



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

## **PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**“MANUFACTURA Y EVALUACIÓN DE UNA BOMBA DE ARIETE  
MULTIPULSOR BOXER CON DOS VÍAS DE CARGA HORIZONTAL”**

Propuesta tecnológica presentada previo a la obtención del Título de Ingenieros Electromecánicos.

### **AUTORES:**

Edison Fernando Llano Toapanta

Richard Paúl Oña Velasco

### **TUTOR:**

Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso Dr. C.

**Latacunga – Ecuador**

**Marzo 2021**



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueben el presente Propuesta Tecnológica de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes **Llano Toapanta Edison Fernando y Oña Velasco Richard Paúl**, con el título de titulación: **“MANUFACTURA Y EVALUACIÓN DE UNA BOMBA DE ARIETE MULTIPULSOR BOXER CON DOS VÍAS DE CARGA HORIZONTAL”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del proyecto.

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

Latacunga, a 1 de marzo del 2021.

Para constancia firman:

.....

Lector 1 (Presidente)

Ing. MsC. Raúl Reinoso Peñaherrera MBA.

C.C. 050215089-9

.....

Lector 2

Ing. MsC. Cevallos Betún Segundo Ángel.

C.C. 050178243-7

.....

Lector 3

PHD. Enrique Torres Tamayo

C.C. 175712194-0



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Llano Toapanta Edison Fernando portador del número de cedula 050391871-6 y Oña Velasco Richard Paúl portador del número de cedula 172630799-2, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: **“MANUFACTURA Y EVALUACIÓN DE UNA BOMBA DE ARIETE MULTIPULSOR BOXER CON DOS VÍAS DE CARGA HORIZONTAL”**, siendo el Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso; Dr. C. 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, certifico que las ideas, conceptos, procedimiento y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, a 1 marzo del 2021

.....  
Llano Toapanta Edison Fernando

C.C. 050391871-6

.....  
Oña Velasco Richard Paúl

C.C. 172630799-2



## AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En calidad de tutor de la propuesta tecnológica sobre el título:

**“MANUFACTURA Y EVALUACIÓN DE UNA BOMBA DE ARIETE MULTIPULSOR BOXER CON DOS VÍAS DE CARGA HORIZONTAL”**, de los ponentes **Llano Toapanta Edison Fernando** y **Oña Velasco Richard Paúl**, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicha Propuesta Tecnológica cumple con los requerimientos metodológicos y aporte científico-técnicos suficientes para ser sometido 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, a 1 marzo 2021

Tutor:

.....

**Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso; Dr. C.**

**C.C. 1758367252**



## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En calidad de las pruebas hechas en las instalaciones de la Matriz Av. Simón Rodríguez de Latacunga, certifico que mediante la Propuesta Tecnológica “**MANUFACTURA Y EVALUACIÓN DE UNA BOMBA DE ARIETE MULTIPULSOR BOXER CON DOS VÍAS DE CARGA HORIZONTAL**”, construido por los señores, Llano Toapanta Edison Fernando y Oña Velasco Richard Paúl, estudiantes de la carrera INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se hará la entrega del proyecto antes mencionado.

Aceptando conocer y estar conforme con los términos y condiciones de las actividades que se van a realizar dentro de la manufactura de la bomba de ariete de dos vías de carga horizontal el proyecto de los señores estudiantes.

Atentamente:

.....  
Sr. Edison Fernando Llano Toapanta.

C.C. 050391871-6

.....  
Sr. Richard Paul Oña Velasco.

C.C. 172630799-2

.....  
Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso; Dr. C.

C.C. 175836725-2



## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mis padres José y Zoila por enseñarme a trabajar arduamente para conseguir mis sueños, brindarme todo ese amor y paciencia en cada instante, también a mi hermano que con su apoyo incondicional me han ayudado a madurar como persona y seguir su ejemplo como profesional, además a mis mejores amigos con lo que hemos pasado por altas y bajas, pero siempre nos hemos apoyado en todo momento.

Richard Oña



## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mi madre María Juana Toapanta Vilca por enseñarme a trabajar arduamente para conseguir mis sueños, brindarme todo ese amor y paciencia en cada instante, también a todas las personas que estuvieron conmigo que son todo para mí que con su apoyo incondicional me han ayudado a madurar como persona y seguir su ejemplo como profesional, además a mis amigos con los que hemos pasado por buenos y malos momentos, pero siempre nos hemos apoyado en todo.

Edison Llano



## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer en primer lugar a Dios que nos ha brindado salud y vida para luchar por mis sueños y poderlos alcanzar, a la Universidad Técnica de Cotopaxi al acogerme y formarme como profesional, de ser parte de tan valiosa institución, a mi tan prestigiosa carrera de Ingeniería Electromecánica que me supo formar como persona, enseñándome que cada día se lucha y hay algo nuevo por aprender, a los docentes que siempre compartieron sus conocimientos, su experiencia para crecer como persona y ser un excelente profesional.

Quiero agradecer eternamente a mis padres por el esfuerzo y el apoyo que siempre me han tenido a lo largo de mis estudios, a mi hermano y amigos por acompañarme siempre en los buenos y malos momentos.

Richard Oña





## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer en primer lugar a Dios que nos ha brindado salud y vida para luchar por mis sueños y poderlos alcanzar, a la Universidad Técnica de Cotopaxi al acogerme y formarme como profesional, de ser parte de tan valiosa institución, a mi tan prestigiosa carrera de Ingeniería Electromecánica que me supo formar como persona, enseñándome que cada día se lucha y hay algo nuevo por aprender, a los docentes que siempre compartieron sus conocimientos su experiencia para crecer como persona y ser un excelente profesional.

Quiero agradecer eternamente a mi madre por el esfuerzo y el apoyo que siempre me han tenido a lo largo de mis estudios y a todos los que han hecho posible este sueño en especial también Karen Candelejo ya que motivo y que me apoyo siempre la me decía que si puede ya que es la madre de mi hija Camila Llano las que han sido mi motor y mi motivación de vida y de seguir adelante también y también en especial mi madre a los que le debo todo y a mis amigos por acompañarme siempre en los buenos y malos momentos.

Edison Llano

## ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA .....	iii
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	iv
DEDICATORIA.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
ÍNDICE GENERAL .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xviii
1 INFORMACIÓN BÁSICA .....	1
2 DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA .....	2
2.1 Título de la propuesta tecnológica.....	2
2.2 Tipo de alcance.....	2
2.2.1 Tipo de proyecto.....	2
2.2.2 Alcance .....	2
2.3 ÁREA DE CONOCIMIENTO .....	2
2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica.....	3
2.5 Objeto de estudio y campo de acción.....	3
2.5.1 Objeto de estudio.....	3
2.5.2 Campo de acción .....	3

2.6	Situación problémica y problema.....	3
2.6.1	Situación problémica.....	3
2.6.3	Problema.....	4
2.7	Hipótesis.....	4
2.8	OBJETIVOS.....	5
2.8.1	Objetivo General .....	5
2.8.2	Objetivos Específicos .....	5
2.9.	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS.....	5
3	FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA.....	6
3.1	Introducción.....	6
3.2	Sistema de bombeo.....	6
3.2.1	Definición del sistema de bombeo .....	6
3.2.2	Definición de la bomba de ariete hidráulico .....	6
3.3	Golpe de ariete.....	6
3.3.1	Definición del golpe de ariete .....	6
3.3.2	Principio básico de funcionamiento .....	7
3.3.3	Rendimiento del ariete.....	8
3.4	Manufactura.....	9
3.4.1	Máquinas para procesos de manufactura.....	9
3.5	Máquinas convencionales.....	10
3.6	Herramientas de corte para la bomba de ariete .....	10
3.7	Torno .....	10
3.7.1	Tipos de torno.....	11
3.7.2	Herramientas de torneado.....	12
3.8	Fresadora .....	14
3.8.1	Clasificación de fresadoras.....	14

3.8.2	Tipos de fresas .....	14
3.8.3	Divisor Universal .....	15
3.9	Máquinas para mecanizados especiales .....	15
3.9.1	Corte por plasma .....	15
3.10	Sistemas CAD/CAE .....	16
3.11	Soldadura.....	16
3.11.1	Proceso de soldadura .....	16
3.12	Materiales que se emplean en la bomba de ariete .....	18
4	METODOLOGÍA .....	19
4.1	Introducción.....	19
4.2	Sistema hidráulico de frontera.....	19
4.2.1	Tanque de almacenamiento de agua.....	19
4.2.2	Metodología para la evaluación de la bomba de ariete .....	19
4.3	Metodología para la selección de material de los componentes de la bomba de ariete .....	21
4.4	Proceso de Mecanizado .....	21
4.4.1	Selección de herramienta de corte para el torneado exterior.....	22
4.4.2	Selección de herramienta de corte para el torneado interior .....	24
4.5	Mecanizado en la fresadora.....	25
4.5.1	Selección de brocas para el centro de mecanizado.....	25
4.6	Herramienta para las divisiones en la fresadora.....	26
4.7	Proceso de corte.....	26
4.8	Selección del tipo de tipo de soldadura .....	26
4.8.1	Selección de electrodos .....	27
5	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	28
5.1	Cálculo de mecanizado de brida.....	28
5.2	Manufactura para realizar la base de la bomba de ariete .....	29

