



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

“DISEÑO DE UN CANAL HIDRAÚLICO DE PENDIENTE VARIABLE”.

Autores:

Quinaluisa Chicaiza Estalin Adrián

Salazar Méndez Henry Xavier

Tutor:

Ing. MSc Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete

Latacunga – Ecuador

2023



DECLARACIÓN DE LA AUTORIA

Nosotros, **Quinaluisa Chicaiza Estalin Adrián** portador del número de cedula 1723176119, y **Salazar Méndez Henry Xavier** portador del número de cedula 1004037394, declaramos ser autores de la Propuesta Tecnológica: “**DISEÑO DE UN CANAL HIDRAÚLICO DE PENDIENTE VARIABLE**”, siendo la **Ing. MSc Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete** tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad

Latacunga, 27 de febrero del 2023

Quinaluisa Chicaiza Estalin Adrián
C.C. 1723176119

Salazar Méndez Henry Xavier
C.C 1004037394



AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título: “**DISEÑO DE UN CANAL HIDRAÚLICO DE PENDIENTE VARIABLE**”, de los ponentes **Quinaluisa Chicaiza Estalin Adrián y Salazar Méndez Henry Xavier**, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicha Propuesta Tecnológica cumple con los requisitos metodológicos y aporte científico-técnicos suficiente para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 27 de Febrero 2023

Ing. MSc Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete
C.C. 1313058453



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban la presente Propuesta Tecnológica de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de CIYA; por cuanto, a los postulantes **Quinaluisa Chicaiza Estalin Adrián y Salazar Méndez Henry Xavier**, con el título de Proyecto de titulación: “**DISEÑO DE UN CANAL HIDRAÚLICO DE PENDIENTE VARIABLE**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 27 de Febrero 2023

Para constancia firman:

Freire Martínez Luigi Orlando
C.C. 0502529589

Corrales Bastidas Byron Paul
C.C 0502347768

Navarrete López Luis Miguel
C.C. 1803747284



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Presente:

Con el presente documento se pone en constancia que los estudiantes: Quinaluisa Chicaiza Estalin Adrian y Salazar Méndez Henry Xavier, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, han desarrollado el proyecto tecnológico “**DISEÑO DE UN CANAL HIDRÁULICO DE PENDIENTE VARIABLE**” realizaron la entrega de la máquina para la carrera de Ingeniería Electromecánica cumpliendo así con los objetivos propuestos al inicio del desarrollo del proyecto.

Sin otro particular autorizo para que usen el presente documento para cualquier fin legal pertinente a la Universidad.

.....

Ing. MSc. Cristian Gallardo Molina

Director de la Carrera de Electromecánica

CI: 050284769-2

AGRADECIMIENTO

Al consumir este trabajo quiero utilizar este espacio para agradecer a Dios por todas sus bendiciones, a mis Padres que han sabido darme su ejemplo de trabajo y sacrificio. A mi esposa Vane y mi hija María Paula por su apoyo y paciencia en este proyecto de estudio. A mis suegros por su cariño, buenos consejos y sostén día a día.

A todos mis amigos, y futuros colegas que me ayudaron de una manera desinteresada, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad.

También quiero agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi, directivos y profesores por toda la enseñanza, guía impartida y por ser la sede de todo el conocimiento adquirido en estos años.

“Estalín Quinaluisa”

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi hija María Paula Quinaluisa Ayol por haber sido el impulso de mi vida, ella es lo mejor que me ha pasado, y ha venido a este mundo para darme el último empujón y terminar el trabajo. Es sin duda mi referencia para el presente y para el futuro.

Aunque aún no lo sepas eres y serás lo más importante en mi vida, hoy he dado un paso más para servir de ejemplo a la persona que más amo en este mundo. Gracias a ti he decidido subir un escalón más y crecer como persona y profesional. Esperó que un día comprendas que te debo lo que soy ahora y que este logro sirva de herramienta para guiar cada uno de tus pasos

Gracias hija por ser la mejor de todas, y por hacer de mí, el padre más feliz de este mundo.

“Estalin Quinaluisa”

AGRADECIMIENTO

En primer lugar me gustaría agradecer a todos y cada uno de los docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, que han puesto todo de sí en el arduo trabajo de la educación, mismos que han puesto empeño y dedicación en cada una de las enseñanzas que nos han dado en este camino para la obtención de un título y el prepararnos para ser el presente y futuro de la patria.

Cabe recalcar al humanismo como una de las principales filosofías que como institución han manejado y agradecer todas las oportunidades que tuvimos para servir a la comunidad en general con los proyectos, prácticas preprofesionales y vinculación que nos han permitido dejar una semilla de esperanza y luz en las parroquias y diferentes sectores de la ciudad.

Quiero agradecer por su especial trabajo a los Ingenieros Héctor Laurencio, Enrique Torres y Paulina Freire que me servirán como paladin y ejemplo en el resto de mi vida profesional

“Henry Salazar”

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi madre Liliana Catalina Méndez, la cual ha sido un apoyo importante en mi vida y espero que parte de su esfuerzo como mujer trabajadora, luchadora e independiente sean parte de mi formación y donde de gente y siempre será lo más importante de mi vida.

A Eduardo Arrobo y Gladys Barragán, los cuales han figurado como padres y guías en este largo proceso, gracias por la paciencia que han tenido conmigo y todas las enseñanzas.

“Henry Salazar”

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE LA AUTORIA	ii
AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
ÍNDICE	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE VARIABLES	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	xvii
ABSTRACT	xvii
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 Descripción de la propuesta	3
1.2 EL PROBLEMA	3
1.2.1 Planteamiento del problema	3
1.2.2 Formulación del problema	4
1.3 BENEFICIARIOS	4
1.3.1 Beneficiarios directos	4
1.3.2 Beneficiarios indirectos	4
1.4 JUSTIFICACIÓN	4
1.5 HIPÓTESIS	4
	x

1.6 OBJETIVOS	5
1.6.1. Objetivo General	5
1.6.2 Objetivos Específicos	5
1.7. SISTEMATIZACIÓN DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS ESPECIFICOS	6
2. FUNDAMENTACION TEORICA	7
2.2.1 Canal	7
2.2.1.2 Clasificación de los canales	8
2.2.1.3 Tipos de canales	8
2.2.1.4 Importancia de la pendiente o gradiente hidráulico	10
2.2.3.1. Comportamiento de flujo en canales	11
2.2.3.4. Flujo turbulento	11
2.2.3.5. Flujo uniforme permanente	12
2.2.3.6. Flujo rápidamente variable	12
2.2.3.7. Flujo gradualmente variado	12
2.2.3.8. Caídas	12
2.2.3.9. Flujo no estacionario	12
2.2.4. Distribución de velocidad en canales	13
2.2.5. Método de sección pendiente	13
2.2.6. Estructuras hidráulicas.	14
2.2.8. Equipos de estudio	15
3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA	18
3.1 METODOLOGÍA	18
3.1.1. Fase 1. Revisión bibliográfica para diseño del canal hidráulico	18
3.1.2. Fase 2. Parámetros para diseño hidráulico y estructural del canal	18
3.1.2.1 Dimensiones de la banca hidráulica	19
3.1.2.2 Potencia de la bomba	19

3.1.2.3 Torque del mecanismo elevador	19
3.1.2.4 Caudal	19
3.1.2.5 Peso total de la banca hidráulica	19
3.1.3. Fase 3. Diseño 3D del canal hidráulico de pendiente variable	21
3.1.3.1 Diseño CAD	21
3.1.4. Fase 4. Construcción del canal hidráulico de pendiente variable	22
3.1.4.1 Materiales.	22
3.1.4.2 Cortes.	23
3.1.4.3 Perforaciones.	23
3.1.4.4 Ensamblaje. -	23
3.2.1. Fase 1. Revisión bibliográfica para diseño del canal hidráulico	25
3.2.2. Fase 2. Parámetros para diseño hidráulico y estructural del canal	25
3.2.2.1 Datos y resultados de Ecuaciones relevantes para el diseño	25
3.2.2.2. Dimensiones para el canal propuesto	27
3.2.3. Fase 3. Diseño 3D del canal hidráulico de pendiente variable	28
3.2.4. Fase 4. Construcción del canal hidráulico de pendiente variable	28
3.3 EVALUACIÓN TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL Y O ECONOMICA	29
3.3.4. COSTO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CANAL HIDRÁULICO DE PENDIENTE VARIABLE	37
3.3.5. COSTOS DE ELEMENTOS PARA EL CONTROL ELÉCTRICO	38
3.3.6. COSTOS POR LA UTILIZACIÓN DE EQUIPOS EXTERNOS	38
3.3.7. COSTO INGENIERIL	39
4. CONCLUSIONES DEL PROYECTO	40
4.1 CONCLUSIONES	40
4.2 RECOMENDACIONES	1
BIBLIOGRAFIA	2
ANEXOS	4

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistematización de tareas objetivos de la propuesta tecnológica	6
Tabla 2. Partes de una compuerta plana deslizante	15
Tabla 3. Variables de entrada importantes para el diseño [11].....	19
Tabla 4. Variables de salida importantes para el diseño.....	20
Tabla 5. Resultado de las variables de entrada importantes para el diseño	25
Tabla 6. Resultado de variables de salidas importantes para el diseño	25
Tabla 7. Resumen de dimensiones del canal hidráulico	27
Tabla 8. Evaluación Técnico, social, ambiental económica.....	29
Tabla 9. Análisis de sólidos	31
Tabla 10. Tabla costo de materiales	37
Tabla 11. Costos del control eléctrico	38
Tabla 12. Costos de equipos adicionales	38
Tabla 13. Costos indirectos	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Secciones de los canales [6].....	10
Figura 2. Estructura hidráulica [15]	14
Figura 3. Compuerta plana deslizante [16].....	15
Figura 4. Vertederos de Cresta Delgada [16]	16
Figura 5. Vertedero de Crump [16]	16
Figura 6. Vertedero de perfil [16].....	17
Figura 7. Secciones de los canales [6].....	17
Figura 8. Generador de olas [16].....	17
Figura 9. Metodología del trabajo	18
Figura 10. Plano de canal hidráulico	28
Figura 11. Perfil de 5m 20x20.....	30

ÍNDICE DE VARIABLES

Variable 1. Volumen del canal	19
Variable 2. Borde libre	19
Variable 3. Profundidad Hidráulica o de flujo	19
Variable 4. Área del canal	19
Variable 5. Perímetro mojado	19
Variable 6. Radio Hidráulico	19
Variable 7. Factor de sección	19
Variable 8. Energía Perdida por fricción	19
Variable 9. Energía Perdida por accesorios	19
Variable 10. Energía perdida en la succión	19
Variable 11. Energía perdida en la impulsión	19
Variable 12. Energía Añadida	19
Variable 13. Caudal	19
Variable 14. Potencia de la bomba	19

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Datos técnicos del perfil de aluminio	9
Anexo 2. Datos técnicos del acrílico	9
Anexo 3. Datos técnicos de la bomba hidráulica	12
Anexo 4. Datos técnicos la gata eléctrica	12
Anexo 5. Tablas de resultados	14



Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

“Ingeniería Electromecánica”

TEMA: DISEÑO DE UN CANAL HIDRÁULICO DE PENDIENTE VARIABLE.

Autores:

Quinaluisa Chicaiza Estalin Adrian

Salazar Méndez Henry Xavier

RESUMEN

La propuesta tecnológica se basa en el diseño y construcción de un canal hidráulico de pendiente variable mismo que está destinado a brindar apoyo a estudiantes y docentes en la realización de prácticas de investigación en el laboratorio de hidráulica para estudiar fenómenos físicos del flujo, resaltos hidráulicos por vertederos, etc.

Se procedió a realizar un diseño en software 3D para la verificación de las piezas requeridas para el funcionamiento del canal, análisis de fuerzas y comprobación de datos de los cálculos previamente obtenidos, una vez cumplido lo anterior se construye una máquina de 5 metros de longitud, 40cm de alto y 10cm de ancho para cumplir con los requerimientos técnicos obtenidos mediante bibliografía y cálculos, dando como resultado una banca hidráulica con una volumen total de 186 litros a una capacidad de $3\text{m}^3/\text{s}$ funcionando al 70% de su capacidad, para esta cantidad de agua se necesitó una bomba de 1hp y una tubería de 2 pulgadas y para asegurar el flujo constante es necesario contar con un tanque reservorio de 250lts.

Culminada la construcción del módulo se puede constatar el correcto funcionamiento del canal, el flujo de agua dentro del mismo se da con normalidad, un punto importante de las prácticas hidrodinámicas es la implementación de accesorios hidráulicos como

vertederos, compuertas y elementos de medición, una vez culminada con la parte de construcción no han existido vibraciones excesivas ni tampoco existen fugas de líquido asegurando el correcto funcionamiento y estando la máquina lista para el desarrollo de pruebas.

Palabras clave: Canal, hidráulica, canal abierto, canal cerrado, diseño, pendiente variable

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS “INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA”

TOPIC: “A HYDRAULIC CHANNEL DESIGN FROM VARIABLE SLOPE”.

Autores:

Quinaluisa Chicaiza Estalin Adrian

Salazar Méndez Henry Xavier

ABSTRACT

The technological proposal is based on the design and a variable slope hydraulic channel construction, same, which is destined to provide support to students and teachers in the research practices execution in the hydraulics laboratory for studying flow physical phenomena, hydraulic jumps by landfills etc. It was proceeded to perform a design into 3D software for the required pieces verification for the channel operation, forces analysis and data verification from the previously got calculations, once, it is fulfilled the above, is built a 5-meter-long machine, 40cm high and 10cm wide for meeting the got technical requirements, through bibliography and calculations, giving as result a hydraulic band with a 186 liters total volume at a 3m³/s capacity by operating at 70% its capacity, for this water quantity, it is needed a 1hp pump and a 2-inch pipe and for ensuring the constant flow, it is necessary to have a 250-lt reservoir tank. Once the module construction is completed, it can be verified the canal correct functioning, the water flow within itself, it occurs normally, a hydrodynamic practices important point is the hydraulic accessories implementation, such as weirs, gates and measurement elements, once, it has completed with the construction part, there have been no excessive vibrations neither there are any liquid leaks, by ensuring the correct operation and the machine being ready for the test's development.

Keywords: Channel, hydraulics, open channel, closed channel, design, variable slope.

INFORMACIÓN GENERAL

Título:

“DISEÑO DE UN CANAL HIDRAÚLICO DE PENDIENTE VARIABLE”

Fecha de Inicio:

Octubre 2022

Fecha de finalización:

Febrero 2023

Lugar de ejecución:

Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia San Felipe, Universidad Técnica de Cotopaxi.

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería electromecánica

Proyecto de investigación vinculado: No Aplica

Equipo de trabajo:

Tutor:

Zambrano Navarrete Xiomara Alejandra

C.I. 1313058453

Correo electrónico: xiomara.zambrano8453@utc.edu.ec

Estudiante 1:

Quinaluisa Chicaiza Estalin Adrián

C.I: 1723176119

Correo electrónico: estalin.quinaluisa6119@utc.edu.ec

Estudiante 2:

Salazar Méndez Henry Xavier

C.I 1004037394

Correo electrónico: henry.salazar7394@utn.edu.ec

Área de conocimiento:

85. Protección del medio

- 2213 Termodinámica

- 30000 Ciencias tecnológicas

- 3328 Procesos Tecnológicos

Líneas de investigación:

- Procesos industriales

Sub línea de investigación de la carrera:

- Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

En las carreras ligadas a la ingeniería actualmente es de gran importancia la práctica experimental, en consecuencia, nace la necesidad de implementar un canal hidráulico de pendiente variable como un medio para entender el comportamiento de los fluidos en superficies libres y estudiar los fenómenos de hidrodinámica en canales abiertos cuando hay presencia de distintas estructuras hidráulicas que modifican de una u otra manera el tipo de flujo.

Ante la falta de módulos de canales hidráulicos de pendiente variables en los laboratorios se pretende implementar un canal hidráulico que esté destinado a la realización de pruebas e investigaciones de fenómenos hidrodinámicos.

1.2 EL PROBLEMA

1.2.1 Planteamiento del problema

En las carreras ligadas a la ingeniería actualmente es de gran importancia la práctica experimental, en consecuencia, nace la necesidad de implementar un canal hidráulico de pendiente variable como un medio para entender el comportamiento de los fluidos en superficies libres y estudiar los fenómenos de hidrodinámica en canales abiertos cuando existe la presencia de estructuras hidráulicas que modifican de una u otra manera el comportamiento del flujo.

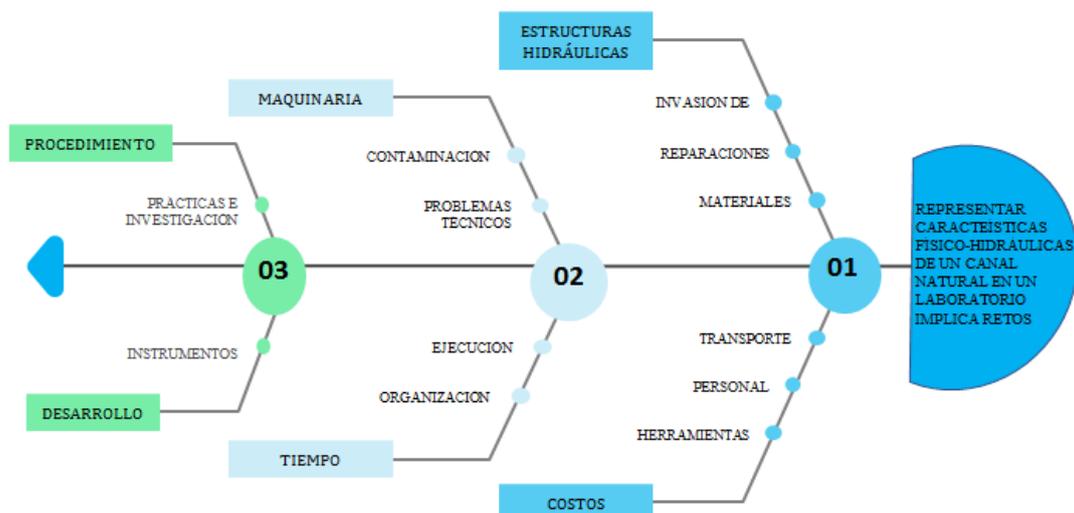


Figura 1. Diagrama de Ishikawa

1.2.2 Formulación del problema

Actualmente, no hay factibilidad de realizar estudios en canales abiertos relacionados al comportamiento físico hidráulico e hidrodinámico en fuentes hídricas y acuíferas naturales, por ende, se busca implementar un canal de pendiente variable.

1.3 BENEFICIARIOS

1.3.1 Beneficiarios directos

Estudiantes de la carrera de Ingeniería Hidráulica.

1.3.2 Beneficiarios indirectos

Estudiantes de las carreras técnicas de la Universidad Técnica de Cotopaxi y población en general.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Con el fin de conocer las características físico - hidráulicas de los canales abiertos se pretende que la comunidad educativa mediante el canal hidráulico de pendiente variable tenga una perspectiva realista para simular diferentes fenómenos que pueden ocurrir mediante la presencia de eventos extremos, aumento de sedimentación, presencia de diferencias estructuras hidráulicas, etc.

Además, el canal de pendiente variable contribuirá a la sociedad de manera significativa en el desarrollo y estudio del comportamiento del agua mediante la implementación del generador de olas y la observación de estructuras hidráulicas; cabe recalcar que el estudio del comportamiento del agua es de gran importancia para simular diferentes situaciones en el laboratorio de hidráulica con fines investigativos y didácticos.

1.5 HIPÓTESIS

Mediante la implementación del diseño del canal hidráulico de pendiente variable se podrá determinar las características físico-hidráulicas de los canales abiertos.

Variable Dependiente: Estudio del comportamiento hidrodinámico con estructuras hidráulicas.

Variable Independiente: Implementación del canal hidráulico.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1. Objetivo General

- Diseñar e implementar un canal hidráulico de pendiente variable para la validación de las características físico-hidráulicas de los canales abiertos y sus propiedades mediante estructuras hidráulicas.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Realizar revisión bibliográfica para la aplicación del diseño del canal hidráulico.
- Seleccionar los parámetros de diseño hidráulicos y estructurales aplicables al canal de acuerdo a las características físicas requeridas para su implementación.
- Diseñar el canal hidráulico de pendiente variable con los datos hidráulicos y estructurales en software 3D.
- Implementar el canal hidráulico de pendiente variable para la realización de pruebas físico hidráulicas con estructuras hidráulicas.

1.7. SISTEMATIZACIÓN DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS ESPECIFICOS

Es relevante conocer las actividades a realizar en cada objetivo para realizar la presente propuesta tecnológica, las cuales con las siguientes.

Tabla 1. Sistematización de tareas objetivos de la propuesta tecnológica

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD
1. Realizar revisión bibliográfica para la aplicación del diseño del canal hidráulico.	Recolección de datos sobre el canal hidráulico.	Fuentes bibliográficas a usar en la propuesta tecnológica.	Buscar la bibliografía técnica científica.
2. Seleccionar los parámetros de diseño hidráulicos y estructurales aplicables al canal de acuerdo a las características físicas requeridas para su implementación.	Determinación y selección de parámetros a usar para el dimensionamiento del canal hidráulico.	Aplicación de las ecuaciones para el dimensionamiento del canal hidráulico.	Para el desarrollo del diseño del canal hidráulico, se realizó la selección de ecuaciones necesarias como método para identificar los parámetros necesarios para el diseño estructural del canal hidráulico.
3. Diseñar el canal hidráulico de pendiente variable con los datos hidráulicos y estructurales mediante Software 3D.	Modelado de piezas de la máquina en un software de diseño 3D.	Piezas virtuales 3D de la máquina de estudio.	Diseño del canal hidráulico con ensamble y planos usando Software de diseño 3D.
	Ensamble de piezas y visualización virtual de la máquina propuesta.	Canal hidráulico de pendiente variable en 3D.	
4. Implementar un canal hidráulico de pendiente variable para la realización de pruebas físico hidráulicas con estructuras hidráulicas.	Ejecución de la máquina respetando medidas y especificaciones obtenidas anteriormente.	Inspección e instalación del canal hidráulico.	Selección de proveedor de material.
	Validación del canal hidráulico mediante pruebas experimentales.	Canal hidráulico de pendiente variable completamente finalizada.	Aparatos de medición y herramienta varia (multímetro, calibradores, flexómetro, taladro, destornillador, etc.)

