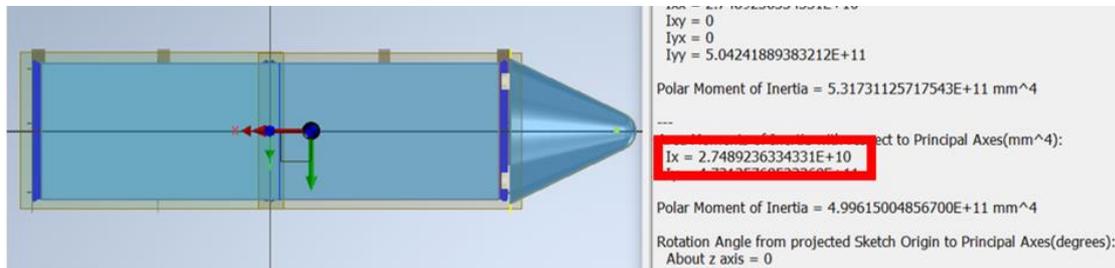


Figura 131: Segundo momento de inercia.

Ya que se utiliza dos flotadores la inercia:

$$I = 0.0274 [m^4] * 2$$

$$I = 0.0548 [m^4]$$

10.5 Anexo E.5 Superficie en contacto con el aire y el agua

Mediante IProperties de Inventor se obtiene el Área en contacto con el agua y el aire.

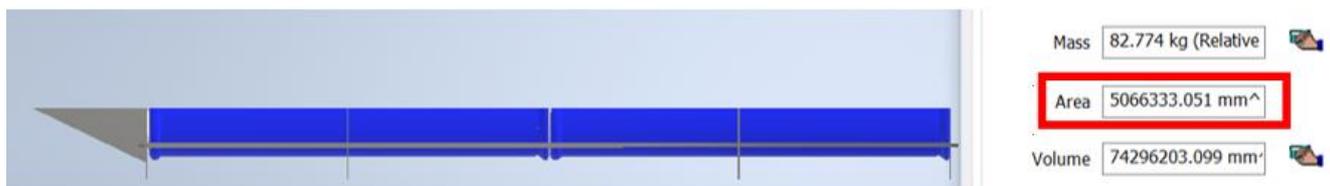


Figura 132: Superficie en contacto con el agua.

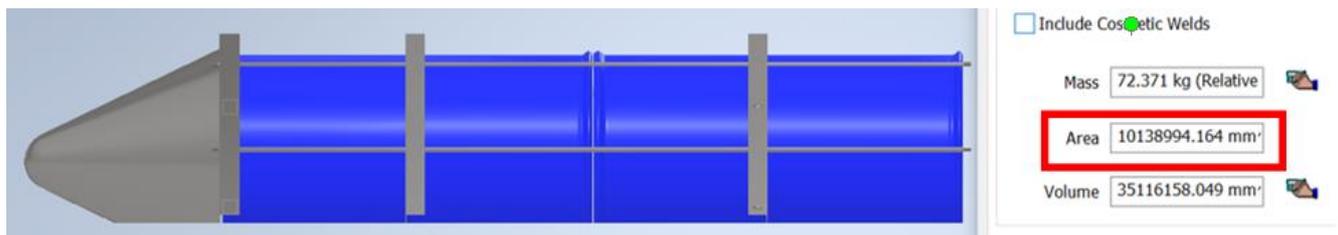


Figura 133: Superficie en contacto con el aire.

11. ANEXOS F: CÁLCULOS FLOTACIÓN DEL DISPOSITIVO

11.1 Anexo F.1 Masa del dispositivo

Mediante IProperties de Inventor se obtiene el valor de la masa del dispositivo:

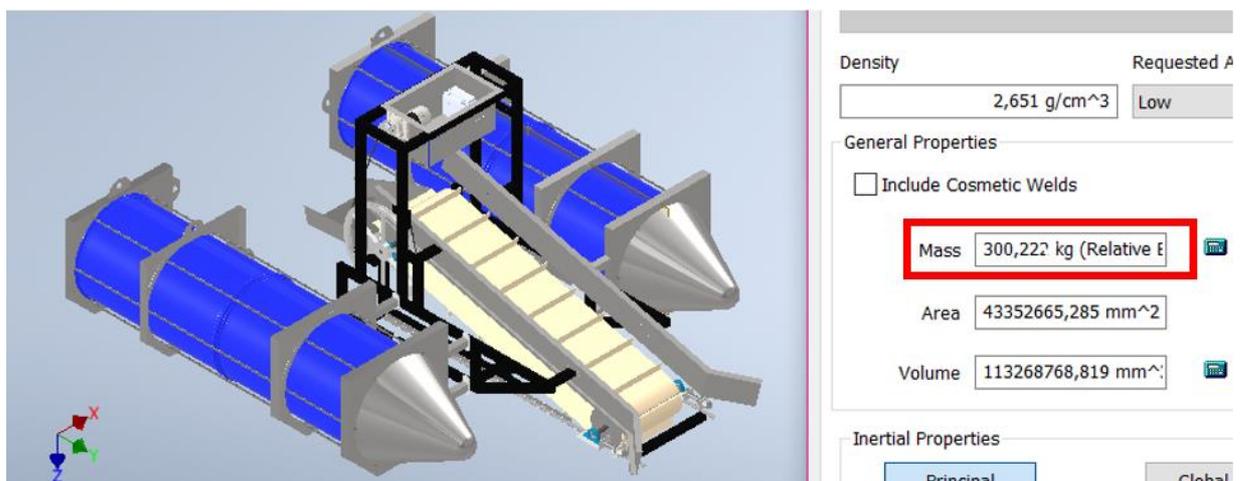


Figura 134: Masa del dispositivo.

11.2 Anexo F.2 Masa de la banda transportadora

Mediante IProperties de Inventor se obtiene el valor de la masa de la banda transportadora:

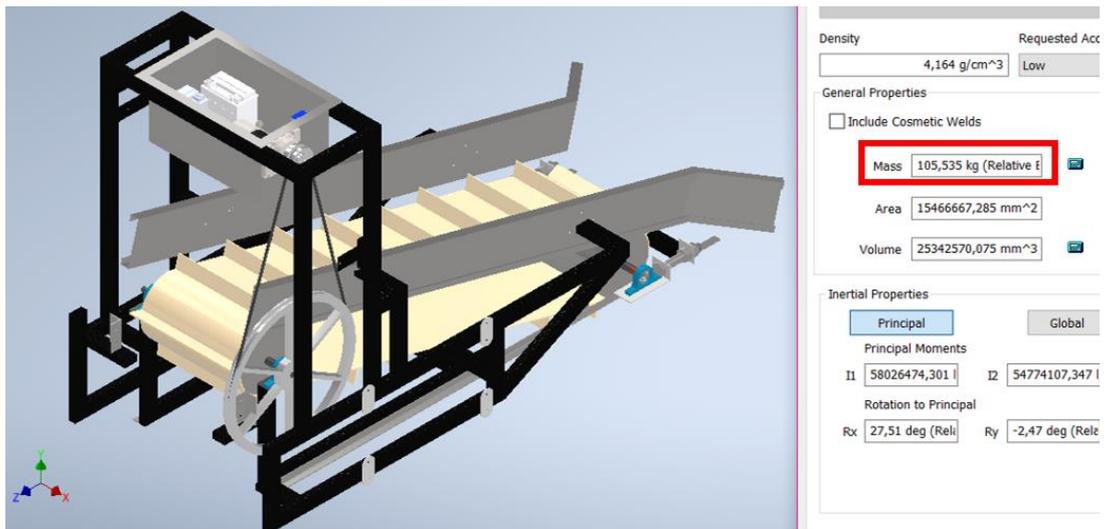


Figura 135: Masa de la banda transportadora.