5.3	Evaluación de la bomba de ariete.....	29
5.3.1	Evaluación mediante software CAE.....	30
5.3.2	Evaluación mediante datos de funcionamiento. ....	31
6	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO .....	40
	Tubo galvanizado de 3”.....	40
	Tubo galvanizado ¾”.....	40
	Tubo galvanizado 1/2”.....	40
	Lámina de acero 0,565 m x 0,520 m .....	40
6.1	Análisis de impacto .....	41
6.2	Condiciones ecológicas.....	42
6.2	Impacto ambiental .....	42
6.3	Impacto tecnológico .....	43
7	Conclusiones y recomendaciones.....	44
7.1	Conclusiones. ....	44
7.2	Recomendaciones.....	44
8	REFERENCIAS .....	45
	ANEXOS.....	46
	PLANOS.....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1. Efecto de golpe de ariete. ....	6
Figura 3. 2. Onda de presión en el cierre instantáneo de una válvula. ....	7
Figura 3. 3. Funcionamiento de la bomba de ariete.....	8
Figura 3. 4. Procesos de manufactura.....	9
Figura 3. 5. Máquinas herramientas. ....	10
Figura 3. 6. Tipos de torno. ....	11
Figura 3.7. Tipos de torno. ....	11
Figura 3. 8. Tornos de semi producción.....	12
Figura 3. 9. Mecanizado exterior.....	12
Figura 3. 10. Mecanizado interior. ....	13
Figura 3. 11. Plaquetas Wiper. ....	13
Figura 3. 12. Clasificación de fresadoras. ....	14
Figura 3. 13. Tipos de fresas.....	14
Figura 3. 15. Corte por plasma. ....	15
Figura 3. 16. Sistemas CAD-CAE.....	16
Figura 3. 17. Diagrama esquemático de la soldadura TIG. ....	17
Figura 3. 18. Diagrama esquemático de la soldadura MIG.....	17
Figura 3. 19. Materiales.....	18
Figura. 4. 1. Porta herramientas.....	23
Figura. 4. 2. Paqueta para mecanizado exterior. ....	23
Figura. 4. 3. Plaquetas para torneado en general (materiales de corte avanzado).....	24
Figura. 4. 4. Portaherramientas interiores.....	24
Figura. 4. 5. Mecanizado interior. ....	25
Figura. 4. 6. Dimensiones de la estructura de la bomba de ariete. ....	26
Figura 5. 1. Brida de la bomba de ariete.....	28
Figura 5. 2. Estructura bomba de ariete.....	29
Figura 5. 3. Ensamblaje de la bomba de ariete.....	29
Figura 5. 4. Simulación bomba de ariete SOFTWARE CAE. ....	30

Figura 5. 5. Simulación bomba SOFTWARE ANSYS.....	31
Figura 5. 6. Entrada de brida modificada. ....	31
Figura 5. 7. Resorte antiguo y nueva propuesta. ....	32
Figura 5. 8. Pérdidas de carga del sistema por gravedad.....	35
Figura 5. 9. Relación de flujo de carga y de trabajo.....	36
Figura 5. 10. Coeficiente de pérdida local de ariete en función de Reynolds .....	37
Figura 5. 11 Relación de flujo de carga y de trabajo.....	38
Figura 5. 12. Comparación de los rendimientos hidráulicos, volumétricos y de Rankine. .....	39
Figura 6. 1. Análisis de costos TIR-VAN .....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Eficiencia del ariete hidráulico en función de la relación de alturas $h/H$ , según fórmula de Wodicka .....	8
Tabla 5. 1. Mecanizado de la brida de un torno. ....	28
Tabla 5. 2. Cálculo de brocas para el centro de mecanizado.....	28
Tabla 5. 3. Cálculo de brocas para el centro de mecanizado.....	30
Tabla 5. 4. Comparación de bridas .....	32
Tabla 5. 5. Cálculo de resorte modificado.....	32
Tabla 5. 6. Cálculo de resorte modificado.....	34
Tabla 5. 7. Pérdidas de cargas del sistema de gravedad.....	34
Tabla 5. 8. Parámetros de trabajo del ariete. ....	35
Tabla 6. 1. Costos de fabricación. ....	40





## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TÍTULO:** “MANUFACTURA Y EVALUACIÓN DE UNA BOMBA DE ARIETE MULTIPULSOR BOXER CON DOS VÍAS DE CARGA HORIZONTAL”

**Autores:**

Llano Toapanta Edison Fernando

Oña Velasco Richard Paúl

### RESUMEN

Este trabajo tuvo como finalidad la construcción de una bomba de ariete convencional, tomando como referencia el diseño propuesto por los compañeros (Karen Tituana y Rodrigo Jiménez), para luego de construida validar mediante simulación y experimentación de los parámetros de operación y la evaluación de los rendimientos tanto hidráulico, volumétrico y de Rankine. Luego de construido este equipo se realizaron pruebas de campo para verificar su funcionalidad constatando que las válvulas y los resortes no se accionaban correctamente, por lo que se procedió a modificar el sistema de válvulas y cambiar los resortes. Para comprobar las modificaciones realizadas a la bomba se procedió a utilizar un software de simulación que valide los cambios realizados; luego de esto, se efectuaron varias pruebas para encontrar los parámetros de operación de la nueva bomba, siendo la información más relevante el rendimiento hidráulico con un valor máximo de 60,8% cuando se alcanzan los 54 golpes por minuto con un caudal de  $32 \text{ m}^3/h$ . El presente proyecto puede seguirse perfeccionando, ya que los sistemas que emplean bombas de ariete en nuestro país son muy pocos conocidos por lo cual este trabajo queda a disposición la carrera de Electromecánica para que los estudiantes de la misma puedan seguir experimentando y mejorando el diseño actual.

**Palabras clave:** ariete, multipulsor, manufactura, caudal, rendimiento, hidráulico.



## TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

### FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**TITLE:** “MANUFACTURING AND EVALUATION OF A MULTIPULSOR BOXER RAM PUMP WITH TWO HORIZONTAL LOAD WAYS”

**Author:**

Llano Toapanta Edison Fernando

Oña Velasco Richard Paúl

**ABSTRACT**

The purpose of this work was the construction of a conventional ram pump, taking as a reference the design proposed by the colleagues (Karen Tituana and Rodrigo Jiménez), and after it was built, validate the operating parameters and the performance evaluation through simulation and experimentation. Both hydraulic, volumetric and Rankine. After building this equipment, field tests were carried out to verify its functionality, verifying that the valves and springs were not operating correctly, so the valve system was modified and the springs changed. To check the modifications made to the pump, simulation software was used to validate the changes made; After this, several tests were carried out to find the operating parameters of the new pump, the most relevant information being hydraulic performance with a maximum value of 60.8% when 54 strokes per minute are reached with a flow of  $32 \text{ m}^3 / \text{h}$ . This project can continue to be refined, since the systems that use ram pumps in our country are very few known, which is why this work is available to the Electro mechanics career so that its students can continue experimenting and improving the current design.

**Keywords:** ram, multipulsor, manufacturing, flow, performance, hydraulic



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS: LLANO TOAPANTA EDISON FERNANDO** y **OÑA VELASCO RICHARD PAÚL**, cuyo título versa “**MANUFACTURA Y EVALUACIÓN DE UNA BOMBA DE ARIETE MULTIPULSOR BOXER CON DOS VÍAS DE CARGA HORIZONTAL**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 10 de marzo del 2021

Atentamente,

**M.Sc. ERIKA CECILIA BORJA SALAZAR**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
**0502161094**



CENTRO  
DE IDIOMAS

## **1 INFORMACIÓN BÁSICA**

### **Propuesto por:**

Sr. Edison Fernando Llano Toapanta

Sr. Richard Paúl Oña Velasco

**Tema aprobado:** “Manufactura y evaluación de una bomba de ariete multipulsor boxer con dos vías de carga horizontal”

**Carrera:** Ingeniería Electromecánica

### **Director de la propuesta tecnológica:**

Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso Dr. C.