2. FUNDAMENTACION TEORICA

2.1 ANTECEDENTES

El canal hidráulico de pendiente variable en los últimos años ha sido de gran utilidad por parte de investigadores y estudiantes, ya que con su modalidad de interactuar con el flujo hidráulico y la capacidad de recrear el recorrido de afluente por ejemplo de ríos, pero en menor escala lo hace necesario para con ello utilizarlo en diversas actividades en las cuales son fundamentales los parámetros hidráulicos como por ejemplo análisis de inundaciones o incluso plantas de generación hidroeléctrica.

En diversos países se han realizado la creación de este tipo de maquinaria para dotar a sus laboratorios de lo necesario para realizar prácticas hidráulicas, desde los países desarrollados tal como Estados Unidos, además, de diversos países de Latinoamérica como lo es Colombia, El Salvador y también Ecuador; donde los canales hidráulicos oscilan en medidas de entre 4 a 5 metros de longitud con 35 a 40 centímetros de altura con 8 centímetros de ancho, con un grado de inclinación de máximo 5.

El estudio hidráulico en Ecuador es de suma relevancia en los últimos años debido a que, con la creación de nuevas estructuras hidráulicas, contar con el conocimiento de los profesionales en la correcta medición y utilización de caudales, velocidad del líquido vital para implementarlo como materia prima para la generación de energía; por lo que en las universidades locales es de gran apoyo, se puede encontrar esta maquinaria en laboratorios como lo es en la Universidad Central del Ecuador.

Especialmente en el Ecuador contamos con un canal hidráulico de pendiente variable, un módulo de laboratorio que está destinado para los estudiantes de la facultad de ingeniería civil de la Escuela Politécnica Nacional, siendo un módulo de 9 metros de largo y 30cm de ancho [1].

2.2 MARCO REFERENCIAL

2.2.1 Canal

Los canales son conductos en los que el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre de líquido está en contacto con la atmósfera, los caudales pueden ser naturales al ser encontrados en ríos o arroyos o artificiales construidos por el hombre, incluyendo los parcialmente llenos como alcantarillas o tuberías.



Figura 2. Canal [2]

2.2.1.2 Clasificación de los canales

De acuerdo con su origen los canales se clasifican en:

a. Canales naturales:

Incluyen todos los cursos de agua que existen de manera natural en la tierra, los cuales varían en tamaño desde pequeños arroyuelos en zonas montañosas, hasta quebradas, ríos pequeños y grandes, arroyos, lagos y lagunas. Las corrientes subterráneas que transportan agua con una superficie libre también son consideradas como canales abiertos naturales. La sección transversal de un canal natural es generalmente de forma muy irregular y variable durante su recorrido lo mismo que su alineación y las características y aspereza de los lechos.

b. Canales artificiales:

Los canales artificiales son todos aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo de la mano del hombre, tales como: canales de riego, de navegación, control de inundaciones, canales de centrales hidroeléctricas, alcantarillado pluvial, sanitario, canales de desborde, canaletas de madera, cunetas a lo largo de carreteras, cunetas de drenaje agrícola y canales de modelos construidos en el laboratorio.

Los canales artificiales usualmente se diseñan con forma geométricas regulares (prismáticos), un canal construido con una sección transversal invariable y una pendiente de fondo constante se conoce como canal prismático. El término sección de canal se refiere a la sección transversal tomado en forma perpendicular a la dirección del flujo.

2.2.1.3 Tipos de canales

Se dividen en canales de:

a. Sección abierta trapezoidal

Se usa en canales de tierra debido a que proveen las pendientes necesarias para estabilidad, y en canales revestidos.

b. Sección abierta rectangular

Debido a que el rectángulo tiene lados verticales, por lo general se utiliza para canales construidos con materiales estables, acueductos de madera, para canales excavados en roca y para canales revestidos.

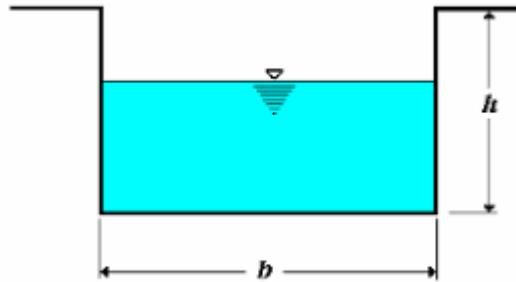


Figura 3. Sección de un canal rectangular [4]

c. Sección abierta triangular

Se usa para cunetas revestidas en las carreteras, también en canales de tierra pequeños, fundamentalmente por facilidad de trazo. También se emplean revestidas, como alcantarillas de las carreteras.

d. Sección abierta parabólica

Se emplea en algunas ocasiones para canales revestidos y es la forma que toman la mayoría de canales naturales y canales viejos de tierra.

e. Sección cerrada circular

El círculo es la sección más común para alcantarillados y alcantarillas de tamaños pequeño y mediano.

f. Sección cerrada parabólica

Se usan comúnmente para alcantarillas y estructuras hidráulicas importantes [3].

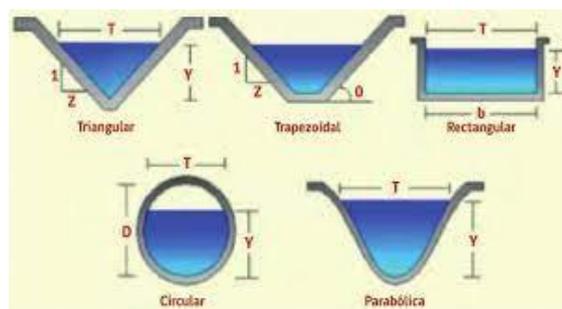


Figura 1. Secciones de los canales [6]

2.2.1.4 Importancia de la pendiente o gradiente hidráulico

En el caso simple, podemos suponer que el fondo del canal se inclina aguas abajo. Por cierto, el agua siempre fluye en el canal de riego y la cantidad de agua es mayor en la parte superior que en la parte inferior. Si el fondo del canal es horizontal, la diferencia de altura entre los escombros aguas arriba y aguas abajo se puede considerar como pendiente. La pendiente S del fondo del canal se expresa en metros de altura por metro de longitud del canal, por ejemplo, $S = 0,01$ o 1% . Cuanto mayor sea el costo de S , mayor será el caudal [7].

La reducción que experimenta la energía específica en el canal desde el coste inicial E_1 hasta E_{min} en la sección significativa, es disipada por efectos friccionales y pérdida de la cabeza de posición. Después de la parte crítica, la profundidad continúa disminuyendo con el crecimiento de la pendiente. Esto proporciona más energía al flujo que la disipada por la fricción debido al aumento de la velocidad. En la situación en la que dos pendientes de subcrítico a supercrítico se cruzan abruptamente, los efectos generales son muy similares al caso anterior, pero es más probable que los perfiles de las regiones independientes se modifiquen en la región de transición. Aguas arriba de la intersección, la profundidad no puede estar por debajo de la profundidad crítica, al menos en teoría **yc**, no es viable porque requiere un suministro externo de energía ya que no se pueden alcanzar pendientes pronunciadas. Por lo tanto, concluimos que la transición de sistemas subcríticos a supercríticos es gradual, con solo fricción a lo largo del desplazamiento y poca turbulencia y pérdida de carga. Este proceso se puede ilustrar recorriendo la curva E vs Y desde un destacado punto de inflexión [8].

2.2.3. Clasificación de flujos

En un conducto el flujo de agua puede ser, flujo en canal abierto o flujo en tubería. Estas clases de flujo son similares en varios aspectos, pero se diferencian en uno muy importante.

El flujo en canal abierto debe tener una superficie libre, mientras que el flujo en tubería no tiene, debido a que el agua debe llenar completamente el conducto. La superficie libre está sometida a la presión atmosférica [9].

2.2.3.1. Comportamiento de flujo en canales

El comportamiento o estado del flujo en canales abiertos está dirigido principalmente por los efectos de la viscosidad y gravedad relacionada con las fuerzas inerciales del flujo:

- Por efectos de la viscosidad; el flujo puede ser laminar, turbulento o transicional según el efecto de la viscosidad en relación con la inercia.
- El flujo es laminar: Sí las fuerzas viscosas son muy fuertes en relación con las fuerzas inerciales, de tal manera que la viscosidad juega un importante papel en la determinación del comportamiento de flujo.
- El flujo es turbulento: Sí las fuerzas son débiles comparadas con las fuerzas inerciales.

2.2.3.2. Flujo laminar

Las propiedades de las capas son una vía suave o regular para partículas líquidas en comparación con la turbulencia. Se caracterizan por movimientos de partículas de fluidos irregulares. El líquido se mueve en paralelo (mezcla lateral mínima) sin interrupción entre capas. Por las razones anteriores, el flujo laminar también se denomina flujo aerodinámico o flujo viscoso.

El término flujo aerodinámico se refiere a un flujo en el que las capas de agua fluyen a diferentes velocidades una sobre la otra con poca mezcla entre las capas, y las partículas del fluido se mueven a lo largo de trayectorias o corrientes definidas y observables en flujo laminar. Cuando un fluido pasa a través de un canal cerrado, como una tubería o entre dos placas planas, ocurre uno de dos tipos de flujo (laminar o turbulento), según la velocidad, la viscosidad y el tamaño (o número de Reynolds) del fluido en el tubo. El flujo laminar generalmente ocurre a una velocidad más baja y una viscosidad más alta.

2.2.3.4. Flujo turbulento

En dinámica de fluidos, el flujo turbulento se caracteriza por el movimiento irregular de las partículas del fluido. A diferencia del flujo laminar, el flujo turbulento no se mueve en capas paralelas porque la mezcla lateral es muy alta y hay discontinuidades entre las capas. Los flujos turbulentos también se caracterizan por la recirculación, los remolinos y la aparente aleatoriedad. En el flujo turbulento, la velocidad del fluido en un punto cambia

continuamente tanto en magnitud como en dirección. Una comprensión detallada del comportamiento turbulento es importante en ingeniería porque la mayoría de los flujos industriales, especialmente en ingeniería nuclear, son turbulentos. Durante el análisis en procesos industriales, las turbulencias pueden ocurrir de forma periódica e irregular, lo que dificulta su operación. Se dice que el flujo turbulento es "el último problema sin resolver en la física matemática clásica".

2.2.3.5. Flujo uniforme permanente

Es el tipo de flujo fundamental que se considera en la hidráulica de canales abiertos. La profundidad de flujo no cambia durante el intervalo de tiempo bajo consideración.

2.2.3.6. Flujo rápidamente variable

La curvatura de las líneas de corriente es pronunciada, con lo que el suponer la existencia de una distribución hidrostática de presiones deja de ser válida. Ocasionalmente el cambio en la curvatura puede ser tan abrupto como para romper el perfil de flujo, dando como resultado un estado de alta turbulencia y perfil de flujo discontinuo. El ejemplo clásico de la situación anteriormente descrita es el resalto hidráulico.

2.2.3.7. Flujo gradualmente variado

Es en el cual los parámetros hidráulicos cambian de forma gradual a lo largo del canal, como en una curva de remanso, producida por la intersección de una presa en el cauce principal, propiciando la elevación en el nivel del agua por encima de la presa, con efecto hasta varios kilómetros agua arriba de la estructura [10].

2.2.3.8. Caídas

La caída es una parte de las estructuras hidráulicas y se dividen en saltos hidráulicos. Los saltos hidráulicos son disipadores de energía, como la caída del agua. Existen dos tipos de caída: la caída sobre cresta delgada y la caída hidrodinámica. En ambos tipos de caída, la condición de la caída puede ser libre o de chorro sumergido [11].

2.2.3.9. Flujo no estacionario

La superficie libre del agua es "deformada" (formando lo que llamamos olas) por el aire. Existe variedad de olas en la naturaleza (longitudes de ondas largas o cortas, que rompen o lisas, etc.). Las olas naturales son irregulares, p.ej., una ola plana sigue a un alta (amplitud). Aparte de las olas generadas por el viento, hay ondas superficiales generadas

gracias a una perturbación, olas positivas y olas negativas y tsunamis, generados por una elevación del agua, p.ej., producidas por terremotos.

Las olas son capaces transportar energía, pero no transportan masa. Cuando una ola entra en agua poco profunda, p.ej., cerca de la playa, esta es frenada. El seno de la ola se frena con mayor intensidad que la cresta de la ola. Por ello, la cresta de la ola sobrepasa al seno de la ola y las olas rompen [12].

2.2.4. Distribución de velocidad en canales

a. Sección transversal: La resistencia que ofrecen las paredes y el fondo del canal, reduce la velocidad. En la superficie libre, la resistencia ofrecida por la atmósfera y por el viento (aunque este último tiene muy poco efecto) también influye sobre la velocidad.

b. Sección longitudinal: la variación de la velocidad en las verticales. Considerándose la velocidad media en la sección determinada como igual a 1.0, es posible trazar el diagrama de variación de la velocidad con la profundidad [13].

2.2.5. Método de sección pendiente

Se fundamenta en el principio de una ecuación de hidráulica de canales de esfuerzo cortante (modelo de Chezy o Chezy-Manning), y con los datos de sección hidráulica, pendiente y rugosidad de fondo; está en condiciones de estimar el caudal. La norma de referencia es la ISO-1070 (1992). Este método no es adecuado para uso en canales muy grandes y con fuertes pendientes.

Para establecer un tramo del canal para aplicar el método de sección pendiente es recomendable: determinar la topografía de todo el tramo, conocer el ancho del cauce, rugosidades y pendientes [14]. Con esta información se debe establecer si es el sitio es adecuado, recomienda cuidar los siguientes aspectos:

- El tramo de río debe ser recto y no debe contener grandes curvaturas.
- No debe haber ningún cambio brusco en la pendiente del lecho en el alcance de medición, como suele ocurrir en los cauces rocosos.
- La sección transversal debe ser uniforme en todo el tramo y libre de obstrucciones. Preferiblemente, la vegetación debe ser mínima y lo más uniforme posible en todo el tramo.
- El flujo en el tramo debe estar libre de perturbaciones significativas debido a la entrada de influentes.

2.2.6. Estructuras hidráulicas.

Las estructuras hidráulicas son estructuras que tienen el objetivo de oponer resistencia al flujo normal de agua, dependiendo de las mismas esta generará comportamientos diferentes en el flujo, las estructuras hidráulicas son varias y se diferencian por su material o forma, dependiendo de estas características sabremos el uso o finalidad que tienen cada una de estas. Entre los ejemplos más conocidos de estructuras hidráulicas podemos nombrar a las presas que forman embalses en ríos y diferentes vías fluviales sin importar si la vía fluvial o el canal es natural o artificial.

Sin enfocarnos únicamente en el canal hidráulico sobre el cual estamos tratando, las estructuras hidráulicas que se presentan en la vida real son diferentes elementos que de alguna u otra manera también influyen en el comportamiento hidrodinámico del flujo; aunque el objetivo de estos no sea hacerlo intencionalmente como lo hace una presa. Entre estas estructuras encontramos tuberías, bombas hidráulicas, plantas hidroeléctricas que efectivamente por su ubicación en una vía fluvial provocan cambios físicos en el flujo.



Figura 2. Estructura hidráulica [15]

2.2.7. Tipos de Estructuras Hidráulicas.

En el entorno podemos encontrar varios tipos de estructuras hidráulicas a gran escala, que pueden ser naturales o artificiales

- **Presas:** Son construcciones que tienen por objetivo retener el agua hasta crear un embalse, la mayoría de veces estas son artificiales, aunque se presentan también naturalmente. Sería esencial poder embalsar y desembalsar las presas de acuerdo a las necesidades del operario del canal, el ejemplo más claro de presas son las hidroeléctricas.
- **Diques:** Son estructuras en forma de pared que están ubicados en lugares estratégicos para prevenir inundaciones.

- **Sistemas de contención:** Son estructuras tanto naturales como artificiales que se oponen al flujo del agua, como ejemplo un sistema de contención natural pueden ser los manglares.

2.2.8. Equipos de estudio

Haremos un análisis más profundo de las estructuras hidráulicas. Ya hablamos anteriormente sobre estructuras hidráulicas en gran escala, ahora vamos a analizar a las estructuras como objetos de estudio, sus particularidad y funciones al interior de un canal hidráulico y como pueden influir en las condiciones hidrodinámicas de un fluido.

a. Compuerta Plana Deslizante.

Las compuertas planas deslizantes hacen parte de las estructuras de control móviles en dónde el agua fluye por debajo. Una compuerta plana deslizante es una pared vertical que provoca un remanso en el canal con circulación. Se utiliza a menudo para descarga variable o para asegurar una profundidad de descarga mínima aguas arriba.



Figura 3. Compuerta plana deslizante [16]

- **Partes de una compuerta Plana Deslizante**

Tabla 2. Partes de una compuerta plana deslizante

Parte	Descripción
1	Mecanismo de izaje
2	Acople de mecanismo
3	Soporte superior
4	Pantalla o compuerta
5	Guías
6	Tornillo

b. Vertederos de Cresta Delgada.

Los vertederos de cresta delgada hacen parte de las estructuras de control que crean remansos en un canal de manera definida. Estos además se utilizan con frecuencia para determinar la descarga de un canal. Mediante el vertedero rectangular con ventilación opcional es posible demostrar los fundamentos del flujo a través de vertederos de cresta

delgada. Los demás vertederos son vertederos típicos de aforo con aberturas definidas: en el Thomson la abertura es triangular, en el Rehbock la abertura es rectangular en el vertedero Cipoletti la abertura tiene forma trapezoidal.

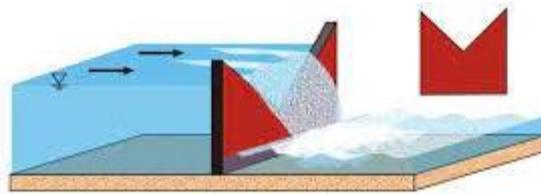


Figura 4. Vertederos de Cresta Delgada [16]

c. Vertedero Crump

Los vertederos Crump son considerados vertederos de cresta ancha. Son usados en análisis de sedimentos. La forma triangular del vertedero tiene varias ventajas tales como que únicamente aparecen sedimentaciones leves frente al vertedero. Una parte del transporte de sedimentos en el canal puede fluir a través del vertedero. Además, las especies acuáticas a menudo consiguen atravesar este vertedero río arriba.

Los vertederos Crump cuentan con inclinaciones definidas en los lados de aguas arriba y aguas abajo. Preferiblemente, el denominado vertedero de Crump se utiliza como un umbral. Los umbrales sirven para reducir la velocidad de flujo y evitar la erosión. Un umbral está bien dimensionado para la descarga dominante cuando no aparecen resaltos hidráulicos.



Figura 5. Vertedero de Crump [16]

d. Presa vertedero de perfil.

Las presas-vertedero de perfil Ogee son vertederos fijos y forman parte de las estructuras de control. Cuando el flujo va por encima del cuerpo del vertedero se produce una transición de flujo a descarga supercrítica. Al final del dorso del vertedero, la descarga supercrítica fluye con una elevada energía. La parte sobrante de esta energía puede provocar daños. Por este motivo, esta energía se debería disipar, ej. Mediante una salida del vertedero en forma de salto de esquí o en un depósito amortiguador.

Es posible estudiar otras posibilidades de la disipación de energía con los elementos para la disipación de energía.

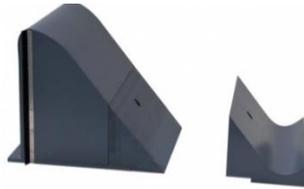


Figura 6. Vertedero de perfil [16]

e. Disipador de energía.

La descarga supercrítica directamente después de una estructura de control tiene un valor de energía muy alto y puede provocar daños en la base del canal. Con ayuda de depósitos amortiguadores y elementos como bloques de rápida, umbrales dentados o umbrales de salida, la energía se disipa y se ejerce influencia sobre la posición del resalto hidráulico. Los umbrales de salida se utilizan para generar un depósito amortiguador y mantener el resalto hidráulico en una posición.



Figura 7. Secciones de los canales [6]

Los elementos para la disipación de energía se utilizan junto con la presa-vertedero de perfil ogee. Todos los componentes que se van a estudiar se montarán en una placa de fondo. El vertedero con bloque de rápida se utiliza en lugar de una presa-vertedero de perfil ogee de Los umbrales de salida y umbrales dentados se pueden instalar de manera individual o combinada río arriba del vertedero.

f. Generador de olas.

Las ondas superficiales se generan mediante una placa de desplazamiento que ejecuta un movimiento giratorio. La placa se acciona mediante un mecanismo de manivela de un motor con convertidor de frecuencia. El empuje del mecanismo de manivela se puede ajustar sin niveles. El motor se coloca y atornilla en la sección de ensayo del canal de ensayo.