11.3 Anexo F.3 Volumen sumergido con el peso total de la banda transportadora.

Mediante IProperties de Inventor se obtiene el valor del volumen sumergido:

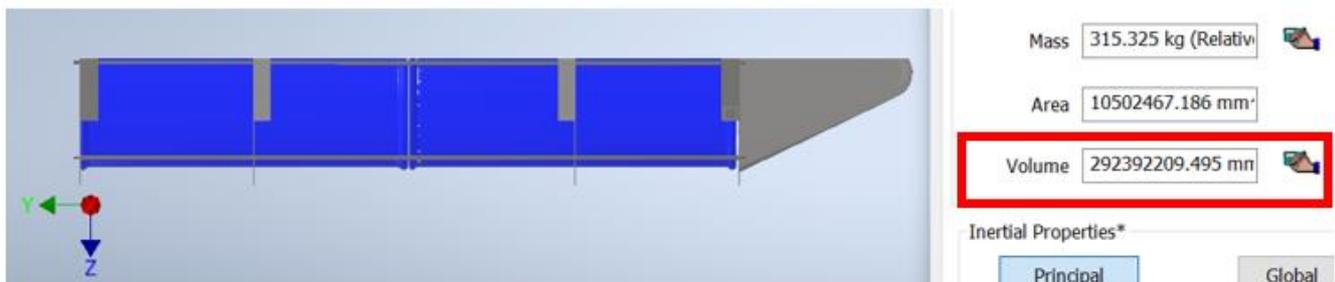


Figura 136: Volumen sumergido de los flotadores con el peso de la banda transportadora.

11.4 Anexo F.4 Centro de flotación, centro de gravedad y segundo momento de

área del flotador

Mediante IProperties de Inventor se obtiene el centro de gravedad y el centro de flotación:

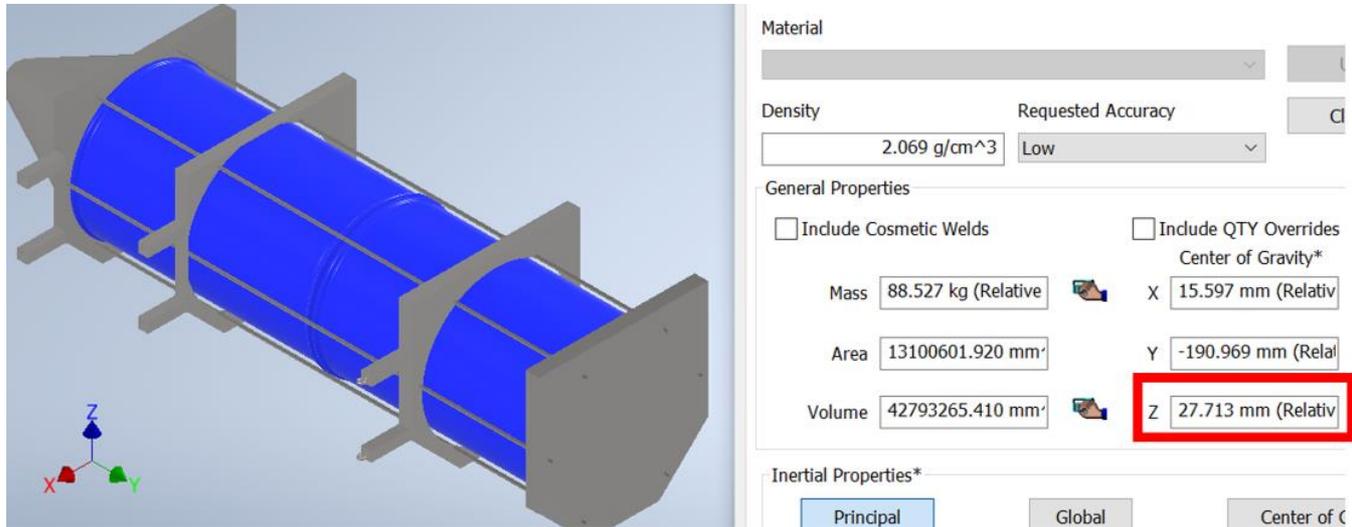


Figura 137: Centro de gravedad.

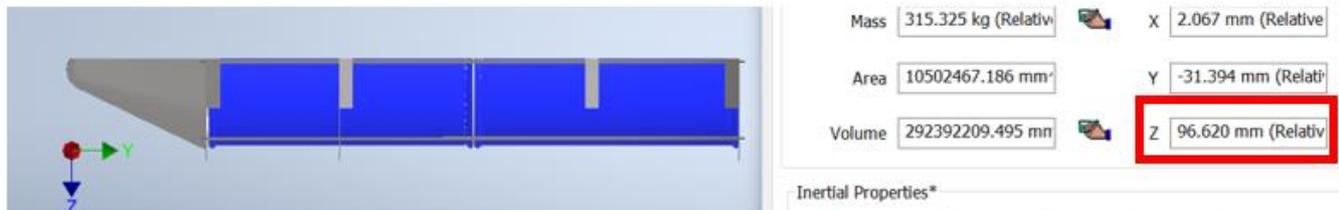


Figura 138: Centro de flotación.