### **Equipo de trabajo:**

Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso Dr. C.

Sr. Edison Fernando Llano Toapanta

Sr. Richard Paúl Oña Velasco

**Lugar de ejecución:** Región Sierra, Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Tiempo de duración de la propuesta:** Septiembre 2020 - Febrero 2021

**Fecha de entrega:** Febrero 2021

### **Línea de Investigación:**

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

### **Sub línea de investigación de la carrera:**

Sub línea 1: Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

Sub línea 3: Eficiencia energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

**Tipo de Propuesta tecnológica:** Manufactura y evaluación

## **2 DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

### **2.1 Título de la propuesta tecnológica**

Manufactura y evaluación de una bomba de ariete multipulsor boxer con dos vías de carga horizontal.

### **2.2 Tipo de alcance**

#### **2.2.1 Tipo de proyecto**

**Desarrollo:** Para el desarrollo de la manufactura de una bomba de ariete multipulsor boxer de carácter demostrativo, el cual el proyecto incluye cálculo, consideraciones técnicas y planos de las partes, diseño mecánico e hidráulico y construcción.

**Productivo:** Este proyecto se basa en el proceso de la manufactura de una bomba de ariete multipulsor boxer, para un mejor aprovechamiento del recurso vital no renovable, es decir el agua, construido para comprender mejor el funcionamiento de este tipo de bomba.

#### **2.2.2 Alcance**

El proyecto tiene como alcance la evaluación de una bomba ariete multipulsor, una vez realizado el proceso de manufactura partiendo del estudio del fenómeno de golpe de ariete y de todos los principios físicos determinando sus parámetros, el proyecto incluye cálculos, consideraciones técnicas, planos de las partes, manufactura y evaluación, principalmente permitiendo el aumento de rendimiento y que bajen las vibraciones ocasionadas por el golpe de ariete.

Este nuevo diseño del ariete hidráulico multipulsor boxer con dos vías de carga horizontal que mejora las cualidades de los diseños convencionales para aprovechar toda la presión generada por el golpe de ariete y disminuir las vibraciones utilizando dos válvulas de carga en forma de T, permitiendo el desarrollo de una nueva y mejorada bomba de ariete hidráulico [1].

### **2.3 ÁREA DE CONOCIMIENTO**

Área de conocimiento de la UNESCO; Ingeniería, industria y construcción; Subárea de conocimiento; Ingeniería y profesiones afines; Subárea específica de conocimiento; mecánica y metalurgia [2].

## **2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica**

El propósito del presente proyecto es la manufactura de una bomba de ariete multipulsor boxer con dos vías de carga horizontal, teniendo como propósito el estudio de los fenómenos físicos involucrados en la bomba de ariete, con el fin de contar con herramientas matemáticas y técnicas para el análisis del funcionamiento, las mismas que se obtuvieron en el diseño, para utilización en la construcción, comprobando las ventajas que este tuviese frente a otras bombas.

La finalidad es añadir una tecnología que lo hemos olvidado hasta el momento, la bomba de ariete es aquella que no se puede catalogar cómo manual por el motivo que no hay esfuerzo humano para su funcionamiento, pero que en determinadas circunstancias son muy útiles para la elevación de agua en alturas considerables.

## **2.5 Objeto de estudio y campo de acción**

### **2.5.1 Objeto de estudio**

Bomba de ariete multipulsor boxer con dos vías de carga horizontal.

### **2.5.2 Campo de acción**

Proceso de manufactura de bomba de ariete multipulsor bóxer, enfocados en la tecnología industrial, procesos tecnológicos, materiales, ingeniería mecánica y de construcción.

## **2.6 Situación problémica y problema**

### **2.6.1 Situación problémica**

Las bombas de ariete hidráulico se han utilizado por más de dos siglos en muchas partes del mundo por su sencillez y fiabilidad, ya que estas aprovechan la energía hidráulica. En Latinoamérica los países que más han desarrollado esta tecnología son Nicaragua y Cuba ya que estos, se han dedicado al mejoramiento del diseño de la bomba de ariete buscando una mejor eficiencia y aprovechamiento de caudales.

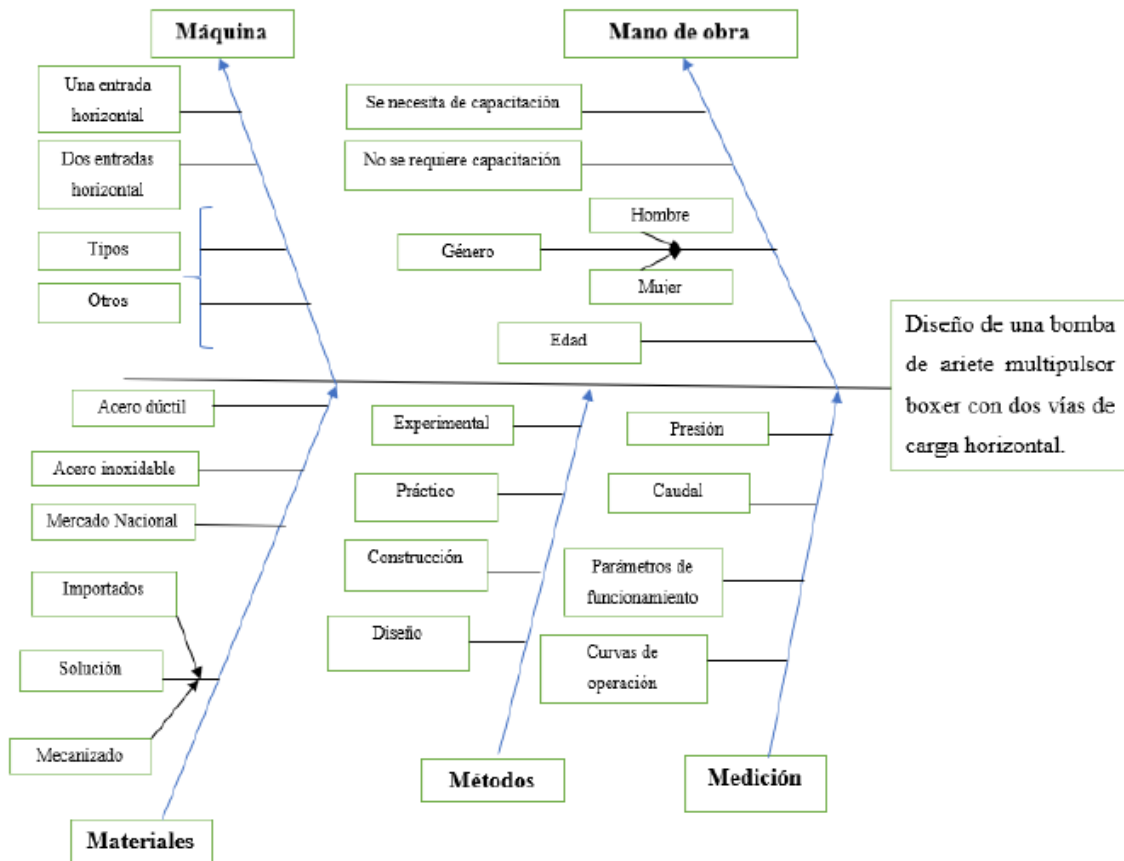
En el Ecuador existen algunos estudios sobre sistemas de bombeo con Ariete Hidráulico para el desarrollo rural integral, sin embargo, no se ha estudiado como aprovechar eficientemente el efecto del golpe de ariete, los arietes construidos en estos proyectos son los denominados convencionales (Arietes soldados, Tipo Dello, Tipo Accesorios y Hormigón), estos arietes se consideran artesanales pues su construcción es rudimentaria. En Ecuador contamos con distribuidores de bombas de ariete, siendo la más importante SETCOMET INGENIERÍA

PARA EL DESARROLLO, así que la gran mayoría de las bombas de ariete son importadas de países industrializados [1].

Debido a la falta de investigaciones relacionadas con el aprovechamiento hidráulico en las bombas de ariete, es que se ha propuesto la construcción de una bomba ariete multipulsor boxer con cargas horizontales, para evaluar las condiciones de operación y funcionalidad de forma experimental.

### 2.6.2 Matriz Causa – Efecto

#### 2.6.2 Matriz Causa – Efecto



### 2.6.3 Problema

Diseño de una bomba de ariete multipulsor boxer con dos vías de carga horizontal.

### 2.7 Hipótesis

La manufactura de una bomba de ariete hidráulico multipulsor boxer de dos vías de carga horizontal, permitirá evaluar sus variables de operación.