Los ensayos con olas solo se realizan sin flujo [17]



Figura 4 Generador de olas

Tensión de compresión es la que se opone a una fuerza que tiende a comprimir el cuerpo. Se produce sometiendo al cuerpo a dos cargas de igual dirección y sentido contrario y convergente. [15]

Elasticidad es la propiedad mecánica que tienen ciertos materiales de sufrir deformaciones reversibles cuando se encuentran sujetos a la acción de fuerzas exteriores y de recuperar la forma original si estas fuerzas exteriores se eliminan. [15]

3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 METODOLOGÍA

El método aplicado para el desarrollo del presente proyecto será cuantitativo debido a la necesidad del análisis de datos numéricos para investigar, comprobar, implementar o validar la objetivación y justificación de los resultados.

En la aplicación de la metodología para la implementación de un canal hidráulico de pendiente variable se dividirá en 4 fases que facilitarán el cumplimiento de los objetivos.

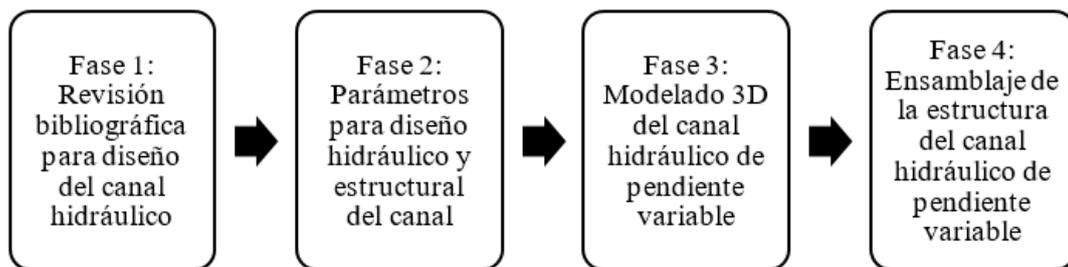


Figura 9. Metodología del trabajo

3.1.1. Fase 1. Revisión bibliográfica para diseño del canal hidráulico

Se utilizaron varias fuentes como libros, tesis, artículos y experimentos propios, de los que partimos para hacer nuestra propia investigación.

3.1.2. Fase 2. Parámetros para diseño hidráulico y estructural del canal

Los parámetros que influirán en el diseño e implementación de un canal hidráulico de pendiente variable son dos, los parámetros de diseño relacionados a la estructura del canal y los parámetros relacionados con las estructuras hidráulicas.

Al hablar del diseño estructural del canal tendremos presentes todas las variables importantes para la construcción del canal tales como:

3.1.2.1 Dimensiones de la banca hidráulica

Es importante conocer las dimensiones de la banca hidráulica para de esa manera tener presente las condiciones físicas tales como flexión, fatiga, compresión; mismas que podrían causar deformaciones u otro tipo de problemas para de esta manera poder optimizar recursos y poder seleccionar los materiales que se acoplen a las necesidades del canal.

3.1.2.2 Potencia de la bomba

En función del volumen del canal se podrá definir de mejor manera la potencia de la bomba debido a que esto afectará directamente al costo del motor en función a la rapidez en que queremos que se llene la banca.

3.1.2.3 Torque del mecanismo elevador

Mediante cálculos y tomando en consideración los parámetros de la estructura de la banca será necesario calcular el torque necesario para poder elevar el canal y de esa manera variar su pendiente.

3.1.2.4 Caudal

El caudal será uno de los principales parámetros para el diseño de un canal hidráulico de pendiente variable ya que esta magnitud es necesaria para el cálculo de la bomba en función del tiempo de llenado del tanque.

3.1.2.5 Peso total de la banca hidráulica

A partir del peso total de la banca hidráulica se podrá calcular y diseñar las estructuras mesa y caballete.

3.1.2.6 Datos y variables relevantes para el diseño

Tabla 3. Variables de entrada importantes para el diseño [11]

Variable de entrada
1. Ancho del canal (b)
2. Altura del canal (HT)
3. Longitud del canal (L)
4. Porcentaje de borde libre (%BL)
5. Tiempo (t)
6. Peso específico del agua (y)

- 7. Diámetro (D)
 - 8. Constante de Hazen (C)
 - 9. Cota en el punto uno (ZA)
 - 10. Cota en el punto de entrada de la bomba (ZE)
 - 11. Cota en el punto de salida de la bomba (ZS)
 - 12. Cota en el punto dos (ZB)
-

b. Variables de salida:

Tabla 4. Variables de salida importantes para el diseño

Fórmulas	
Volumen del canal	(V) $V = b * HT * L$ [19]
	(3.1)
Borde libre (BL)	$BL = (\% BL * HT) / 100\%$ [20]
	(3.2)
Profundidad Hidráulica o de flujo (Y)	$Y = HT - BL$ [21]
	(3.3)
Área del canal (A)	$A = b * Y$ [22]
	(3.4)
Perímetro mojado (P)	$P = b + 2Y$ [23]
	(3.5)
Radio Hidráulico (R)	$R = A / P$ [24]
	(3.6)
Factor de sección (Z)	$Z = b * Y^{1,5}$ [25]
	(3.7)
Energía perdida por fricción (HF)	
	$HF = \left(3,6908 * Q * \frac{L^{0,54}}{CD^{2,63}} \right)^{1,85}$ [26]
	(3.8)

Energía Perdida por accesorios (HL)

$$\frac{HL=8KQ^2}{g\pi^2*D^4} [27] \quad (3.9)$$

Energía perdida en la succión (EP_{AE})

$$EP_{AE} = HF + HL \text{ en succión [28]} \quad (3.10)$$

Energía perdida en la impulsión (EP_{SB})

$$EP_{SB} = HF + HL \text{ en impulsión [29]} \quad (3.11)$$

Energía Añadida (EA)

$$EA = (Z_E - Z_A) + (Z_B - Z_S) + (EP_{AE} + EP_{SB} [30] \quad (3.12)$$

Caudal

$$Q = V/t [31] \quad (3.13)$$

Potencia de la bomba

$$Potencia = \gamma * Q * EA [32] \quad (3.14)$$

3.1.3. Fase 3. Diseño 3D del canal hidráulico de pendiente variable

3.1.3.1 Diseño CAD

Como primera instancia se requirió crear el ambiente de estudio lo más realista y detallado, posible. Esto demandó diferentes tipos de criterios, de los cuales destacaron los siguientes:

- **Gráfico**

Comprendió las delimitaciones y alcance de nivel de presentación visual que se pretende ofrecer. El nivel de presentación, cálculos de propiedades tales como dimensiones mediante cotas es un factor que la tecnología del software 3D puede generar. Una vez que se tenía los datos de los cálculos tales como dimensiones del canal, 5 metros de largo, 10 centímetros de ancho y 40 centímetros se preparó para el consecuente diseño.

- **Análisis estructural**

Al observar detenidamente cómo está estructurada la banca hidráulica, se pudieron clasificar las estructuras, subdividirlas, con el fin de designar el paquete de operaciones por software que se requiere para modelar las secciones, son las siguientes: Banca hidráulica, mesa, caballete. El Software 3D utilizado fue de gran ayuda ya que permitió hacer ciertos análisis entre los cuales estuvieron los análisis de tensión.

Se analizaron las operaciones más importantes en el proceso de ensamblaje. Haciendo mención de una de estas, usamos las juntas, que requieren de una selección adecuada de elementos estandarizados como pernos y tornillos y suelda.

Análisis Estático

En este apartado se pudo hacer un análisis de desplazamiento, fuerzas de tensión y compresión, deformación y uno de los más importantes, rangos de tolerancia y factores de seguridad, en resumen, fue esencial previo a la construcción ya que se podía tener una idea clara de si la selección de materiales era la correcta y si la disposición de esta era suficiente para soportar la estructura.

Análisis de flexión

El pandeo es un fenómeno que se da en una estructura como resultado de una fuerza axial, especialmente cuando la estructura está sometida a superficies de contacto relativamente pequeñas de acorde al tamaño de la misma, especialmente se da cuando la estructura o elemento tienen una longitud grande.

Estudios de fatiga

Con el tiempo los elementos y materiales van perdiendo sus propiedades, por lo cual es importante realizar un análisis de fatiga para prevenir o por lo menos estar informado sobre el debilitamiento de ciertas estructuras.

3.1.4. Fase 4. Construcción del canal hidráulico de pendiente variable

3.1.4.1 Materiales.

Al momento de solicitar la lista de elementos seleccionados para este diseño, se encontraron diferentes calidades en cada ítem. La calidad varía entre: Resistencia a la corrosión, facilidad y rapidez de instalación, otras herramientas a utilizar para su uso, etc.

La selección de la mayoría de materiales se basó en que sean resistentes a la corrosión y a la vez fuertes, la mayoría de la banca hidráulica fue construida con perfiles de aluminio Bosh

los cuales tienen la particularidad de ser ligeros pero a la vez permitir un elevado nivel de cargas estáticas y dinámicas además de presentar la factibilidad de unirse como el operario lo necesite sin la necesidad de suelda.

3.1.4.2 Cortes.

Mediante una sierra ingleteadora se hizo posible el corte preciso de cada uno de los perfiles de aluminio.

La viga principal se cortó con el uso de una amoladora, debido que las dimensiones que esta presentó imposibilitó tal operación con la sierra ingleteadora.

Los acrílicos fueron cortados mediante el uso de tecnología láser.

3.1.4.3 Perforaciones.

Se implementaron roscas en cada punto de unión de la estructura, pero debido a la complejidad-tiempo que demanda este tipo de operación técnica, se optó por cambiarlas por perforaciones en combinación con avellanados; dependiendo de la unión o perno a colocar se utiliza diferentes diámetros de broca; en perforaciones mayores a 5mm, se procedió a realizar varias operaciones de taladro en el mismo hueco, cada una con diferente grosor de broca y gradualmente, esto para reducir el desgaste del elemento de corte rotatorio y reducción de potencia de herramienta eléctrica.

3.1.4.4 Ensamblaje. -

a. Montaje de la mesa y caballete

En ambas estructuras, los pernos cruzaron por cada lado del perfil y se atornillaron haciendo uso de una copa atornillador con un taladro.

b. Unión de los marcos de las estructuras laterales de la banca. -

A diferencia del modo de ensamblaje en la mesa y caballete, en este caso no fue necesario realizar perforaciones previas a la colocación del perno, esto se debe a que el perfil seleccionado para esta estructura es de 20x20mm de espesor, y, para este tipo de grosores existen los tornillos auto perforantes que perforan y enroscan al mismo tiempo.

c. Colocación de acrílicos.

El primer paso fue colocar silicona en cada uno de los huecos de los acrílicos para impermeabilizar el espacio entre el agujero y la cabeza plana del perno. Se dispone de un

tiempo aproximado a 40 minutos antes de que se seque la silicona, para proceder a colocar los tornillos, y sucesivamente las tuercas en estos. Posteriormente, se colocó la placa de acrílico junto con los pernos y tuerca sobre los canales de la estructura y se procedió a ajustar con una llave hexagonal.

d. Impermeabilización del canal.

Las divisiones formadas entre las láminas de acrílico requieren ser rellenas con resina epóxica para impedir la filtración del líquido hacia el exterior de la estructura.

Instalación de tanques laterales.

Las láminas de acrílico de los tanques fueron unidas mediante pega acrílica, es importante asegurarse de que no exista ninguna filtración a futuro

Banca hidráulica.

A través de los 5 metros de largo fue necesario impermeabilizar con pega acrílica por la parte inferior del acrílico

e. Conexión de tuberías. -

La conexión del sistema de tuberías producirá una estructura rígida, lo cual impide que la banca hidráulica pueda moverse y formar la pendiente deseada, por esta razón, en una sección estratégica, se ha optado por utilizar mangueras flexibles. En cuanto a los tubos de PVC, son pegados con un pegamento especial para este uso.

f. Conexiones eléctricas. –

La bomba será alimentada directamente de la red doméstica de 120v ac, mientras que, el generador de olas y motor del mecanismo de elevación son alimentados por medio de una fuente reductora y convertidora de energía 120vac - 12vdc.

g. Pruebas de funcionamiento.

Se procederá a probar por separado cada etapa del proyecto:

- Prueba de llenado de agua
- Prueba de mecanismo de elevación con peso máximo de la banca
- Prueba del sistema de olas

3.2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.2.1. Fase 1. Revisión bibliográfica para diseño del canal hidráulico

En esta fase se abarcó todo lo relacionado a la investigación y consultas de cómo fueron desarrollados otros modelos de canales hidráulicos, tomando en cuenta el costo y su tamaño de infraestructura. Se vieron parámetros de diseño para llevarlo a cabo, como son: la capacidad, el cilindro hidráulico, el caudal de trabajo, cálculos de potencia y selección del motor, bomba hidráulica, fluido hidráulico, válvulas y accesorios.

3.2.2. Fase 2. Parámetros para diseño hidráulico y estructural del canal

3.2.2.1 Datos y resultados de Ecuaciones relevantes para el diseño

a. Variables de entrada:

Tabla 5. Resultado de las variables de entrada importantes para el diseño

Variable de entrada	Resultado
1.Ancho del canal (b)	0.1m
2.Altura del canal (HT)	0.4m
3.Longitud del canal (L)	5,08m
4.Porcentaje de borde libre (%BL)	30%
5.Tiempo (t)	30 segundos
6.Peso específico del agua (y)	0,05 metros
7.Diámetro (D)	9810 N/m ²
8.Constante de Hazen (C)	150
9.Cota en el punto uno (ZA)	0.8 metros
10.Cota en el punto de entrada de la bomba (ZE)	0.1metros
11.Cota en el punto de salida de la bomba (ZS)	0.1metros
12.Cota en el punto dos (ZB)	0.3 metros

c. Variables de salida:

Tabla 6. Resultado de variables de salidas importantes para el diseño

Variable de salida	Fórmula
1.Volumen del canal (V)	$V = b * HT * L = 203,2$ Litros
2. Borde libre (BL)	$BL = (\%BL * HT) / 100\% = 0.12$ metros
3. Profundidad Hidráulica o de flujo (Y)	$Y = HT - BL = 0,28$ metros

4. Área del canal (A)	$A = b * Y = 0,028 \text{ m}^2$
5. Perímetro mojado (P)	$P = b + 2Y = 0,66 \text{ metros}$
6. Radio Hidráulico (R)	$R = A/P = 0,042 \text{ metros}$
7. Factor de sección (Z)	$Z = b * Y^{1,5} = 0,015 \text{ metros}$
8. Energía Perdida por fricción (HF)	$HF = \left(3,6908 * Q * \frac{L^{0,54}}{CD^{2,63}} \right)^{1,85} = 0,10$
9. Energía Perdida por accesorios (HL)	$\frac{HL = 8KQ^2}{g\pi^2 * D^4} = 16,63$
10. Energía perdida en la succión (EP _{AE})	$EP_{AE} = HF + HL \text{ en succión} = 16,74$
11. Energía perdida en la impulsión (EP _{SB})	$EP_{SB} = HF + HL \text{ en impulsión} = 13,75$
12. Energía Añadida (EA)	$EA = (Z_E - Z_A) + (Z_B - Z_S) + (EP_{AE} + EP_{SB} = 29,08$
13. Caudal	$Q = V/t = 0,007 \text{ m}^3/\text{s}$
14. Potencia de la bomba	$Potencia = \gamma * Q * EA = 1\text{hp}$

Definición de variables de entrada

1. Volumen del Canal.

V comprende todo el espacio dentro de la banca hidráulica, en este circularán o se retendrán los 186 litros de agua.

2. Borde Libre.

BL es la distancia que recomienda dejar libre antes de llenar toda la banca hidráulica con el líquido, este espacio de seguridad será igual al 30%, es un dato recomendado por bibliografía.

3. Profundidad Hidráulica o de Flujo.

Y comprende la altura del canal hidráulico, el punto recomendado, hasta el que se llenará la banca hidráulica, en otras palabras, el espacio útil de funcionamiento del

canal el cual estará de 0 a 70% de su capacidad, en caso de nuestra banca hidráulica de 0 a 30cm

4. Área del Canal.

A producto entre propiedad hidráulica y base libre, el área total entre borde libre y profundidad, comprenderá el 100% de la capacidad del canal.

5. Perímetro Mojado.

P longitud de línea de la intersección de la superficie mojada del canal con la sección transversal normal a la dirección del flujo.

6. Radio Hidráulico.

R relación entre área mojada y perímetro mojado.

7. Factor de Sección.

Z producto de área mojada con la raíz cuadrada de la profundidad hidráulica.

8. Energía perdida por Fricción.

HF es la disminución de la velocidad cuando el fluido se bombea a través del sistema hidráulico.

9. Energía perdida por Accesorios.

HL turbulencias locales en el fluido, en especial en este sistema que contiene codos, válvulas check, entradas y salidas de flujo.

10. Energía Perdida en la Succión.

EP_{AE} es la disminución de energía durante la succión.

11. Energía perdida en la impulsión.

EP_{SB} es la disminución de la energía durante la impulsión.

12. Energía Añadida.

EA es la energía que entrega la bomba al sistema hidráulico.

13. Caudal es el volumen de agua que atraviesa el canal hidráulico.

14. Potencia de la bomba energía impartida al fluido bombeado para aumentar su velocidad y presión.

3.2.2.2. Dimensiones para el canal propuesto

Tabla 7. Resumen de dimensiones del canal hidráulico

Longitud	5 metros
Ancho	0.1 metros
Alto del canal	0.40 metros
Angulo máximo de inclinación	2°
Volumen del canal	203,2 lts.
Diámetro de tubería	2 pulgadas
Potencia de la bomba	1 hp

3.2.3. Fase 3. Diseño 3D del canal hidráulico de pendiente variable

Para el diseño 3D del canal hidráulico, se establecieron los materiales a usarse en el mismo, por lo que los componentes estructurales denotados son fueron siguientes:

- Láminas de acrílico de 6mm
- Perfiles de aluminio de 20x20 y 20x40
- Planchas de metal
- Bomba hidráulica
- Gata eléctrica
- Generador de olas
- Tanque principal y secundarios

Para realizar el modelo 3D se necesitó realizar un plano por lo que se realizó su dibujo.

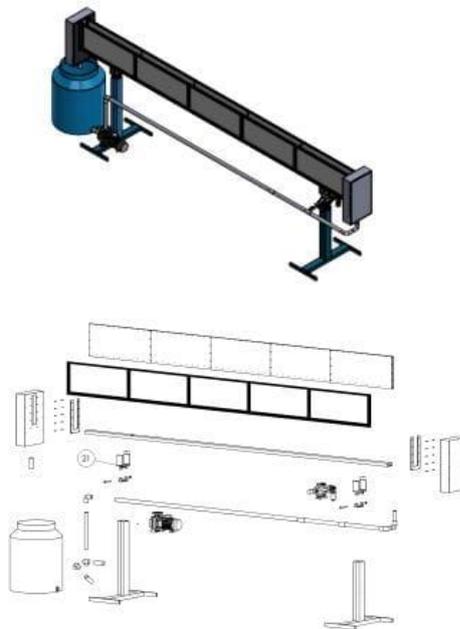


Figura 10. Plano de canal hidráulico

3.2.4. Fase 4. Construcción del canal hidráulico de pendiente variable

Una vez con los materiales se pasó a su ensamble de forma manual con la herramienta pertinente.

Tras la elección de los tubos cuadrados tipo Bosch para que sean parte de la estructura, el sistema funcionó correctamente; dando muestras de alto desempeño de durabilidad, estética y rigidez. Para unir cada una de las estructuras se necesitó de tornillos, resina epóxica, brocas para hacer las perforaciones y sobre todo de escuadras para que sea lo más perfilado y centrado posible.

El canal hidráulico cuenta con una paleta en el extremo derecho con el objetivo de generar olas; el máximo torque generado por parte del servomotor sería a que la paleta tiene una dimensión alta y entre más alta sea las olas serán más prolongadas.

Se utilizó un tanque lateral para almacenar el agua, al momento de reservar el líquido se observó que en las uniones entre la tubería instalada y el tanque hubo filtraciones de agua a pesar de colocar silicona entonces el siguiente proceso es hacer un sellado de forma uniforme vertiendo un líquido (polímero líquido) para que abstenga a salir agua en pequeñas superficies vacías.

En base a una gata hidráulica que tiene un mecanismo de tornillo sin fin que determina la altura de la pendiente del canal hidráulico cuya inclinación es de 0 a 2 grados, controlado por un encoder que fue programado en el microcontrolador Arduino, basados en componentes de electrónica de potencia básicos se pudo dominar esta parte.

Las paredes del canal hidráulico son de material de acrílico transparente para que se pueda mirar el proceso de fluido del agua, sin embargo, hubo pequeñas filtraciones por orificios delgados y para solucionar este inconveniente se los selló con masilla epóxica para evitar filtraciones al momento de rodear el agua por el canal.

Para que los materiales tengan una mayor resistencia ante la filtración del agua se los impermeabilizaron colocando brea negra, una masilla epóxica en la parte interna y así evitar filtraciones en lugares muy delgados y se reinvirtió en un barrido al final.

En la parte electrónica se usó una fuente de poder de 12 voltios, un encoder, un sensor para medir el ángulo de inclinación que tendrá el canal, resistencias, leds, servomotores, etc.

En la parte de tuberías se hizo una división para que sea desarmable la máquina y se pueda transportar con mayor facilidad.