Mediante Region Properties de Inventor se obtiene el momento de cada área:

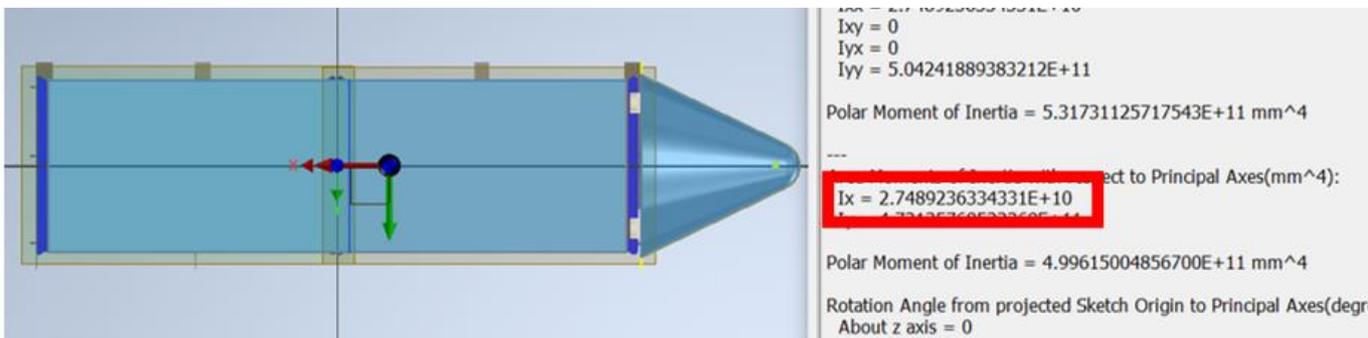


Figura 139: Segundo momento de inercia.

Ya que se utiliza dos flotadores la inercia:

$$I = 0.0274 [m^4] * 2$$

$$I = 0.0548[m^4]$$

11.5 Anexo F.5 Superficie en contacto con el aire y el agua

Mediante IProperties de Inventor se obtiene el Área en contacto con el agua y el aire.

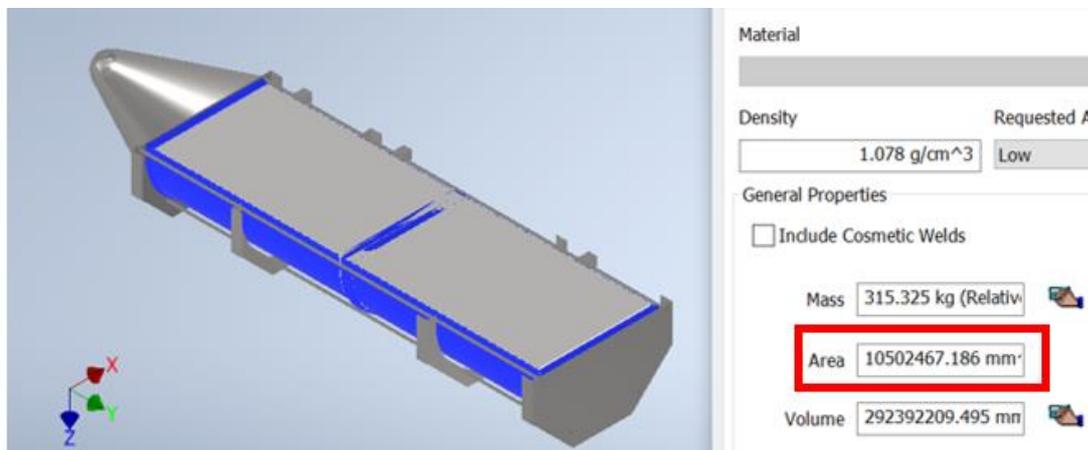


Figura 140: Superficie en contacto con el agua.

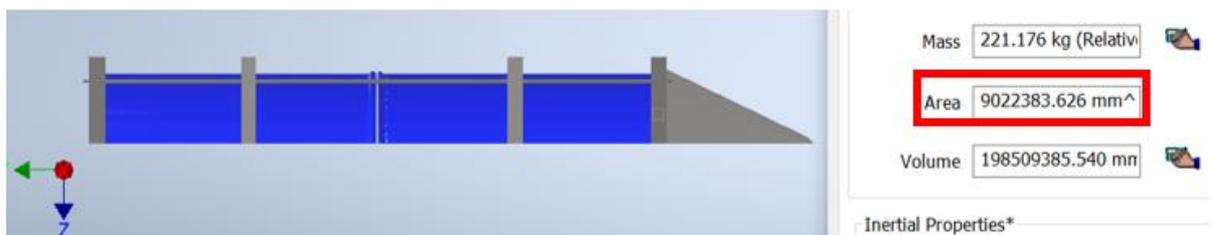


Figura 141: Superficie en contacto con el aire.

12. ANEXOS G: DISEÑO DEL SISTEMA DE TRASPORTACIÓN

12.1 Anexo G.1 Espesor de carcasa

TIPO DE CARCASA MÁS USUALES TIPO DE CARÇAÇA MAIS COMUN		
EP - CARCASA EP-CARÇAÇA	PESO KG/M ²	ESPESOR MM.
EP-250/2	2,6	2,1
EP-400/3	3,8	3
EP-500/3	3,9	3,2

Figura 142: Espesor de carcasa (Cronos belt, 2017)

12.2 Anexo G.2 Calidades de cobertura normativa DIN 22102

CALIDADES - REVESTIMIENTOS QUALIDADE - REVESTIMENTOS								
TIPO TIPO	ABRASIÓN MÁX. ABRASÃO MAX. (MM ³)	DUREZA DUREZA (°SHA)	DENSIDAD DENSIDADE (G/CM ³)	ALARGAMIENTO MIN. ALONGAMENTO MIN. (%)	CARGA ROTURA MIN. RESISTENCIA À ATRACÇÃO (MPA)	BASE ELASTÓMERO ELASTÓMERO DE BASE	RANGO T* RANGO T* (°C)	NORMA 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 ÁCIDOS, ETC.)

Figura 143: Calidades de cobertura (Cronos belt, 2017)

12.3 Anexo G.3 Calidades de la cobertura según normativa DIN 22102

Bandas transportadoras

Tipos	Normas	Propiedades
REFORT MOR	DIN 22102 G	Banda transportadora moderadamente resistente a los aceites animales y vegetales. Abrasión 160 mm ³
REFORT OR	DIN 22102 G	Alta resistencia a aceites minerales. Abrasión 200 mm ³ .

Figura 144: Calidades de cobertura de acuerdo con la normativa (Cronos belt, 2017)

13. ANEXO H: SIMULACIÓN DE SISTEMA ELECTRÓNICO

13.1 Anexo H.1: Sistema electrónico con 0 [kg] aplicado.

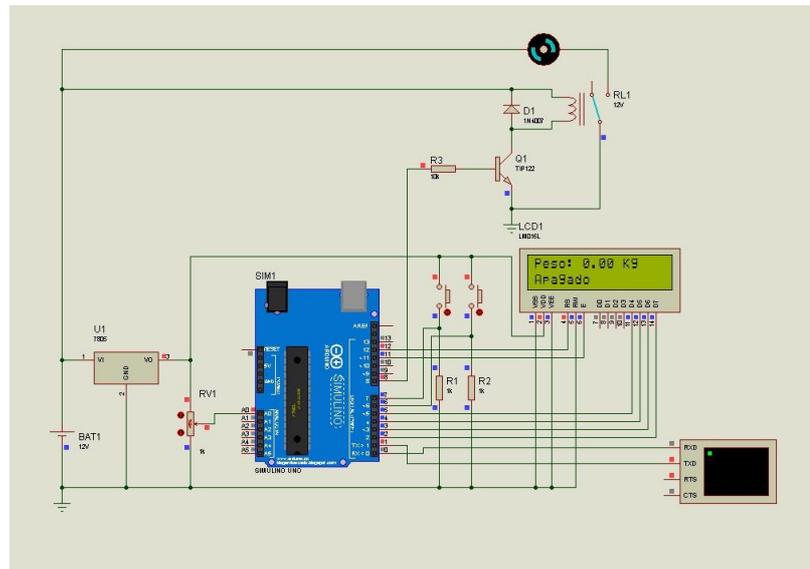


Figura 145: Pruebas sistema electrónico funcional 1.