## 2.8 OBJETIVOS

### 2.8.1 Objetivo General

Manufacturar una bomba de ariete multipulsor boxer con dos vías de carga horizontal, para evaluar los parámetros de operación y calcular los rendimientos: hidráulico, volumétrico y Rankine, para validarlos mediante simulación.

### 2.8.2 Objetivos Específicos

- Seleccionar las tecnologías de fabricación más apropiadas para la manufactura de la bomba de ariete.
- Fabricar las diferentes partes de la bomba de ariete multipulsor boxer mediante los procesos tecnológicos afines.
- Realizar pruebas de funcionamiento y la evaluación de la bomba de ariete a partir de los rendimientos.

## 2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

Objetivos	Actividades	Resultados de la actividad	Medio de Verificación
- Seleccionar las tecnologías de fabricación más apropiadas para la manufactura de la bomba de ariete.	-Estudio de la manufactura de la bomba de ariete mediante fuentes bibliográficas.	-Establece los pasos del proceso de la manufactura. -Selección de materiales.	-Fichas bibliográficas Investigación experimental.
- Fabricar las diferentes partes de la bomba de ariete multipulsor boxer mediante los procesos tecnológicos afines.	-Construcción de la bomba en base a las dimensiones para su correcto funcionamiento. -Selección de las piezas acordes a la bomba.	-Proceso de maquinado. -La utilización de máquinas y herramientas convencionales.	-Tablas cálculos y dimensiones de la bomba. -Cálculos y dimensiones de las bridas.
- Realizar pruebas de funcionamiento y la evaluación de la bomba de ariete a partir de los rendimientos.	-Aseguramiento de la bomba para su uso para aprovechar todo su potencial.	-Rendimiento Hidráulico de la bomba de ariete multipulsor boxer. -Capacidad de flujo y número de golpes.	-Evaluaciones y mediciones.



### 3 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

#### 3.1 Introducción

En el presente capítulo se presenta la teoría necesaria para comprender los conceptos basados en la manufactura de una bomba de ariete multipulsor boxer con dos vías de carga horizontal, la cual será de utilidad para el desarrollo del presente proyecto.

#### 3.2 Sistema de bombeo

##### 3.2.1 Definición del sistema de bombeo

Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos (tuberías, recipientes, válvulas, medidores, codos, etc.) que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudales y presión necesaria en los diferentes sistemas y procesos [4].

##### 3.2.2 Definición de la bomba de ariete hidráulico

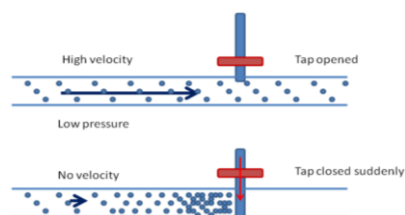
Es un instrumento que aparte de no generar contaminación, como, dióxido de carbono u otros desechos perjudiciales, ni necesitar supervisión alguna y electricidad o combustible fósil, caso de los motores o bombas convencionales; su construcción es sencilla y basada en el llamado golpe de ariete, es que este maravilloso invento puede darnos futuras soluciones [5].

#### 3.3 Golpe de ariete

##### 3.3.1 Definición del golpe de ariete

El golpe de ariete o “waterhammer” puede definirse como el fenómeno hidráulico ocasionado por rápidas fluctuaciones en el flujo debido a la interrupción o inicio súbitos del flujo de una tubería, produciendo una variación de presión por encima o debajo de la presión de operación y cambios bruscos en la velocidad del flujo.

El golpe de ariete es el resultado de una transformación repentina de energía cinética a energía de presión [6].



**Figura 3. 1.** Efecto de golpe de ariete.

**Fuente:** [7].

El efecto del golpe de ariete es un fenómeno que aumenta la presión del agua en una canalización durante un corto periodo de tiempo.

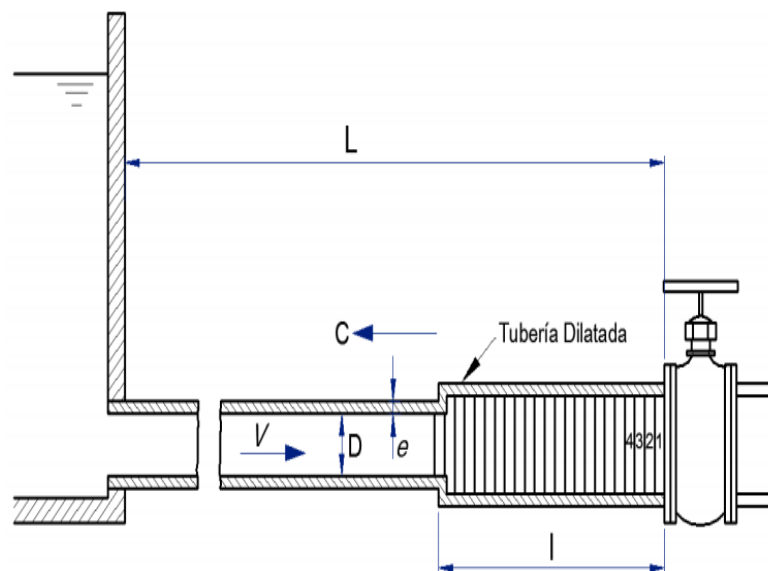
Si la velocidad del agua en una tubería es lo suficientemente alta, un cierre rápido de la tubería puede causar un efecto de golpe de ariete en la figura 3.1. El agua que fluye será comprimida a la válvula que se haya cerrado repentinamente. Al cerrar rápidamente la tubería, la energía cinética se transforma en presión.

Este efecto se caracteriza por un ruido fuerte que es similar a un martillo golpeando un componente de metal [7].

### 3.3.2 Principio básico de funcionamiento

Se reconoce al fenómeno denominado golpe de ariete, por efecto de esta sobre presión la tubería se dilata y el fluido se comprime volviendo a ambos por elasticidad a la posición inicial, este efecto se repite estableciéndose un movimiento de prion oscilatorio cada vez con menor intensidad, hasta su anulación, este tipo de ariete usa la energía potencial de un volumen de agua, comparativamente grande ubicado a una altura pequeña; para convertirla en energía de presión, que sirve para bombear, por medio de la generación de una onda de alta presión, una menor cantidad de fluido a una altitud mayor [8].

Este fenómeno se produce en los conductos al cerrar o abrir una válvula, al poner en marcha o para una máquina hidráulica y también el disminuir el caudal bruscamente.



**Figura 3. 2.** Onda de presión en el cierre instantáneo de una válvula.

**Fuente:** [9]

### FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE ARIETE



**Figura 3. 3.** Funcionamiento de la bomba de ariete.

**Fuente:** [10].

Se debe determinar el caudal requerido ( $Q_r$ ) para los diferentes propósitos (bebida animal, riego, uso doméstico, etc.), en el periodo de máximos requerimientos del año [11].

#### 3.3.3 Rendimiento del ariete

Utilizando la relación  $h/H$ , se determina la eficiencia del ariete, cuyo valor indica que porcentaje de caudal de entrada al ariete ( $Q$ ) es elevado por este como caudal de salida ( $q$ ). En el cuadro 3.1, se representa el valor de eficiencia como función de la relación  $h/H$ .

**Tabla 3.1.** Eficiencia del ariete hidráulico en función de la relación de alturas  $h/H$ , según fórmula de Wodicka

<b>h/H</b>	1/8 = 0,125	1/9 = 0,1	1/10 = 0,083	1/11 = 0,067	1/12 = 0,059	1/13 = 0,05
<b>RENDIMIENTO (<math>\eta</math>)</b>	0,056	0,039	0,029	0,019	0,014	0,009

<b>h/H</b>	1/2 = 0,5	1/3 = 0,333	1/4 = 0,25	1/5 = 0,2	1/6 = 0,167	1/7 = 0,143
<b>RENDIMIENTO (<math>\eta</math>)</b>	0,34	0,21	0,15	0,11	0,085	0,068