3.3 EVALUACIÓN TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL Y O ECONOMICA

La evaluación técnico, social, ambiental económica de la propuesta tecnológica se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 8. Evaluación Técnico, social, ambiental económica de la propuesta tecnológica

Evaluación	RESULTADO
-------------------	------------------

Técnico	<p>La presente propuesta tecnológica presenta datos técnicos críticos a tomar en cuenta tal como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones del canal: Al modificar dimensiones en forma de incremento se aumenta de forma progresiva los esfuerzos, lo cual afecta directamente a la adquisición de materiales a usar tal como el metal con la aleación pertinente y el grosor de la estructura al igual que su forma. • Hidráulica: Los diferentes datos para el funcionamiento hidráulico del canal de pendiente variable va a la par con el inciso anterior, pero con la diferencia que intervienen los datos de constantes de la ubicación donde se vaya a instalar la maquinaria tal como la presión atmosférica, entonces se tomó en cuenta datos cercanos a la ciudad de Latacunga. • Electrónica: Es pertinente tener cuidado con la electrónica del canal en cuanto a sensores, cableado; debido a que el canal al ser de movimiento constante de agua por un periodo de tiempo
Social	<p>El canal de pendiente variable es de impacto para los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi en especial de la carrera de Ingeniería Hidráulica, además de personal externo que pueda usar la maquinaria en cuento a prácticas de laboratorio, dando como resultado que las personas en general tendrán un espacio para estudiar los fenómenos físicos hidráulicos haciendo más fácil la aplicación de dicho conocimiento en futuros proyectos.</p>
Ambiental	<p>Es amigable con el medio ambiente debido a que el flujo de agua del canal es cíclico por lo que una vez lleno el tanque principal con la ayuda de la bomba de agua se traslada el fluido por el largo del canal; de forma eléctrica el canal si se lo utiliza durante todo el día si realizaría un consumo energético considerable</p>
Económica	<p>El impacto económico del proyecto es de, por lo que es un costo alto de diseño y fabricación, pero menor costo de mantenimiento de las partes de la máquina. Es una inversión realizada para conocimiento científico dando como resultados no monetarios sino sociales en beneficio de la sociedad.</p>

3.3.1 Análisis estructurales

Perfil analizar

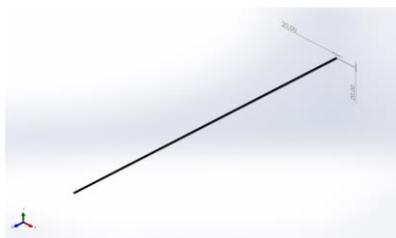


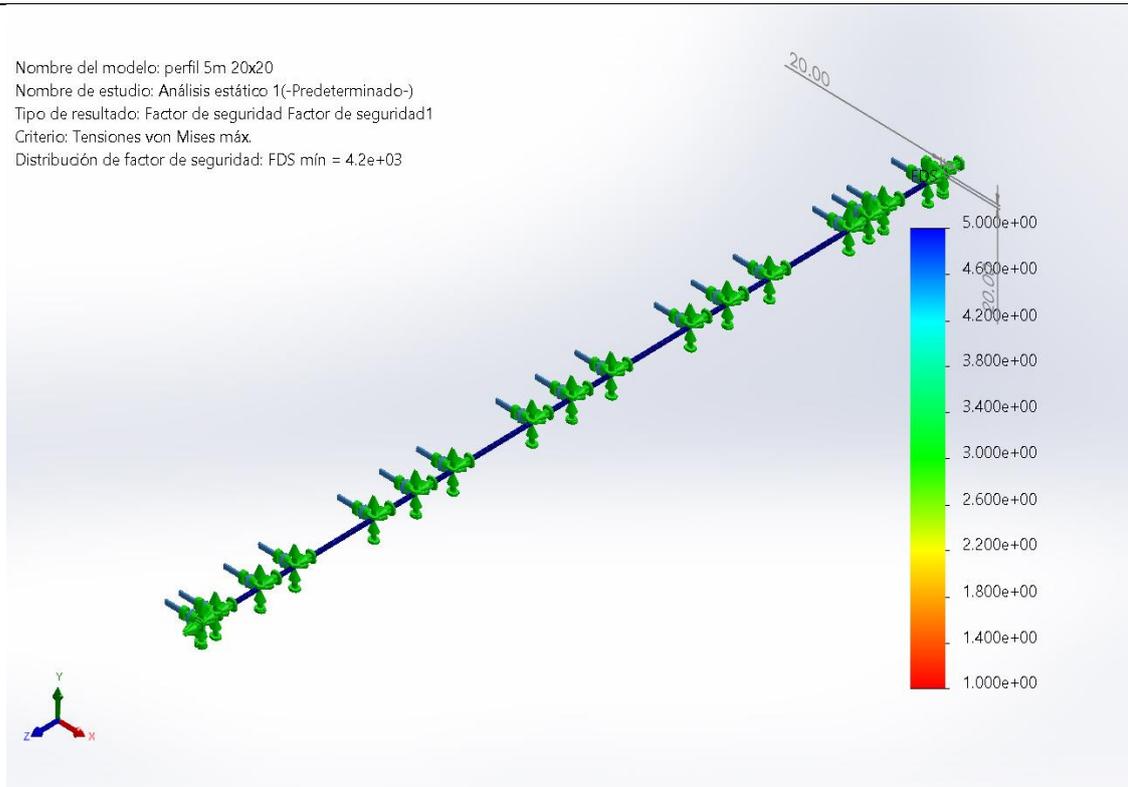
Figura 11. Perfil de 5m 20x20

En la figura 11 realizamos el análisis estático del perfil para obtener los diferentes resultados.

Tabla 9. Análisis de sólidos

Tenemos una barra sólida de material aluminio Bosh de 20x20 con un largo total de 5 metros de largo y un peso total de 22. 68 Newtons, la tensión máxima de Von Mises son $2.15 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, la tracción máxima se representa con el valor de $2.4 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ y un coeficiente de dilatación térmica de $2.34 \times 10^{-5} / \text{Kelvin}$

Análisis de deformaciones en la viga Bosh 20x20



perfil 5m 20x20-Análisis estático 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

Nro.	Propiedad	Valor	Unidades	Por lo cual
1	Módulo elástico	2×10^{11}	N/m^2	
2	Coeficiente de Poisson	0.32	N/D	
3	Módulo cortante	7.6×10^{10}	N/m^2	
4	Densidad de masa	7800	kg/m^3	
5	Límite de tracción	482549000	N/m^2	

6	Límite de compresión		N/m ²
7	Límite elástico	248168000	N/m ²
8	Coefficiente de expansión térmica	1.2e-05	/K
9	Conductividad térmica	30	W/(m·K)
10	Calor específico	500	J/(kg·K)
11	Cociente de amortiguamiento del material		N/D

la

tensión de Von Mises y el desplazamiento demuestran que la viga soporta totalmente el peso de la estructura.

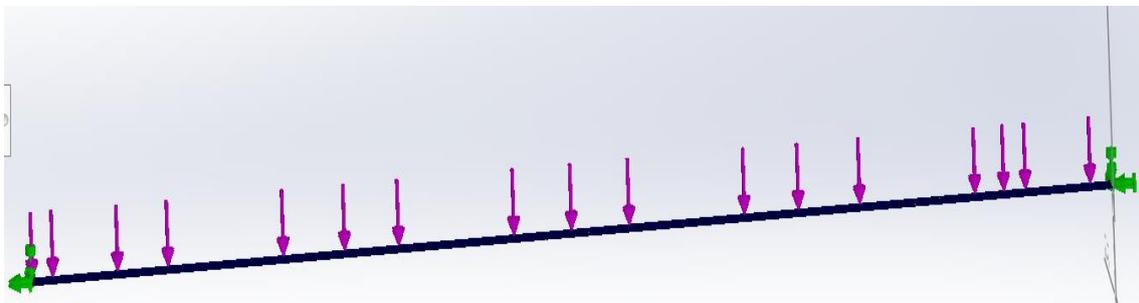
3.3.2. RESULTADOS

TENSIÓN ESTÁTICA ANALIZADA POR EL SOFTWARE SOLIDWORKS

Acero al carbono fundido

Caso de carga 1

Entidades seleccionadas



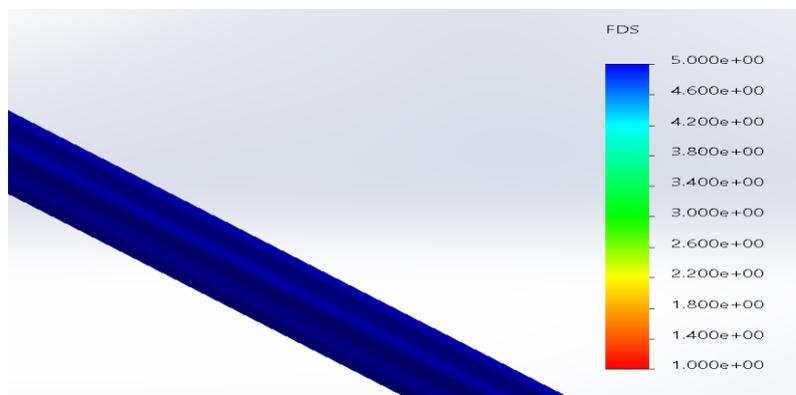
Fuerza1

Tipo	Fuerza
Magnitud	256 N
Valor X	0 N
Valor Y	256 N
Valor Z	0 N

Ángulo X	0 deg
Ángulo Y	0 deg
Ángulo Z	0 deg
Fuerza por entidad	No

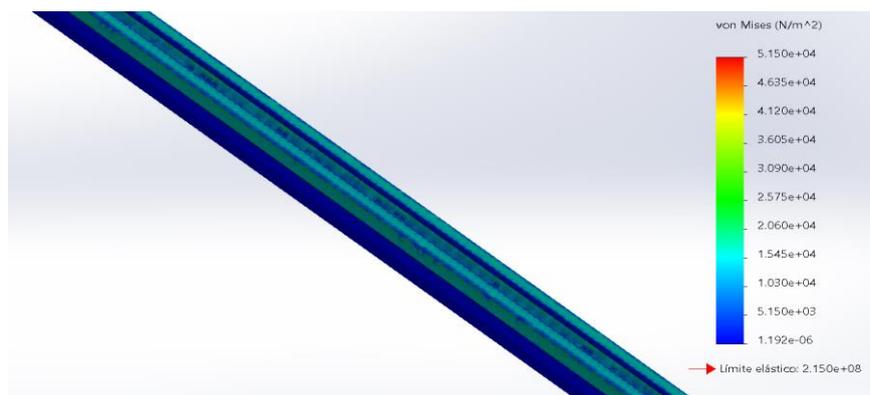
Coefficiente de seguridad

1  5



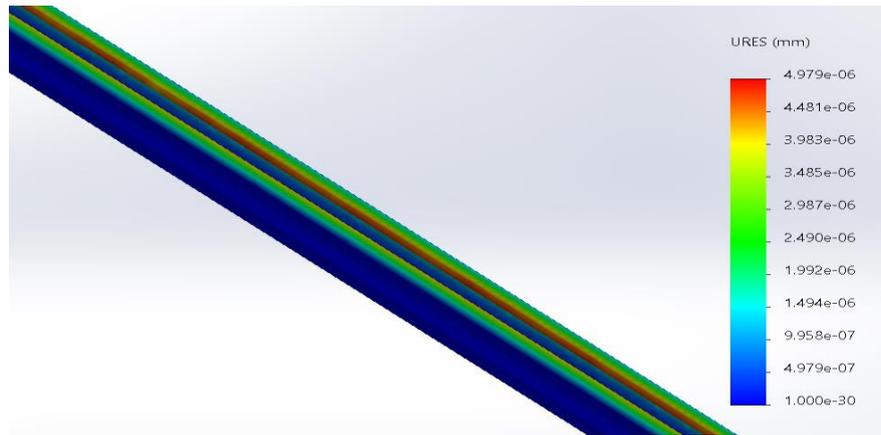
Tensiones (Von Mises)

[N/m²] 1.192e-06  5.150e+04

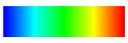


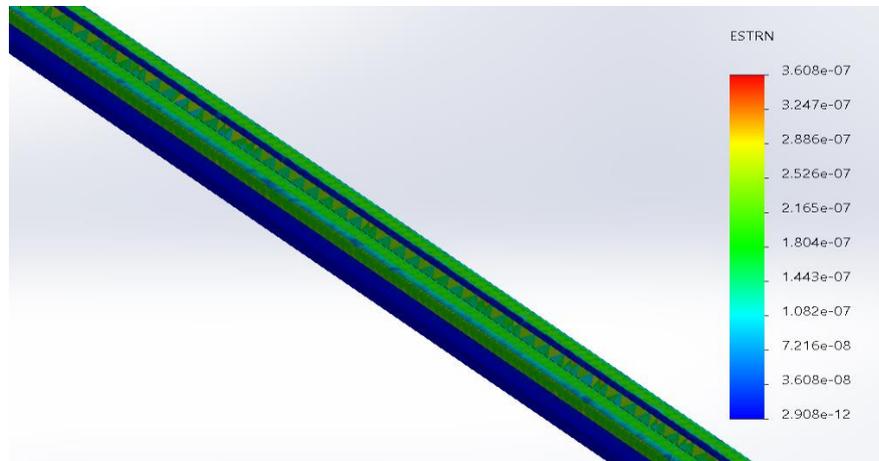
Desplazamiento

[mm] 1.000e-30  4.979e-06



Deformaciones unitarias

[estrn] 2.908e-12  3.608e-07

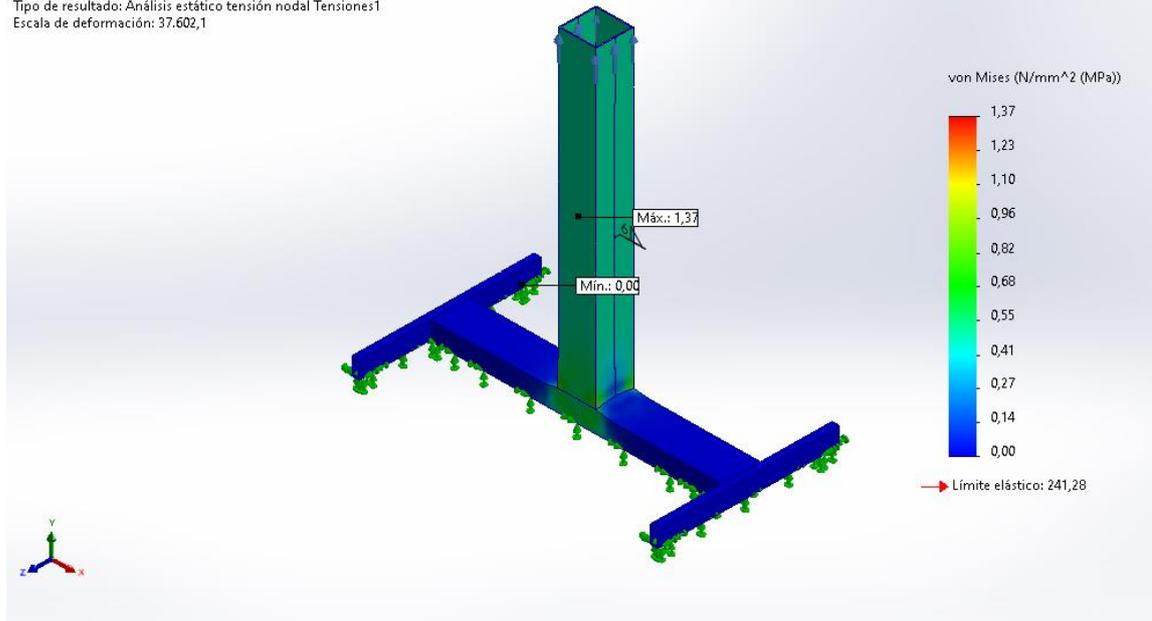


El análisis funcional mediante el apartado de simulación en el software SOLIDWORKS, se ha realizado correctamente, en el cual con una fuerza de 256 N aplicada al componente del perfil de aluminio donde se encuentra la parte de soporte de las paredes del canal hidráulico, muestra resultados estables en cuanto al factor de seguridad ; así en la tensión establecida por Von Mises para su falla en materiales dúctiles existe un valor máximo de 1.540×10^4 lo cual es menor al 2.150×10^8 a lo establecido en su límite de elasticidad por lo que no hay riesgo en ese apartado. En cuanto al desplazamiento su máximo encontrado es de 4.97×10^{-6} el cual es pequeño, pero se da debido a que es esa cara del material es donde van unidos los demás componentes tal como el acrílico, y finalmente por parte de la deformación unitaria habrá una deformación de 2.566×10^{-6} en proporción a la longitud original.

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0,00N/mm ² (MPa) Nodo: 1156	1,37N/mm ² (MPa) Nodo: 4505

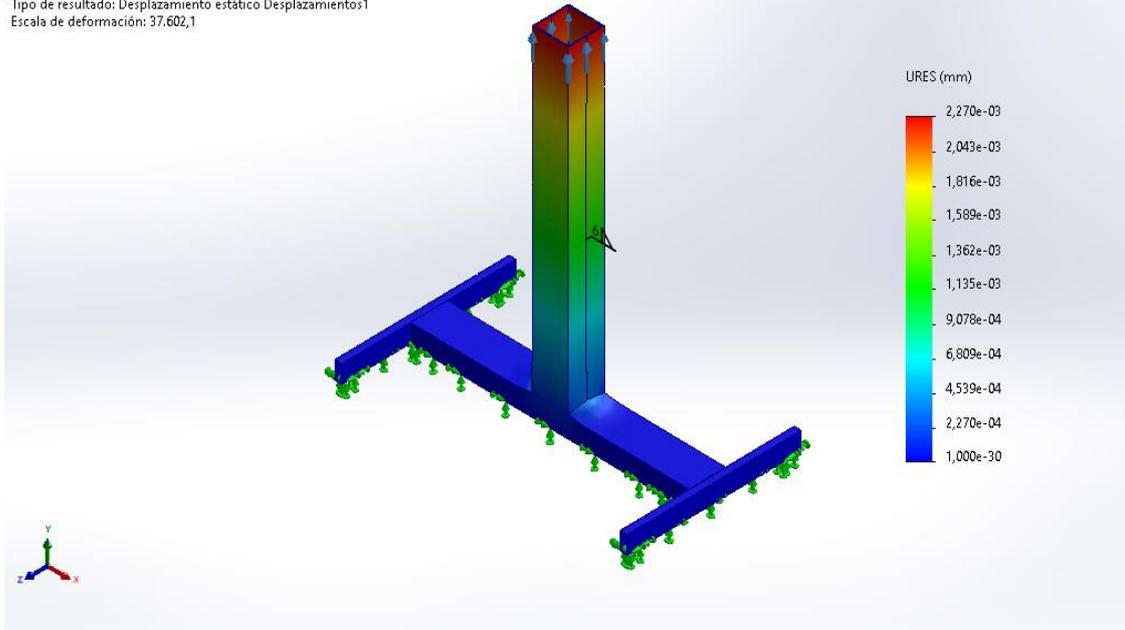
Nombre del modelo: estructuraA
 Nombre de estudio: Análisis estático 3(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 37.602,1



estructuraA-Análisis estático 3-Tensiones-Tensiones 1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00mm Nodo: 2	2,270e-03mm Nodo: 3676

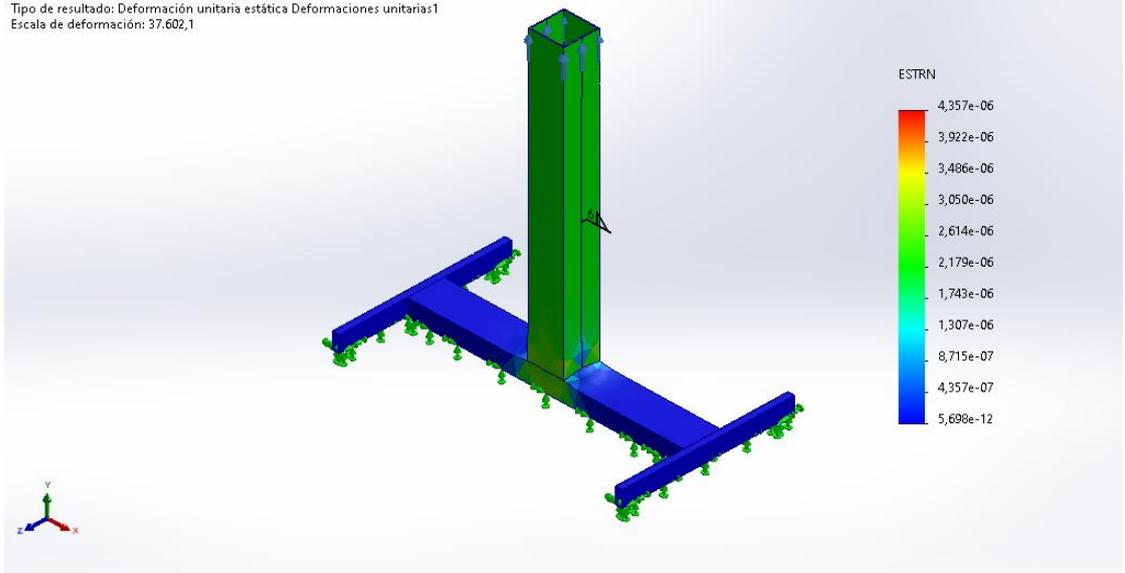
Nombre del modelo: estructuraA
 Nombre de estudio: Análisis estático 3(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 37.602,1



estructuraA-Análisis estático 3-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	5,698e-12	4,357e-06
		Elemento: 74	Elemento: 1870

Nombre del modelo: estructuraA
 Nombre de estudio: Análisis estático 3(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
 Escala de deformación: 37.602,1



estructuraA-Análisis estático 3-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

3.3.4. COSTO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CANAL HIDRÁULICO DE PENDIENTE VARIABLE

Tabla 10. Tabla costo de materiales

RUBRO	DIMENSIÓN	UNIDAD	COSTO/UNIDAD (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Perfil de Aluminio Bosch A20	20x40	22m	\$56	\$1232
Tubo cuadrado de acero dulce	10cm	1	\$25	\$25
Planchas de acrilico 6mm	244x170	3	\$170	\$510
Tornillos tipo T	1in	400	\$0,56	\$224
Platina	1*1/8	1	\$16	\$28.57
Gata Eléctrica	N/A	1	\$202	\$202
Motor Trifásico	N/A	1	200	\$200
Tuberías con accesorios	2in	14		\$183
Neplo Rápido	2in	2	\$14	\$28
			IVA 12%	315.90

SUB TOTAL	2632.57
TOTAL	2948.47

3.3.5. COSTOS DE ELEMENTOS PARA EL CONTROL ELÉCTRICO

Se aprecia los costos, utilizados en el control eléctrico de la máquina.