13.2 Anexo H.2: Sistema electrónico con 11.2 [kg] aplicado.

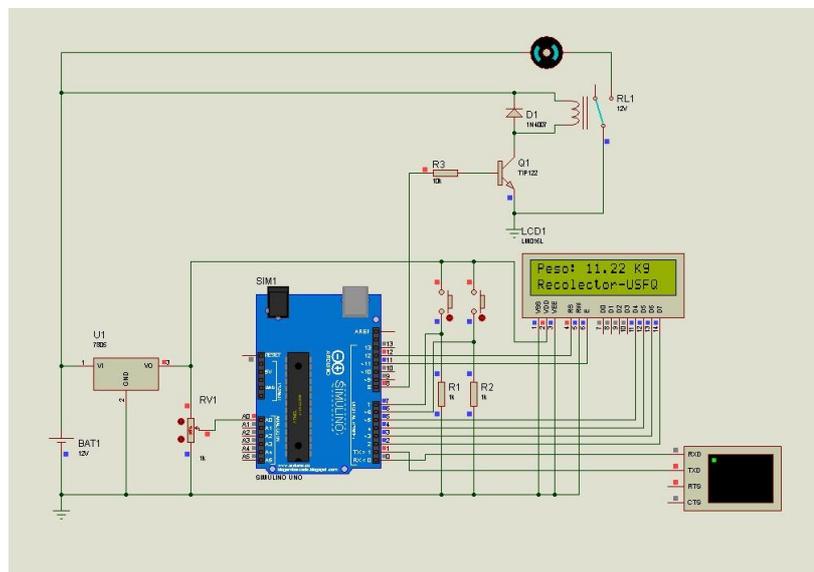


Figura 146: Pruebas sistema electrónico funcional 2.

13.3 Anexo H.3: Sistema electrónico armado en protoboard.

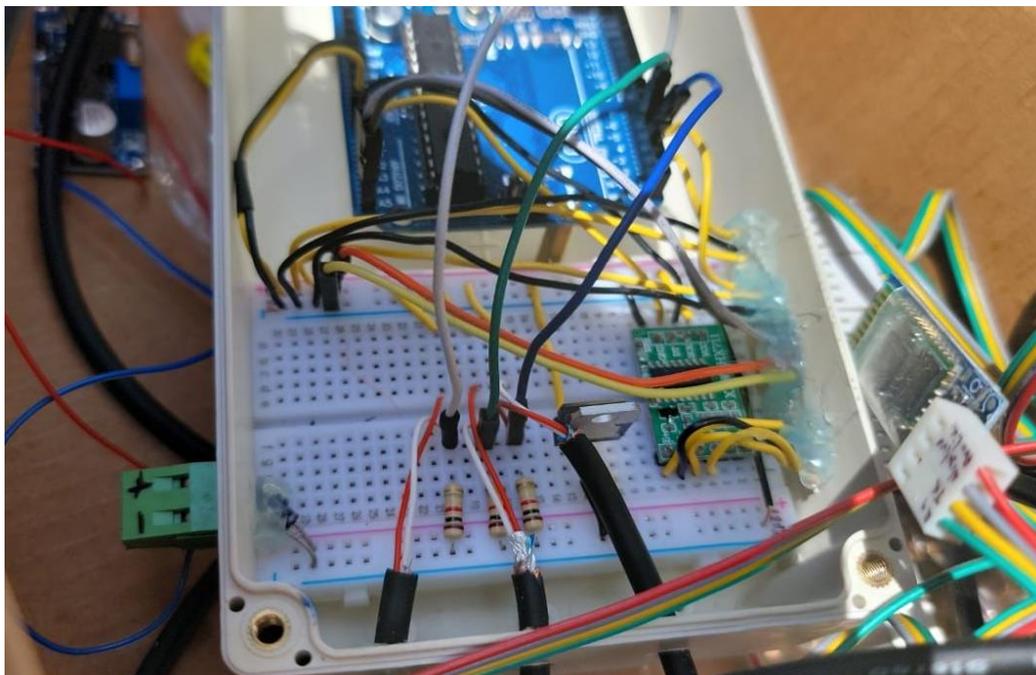


Figura 147: Circuito armado en proboboard.

13.3 Anexo H.4: Sistema electrónico armado en placa.



Figura 148: Circuito armado en placa.

13.3 Anexo H.3: Código de Arduino

```

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "HX711.h"

#define DOUT A1
#define CLK A0

HX711 balanza;
LiquidCrystal_I2C lcd (0x27,16,2);
int screenWidth = 16;
int screenHeight = 16;
String line1 = "Peso (kg)= ";
String line2 = "Proyecto Bote Recolector - USFQ";
int stringStart , stringStop = 0;
int scrollCursor = screenWidth;

int apagar=0;
int encender=0;
int estado=0;
int estadoblue=0;
int bluetooth;
int Pul_Selecc=5;
int Pul_Encen=3;
int Pul_Apag=4;
int motor = 2;
float valor=1;

void setup()
{
  pinMode(motor, OUTPUT);
  pinMode(Pul_Encen, INPUT);
  pinMode(Pul_Apag, INPUT);
  pinMode(Pul_Selecc, INPUT);
  balanza.begin(DOUT, CLK);
  Serial.begin(9600);
  balanza.set_scale(103470.644838192);
  balanza.tare(20);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
}

void loop()
{
  estadoblue=digitalRead(Pul_Selecc);

  if(estadoblue == 0)
  {
    encender=digitalRead(Pul_Encen);
    apagar=digitalRead(Pul_Apag);

    if((encender == 1 ) && (apagar == 0))
    {
      estado = 1;
      delay(500);
    }
  }
}