**Fuente:** [11]

### 3.4 Manufactura

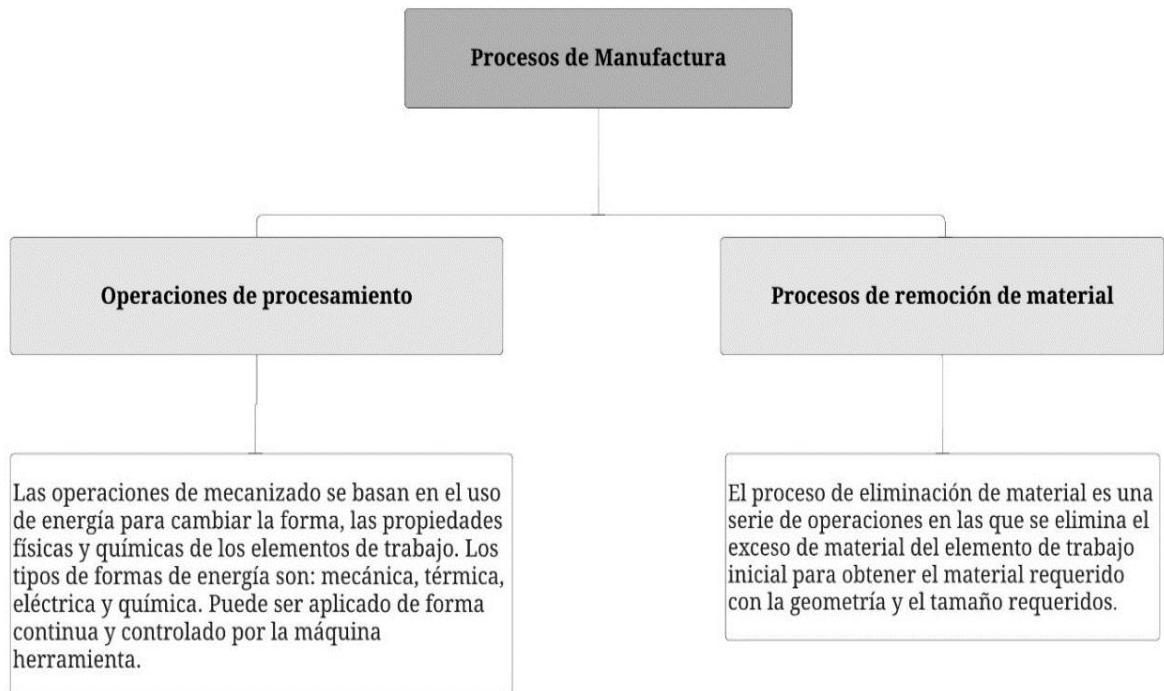
Es el conjunto de actividades organizadas y programadas para la transformación de materiales, objetos o servicios en artículos o servicios útiles para la sociedad. Así se suman numerosos y nuevos requerimientos que día a día aparecieron y que forzó la utilización de nuevas técnicas que reemplazarán al operador humano.

#### 3.4.1 Máquinas para procesos de manufactura

En el país y a nivel internacional encontramos diferentes procesos de manufactura tanto máquinas convencionales, como CNC [12].

El proceso de fabricación es un proceso que tiene como objetivo obtener cambios físicos (forma o tamaño) de los materiales de trabajo o químicos con el fin de obtener componentes o equipos que cumplan con los requisitos de los usuarios. El proceso de fabricación se realiza a través de una o más operaciones que constituyen una única secuencia de pasos necesarios para transformar el material inicial en el producto final. El proceso de fabricación se puede dividir en dos tipos básicos: [12].

- Operaciones de procesamiento
- Trabajo de ensamblaje



**Figura 3. 4.** Procesos de manufactura.

**Fuente:** [12]

### 3.5 Máquinas convencionales

Se da el nombre de máquinas herramientas a los mecanismos que trabajan en frío los metales u otros materiales y arrancan de forma de viruta las partes sobrantes, con el objeto de producir pieza de formas y dimensiones establecidas previamente.

En la figura 3.5, muestra el movimiento de corte, donde se establece la siguiente clasificación:



**Figura 3. 5.** Máquinas herramientas.

**Fuente:** [13]

Por lo general las máquinas más empleadas para la manufactura son el torno y la fresadora debido a que estas máquinas nos permiten realizar mecanizados de formas diferentes, dichas máquinas se pueden evidenciar en la Figura 3.5.

### 3.6 Herramientas de corte para la bomba de ariete

Las herramientas de corte se utilizarán para remover el exceso de material de una pieza, de forma que se obtenga la forma deseada. A continuación, se definirán los elementos geométricos más significativos de las herramientas de corte.

### 3.7 Torno

El torno es una pieza de trabajo en revolución la que pone en contacto herramientas que se mueven transversal y longitudinal con respecto al eje de la pieza [14].

De esta forma el torno mecánico es una máquina-herramienta para mecanizar piezas por revolución, arrancando material en forma de viruta mediante una herramienta de corte. Esta será apropiada al material a mecanizar y puede estar hecha de acero al carbono, acero rápido, acero rápido al cobalto, cerámica, diamante, etc., aunque siempre será más dura y resistente que el material mecanizado [14].

El torno puede realizar operaciones de torneado, mandrilado, roscado, mecanizado de extremos, ranurado, taladrado, escariado, moleteado, operaciones de torneado en línea, etc.



**Figura 3. 6.** Tipos de torno.

**Fuente:** [14]

### 3.7.1 Tipos de torno

Se puede encontrar diferentes tipos de tornos y a su vez cada tipo tiene su respectiva subdivisión, las cuales pueden ser:

Tornos de no-producción

#### Torno paralelo

- Es el más común y tiene los componentes básicos y puede efectuar las operaciones ya descritas.

#### Torno rápido

- Se utiliza principalmente para operaciones de torneado rápido de metales, para madera y para pulimento.

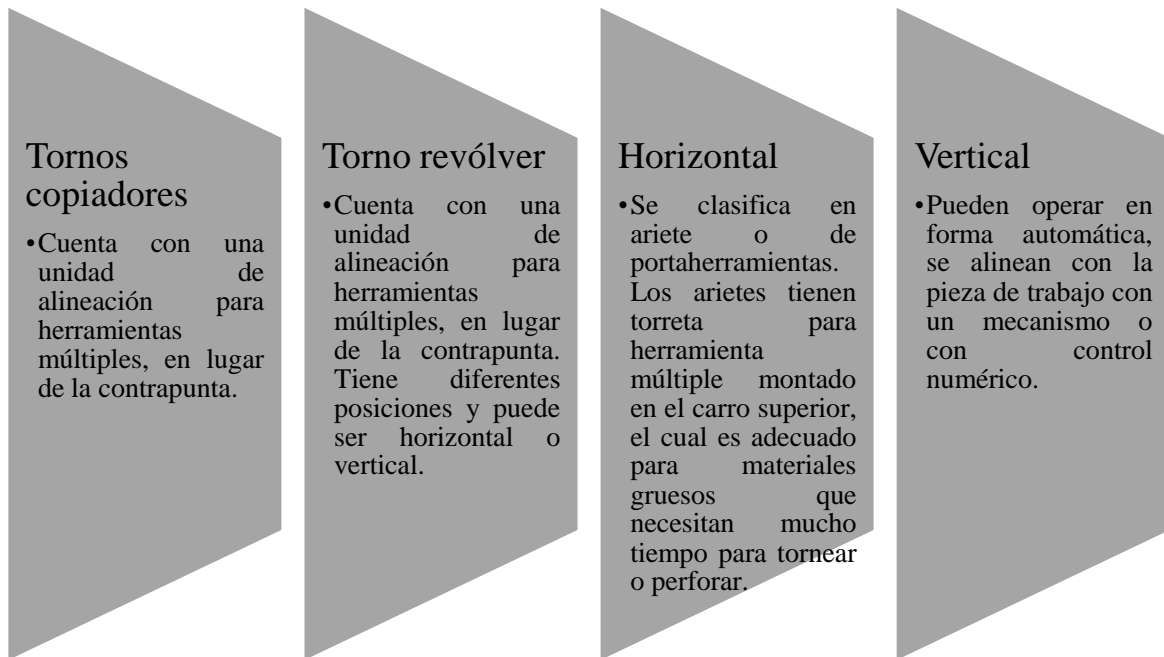
#### Torno para taller

- Se utiliza para hacer herramientas, matrices o piezas de precisión para maquinaria.

**Figura 3.7.** Tipos de torno.

**Fuente:** [14]

## Tornos de semi producción



**Figura 3. 8.** Tornos de semi producción.

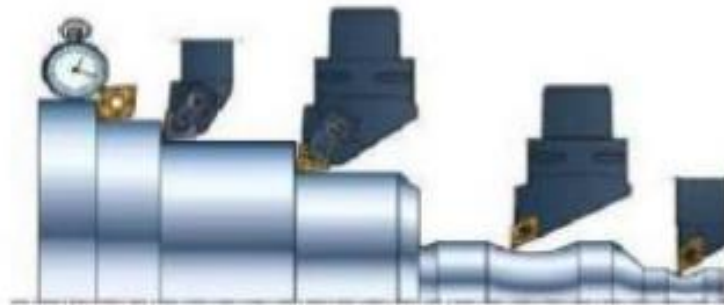
**Fuente:** [14]

### 3.7.2 Herramientas de torneado

El mecanizado mediante torno genera formas cilíndricas con herramientas de corte, la mayoría de los casos es estacionaria mientras que la pieza de trabajo es giratoria [15].