Tabla 11. Costos del control eléctrico

RUBRO	DIMENSIÓN	UNIDAD	COSTO/ UNIDAD (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Contactor	N/A	1	7.7281	13.91
Caja de Paso	80cm x 40cm x 30 cm	c/u	7.0337	12.66
Pulsador luminoso 22MM verde	1	c/u	2.9166	2.91
Pulsador luminoso 22MM rojo	1	c/u	2.7597	2.48
Cable THHN flexible #8	2	M	1.48	2.70
			IVA 12%	4,15
			SUB TOTAL	34.66
			TOTAL	38.81

3.3.6. COSTOS POR LA UTILIZACIÓN DE EQUIPOS EXTERNOS

Tabla 12. Costos de equipos adicionales

MAQUINAS	HORAS EMPLEADAS	COSTO/ (\$)	HORA	COSTO (\$)	TOTAL

Cortadora Laser	20	6	\$120
Impresora 3D	200	2.75	\$550
Suelda TIG	10	5	50
		SUB TOTAL	720

3.3.7. COSTO INGENIERIL

En la siguiente tabla se puede considerar los costos indirectos, los cuales son el 10 % de los costos directos.

Tabla 13. Costos indirectos

DESCRIPCIÓN	COSTO (\$)
Costos directos	3,707.28
Costos indirectos	500
COSTO TOTAL	4207,28

4. CONCLUSIONES DEL PROYECTO

4.1 CONCLUSIONES

- La revisión bibliográfica se la realizó a partir de libros físicos y digitales, tesis y artículos científicos como fuentes principales de consulta, además de otros medios tal como los son los medios audiovisuales en referencia al funcionamiento de los canales de pendiente variable, con lo que se pudo adquirir información relevante para comprender de mejor forma la propuesta tecnológica y elaborar la teoría pertinente, por lo cual fue posible comprobar que los datos obtenidos y cálculos son de fundamental importancia para el desarrollo de un canal hidráulico de pendiente variable.
- Los parámetros determinados a usar para el diseño hidráulico y estructural del canal hidráulico se dividieron en dos para una mejor sistematización de resultados, por lo que se determinó variables de entrada que son usadas como insumos para el cálculo de fórmulas hidráulicas como estructurales tal como las dimensiones iniciales del canal; por otra parte; las variables de salida son los resultados a obtener y están en función de los datos de entrada, por ejemplo el cálculo de la potencia de la bomba.
- El canal hidráulico se lo diseñó de forma virtual mediante software de diseño CAD, en el cual se encontraron algunas inconsistencias, elementos que funcionaban en el software CAD no funcionaban en la vida real y elementos que funcionaban en la vida real no funcionaban en el Software dando por entendido bajo investigación que esto se debe a los estudios lineales que puede producir datos erróneos debido a las suposiciones del sistema, especialmente en desplazamientos.
- La construcción del canal hidráulico estableció de forma práctica lo realizado de forma teórica, dando como resultado el canal de pendiente variable de medida de 5m, 0.1 m de ancho y 0.40 de alto, con tanques laterales y un tanque principal usando una bomba de 1hp para el flujo agua, con una inclinación de 0 a 2 grados, con sensor de distancia y generador de olas, además de otros componentes como tuberías, codos, los cuales fueron ensamblados de igual forma que la diseñada en 3D agregando pegamentos, pintura y utensilios necesarios para realizar cada actividad en el montaje del canal.

4.2 RECOMENDACIONES

- Utilizar fuentes bibliográficas referenciales de sitios que sean confiables debido a que con ello se evita caer en especulaciones y se adquiere solamente información verificable y verídica, a lo cual hay que realizar el citado adecuadamente además de usar un buen parafraseo del contenido consultado para que no se incurra en plagio opacando el estudio técnico científico realizado.
- Determinar correctamente los parámetros y calcular a realizar para el diseño de la maquinaria porque de ello depende el buen funcionamiento de la misma; al tener de forma clara las variables a usar, solo se resuelve las ecuaciones con dicha información para adquirir un resultado, los cuales son aún más fáciles de efectuar si se las realiza mediante una matriz en algún programa tal como puede ser el paquete de office.
- Utilizar la versión más actual de cualquier programa de diseño CAD que se pretenda a utilizar, debido a que cada versión presenta mejoras en cuanto a su anterior versión, brindando muchas veces más opciones para resolver un problema que su versión pasada, por ello SOLIDWORKS 2022 es una buena opción para el diseño 3D ya que cuenta con las herramientas necesarias para el dibujo y ensamblado de maquinaria usada en ingenierías.
- Se recomienda que durante la construcción y ensamble físico de la maquinaria establecer posibles fallos tanto de material defectuoso de fábrica como a causa de mano de obra durante cortes, soldaduras u otros, ya que depende de ello el aprovechamiento máximo de insumos invertidos para la elaboración del canal hidráulico, así como planificación de tiempo invertido en las pruebas de funcionamiento respectivas.

BIBLIOGRAFIA

- [1] N. e. H. E. M. 2. A. C. Sole.
- [2] ”. R. -. R. o. i. 2. “Geomembranas para la impermeabilización de canales.
- [3] J. M. d. A. Netto, Manual de Hidráulica 9na edición, Edgar Blucher Ltda, 2015.
- [4] V. A. G. Sánchez, MAESTRÍA EN MÉTODOS MATEMÁTICOS Y SIMULACIÓN NUMÉRICA EN INGENIERÍA MODELACIÓN NUMÉRICA Y EXPERIMENTAL DE UN CANAL RECTANGULAR ABIERTO CON DIFERENTES TIPOS DE VERTEDEROS, UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA .
- [5] P. R. Ruíz, «Conceptos y elementos de un canal,» CivilGeeks.com, 2018.
- [6] H. U. C, Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA / MINISTERIO DE AGRICULTURA , Jul. 2019.
- [7] «"8. ESTRUCTURAS DE CONDUCCIÓN DEL AGUA," .,» Fao.org, 2023.
- [8] R. G. Peña, «Mecánica de Fluidos,» de *Resalto Hidráulico*, Slideshare.net, 2016, p. pag. 5.
- [9] C. A. P. Tovar, «Comparación entre flujo en tuberías y flujo en canales abiertos,» Página web de caraugpertov, 2015.
- [10] N. Connor, «Engennering,» 01 10 2019. [En línea]. Available: <https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-el-flujo-laminar-vs-turbulento-definicion/>. [Último acceso: 9 Agosto 2022].
- [11] S. G. B. L. N. N. L. P. R. V. B. Cuacés, «VERTEDEROS,» Issuu, 2020.
- [12] ”. B. M. 2. 2. “Bio surf camp.
- [13] eddyhrbs, «Ingenieria Civil,» 06 10 2018. [En línea]. Available: <https://www.ingenierocivilinfo.com/2010/02/distribucion-de-velocidades-en-una.html>.
- [14] ”. I. 2. S. G. Luis “Hidráulica De Canales Unidad 1 Flujo Uniforme.
- [15] “. d. u. e. q. s. p. d. u. l. p. d. W. A. 2. 2. C. de.

[16] “. G. 2. G. HAMBURG.

[17] “. G. 2023..

[18] H. Y. Z. Y. L. T. J. L. Z. Q. Hu, «“The Course Control Based on an On-line Self-adjusted PID Control Algorithm for Unmanned Surface Vehicles,”» *ROBOT*, vol. 35, n° 1, pp. 263-268, 2013.

ANEXOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TITULACIÓN

ANEXO

Anexos A: Informe del % del urkund



PROPUESTA TECNOLÓGICA

TEMA:

“DISEÑO DE UN CANAL HIDRAÚLICO DE PENDIENTE VARIABLE”.

Autores:

Quinaluisa Chicaiza Estalin Adrián

Salazar Méndez Henry Xavier

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TITULACIÓN

ANEXO

Anexos B: fichas técnica de los materiales



PROPUESTA TECNOLÓGICA

TEMA:

“DISEÑO DE UN CANAL HIDRAÚLICO DE PENDIENTE VARIABLE”.

Autores:

Quinaluisa Chicaiza Estalin Adrián

Salazar Méndez Henry Xavier

Anexo I Datos técnicos del perfil de aluminio

Indicación técnica para perfiles de aluminio

Tipo I y tipo B

Tolerancias:

Desviaciones de forma como tolerancia de rectitud y planeidad según DIN EN 12020 parte 2.

Superficie:

Los perfiles de aluminio son de colores naturales anodizados, lo que les protege contra el rayado y la corrosión de forma permanente. El borde de corte no tiene rebabas gracias a la dura capa periférica de anodizado.

Anodizado: EBEV1

Grosor de capa: 10 µm

Valores mecánicos:

(solo válido en dirección de embuición)

Resistencia a la extensión Rm: mín. 245 N/mm²

Límite de elasticidad Rp0,2: mín. 195 N/mm²

A5: 10 % alargamiento de rotura

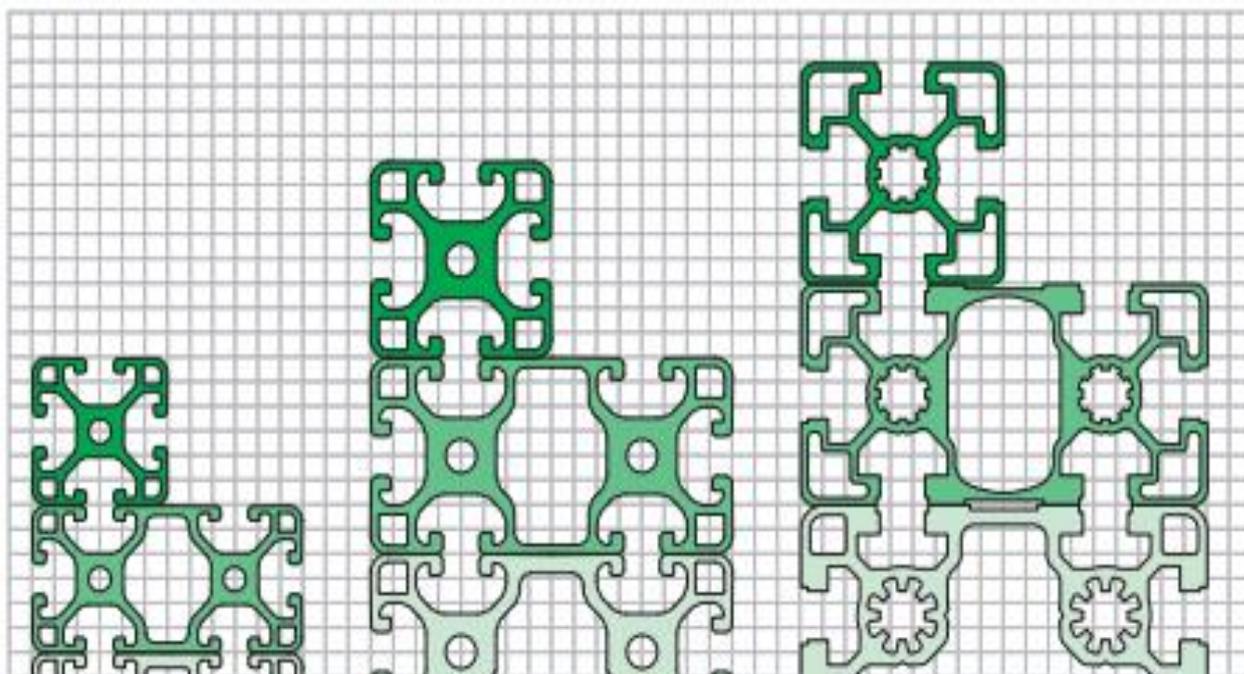
A10: 8 % alargamiento de rotura

Grosor: 2,7 kg/dm³

Coefficiente lineal de extensión: 23,6x10⁻⁶ 1/K

Módulo de elasticidad E: aprox. 70.000 N/mm²

Dureza: aprox. 75 HB -2,5/187,5

**Tamaños de ranura y dimensiones modulares**

Anexo I Datos técnicos del perfil de aluminio

10048 Perfiles de aluminio 40x40 Tipo I

norelem

Descripción del artículo/Imágenes del producto



Descripción

Material:

Aluminio EN AW-6063 T66 (AlMgSi0,5 F25).

Versión:

Endurecido en caliente, colores naturales anodizados.

Indicación:

Perfil de aluminio para construcciones en general.

A petición:

Cortes a inglete: 15°, 30° y 45°.

Anexo II Datos técnicos del acrílico

	FICHA TÉCNICA
	HOJA DE ACRÍLICO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:

Es un Termoplástico rígido excepcionalmente transparente. En su estado natural es incoloro pero se puede pigmentar para obtener una infinidad de colores. También se puede dejar sin pigmento para producir una lámina completamente transparente. Se produce material en un rango de parámetros de transmisión y difusión de luz, óptimo para diferentes usos.

El PMMA normalmente se produce con un agente absorbedor de luz ultravioleta para proteger tanto la pigmentación del propio PMMA como objetos que pudieran recibir luz a través de él.

**CARACTERÍSTICAS:**

- Resiste a la intemperie por más tiempo que otros plásticos.
- Es menos resistente a los impactos que el policarbonato, aunque entre 10 y 24 veces más resistente que el vidrio flotado.
- Es más transparente. Su transparencia óptica puede restaurarse mediante pulido.
- Es menos propenso rayarse.
- No adquiere tono amarillo con el tiempo.

Anexo II Datos técnicos del motor

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE / CONSTRUCTION FEATURES CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS / CARACTÉRISTIQUES D'EXECUTION	
Corpo pompa	ghisa
Pump body	cast iron
Cuerpo bomba	fundición
Corps de pompe	fonte
Supporto motore	ghisa
Motor bracket	cast iron
Soporte motor	fundición
Support moteur	fonte
Girante	ottone o Noryl® (CB100-900) ottone (CB800-1500)
Impeller	brass or Noryl® (CB100-900) brass (CB800-1500)
Rodete	latón o Noryl® (CB100-900) latón (CB800-1500)
Turbine	latón ou Noryl® (CB100-900) latón (CB800-1500)
Tenuta meccanica	ceramica-grafite
Mechanical seal	ceramic-graphite
Sello mecánico	cerámica-grafito
Garniture mécanique	céramique-graphite
Albero motore	acciaio AISI 303 acciaio AISI 416 (CB100)
Motor shaft	stainless steel AISI 303 stainless steel AISI 416 (CB100)
Eje motor	acciaio AISI 303 acciaio AISI 416 (CB100)
Arbre moteur	acier AISI 303 acier AISI 416 (CB100)
Temperatura del liquido	girante Noryl®: 0 - 50 °C girante ottone: 0 - 90 °C
Liquid temperature	Noryl® impeller: 0 - 50 °C brass impeller: 0 - 90 °C
Temperatura del liquido	rodete de Noryl®: 0 - 50 °C rodete latón: 0 - 90 °C
Température du liquide	turbine en Noryl®: 0 - 50 °C turbine latón: 0 - 90 °C
Pressione di esercizio	
Operating pressure	max 6 bar (CB100)
Presión de trabajo	max 11 bar (CB100-1500)
Pression de fonctionnement	
MOTORE / MOTOR / MOTOR / MOTEUR	
Motore 2 poli a induzione	3 - 230/400V-50Hz P ≤ 4kW 3 - 400/690V-50Hz P > 4kW
2 pole induction motor	1 - 230V-50Hz Icon termoprotettore with thermal protection con protección térmica avec protection thermique
Motor de 2 polos a inducción	
Moteur à induction à 2 pôles	
Classe di isolamento	
Insulation class	F
Clase de aislamiento	
Classe d'isolation	
Grado di protezione	
Protection degree	IP44
Grado de protección	IP55 (CB800-1500)
Protection	

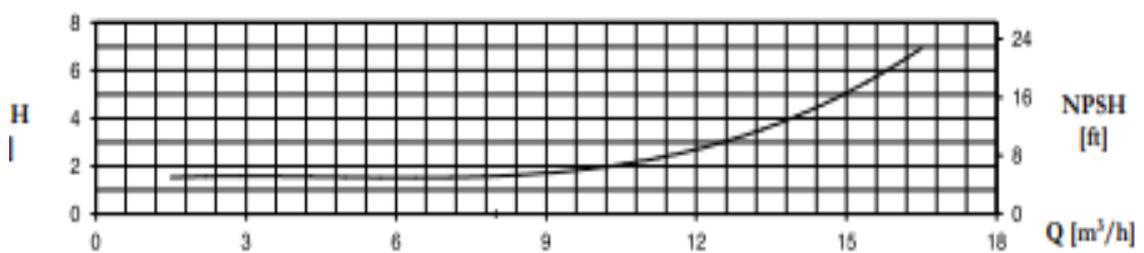
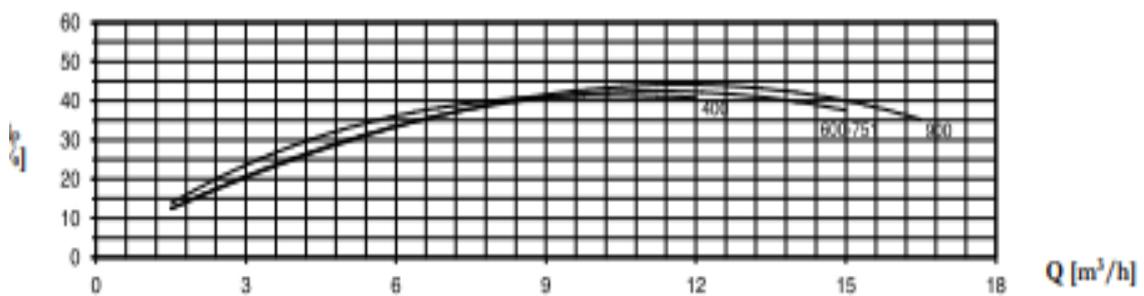
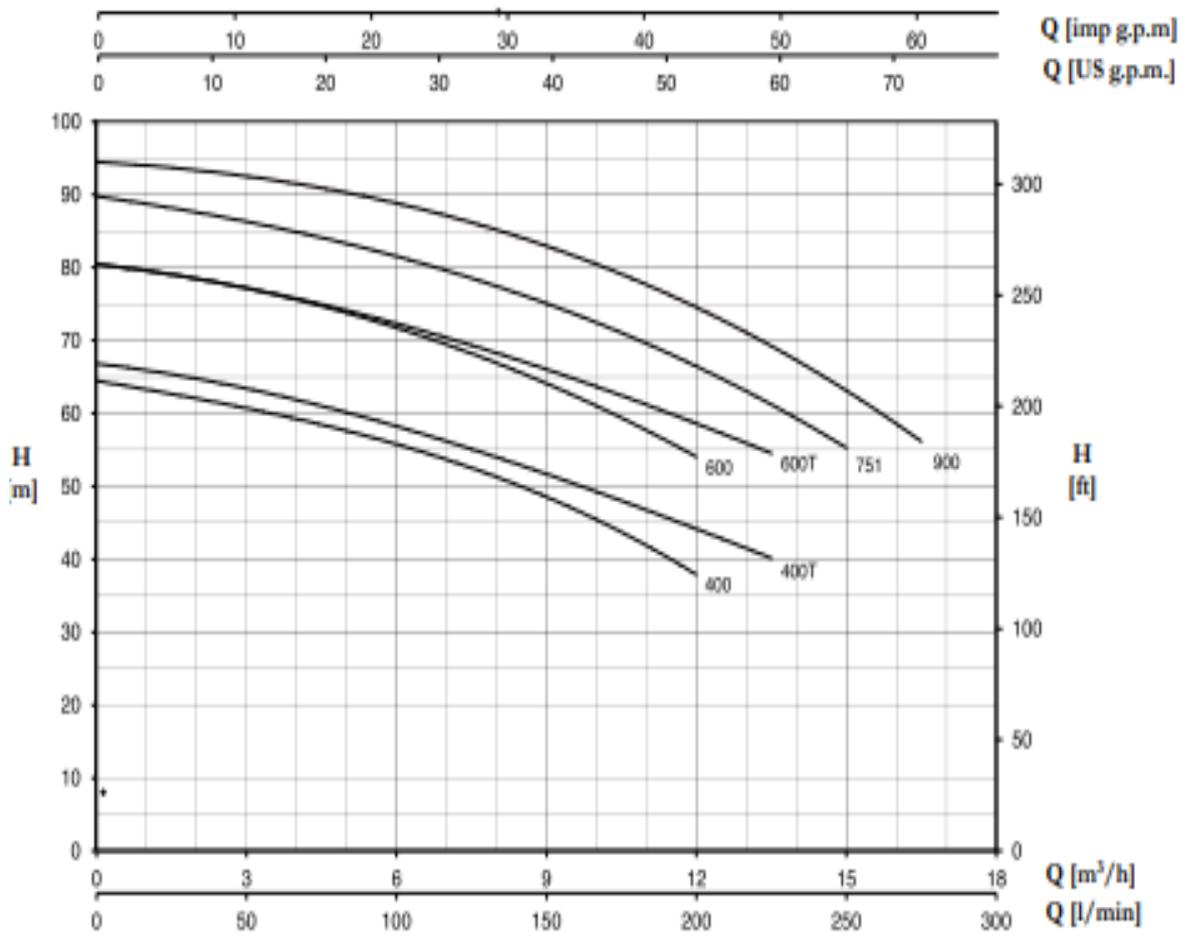


Pompe centrifughe bi-giranti adatte alla realizzazione di gruppi di pressurizzazioni per impianti civili e industriali; le due giranti contrapposte garantiscono una elevata prevalenza garantendo comunque una buona portata.