```

```

if((encender == 0 ) && (apagar == 1))
{
    estado = 0;
    delay(500);
}

if (estado == 1)
{
    valor=(balanza.get_units(20)*-1);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor (0,0);
    lcd.print (line1);
    lcd.setCursor (11,0);
    lcd.print (valor,3);
    lcd.setCursor (scrollCursor, 1);
    lcd.print(line2.substring(stringStart, stringStop));

    if(stringStart == 0 && scrollCursor > 0)
    {
        scrollCursor--;
        stringStop++;
    }
    else if(stringStart == stringStop)
    {
        stringStart = stringStop = 0;
        scrollCursor = screenWidth;
    }
    else if (stringStop == line2.length() && scrollCursor
== 0)
    {
        stringStart++;
    }
    else
    {
        stringStart++;
        stringStop++;
    }
    if (valor <= 19.5)
    {
        digitalWrite(motor,HIGH);
    }
    if (valor >= 20)
    {
        digitalWrite(motor,LOW);
    }
}
else
{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor (0,0);
    lcd.print ("APAGADO");
    digitalWrite(motor,LOW);
    delay (400);
}

}

if(estadoblue == 1)
{
    if(Serial.available(>0)
    {

```

```

        bluetooth= Serial.read();
    }
    if (bluetooth == '1')
    {
        valor=(balanza.get_units(20)*-1);
        lcd.clear();
        lcd.setCursor (0,0);
        lcd.print (line1);
        lcd.setCursor (11,0);
        lcd.print (valor,3);
        lcd.setCursor (scrollCursor, 1);
        lcd.print(line2.substring(stringStart, stringStop));

        if(stringStart == 0 && scrollCursor > 0)
        {
            scrollCursor--;
            stringStop++;
        }
        else if(stringStart == stringStop)
        {
            stringStart = stringStop = 0;
            scrollCursor = screenWidth;
        }
        else if (stringStop == line2.length() && scrollCursor ==
0)
        {
            stringStart++;
        }
        else
        {
            stringStart++;
            stringStop++;
        }
        if (valor <= 19.5)
        {
            digitalWrite(motor,HIGH);
        }
        if (valor >= 20)
        {
            digitalWrite(motor,LOW);
        }
    }
    else
    {
        lcd.clear();
        lcd.setCursor (0,0);
        lcd.print ("APAGADO");
        digitalWrite(motor,LOW);
        delay (400);
    }
}
}
}

```

14. ANEXO I: PLANOS INGENIERILES

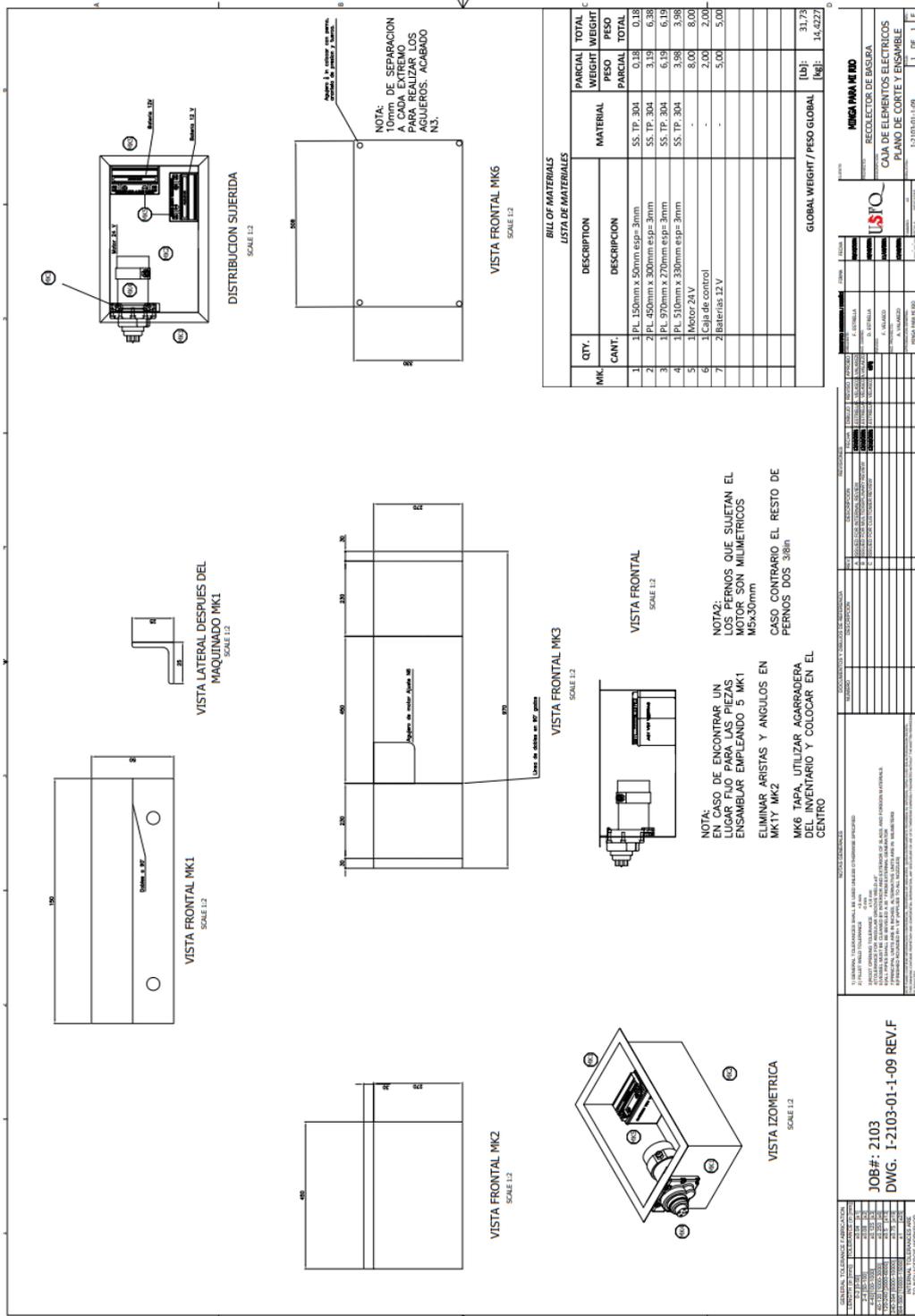


Figura 149: Plano Caja de elementos eléctricos.