- **Mecanizado exterior**

Son empleados en herramientas convencionales, donde se utiliza el mango más grande posible para asegurar la máxima estabilidad [15].

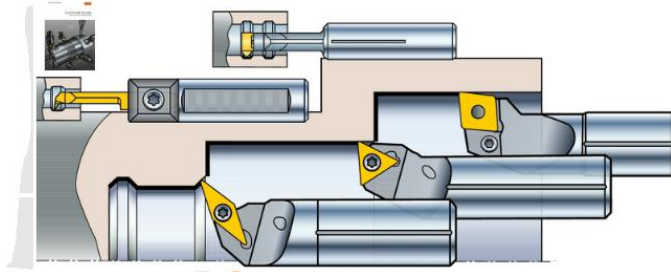


**Figura 3. 9.** Mecanizado exterior.

**Fuente:** [15].

- **Mecanizado interior**

Mecanizado de interiores de agujeros de diámetros pequeños y medianos.



**Figura 3. 10.** Mecanizado interior.

**Fuente:** [15]

- **Geometría de plaquita**

Especial para:

Distintas áreas de avance y profundidad de corte

Distintos materiales de pieza

- **Calidades de plaquita**

Calidades modernas y productivas, con y sin recubrimiento, para todas las áreas de materiales ISO - metal duro cementado.

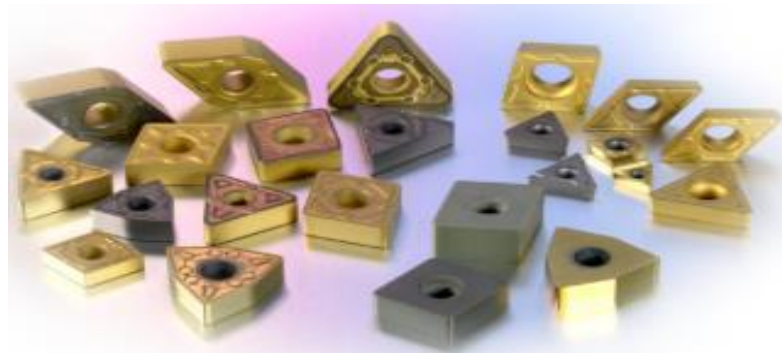
-Cermet

- Cerámica

- Nitruro de boro cúbico[15].

### 3.7.2.1 Productividad de torneado

El incremento de la velocidad de avance con plaquitas Wiper es una de las formas más eficaces para mejorar la productividad del torneado [15].



**Figura 3. 11.** Plaquitas Wiper.

**Fuente:** [15]



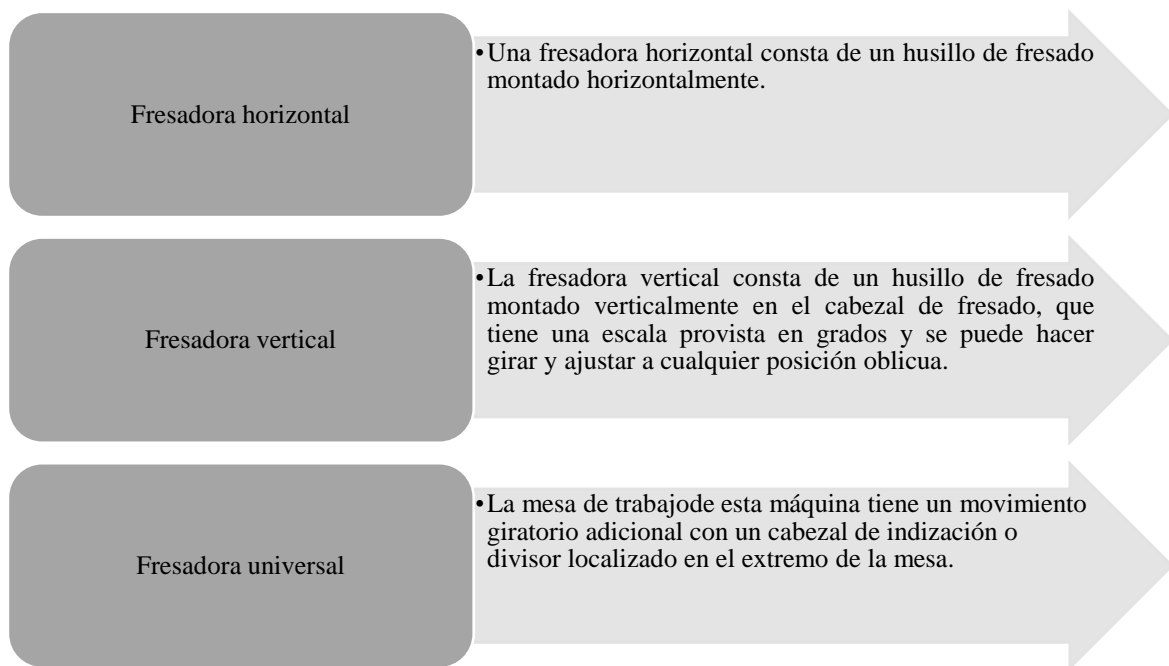
### 3.8 Fresadora

Es un proceso de mecanizado que elimina material en un bloque de acero, aluminio, plástico, madera u otros materiales, mediante una máquina herramienta denominada fresadora.

Una fresadora es una máquina herramienta que realiza el mecanizado mediante la eliminación de viruta moviendo una herramienta rotativa, con múltiples filos de corte.

#### 3.8.1 Clasificación de fresadoras

Las fresadoras se clasifican de la siguiente manera.



**Figura 3. 12.** Clasificación de fresadoras.

**Fuente:** [16]

#### 3.8.2 Tipos de fresas

Son herramientas rotativas de corte de dientes múltiples, generalmente fabricadas con acero de alta velocidad.



**Figura 3. 13.** Tipos de fresas.

**Fuente:** [17]

### 3.8.3 Divisor Universal

El divisor Universal, es un componente de la fresadora, el mismo que es encargado de hacer la división de la trayectoria circular del trabajo y sujetar el material que se trabajó.

La función principal del cabezal divisor universal, es realizar la división de la pieza en forma circular y sujetar mientras se realiza el mecanizado. El cabezal divisor tiene diferentes métodos de aplicación, donde se pueden clasificar como: [18].

Cabezales de divisor directo y sencillo.

#### Cabezales de división directa



Los cabezales cuentan con un disco provisto de doce divisiones, pudiéndose dividir, a su vez, por sus múltiplos, tales como, 2, 3, 4, 6, y por sí mismo. Con una palanca se ejecuta las vueltas del divisor que depende de cuantas divisiones se quiera realizar en la pieza.

#### Cabezales de división sencilla



Se tiene un tornillo sin fin acoplado desde el plato divisor. Este tornillo engrana con una rueda helicoidal que se acopla en el plato de agarre.

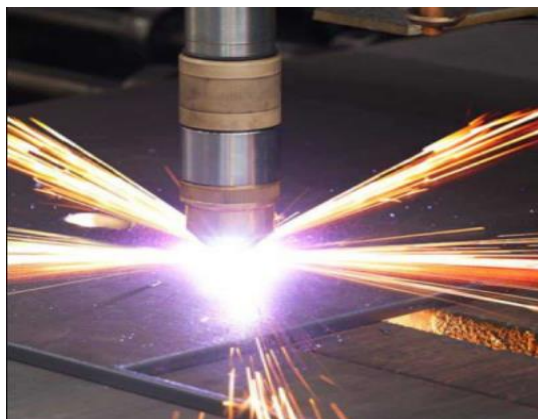
**Figura 3.14.** Divisor Universal.

**Fuente:** [18]

## 3.9 Máquinas para mecanizados especiales

### 3.9.1 Corte por plasma

Este proceso permite cortar todo tipo de metales a una velocidad media pero con costos bajos convirtiéndola en el método ideal para la industria, en especial para acero inoxidable[19].