Two impeller centrifugal pumps for constructing pressurisation systems for civil and industrial plant; the two counter-posed impellers guarantee high head with good delivery.

Bombas centrifugas con doble rodete apropiadas para realizar unidades de presurización para instalaciones civiles e industriales; los dos rodetes contrapuestos garantizan una elevada prevalencia garantizando en cualquier caso un buen caudal.

Pompes centrifuges à deux turbines, aptes à la réalisation de groupes de surpression pour installations civiles et industrielles; les deux roues opposées garantissent une hauteur manométrique élevée tout en maintenant un débit excellent.



Anexo IV Datos técnicos la gata eléctrica



Especificaciones técnicas

Tipo de servicio	Car
Material	Aleación de acero
Capacidad de carga	2 tons
Marca	BEETRO
Color	Naranja/fiesta de bloques
Peso del artículo	4400 Libras
Dimensiones del artículo LxWxH	15.75 x 6.1 x 4.72 pulgadas
Altura mínima	4.7 Pulgadas
Estilo	Gato de piso
Fabricante	Beetro Co., Ltd
Peso del producto	4400 pounds
Dimensiones del producto	15.75 x 6.1 x 4.72 pulgadas
Número de pieza del fabricante	BE0088

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TITULACIÓN

ANEXO C

Anexos B: TABLAS DE PESO, PRESIÓN, CORTE, MOMENTO,
DISEÑO DE INERSIA



PROPUESTA TECNOLÓGICA

TEMA:

“DISEÑO DE UN CANAL HIDRÁULICO DE PENDIENTE VARIABLE”.

Autores:

Quinaluisa Chicaiza Estalin Adrián

Salazar Méndez Henry Xavier

Anexo VI Tablas de peso

Calculo en condiciones críticas

* El tanque principal y el canal estan completamente llenos

* El peso del acrílico de 10 mm de espesor tiene un peso de 11.9 kg/m².

* El peso de la lamina de acero negro de 1/16 plg. De espesor tiene un peso de 15 kg/m²

Peso del agua en el tanque principal	1713,32	Newton		385,01	lb
Peso del agua en el canal	1989,41	Newton		447,06	lb
Peso en el fondo del tanque	24,75	kg		54,45	lb
Peso del canal	53,55	kg		117,81	lb
Peso de tornillos, tuercas, piezas de ensamble	136,56	kg		300,43	lb
Peso de los materiales	214,86	kg	2107,78	473,66	lb
PESO DE LA ESTRUCTURA	5810,50	Newton	215,07924	1305,73	lb
					2000,00

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TITULACIÓN

ANEXO D

Anexos B: GUÍA DE LABORATORIO

CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA



PROPUESTA TECNOLÓGICA

TEMA:

“DISEÑO DE UN CANAL HIDRÁULICO DE PENDIENTE VARIABLE”.

Autores:

Quinaluisa Chicaiza Estalin Adrián

Salazar Méndez Henry Xavier



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

GUÍA DE LABORATORIO CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

Docente:	
Fecha:	
Curso:	
Ciclo:	
Tema:	
N° Horas	

1	Introducción
<ul style="list-style-type: none">Estudiar los diferentes fenómenos presentes en un canal es de suma importancia debido a que es importante conocer el comportamiento del flujo en diferentes condiciones físicas. En este sentido, se plantea en el presente trabajo, desarrollado de forma experimental en el laboratorio de Hidráulica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, determinar cómo funciona el salto hidráulico a lo largo de un canal y qué patrones sigue dependiendo de las condiciones presentes dentro del mismo, si posee un obstáculo o incluso si hay diferentes pendientes, así mismo será importante hacer un análisis de índices críticos y subcríticos en el comportamiento del fluido.	

2	Objetivos
<ul style="list-style-type: none">Observar las condiciones hidráulicas y físicas que intervienen en el comportamiento del flujo en canales abiertos.Analizar los aspectos básicos del comportamiento hidráulico y formación de saltos hidráulicos en un canal abierto.Experimentar los resaltos hidráulicos de acuerdo a las características dadas por cada uno de los vertederos.	

3	Marco Referencial
<ul style="list-style-type: none">Salto hidráulico: Los resaltos se generan debido a un conflicto entre los diferentes controles que se presentan aguas arriba y aguas abajo del canal. Dicho salto puede producirse sobre la superficie libre de un flujo homogéneo o también en una interfaz de densidad de un flujo, el salto hidráulico va acompañado de una disipación de energíaEnergía específica: La energía específica en una determinada parte de un canal se puede definir como la energía por libra de agua en cualquier sección de un canal medido con respecto al fondo del mismo, esto indica que la energía específica es la sumatoria de la profundidad del agua y la altura de la velocidad.Flujo permanente: es el tipo de flujo en el que en una sección de canal abierto el caudal permanece constante a través del tiempo. Por lo que $dQ/dt = 0$Flujo uniforme: es el tipo de flujo permanente en el que la profundidad del agua no cambia a lo largo del canal. Es decir, $dy/dx = 0$Flujo gradualmente variado: es el tipo de flujo permanente en el que la profundidad varía	

gradualmente a lo largo de canal, como en las cascadas o en un río.

- **Flujo rápidamente variado:** tipo de flujo permanente donde la profundidad cambia abruptamente, como en un canal con compuertas.
- **Número de Froude:** parámetro adimensional que relaciona las fuerzas de inercia y las fuerzas gravitacionales, de la forma

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gH}} = \frac{\text{fuerzas inerciales}}{\text{fuerzas gravitacionales}}$$

De acuerdo al número de Froude se

identifican tres tipos de flujo:

Fr = 1 Flujo crítico

Fr < 1 Flujo supercrítico 'rápido' 'turbulento'

Fr > 1 Flujo subcrítico 'lento' 'tranquilo'

$$\Delta H = y_a + \frac{v_a}{2g} - \left(y_b + \frac{v_b}{2g} \right)$$

ΔH : pérdida total de energía por efectos del resalto (m)
va: velocidad promedio antes del resalto (m/s)
ya: profundidad flujo antes del resalto (m)
vb : velocidad promedio después del resalto (m/s)
yb: profundidad flujo después del resalto (m)

4 Materiales

- 1.- Cronómetro.
- 2.- Hoja de papel.
- 3.- Flexómetro o regla.
- 4.- Vertederos hidráulicos y generadores de olas

5 Recomendaciones

- 1.- Mantener una distancia adecuada y segura del canal hidráulico.
- 2.- Evitar introducir manos u objetos en el mecanismo elevador de tijera.
- 3.- Tener precaución al introducir los vertederos en el canal hidráulico (use una escalera pequeña o taburete y hacerlo una sola persona)
- 4.- Desagüe totalmente el canal al terminar la práctica.

6 Desarrollo

1. Conecte y encienda el Canal Hidráulico de pendiente variable.
2. Ubique el canal con su pendiente a 0°, cierre la compuerta de la U y encienda la bomba hasta llenar la banca hidráulica.
3. Verificar el caudal y flujo del líquido sin estructuras hidráulicas.

4. Corte el accionamiento de la bomba e introduzca un vertedero en el canal hidráulico.
5. Accione la bomba, permita el flujo del agua y espere la formación de los resaltos hidráulicos.
6. Tome datos de Caudal. Flujo, nivel del tanque, y temperatura.
7. Cambie la pendiente del canal.
8. Repita los pasos anteriores y tome datos de Caudal, Flujo, Nivel del tanque, Temperatura con cada uno de los vertederos.

7	Datos
----------	--------------

Dimensiones del Canal

Ancho: 0.10m
 Alto: 0.40m
 Longitud: 5m

Tabla de datos.

Variación de pendiente	Caudal	Flujo	Nivel del Tanque	Temperatura	Tiempo

8	Conclusiones y análisis de resultados
----------	--

<p>1.-</p> <p>2.-</p> <p>3.-</p>	
----------------------------------	--

- 1.- ¿Qué se puede concluir acerca de los tipos de resalto y la energía disipada por ellos?
- 2.- ¿Cuándo es necesario producir artificialmente un resalto hidráulico?
- 3.- ¿En qué aplicaciones prácticas se podrá utilizar el resalto hidráulico?
- 4.- ¿Qué tipo de problemas podría causar un resalto hidráulico en canales naturales y artificiales, y cómo se podrían solucionar éstos?
- 5.- Defina a los resaltos hidráulicos.
- 6.- ¿Cuál es el objetivo de diseñar una estructura para los resaltos hidráulicos?



ANEXO 1. INFORME ANTIPLAGIO PROYECTO DE TITULACIÓN

Facultad:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Carrera:	Ingeniería Electromecánica
Nombre del docente evaluador que emite el informe:	Ing. Porras Reyes Jeferson Alberto M.Sc.
Documento evaluado:	Propuesta tecnológica previo a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico.
Autores del documento:	Sr. Quinaluisa Chicaiza Estalin Adrian Sr. Salazar Méndez Henry Xavier
Programa de similitud utilizado:	Sistema URKUND
Porcentaje de similitud según el programa utilizado:	8%
Observaciones: Calificación de originalidad atendiendo a los siguientes criterios. <ul style="list-style-type: none">• El documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones.• El documento cumple criterios de originalidad, con observaciones.• El documento no cumple criterios de originalidad.	--- --- ---
Fecha de realización del informe:	22/02/2023 03:22:00 PM

Document Information

Analyzed document	revisión tesis Salazar Quinaluisa Urkund 2.docx (D159321490)
Submitted	2/23/2023 1:22:00 PM
Submitted by	
Submitter email	henry.salazar7394@utc.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	jefferson.porras0449.utc@analysis.arkund.com

.....
Ing. MSc. Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete
C.I. 1313058453



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO II

5/1

Document Information

Analyzed document	revisión tesis Salazar Quinaluisa Urkund 2.docx (D159321490)
Submitted	2/23/2023 1:22:00 PM
Submitted by	
Submitter email	henry.salazar7394@utc.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	jefferson.porras0449.utc@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	deber hidra aplicada 2.docx Document deber hidra aplicada 2.docx (D38836173)	 1
SA	TESIS ING. KENNY ACEBO MAESTRIA RIEGO Y DRENAJE 23 SEPT2018.pdf Document TESIS ING. KENNY ACEBO MAESTRIA RIEGO Y DRENAJE 23 SEPT2018.pdf (D41715137)	 3
SA	PRESENTAR urkung.pdf Document PRESENTAR urkung.pdf (D44770314)	 7
W	URL: https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6708s/x6708s08.htm Fetched: 10/12/2021 8:01:20 PM	 1
W	URL: https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2761/1/Dise%C3%B1o%20y%20construccion%20de%20un%20canal%20hidr... Fetched: 5/6/2022 5:31:10 AM	 3
W	URL: https://www.slideshare.net/EdgarAbdielCedeoJime/hidraulicacanales-abiertos Fetched: 2/25/2020 4:57:15 AM	 1

Entire Document

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL MÓDULO DE CANAL HIDRÁULICO DE PENDIENTE VARIABLE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA Y APLICADAS



PREFACIO

Este manual de usuario proporciona descripción detallada para la operación y mantenimiento del módulo de canal hidráulico con pendiente variable, es necesario conocer los contenidos que se muestran en los siguientes capítulos para la correcta operación de la máquina automática.

NOTAS IMPORTANTES

- ✓ Previo al uso del Módulo verificar que el depósito de suministro de agua este lleno
- ✓ Verificar que las uniones universales de la tubería se encuentren sin filtraciones
- ✓ Verificar que las alimentaciones del Módulo sean las correctas en 220 V y 110 V
- ✓ Verificar que el panel HMI, responda al tacto
- ✓ Encender interruptores para energizar el sistema de control del módulo

CONTENIDO

Capítulo 1: Consideraciones

- 1.1 Precauciones de seguridad
- 1.2 Consideraciones de uso

Capítulo 2: Detalle del Módulo de canal Hidráulico

- 2.1 Descripción del Módulo
- 2.2 Especificaciones Técnicas

Capítulo 3: Instalaciones y cableado

- 3.1 Montaje del Módulo de canal Hidráulico
- 3.2 Cableado del gabinete de control
- 3.3 Desmontaje del Módulo de canal Hidráulico
- 3.4 Desconexión del cableado del gabinete de control

Capítulo 4: Operación del Módulo

- 4.1 Descripción del panel de control
- 4.2 Descripción de la interfaz de operación HMI
- 4.3 Descripción de operación de pendiente variable

Capítulo 5: Mantenimiento del Módulo

- 5.1 Mantenimiento mecánico
- 5.2 Mantenimiento eléctrico

Capítulo 1: Consideraciones

1.1 Precauciones de seguridad

- Lea detenidamente el manual antes de iniciar la operación del Canal
- Siga las instrucciones de operación y las normas de seguridad establecidas en el manual de operación y en el laboratorio.
- Tener prudencia al momento de operar los componentes eléctricos y electrónicos del módulo.
- Mantenga una distancia prudente del Canal Hidráulico en especial cuando este se encuentra lleno y en uso
- Usar los elementos de protección necesarios al momento de operar el Módulo
- Verificar que todos los elementos de la planta de proceso del canal se encuentren en condiciones optimas

1.2 Consideraciones de uso

- El uso de este módulo de canal Hidráulico es para implementar practicas hidráulicas de laboratorio y toma de variables que intervienen en el mismo, el canal no será usado para otros fines
- Es necesario conocer la simbología y uso de botones físicos del panel de control y virtuales de la pantalla HMI, para poder iniciar el proceso
- Al momento de usar la pantalla HMI no presionar con fuerza la pantalla táctil
- Es necesario la supervisión de instructor guía si se opera el módulo por primera vez.
- Cuando se realice la operación en marcha del módulo solamente una persona se encargará de ejecutar el control del panel de control de actividades

Capítulo 2: Detalle del Módulo de canal Hidráulico

2.1 Descripción del Módulo

El canal hidráulico de pendiente variable es un módulo diseñado con el objetivo de realizar estudios hidrodinámicos y otros fenómenos físicos que pueden ocurrir en un fluido mientras este se encuentra en un canal abierto, esta máquina tiene unas dimensiones de 5 metros de largo, 0,40 metros de alto y 0,10 metros de ancho cubierto con paredes transparentes de acrílico.

El canal hidráulico de pendiente variable es una máquina equipada con paredes de perfiles de aluminio Bosh de 20 x 40 cm con un largo total de 5 metros, se implementó un sistema de elevación de tijera accionado eléctricamente el cual permite variar la pendiente del mismo de 0° a 2° y una bomba de 1hp de fuerza misma que al accionarse permitirá la circulación de 186lts de agua alrededor de la banca hidráulica para la correcta visualización del fluido, el mismo contiene un total de 186 litros de agua que circularán en un circuito cerrado pudiendo hacer

experimentos y estudios hídricos tales como disipación de energía, formación de resaltos hidráulicos, flujo uniforme, flujo permanente, distribución de velocidades en canales abiertos a su vez obtener las variables que intervienen en el módulo del canal como son: flujo del líquido, nivel del fluido en el tanque, temperatura del fluido y visualización del ángulo según varíe su pendiente en un eje vertical, además de contar con un control autorregulable automatizado y control directo, mediante una interfaz de HMI.

2.2 Especificaciones Técnicas

Longitud	5 m
Ancho	0.1 m
Alto del canal	0.40 m
Angulo máximo de inclinación	2°
Volumen del canal	186 L
Volumen del depósito	250 L
Diámetro de tubería	2 in
Potencia de la bomba	1 HP, 3 Trifásica
Alimentaciones de energía	220 V y 110 V
Tipo de control	Control autómatas mediante controlador PLC Haiwell AC12MOR + Módulo de expansión analógico AI04 + pantalla táctil HMI Haiwell C7HW y microcontrolador Arduino UNO, para monitorear ángulo de pendiente
Instrumentos de medición	Traductor de flujo LDG-50 de 4-20 mA Traductor de Nivel SchwahrSAC-801 de 4-20 mA Traductor de Temperatura Hirschmann de 4-20 mA
Protecciones del sistema eléctrico	Si, posee: fusibles, disyuntores diferenciales además de protección relé térmico para el motor
Motor de elevación del canal	Motor de DC de 12 V

Capítulo 3: Instalaciones y cableado

3.1 Montaje del Módulo de canal Hidráulico

1. Ubique los caballetes a una distancia estimada.
2. Ubique los tornillos en la platina del brazo soporte y una a los rieles del perfil del canal.
3. Ubique el canal sobre los caballetes.
4. Una los tanques (Y) a la U del canal y selle para evitar fugas.
5. Conecte tuberías, bomba y sensores con ayuda de los neoplos rápidos.
6. Verifique que no existan fugas en el tanque reservorio, tanques (Y), banca hidráulica y use.

3.2 Cableado del gabinete de control

1. La colocación del panel de control debe estar paralelo al depósito del canal
2. Verificar la nomenclatura y señalización de las salidas y entradas de cableado
3. Ubicar el cableado por las canaletas guías de los cables que se encuentra en la viga lateral posterior del canal
4. Conectar los instrumentos sensores de acuerdo a sus respectivos manuales y especificaciones técnicas en sus diagramas de conexión
5. Conectar el cableado de alimentaciones a sus respectivos tomacorrientes de energía para el caso de alimentación del tablero en 220v y 110v
6. Conectar los cables de los instrumentos sensores a los borneras X1, X2, X3 según corresponda en los planos de diagramas de conexión del tablero de control eléctrico del proceso Hidráulico
7. Configurar, la bomba trifásica en conexión triangulo según se especifica en el manual de operaciones del variador de frecuencia.

3.3 Desmontaje del Módulo de canal Hidráulico

1. Retire toda el agua del reservorio.
2. Retire la tubería del sistema mediante los neoplos rápidos ubicados en la misma, separe el motor, sensores y tuberías.
3. Retire los ejes o pines de los brazos soporte del canal, (retirar con golpes suaves) es muy importante tener sujetado el canal por personas para evitar la caída del mismo.
4. Una vez retirados los pines procedemos a bajar con cuidado el canal al piso, es importante ubicar soportes para evitar que los tanques (Y) se asienten en el piso.
5. Retirar las tuercas T que están ubicadas en la platina del brazo soporte del canal
6. Retirar los tanques (Y).

3.4 Desconexión del cableado del gabinete de control

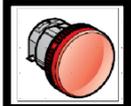
1. Para desconectar el tablero de control a los alimentadores solo es necesario retirar el cableado y desenchufar a las alimentaciones conectas
2. En cuanto al retiro de cable de los sensores es necesario desconectarlos desde la base local de entradas de confección de cada sensor
3. Extraer el cable de cada sensor y de la canaleta guía
4. Cada cable se encuentra señalizado y debe ser enrollado para transporte del gabinete de control

Capítulo 4: Operación del Módulo

4.1 Descripción del panel de control

En el panel de control eléctrico para el modulo de canal hidráulico es necesario conocer la botonera de control para la operación y control de variables del módulo, de igual forma antes de iniciar el proceso de operación de encendido es necesario encender los interruptores del interior del panel ya que por seguridad del panel se encuentra apagado.

Botonera del panel de control

	Pulsador de encendido: Este botón nos permite, encender el módulo.
	Pulsador de apagado: Este botón nos permite, apagar el módulo.
	Pulsador de emergencia: Este botón nos permite, parar todo el proceso de funcionamiento.
	Luz de encendido: Esta señal lumínica nos permite saber que el sistema está puesto en marcha
	Luz de falla de relé: Esta señal lumínica nos permite saber que el sistema tiene una falla de relé del motor.
	Voltímetro: Esta señal lumínica nos permite saber que el sistema se encuentra energizado antes de su accionamiento.

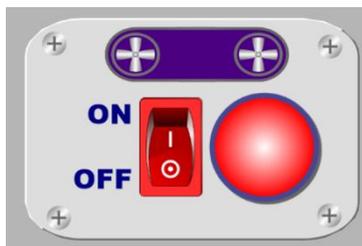


Potenciómetro: La perilla del potenciómetro nos permite controlar el flujo del caudal de manera directa del 0 – 100% de la capacidad de la bomba.

4.2 Descripción de la interfaz de operación HMI

La pantalla táctil HMI, nos permite interactuar con la visualización, control y registro de datos tanto visuales en función de gráficas en el tiempo y registro de datos históricos de las variables en tiempo real durante su funcionamiento, para conocer la interfaz del entorno HMI es necesario reconocer la siguiente simbología en cuanto a botones virtuales y pantallas de direccionamiento se refiere:

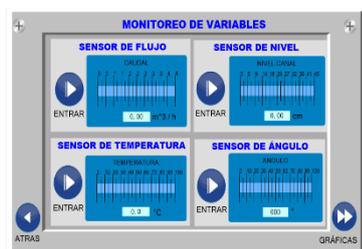
Botonera virtual de control



Pantalla de Inicio del HMI, consta de un botón virtual el cual enciende y apaga el proceso del módulo, también consta de un indicador lumínico el cual cambia de estado rojo en apagado y verde en encendido.