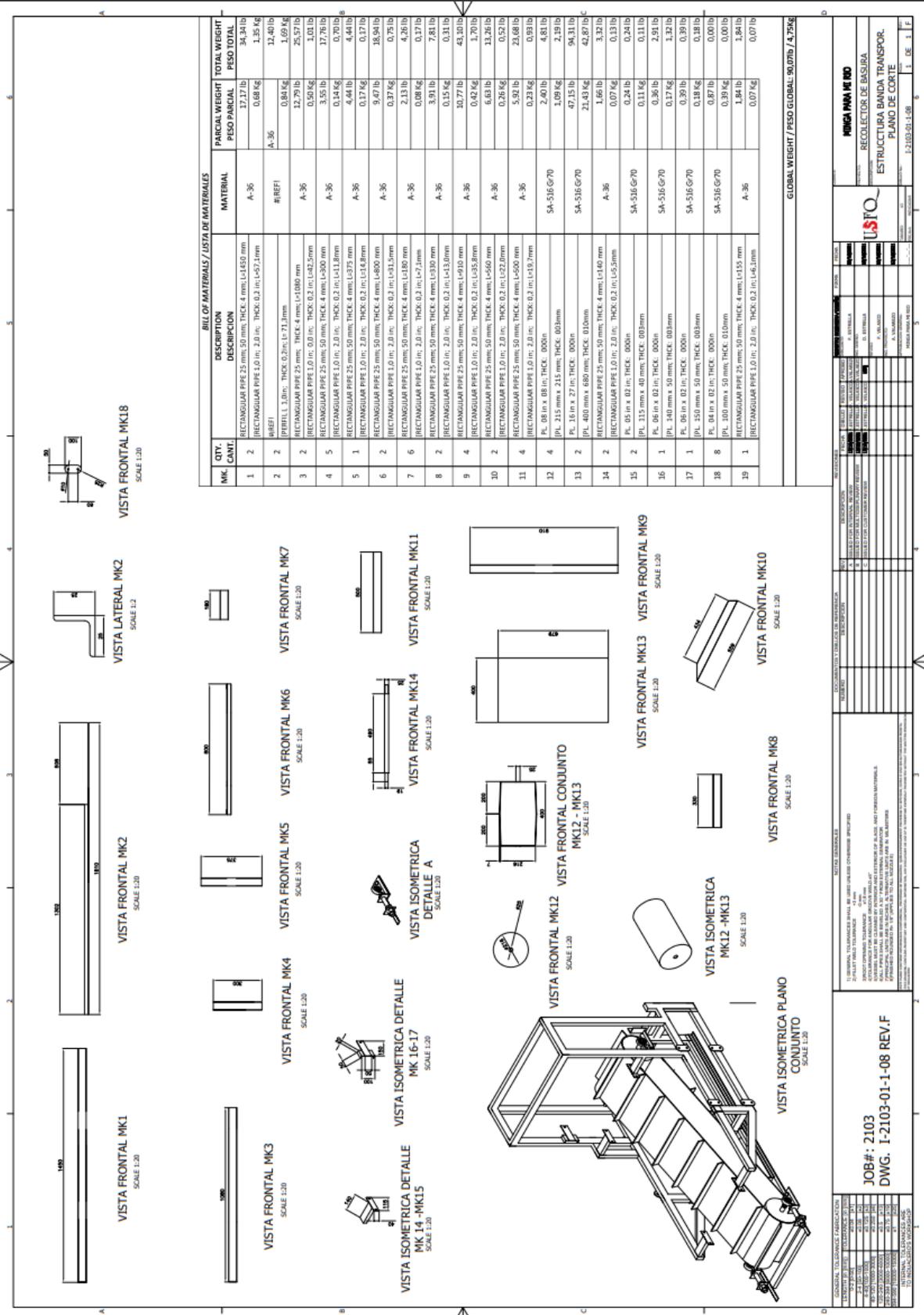


Figura 150: Plano de detalle estructura banda transportadora.