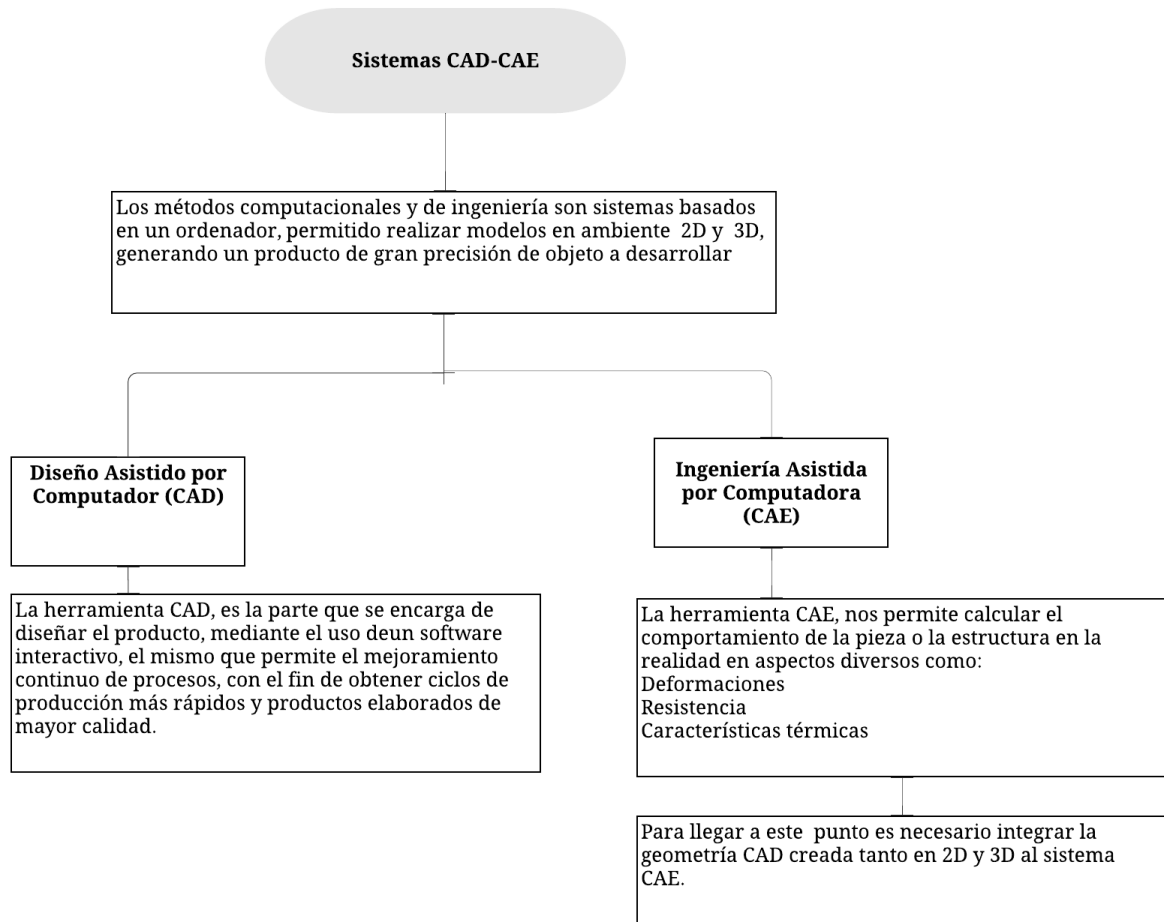


**Figura 3. 14.** Corte por plasma.

**Fuente:** [18]

### 3.10 Sistemas CAD/CAE

Dentro del conjunto de herramientas para el análisis y diseño, la simulación juega un papel fundamental en el área de procesos mecánicos o de máquinas en sí, mejorando la calidad de los productos y proyectos.



**Figura 3. 15.** Sistemas CAD-CAE.

**Fuente:** [12]

### 3.11 Soldadura

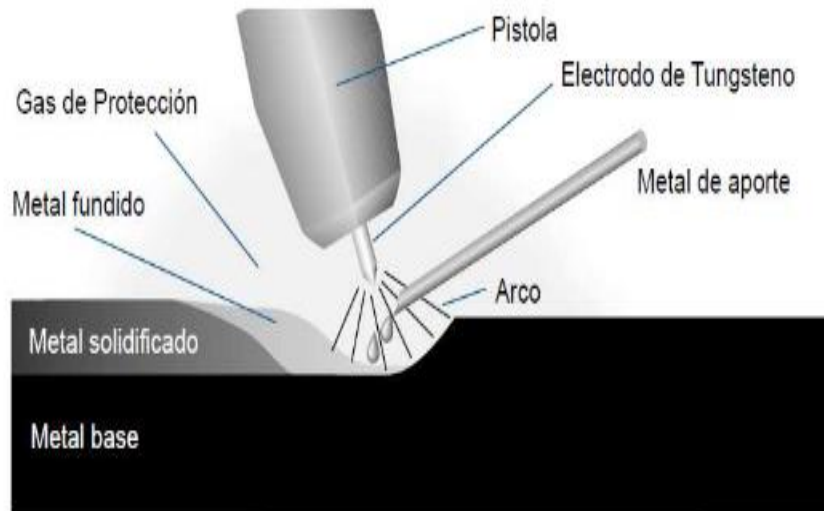
La soldadura implica la fusión o unión de dos partes metálicas en sus superficies de unión. Las superficies de empalme son superficies que están en contacto o que están demasiado apretadas para conectarse. La soldadura generalmente se realiza en partes del mismo metal, pero se pueden usar ciertas operaciones para unir metales diferentes.

#### 3.11.1 Proceso de soldadura

La soldadura se puede realizar mediante diferentes procesos, pero los más recomendados son: soldadura MIG y soldadura TIG.

### 3.11.1.1 Soldadura al arco bajo atmósfera inerte con electrodo refractario.

La soldadura TIG (Tungsten Inert Gas) utiliza un electrodo no consumible de tungsteno y gas inerte, este tipo de soldadura tiene tres componentes principales que son: fuente de poder, pistola o soplete y sistema de protección gaseoso.[20]

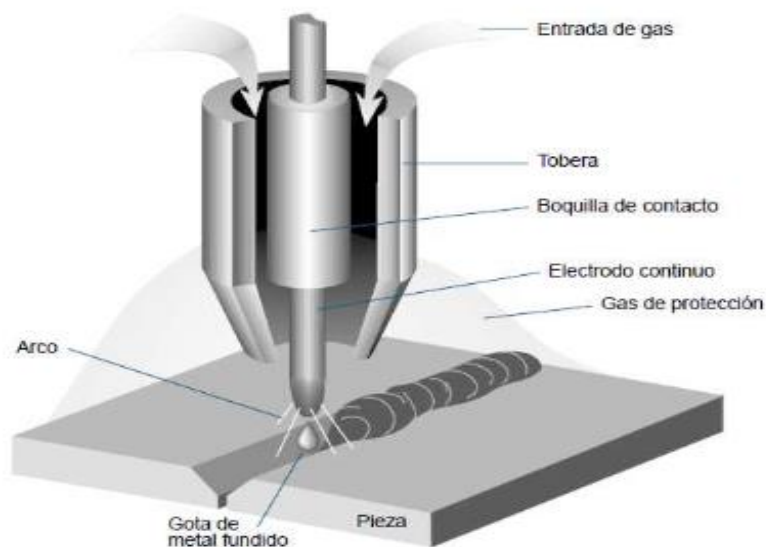


**Figura 3. 16.** Diagrama esquemático de la soldadura TIG.

**Fuente:**[20].

### 3.11.1.2 Soldadura al arco bajo atmósfera inerte con electrodo consumible.

El sistema de soldadura MIG es un proceso que utiliza arco eléctrico, un electrodo que es alimentado automáticamente a velocidad constante y un gas protector inerte.[20]



**Figura 3. 17.** Diagrama esquemático de la soldadura MIG.

**Fuente:**[20].

### 3.12 Materiales que se emplean en la bomba de ariete

La elección del material es muy importante debido a que este se lo debe seleccionar de acuerdo a la aplicación, funcionalidad y utilidad, estos son los siguientes, duralon, acero inoxidable 304, galvanizado, aluminio, como muestra en la figura.