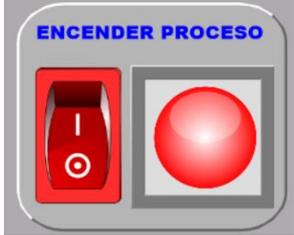
Pantalla de Inicio del HMI, consta de un botón virtual el cual nos permite entrar a la pantalla de control y monitoreo de variables.



En la pantalla de variables, consta de un botón virtual el cual nos permite entrar a la pantalla de control y monitoreo de variables. De igual manera cada pantalla tiene una finalidad específica como la presente.



El botón atrás nos permite, retroceder a la pantalla anterior.

 <p>ENTRAR</p>	<p>El botón entrar nos permite, ingresar a determinada variable a visualizarla ya sea de flujo, de nivel o de temperatura.</p>
 <p>GRÁFICAS</p>	<p>El botón gráficas nos permite, ingresar a las curvas de tendencia de cada variable y también de manera general las tres variables en conjunto.</p>
 <p>HISTORIAL</p>	<p>El botón historial nos permite, ingresar al registro de cada variable y también de manera general las tres variables en conjunto.</p>
	<p>Encender proceso es un botón virtual que da paso al inicio de cada proceso PID, para control de flujo y nivel, es necesario encender el proceso para que funcione el control automático en cada proceso respectivamente.</p>
	<p>Ingresar valores es un botón virtual el cual nos permite enviar un dato al PLC mediante la pantalla táctil, cada control automático ya sea de nivel o flujo el botón es el mismo.</p>

Pasos para operación del módulo

1. Asegurarse que las alimentaciones estén conectadas respectivamente en sus tomacorrientes de 110V y 220V.
2. Energizar el sistema encendiendo los interruptores para su funcionamiento.
3. Encender el proceso ya sea por botón virtual  o botón manual .
4. Ingresar al botón monitoreo de variables .
5. Se debe seleccionar un proceso a visualizar y controlar de cada variable  ENTRAR.
6. Para control de flujo directo se debe usar el potenciómetro .

7. Para control automático se debe encender  cada proceso y apagarlo  cuando ya no se use, para que funcione el control en cada caso de flujo o nivel.
8. Para dar un valor de flujo o nivel de debe dar clic en el botón de ingreso de variables, presente en cada caso .
9. En caso de emergencia usar el pulsador de emergencia .
10. Para apagar el funcionamiento del módulo de canal usar el botón manual  o de igual manera usar el botón virtual .
11. Después del uso del módulo asegurarse de apagar los interruptores internos del panel, para desenergizar el sistema del canal.
12. Finalizado la práctica del módulo se debe desconectar las alimentaciones respectivas a cada toma corriente.

4.3 Descripción de operación de pendiente variable

Para la operación del motor que eleva el canal que permite variar la pendiente del mismo se debe realizar con el control de mando integrado del motor el cual permite subir y bajar el canal modulando de 0° a 2° de ángulo.

Botonera del control



El control de pendiente de la gata eléctrica consta de un control propio de su fabricación, mismo que se puede elevar con la flecha arriba  mientras que si se desea bajar la pendiente se debe presionar .

Visualización de ángulo

Para tener una visualización del ángulo que se genera al momento de elevar el canal se puede observarlo en la caja negra de Arduino estructura que consta de un sistema electrónico de microcontrolador con una visualización de pantalla LCD, misma que muestra el ángulo y la distancia de elevación.

Pantalla de visualización



La pantalla LCD, DE Arduino nos permite visualizar de manera local el ángulo generado por la elevación del canal.

Capítulo 5: Mantenimiento del Módulo

5.1 Mantenimiento mecánico

Mantenimiento Mensual

1. Verificar la correcta ubicación de los ejes o pines de los brazos,
2. Ajustar las tuercas T ubicadas en las platinas de los brazos que sirven como unión al canal con un hexagonal.
3. Ajustar las tuercas del soporte del mecanismo elevador de tijera.
4. Verificar fugas de agua en los tanques reservorios (Y)
5. Verificar fugas a lo largo de la banca hidráulica.

Nota: En caso de existir fugas en la banca hidráulica sellar con epoxy o pegamento de acrílico por la parte inferior del canal, es importante revizar cada mes este paso.

Mantenimiento Anual

1. Engrasar el eje del mecanismo elevador.
2. Pulir el acrílico con lija 5.000 y pasar un barniz o pulimento.
3. Verificar puntos de suelda en los caballetes del canal hidráulico.

5.2 Mantenimiento eléctrico

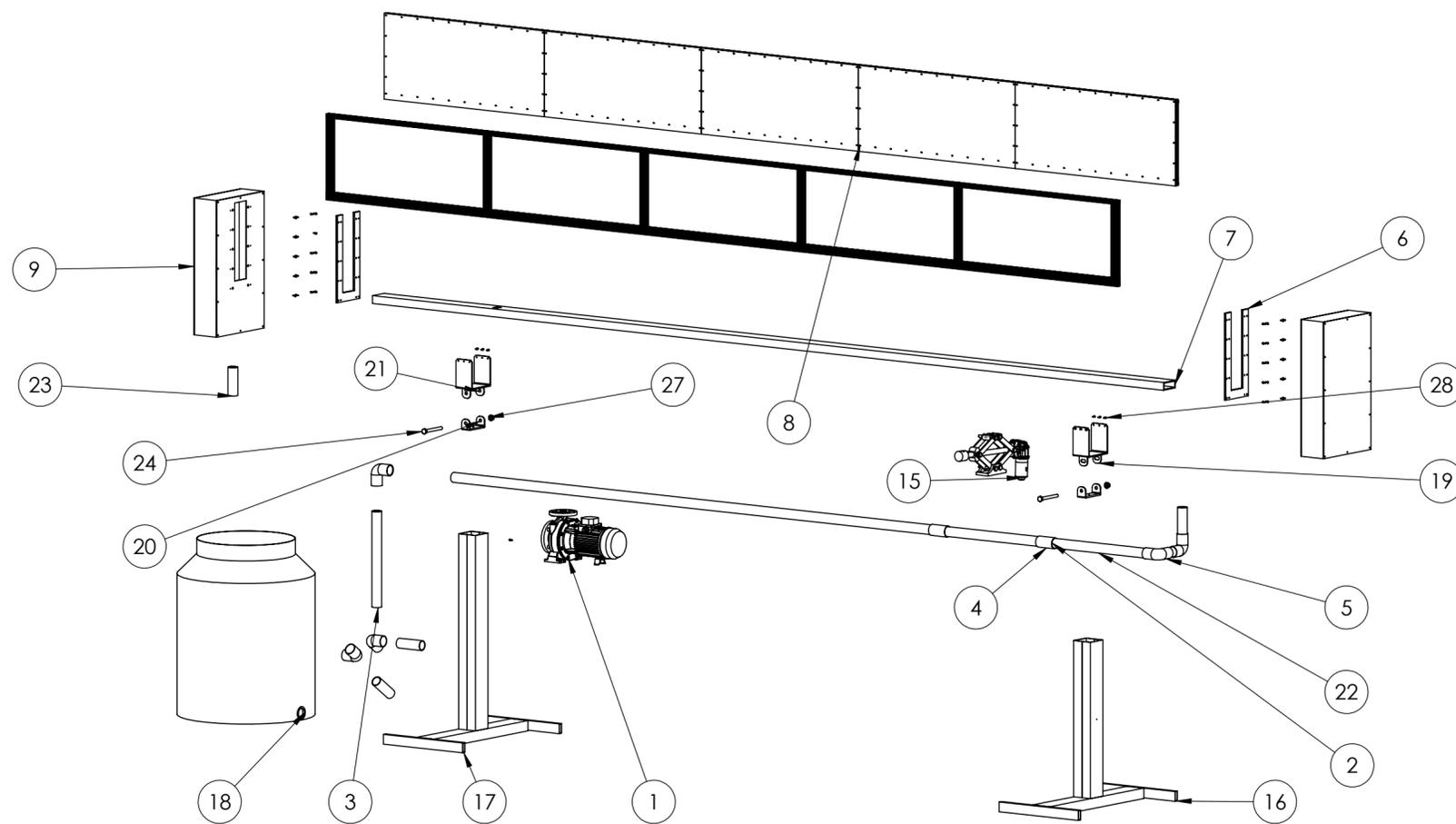
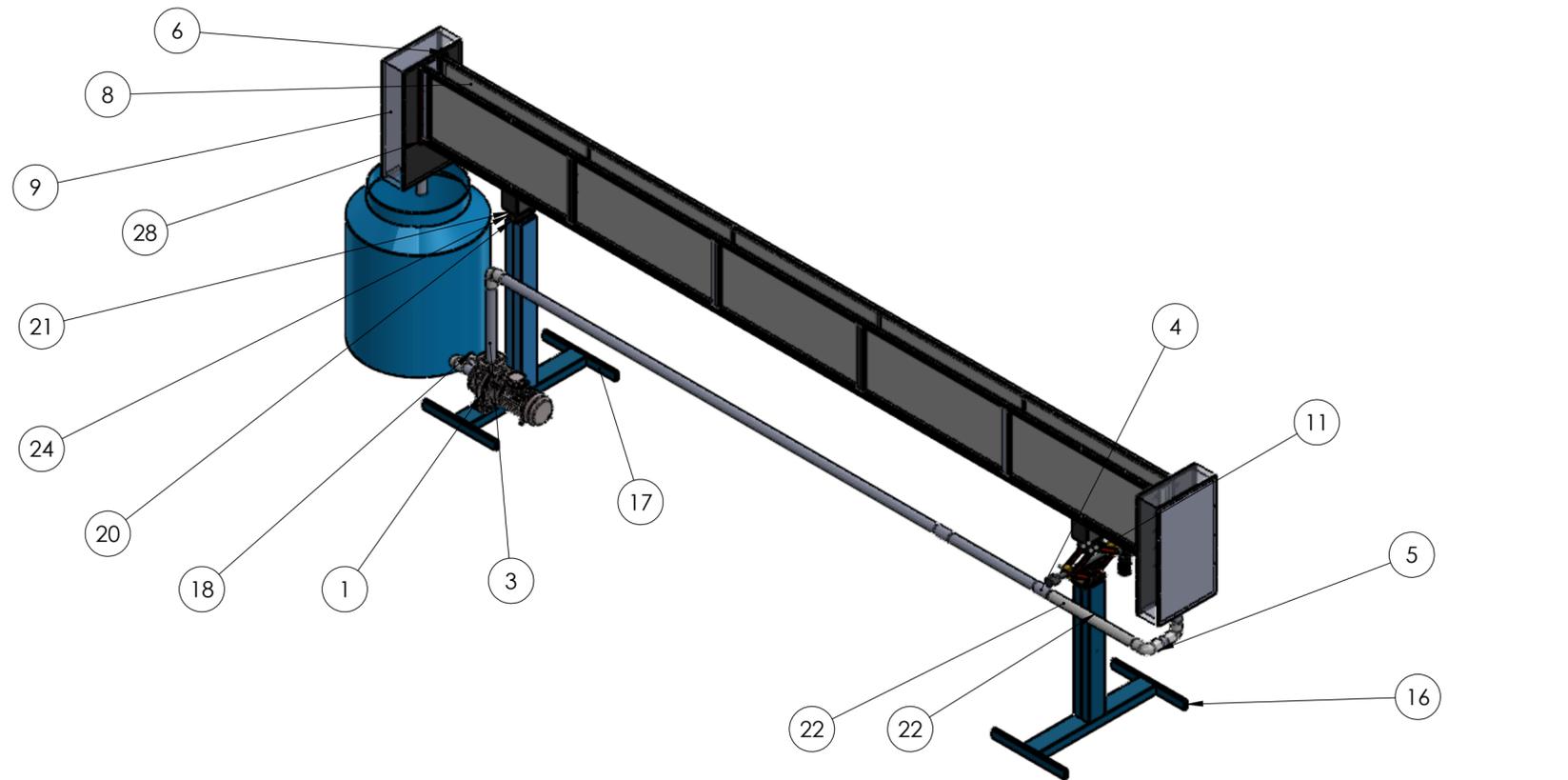
Mantenimiento Preventivo

- Verificación visual de los tableros eléctricos.
- Aspiración de polvo y otros signos de suciedad.
- Verificación del estado de la caja del tablero.
- Verificación del rotulado e identificación de cada tablero eléctrico.
- Verificación de las leyendas y diagramas unifilares.
- Verificación de código de colores en los conductores eléctricos.
- Verificación de capacidad de los térmicos y cables correspondan.
- Verificación que cada tablero eléctrico tenga facilidad de acceso y maniobras.
- Limpieza de los componentes eléctricos del tablero.

- Limpieza de las barras de alimentación con solvente dieléctrico de cada tablero eléctrico.
- Análisis termográfico de los tableros
- Ajuste de contactos eléctricos.
- Aplicación de limpia contacto dieléctrico.
- Mediciones de parámetros eléctricos en cada tablero eléctrico.
- Medición de temperatura a cada interruptor térmico de los tableros eléctricos.
- Toma de valores medidos y análisis del mismo.
- Entrega de informe técnico
- Certificado de operatividad de tableros eléctricos firmado por un ingeniero Eléctrico o Mecánico Eléctrico colegiado habilitado.
- Cotización por mantenimiento correctivo en caso sea necesario.

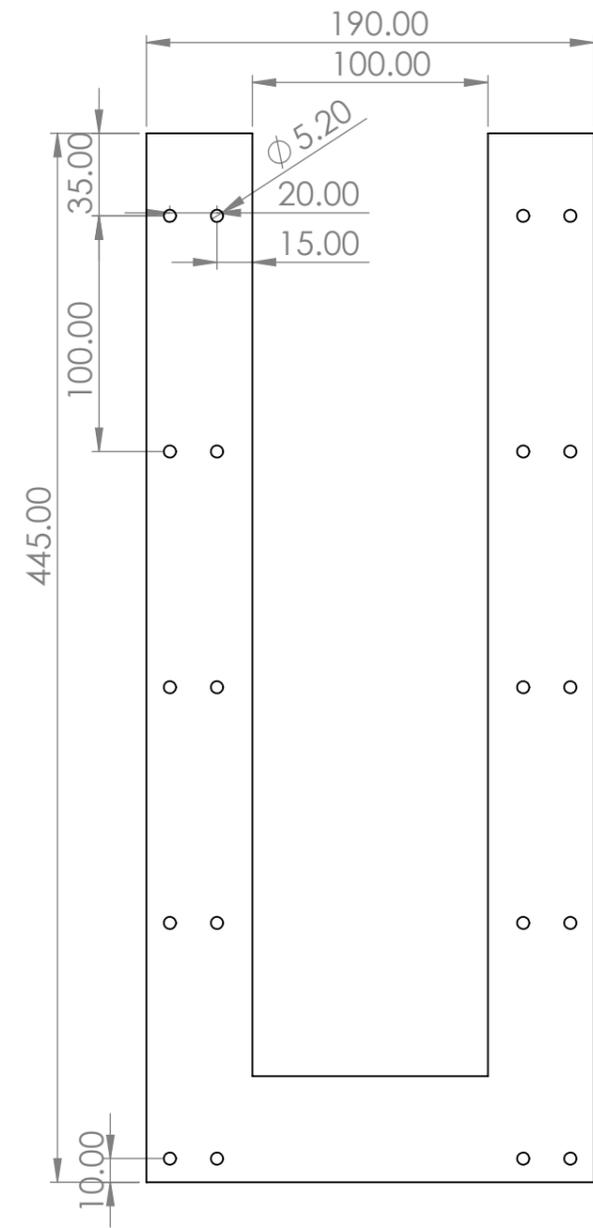
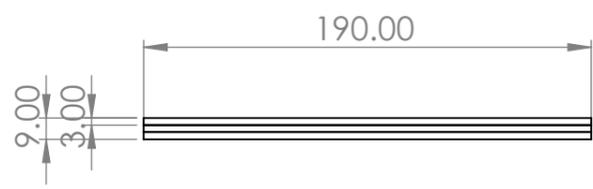
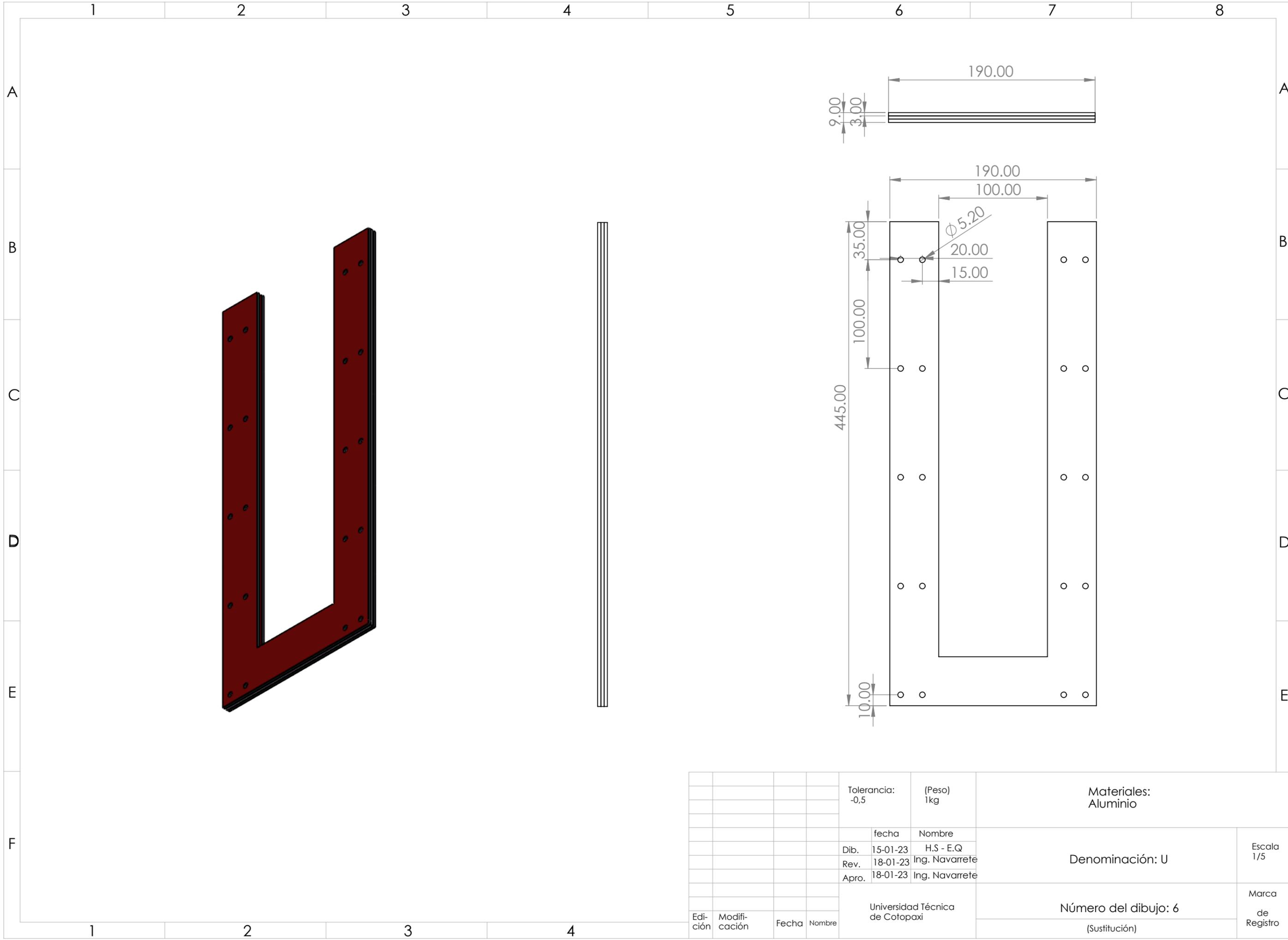
Mantenimiento Correctivo

- Diagnóstico y se entrega un informe técnico
- Dependiendo del diagnóstico se realiza la acción correctiva.
- Certificado de operatividad de tableros eléctricos firmado por un ingeniero Eléctrico o Ingeniero Mecánico Eléctrico colegiado y habilitado.