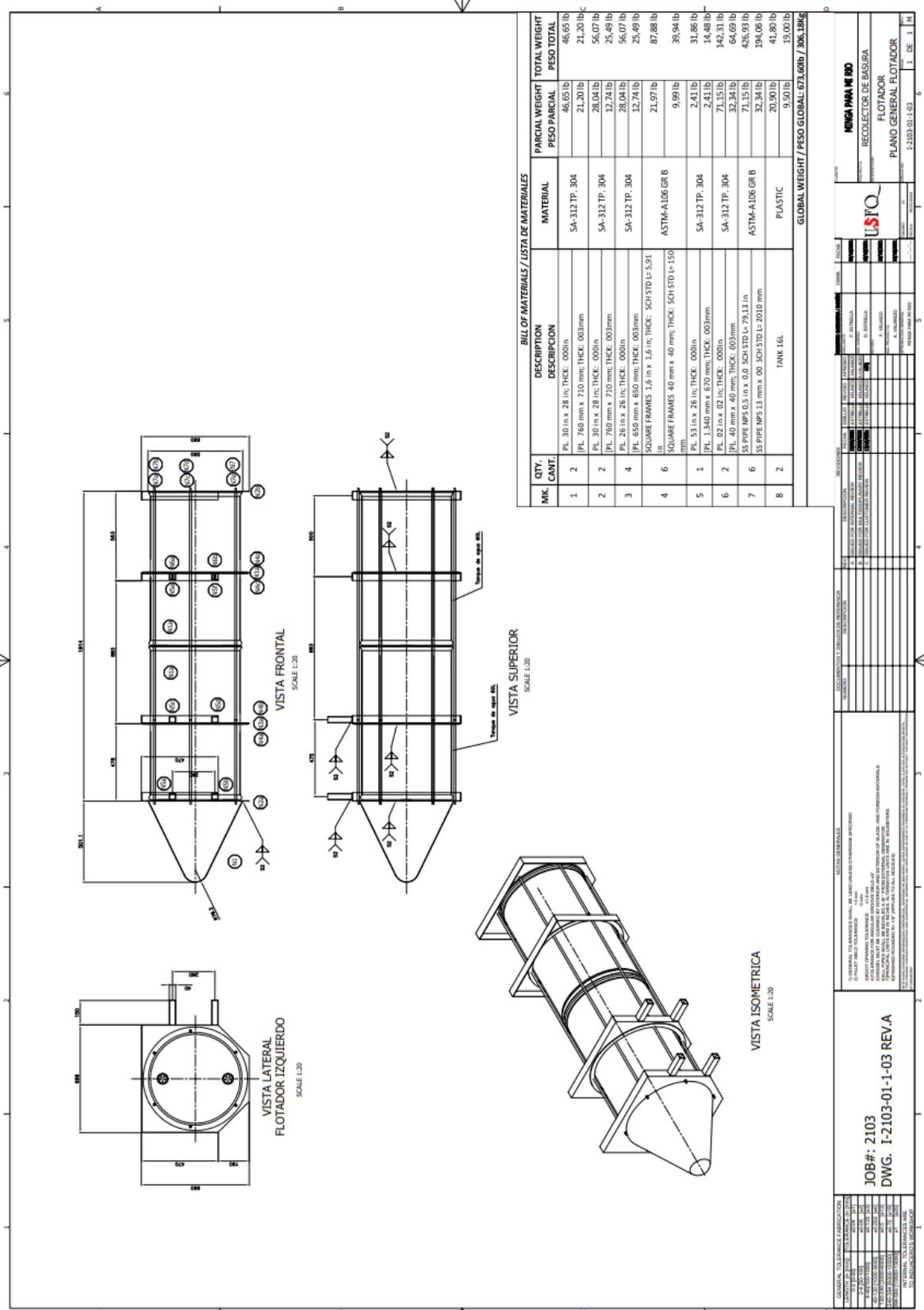
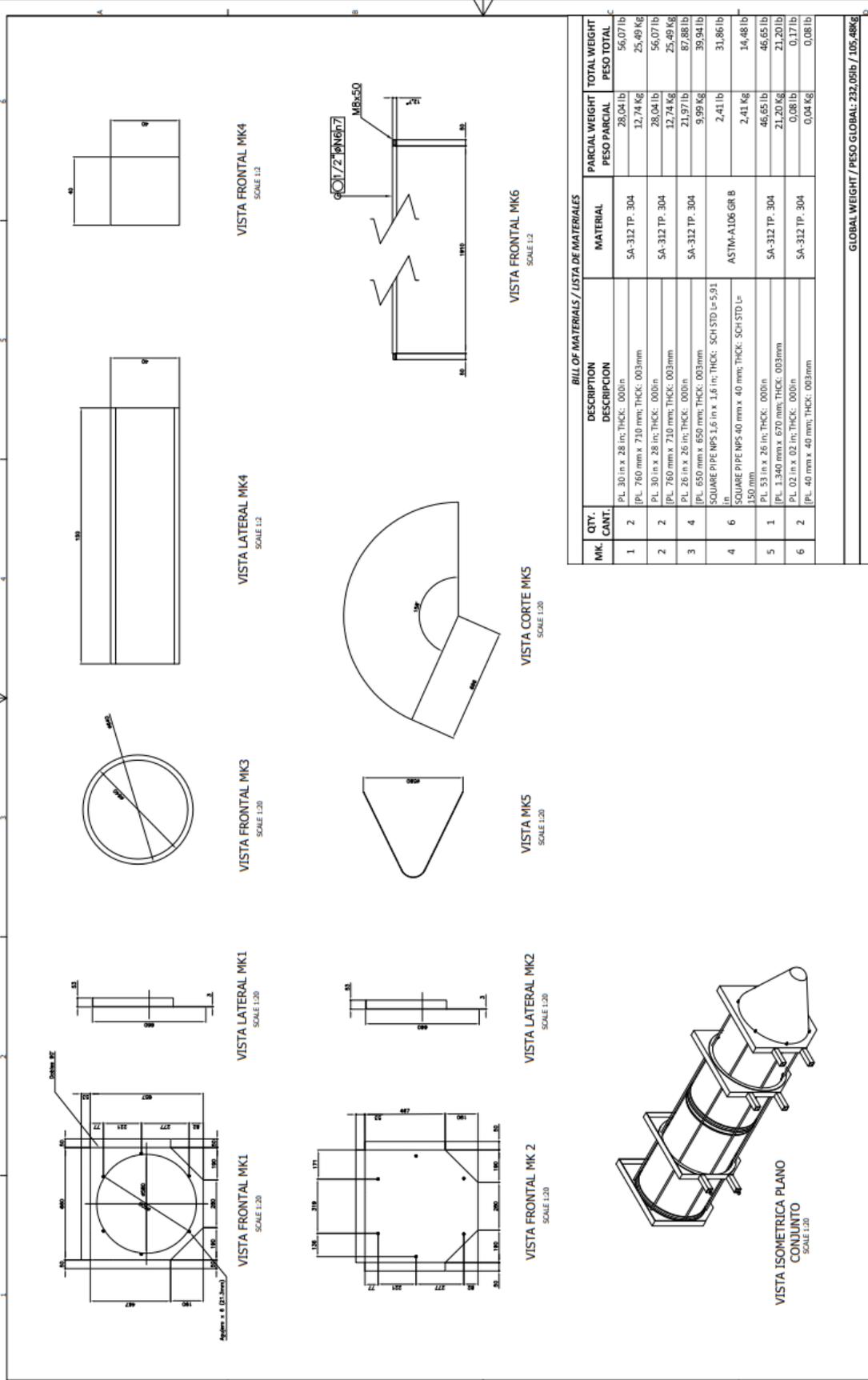


Figura 154: Plano de conjunto flotador derecho.



GLOBAL WEIGHT / PESO GLOBAL: 232,09lb / 105,48kg

JOB#: 2103
DWG: I-2103-01-1-03 REV.A

USFQ
RECOLECTOR DE BASURA
FLOTADOR
PLANO DE CORTE

1-2103-01-1-03 I DE 1 IN

Figura 155: Plano de corte flotador izquierdo.

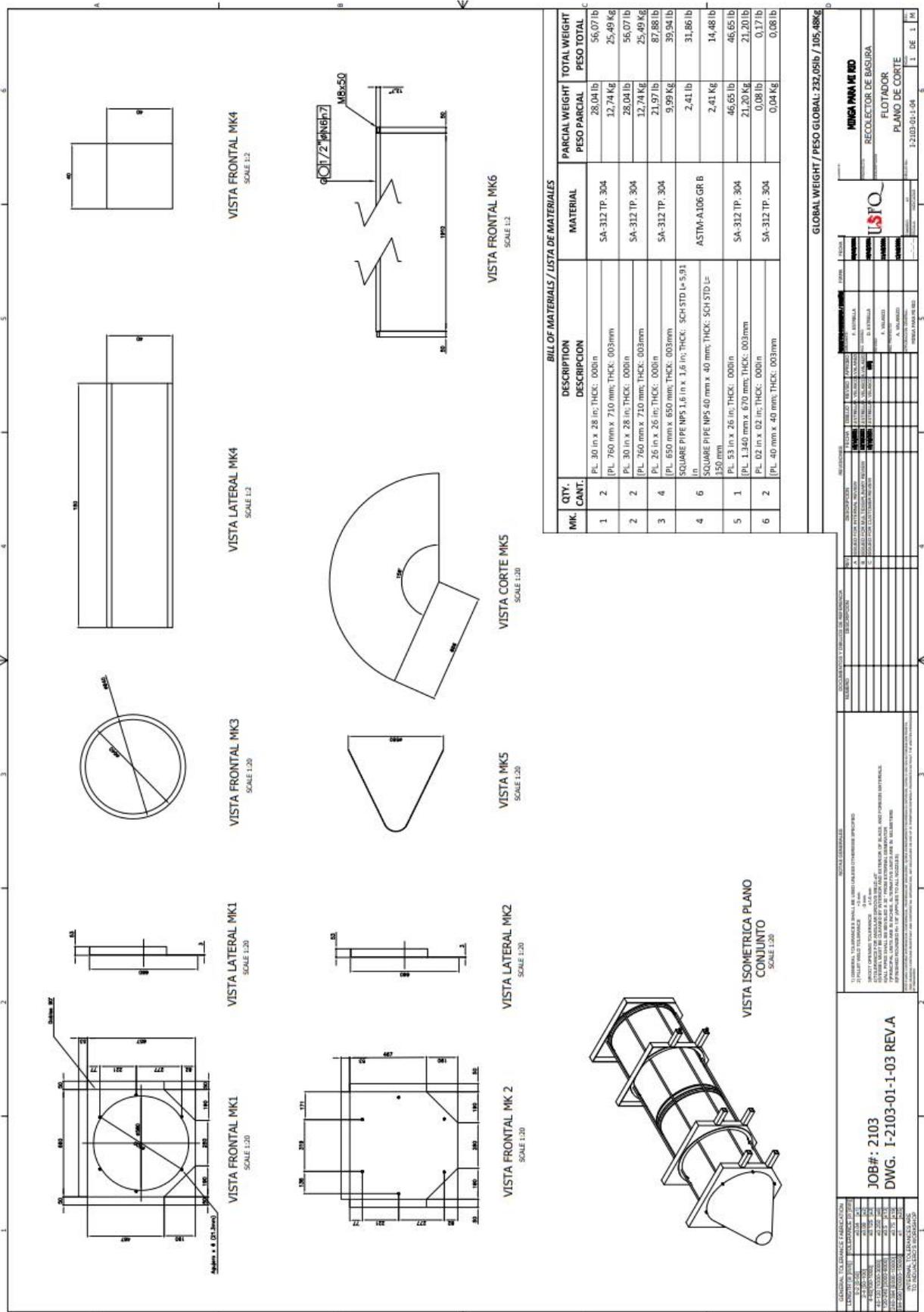


Figura 156: Plano de corte flotador derecho.

15. ANEXO J: ANÁLISIS DE RIEGOS

15.1 Probabilidad VS Impacto

La cinta transportadora tiene alimentación del tipo eléctrica por lo tanto puede que este se vea afectado, ya que su medio de operación es en un río. Por lo tanto, es prioritario que este sea seguro para su operación.

Tabla 57: Probabilidad VS Impacto (Opción 1).

Impacto	1					
	2					
	3				X=12	
	4					
	5					
		1	2	3	4	5
		Probabilidad				

Los cambios de flujo en los ríos de la Amazonia cuando hay crecientes en las épocas de invierno, impide que el recolector no garantice su sujeción en el río. Por lo que se tiene que diseñar sistema adicional que garantice su uso en estas condiciones.

Tabla 58: Probabilidad VS Impacto (Opción 2)

Impacto	1					
	2					
	3					
	4					
	5			X=15		
		1	2	3	4	5
		Probabilidad				

Cuando se realicen las pruebas de campo, el prototipo puede generar algún fallo, desperfecto o imprevisto. Por lo tanto, será prioritario que se realicen las correcciones tanto en el plano como en el modelo.

Tabla 59: Probabilidad VS Impacto (Opción 3)

Impacto	1					
	2					
	3					
	4				X=16	
	5					
		1	2	3	4	5
		Probabilidad				

La cinta transportadora al estar en constante uso y bajo el agua, es propensa a sufrir mayor desgaste que otras partes del bote recolector, por esa razón, se sugiere tomar en cuenta el tiempo de vida para el cual cada parte fue diseñado y realizar los mantenimientos necesarios.

Tabla 60: Probabilidad VS Impacto (Opción 4)

Impacto	1					
	2			X=6		
	3					
	4					
	5					
		1	2	3	4	5
		Probabilidad				

Los cambios bruscos de caudal podrían afectar gravemente al bote, debido a que sus componentes pueden desprenderse del cuerpo principal, causando las pérdidas de estas. Por lo que se tiene que hacer una buena soldadura sobre un buen recubrimiento superficial en todo el sistema.

Tabla 61: Probabilidad VS Impacto (Opción 5)

Impacto	1					
	2			X=6		
	3					
	4					
	5					
		1	2	3	4	5
		Probabilidad				

Debido a que el dispositivo funciona netamente con energía eléctrica, podemos estimar tiempo de vida de la batería, dependiendo del uso que se le vaya a dar. Cuando se acabe la batería se debe cambiar con una de características similares debido a que las estimaciones se realizaron con esa y también para evitar fallas o colapso del sistema.

Tabla 62: Probabilidad VS Impacto (Opción 6)

Impacto	1					
	2					
	3					
	4		X=8			
	5					
		1	2	3	4	5
		Probabilidad				

Las baterías proporcionan energía mediante procesos químicos, debemos darle a nuestra fuente de poder intervalos de uso para impedir un desgaste químico que genera sulfatación de la batería, hay que especificar en el manual, ya que realizarlos erróneamente podría producir daños.

Tabla 63: Probabilidad VS Impacto (Opción 7)

Impacto	1					
	2					
	3					
	4		X=8			
	5					
		1	2	3	4	5
		Probabilidad				

Debido a que el dispositivo tendrá que operar en el río Curaray, existe el riesgo de este impacto con rocas. Esto comprometerá el dispositivo en su totalidad en el caso de generar alguna fisura en el casco de la embarcación.

Tabla 64: Probabilidad VS Impacto (Opción 8)

Impacto	1					
	2					
	3					
	4					
	5			X=15		
		1	2	3	4	5
		Probabilidad				

El sistema eléctrico es una de las partes más importantes, ya que enlaza prácticamente la mayoría de los sistemas, por lo que un corto circuito podría ser perjudicial para quien manipula el bote y económicamente. Por ello se diseñará una estructura aislada y anticorrosiva para evitar este tipo de problemas.

Tabla 65: Probabilidad VS Impacto (Opción 9)

Impacto	1					
	2					
	3				X=12	
	4					
	5					
		1	2	3	4	5
		Probabilidad				

Si se excede el volumen máximo permitido existe la posibilidad de desbordamiento del contenedor de residuos, esto provocará que la basura vuelva al agua y el dispositivo no realice un trabajo eficiente.

Tabla 66: Probabilidad VS Impacto (Opción 10)

Impacto	1					
	2		X=4			
	3					
	4					
	5					
		1	2	3	4	5
		Probabilidad				

Debido a la presencia de rocas, troncos, escombras es posible que exista un daño en los brazos flotadores. Esto se puede deber a colisiones o atrapa miento.

Tabla 67: Probabilidad VS Impacto (Opción 11)

Impacto	1					
	2					
	3		X=6			
	4					
	5					
		1	2	3	4	5
		Probabilidad				

La estabilidad y la flotabilidad juegan roles muy importantes al momento de iniciar el proceso de recolección. Por ello, se incluirán 2 flotadores a sus lados para poder estabilizar el bote con la carga de residuos que tendrá. Además, servirá de ayuda para poder calcular la flotabilidad del cuerpo.

Tabla 68: Probabilidad VS Impacto (Opción 12)

Impacto	1					
	2					
	3					
	4				X=16	
	5					
		1	2	3	4	5
		Probabilidad				