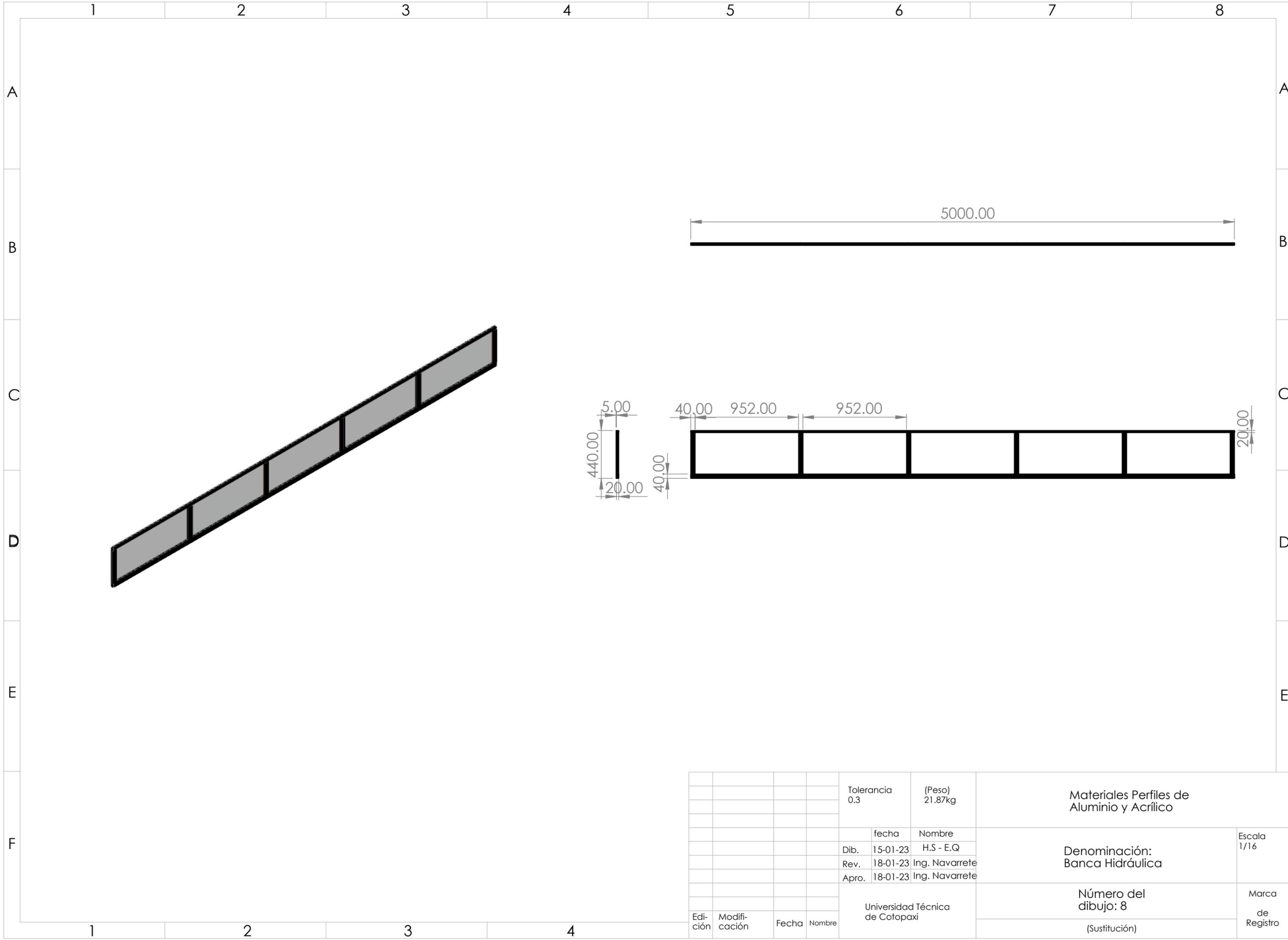


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	3d_32-125_1_1_ie3		1
2	tuboA		1
3	tuboB		1
4	unionA		2
5	codo		5
6	ensambleU		2
7	tubo 5m		1
8	estructura lateral		2
9	tanqueLateral		2
10	Base		1
11	Link		8
12	Screw_rod		1
13	Side_1_support		2
14	Support		1
15	Motor Redutor		1
16	estructuraA		1
17	estructuraBgataMe canica		1
18	tanque250lt		1
19	bisagraAA		1
20	bisagraB		2
21	bisagraA		1
22	mangueraFlex		1
23	tuboConector		5
24	B18.2.3.6M - Heavy hex bolt M14 x 2.0 x 140 --40N		2
25	B18.2.3.6M - Heavy hex bolt M12 x 1.75 x 100 --30N		6
26	B18.2.2.4M - Hex flange nut, M12 x 1.75 --N		6
27	B18.2.2.4M - Hex flange nut, M14 x 2 - -N		2
28	B18.6.7M - M4 x 0.7 x 13 Indented HFMS -- 13N		49

Tolerancia: +0.5	(Peso) 586kg	Materiales: Aluminio	
fecha 15-01-23	Nombre B.S.-ECS	Denominación: Canal Hidráulico de Pendiente Variable	Escala: 1/16
Rev. 18-01-23	Ing. Navarrete		
Apro. 18-01-23	Ing. Navarrete	Vista Explosionada	Marca de Registro
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre
Universidad Técnica de Cotopaxi.		(Sustitución)	

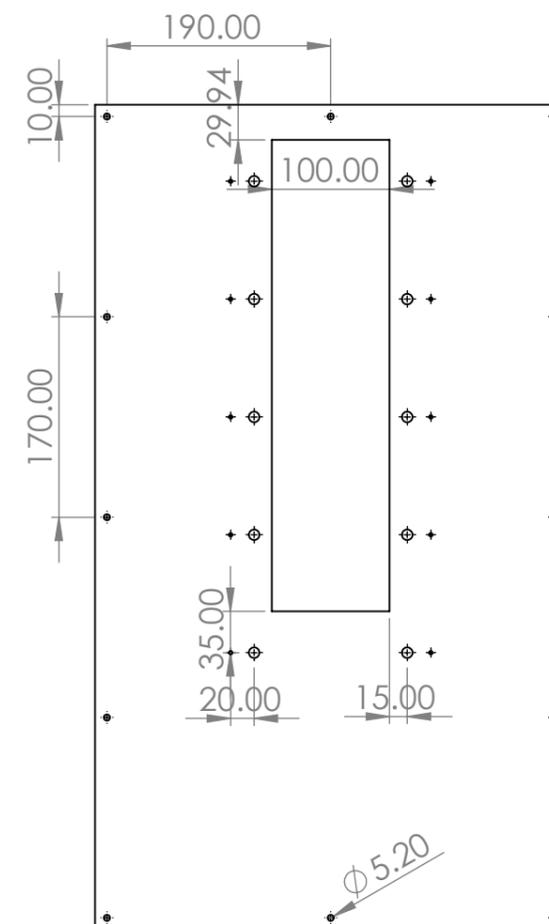
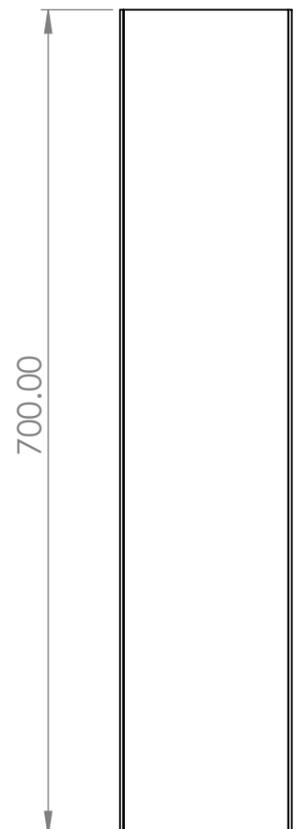
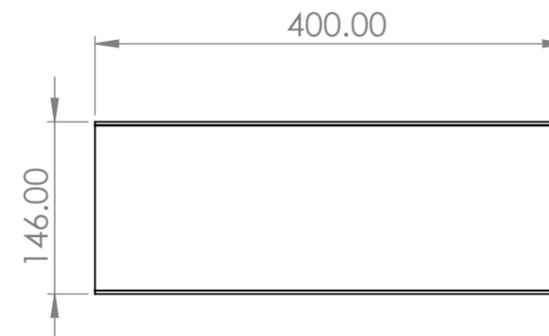
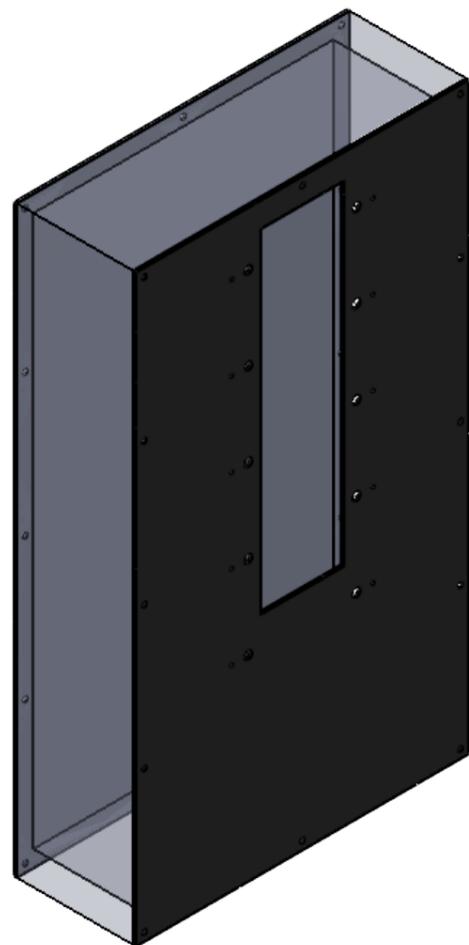


				Tolerancia: -0,5	(Peso) 1kg	Materiales: Aluminio	
						Denominación: U	Escala 1/5
						Número del dibujo: 6 (Sustitución)	Marca de Registro
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre	Universidad Técnica de Cotopaxi			
				Dib.	15-01-23	H.S - E.Q	
				Rev.	18-01-23	Ing. Navarrete	
				Apro.	18-01-23	Ing. Navarrete	

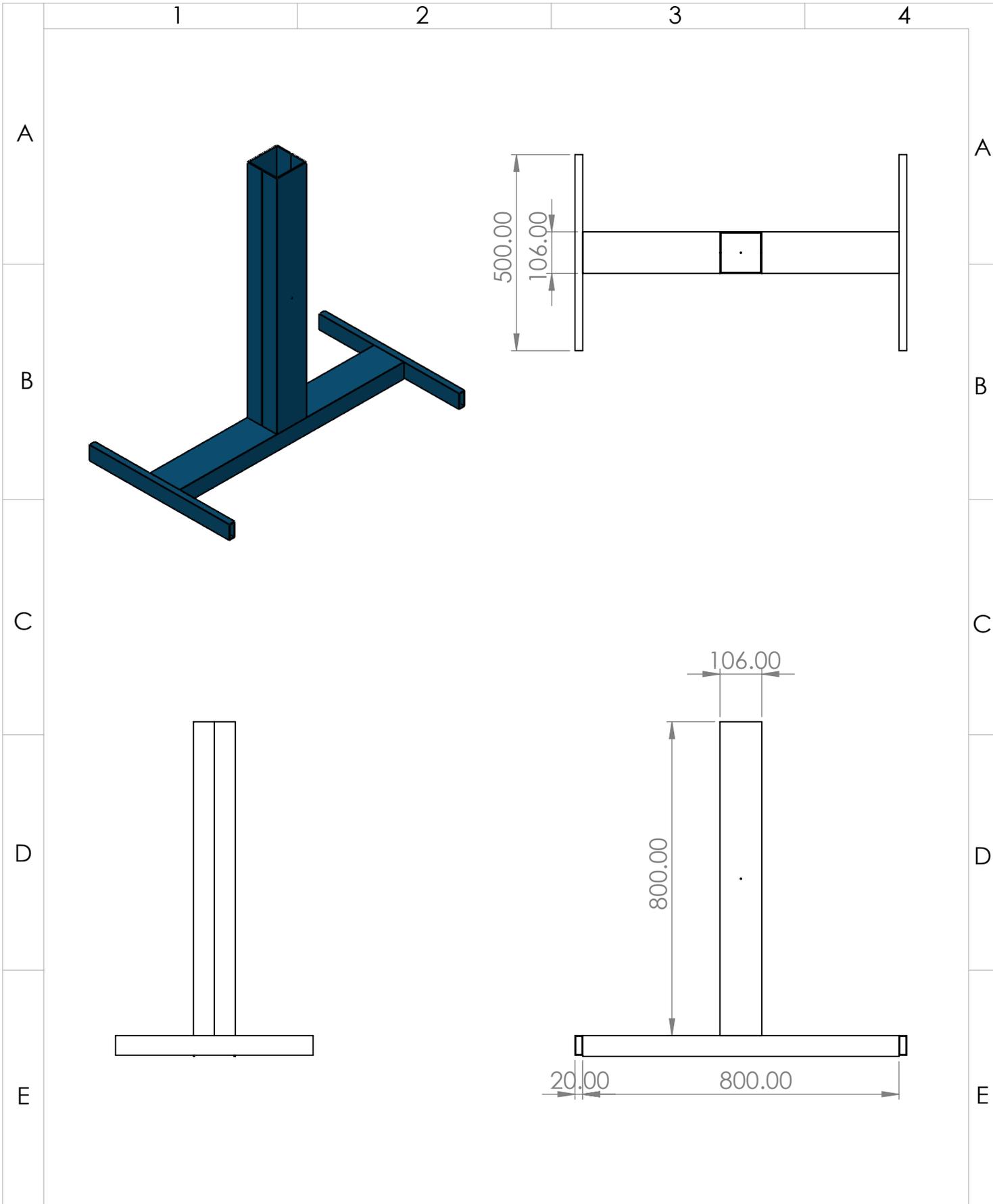


				Tolerancia 0.3	(Peso) 21.87kg	Materiales Perfiles de Aluminio y Acrílico	
						Denominación: Banca Hidráulica	Escala 1/16
						Número del dibujo: 8 (Sustitución)	Marca de Registro
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre	Universidad Técnica de Cotopaxi			

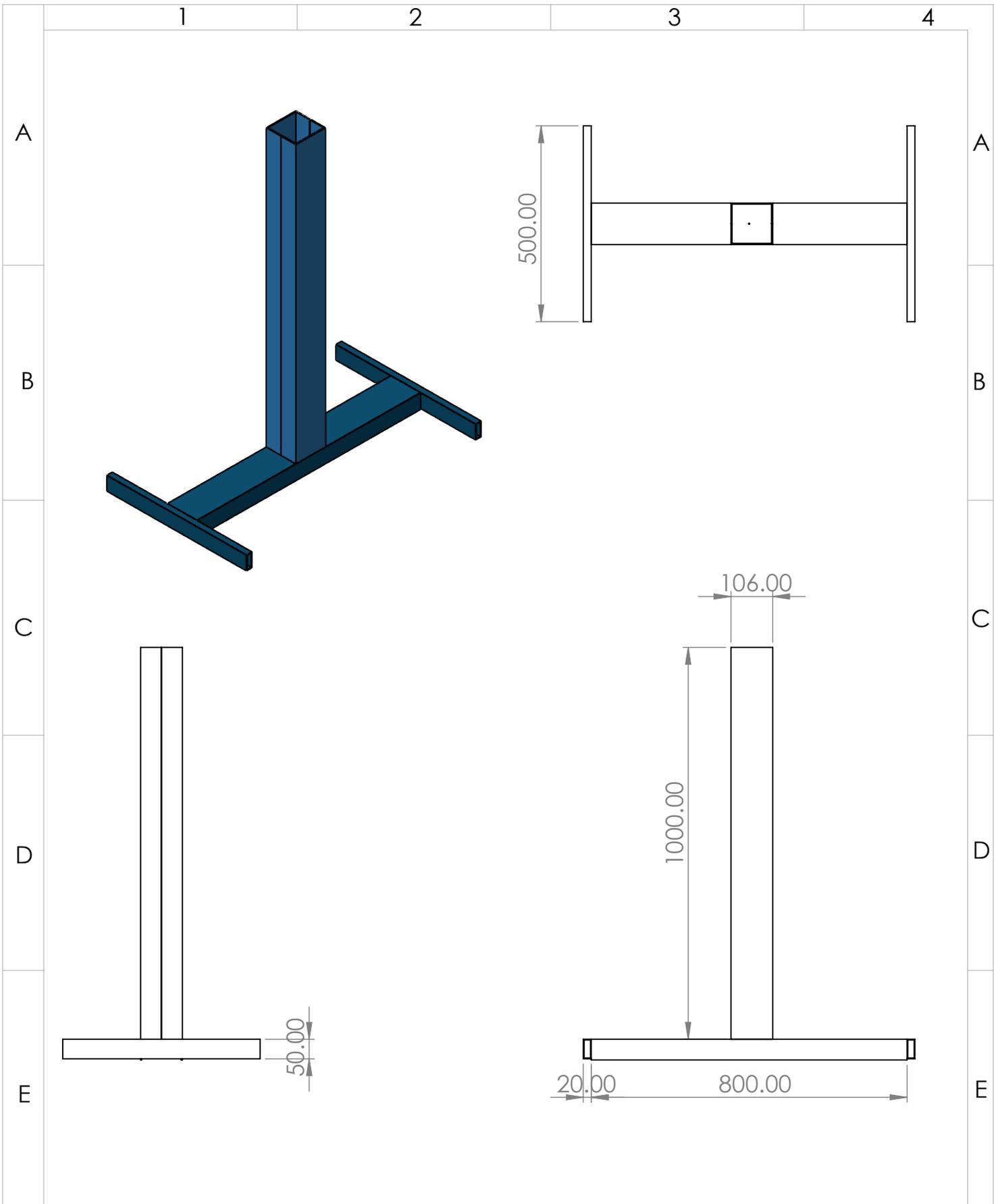
	fecha	Nombre
Dib.	15-01-23	H.S - E.Q
Rev.	18-01-23	Ing. Navarrete
Apro.	18-01-23	Ing. Navarrete



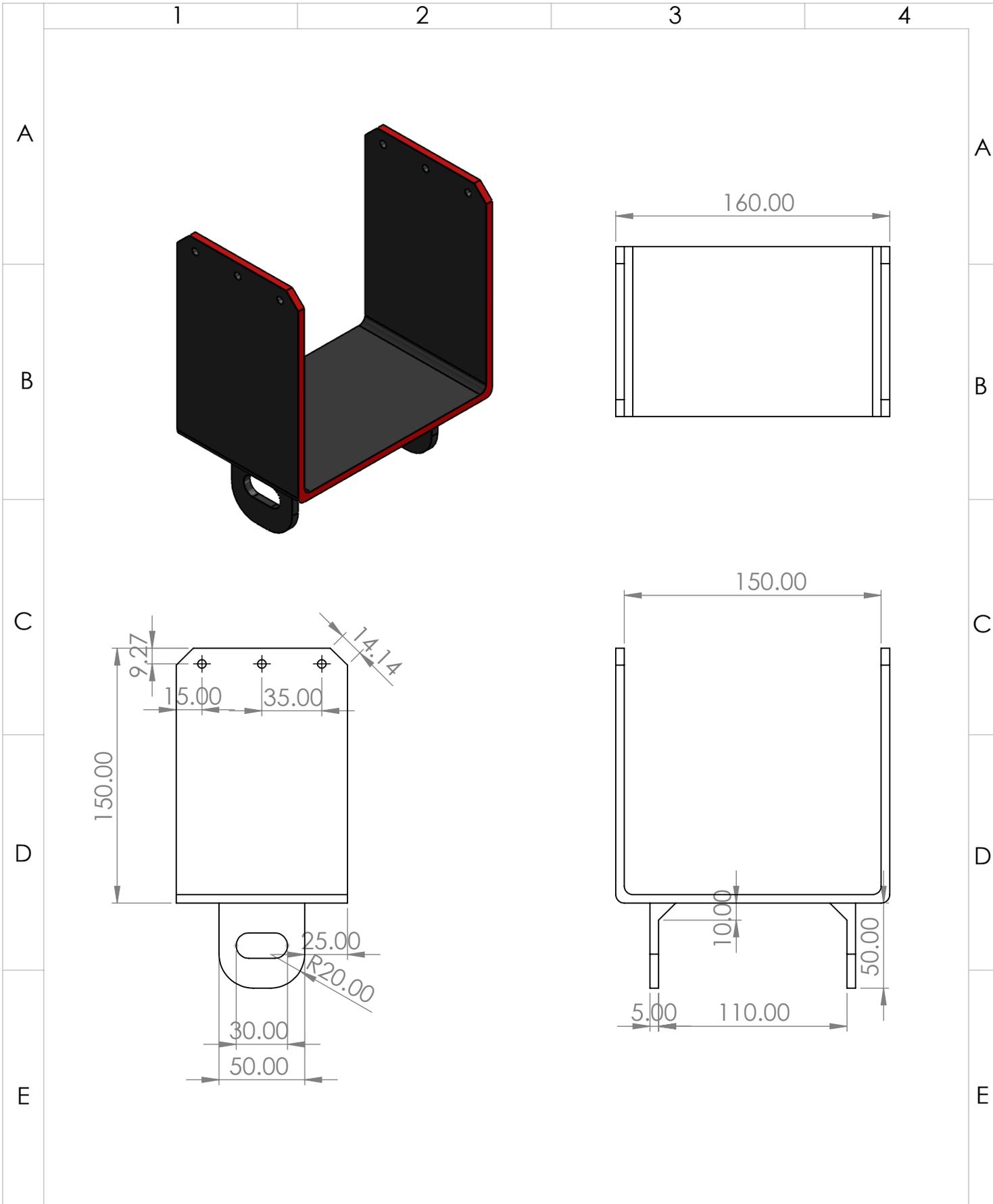
				Tolerancia 0.1	(Peso) 2.84kg	Materiales: Acrílico		
						Denominación: Tanque (Y)	Escala 1/5	
						Número del dibujo: 9 (Sustitución)	Marca de Registro	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre	Universidad Técnica de Cotopaxi				



				Tolerancia +- 0,5	(Peso) 13.8kg	Materiales: Acero		
						Denominación: Caballete N° 1	Escala: 1/5	
						Número del dibujo: 16 (Sustitución)	Marca de Registro	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre	Universidad Tecnica de Cotopaxi				
				Dib	15-01-23	H.S - E.Q		
				Rev.	18-01-23	Ing. Navarrete		
				Apro.	18-01-23	Ing. Navarrete		



				Tolerancia +0,5	(Peso) 14.1kg	Materiales: Acero		
						Denominación: Caballete N° 2	Escala 1/5	
				Dib	15-01-23 H.S - E.Q			
				Rev.	18-01-23 Ing. Navarrete			
				Apro.	18-01-23 Ing. Navarrete			
				Universidad Técnica de Cotopaxi		Número del dibujo: 17 (Sustitución)	Marca de Registro	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre					



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: Acero	
						Denominación: Soporte brazo	Escala 1/5
						Número del dibujo (Sustitución)	Marca de Registro
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre	Universidad Técnica de Cotopaxi			
				Dib	15-01-23	H.S - E.Q	
				Rev.	18-01-23	Ing. Navarrete	
				Apro.	18-01-23	Ing. Navarrete	