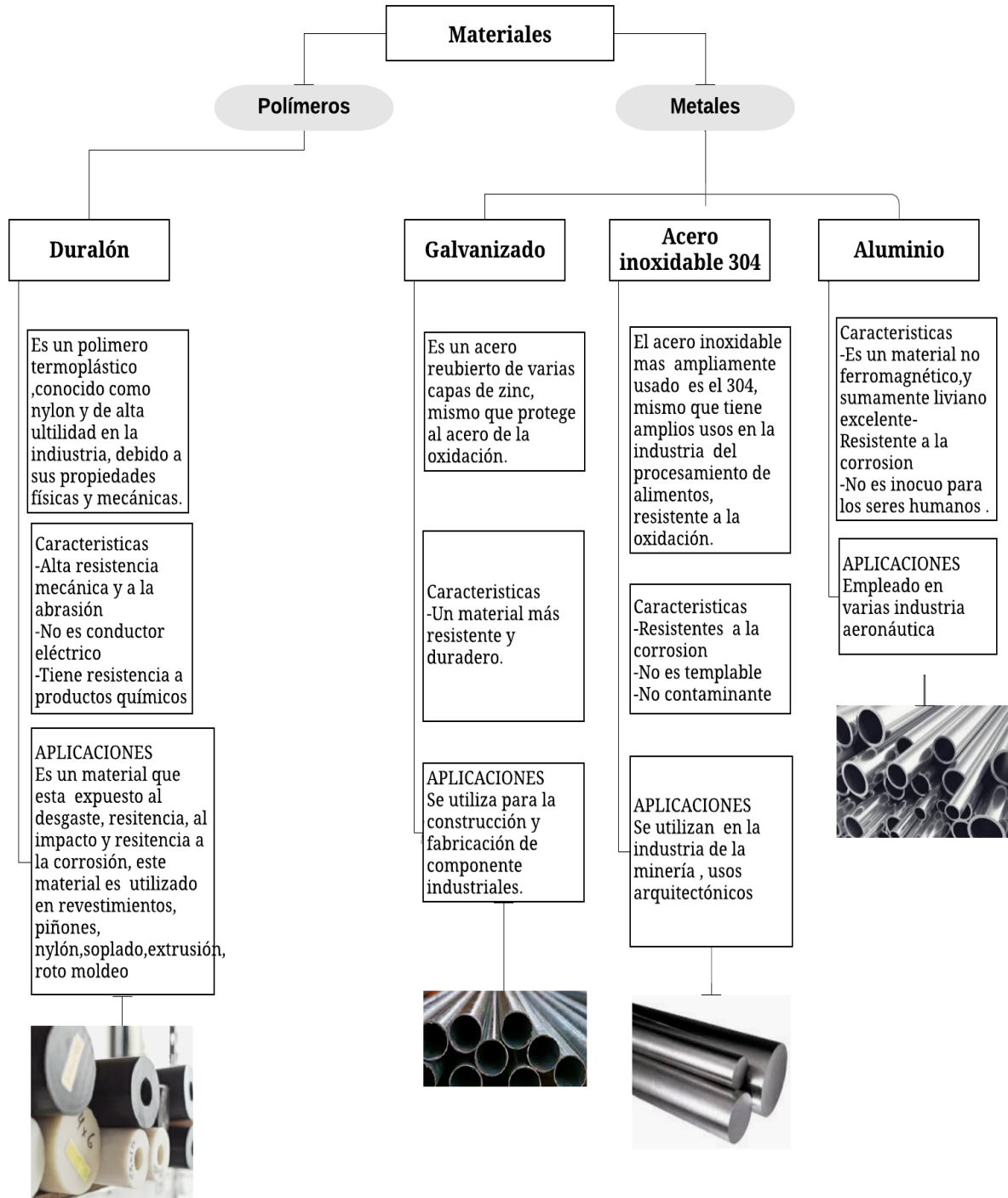


Figura 3. 18. Materiales.

## 4 METODOLOGÍA

### 4.1 Introducción

El presente capítulo se refiere a la selección de los equipos y materiales necesarios para la fabricación de una bomba de ariete multipulsor boxer de dos vías de cargas horizontales, que fue propuesto como tema de tesis por los señores (Rodrigo Jiménez y Karen Tituana), de la carrera de electromecánica, para luego de construida validar su diseño o en su defecto proponer cambios al diseño original.

### 4.2 Sistema hidráulico de frontera

El sistema está compuesto por:

#### 4.2.1 Tanque de almacenamiento de agua

Este un reservorio que contiene el líquido con el cual se va a evaluar la bomba de ariete, la capacidad de almacenamiento de este contenedor es de 900 lt (0,900 m<sup>3</sup>).

#### 4.2.2 Metodología para la evaluación de la bomba de ariete

Para la evaluación de la bomba de ariete se tuvo en cuenta el caudal de circulación por la tubería.

#### Ecuación 4.1. Cálculo de Bernoulli

Para el análisis del comportamiento del caudal como fluido se aplicará la ecuación de Bernoulli.

$$P_1 + \frac{1}{2} \delta v_1^2 + \delta g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \delta v_2^2 + \delta g h_2 \quad (4.1)$$

Dónde:

*P*: presión; (Pa)

*v*: velocidad; (m/s)

*ρ*: densidad; (g/mm<sup>3</sup>)

*h*: altura; (mm)

#### Ecuación 4.2. Cálculo de caudal

$$Q = \sqrt{h(2 \cdot g \cdot A_2^2)} \quad (4.2)$$

*Q*: caudal; (m<sup>3</sup>/s)

*h*: altura; (m)

*A*: area; (m)

$g$ : gravedad; ( $m/s^2$ )

**Ecuación 4.3. Velocidad de flujo de entrada**

$$v_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (4.3)$$

$v$ : velocidad de flujo; ( $m/s$ )

$g$ : gravedad; ( $m/s^2$ )

$h$ : altura; ( $m$ )

**Ecuación 4.4. Velocidad de flujo de salida**

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h}{1 - \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2}} \quad (4.4)$$

$v$ : velocidad de flujo; ( $m/s$ )

$g$ : gravedad; ( $m/s^2$ )

$h$ : altura; ( $m$ )

**Ecuación 4.5. Presión**

$$P_1 = \frac{F_1}{A} \quad (4.5)$$

$P$ : presión; ( $N/m$ )

$F$ : fuerza; ( $N$ )

$A$ : área; ( $m$ )

**Ecuación 4.6. Presión**

$$P_2 = \frac{F_2}{A} \quad (4.6)$$

$P$ : presión; ( $N/m$ )

$F$ : fuerza; ( $N$ )

$A$ : área; ( $m$ )

**Ecuación 4.7. Tiempo**

$$t = \frac{V}{Q} \quad (4.7)$$

$t$ : tiempo; ( $m^3$ )

$V$ : volumen; ( $m^3$ )

$Q$ : caudal; ( $m^3/s$ )

### 4.3 Metodología para la selección de material de los componentes de la bomba de ariete

Los materiales que se deben emplearse para la manufactura de las partes que componen la bomba de ariete, tendrán que poseer características principales como, ser resistentes a la corrosión, mecanizables, accesibles al usuario, mismos que se mencionó en la Figura 3.17.

### 4.4 Proceso de Mecanizado

En la actualidad, para realizar la manufactura se hacen usos de diversos procesos de mecanizado, teniendo en cuenta que en el país se da de forma convencional.

Por este motivo se ha tomado en consideración al proceso de torneado, donde se procederá a mecanizar las bridas.

A continuación, se detallará las ecuaciones que se emplearan para el mecanizado de las diferentes piezas que posee la bomba de ariete, teniendo en consideración que según él (ANEXO III, fig.3), tenemos una velocidad de corte de 27 m/min.

#### Ecuación 4.8. Velocidad de husillo

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D_m} \quad \text{Ec. (4.8)}$$

Dónde:

$n$ : Velocidad de husillo; (rpm)

$v_c$ : Velocidad de corte; (m/min)

$D_m$ : Diámetro mecanizado; (mm)

#### Ecuación 4.9. Régimen de arranque de viruta

$$Q = v_c \cdot a_p \cdot f_n \quad \text{Ec. (4.9)}$$

Dónde:

$Q$ : Régimen de arranque de viruta; (cm<sup>3</sup>/min)

$v_c$ : Velocidad de corte; (m/min)

$a_p$ : Profundidad de corte; (mm)

$f_n$ : Arranque de revolución; (mm/r)

Mediante el catálogo de BKB se seleccionará una potencia neta de 9Kw, como muestra en el (ANEXO III, fig 3)



#### **Ecuación 4.10. Fuerza de corte específica**

$$P_c = \frac{v_c \cdot a_p \cdot f_n \cdot k_c}{60 \cdot 10^3} \quad \text{Ec. (4.10)}$$

Dónde:

$P_c$ : Potencia neta; (kW)

$v_c$ : Velocidad de corte; (m/min)

$a_p$ : Profundidad de corte; (mm)

$f_n$ : Arranque de revolución; (mm/r)

$k_c$ : Fuerza de corte específica; (N/mm<sup>2</sup>)

#### **Ecuación 4.11. Tiempo de mecanizado**

$$T_c = \frac{l_m}{f_n \cdot n} \quad \text{Ec. (4.11)}$$

Dónde:

$T_c$ : Tiempo de empañe; (min)

$l_m$ : Longitud mecanizada; (mm)

$f_n$ : Arranque de revolución; (mm/r)

$n$ : Velocidad de husillo; (rpm)

#### **4.4.1 Selección de herramienta de corte para el torneado exterior**

De acuerdo al catálogo de Sandvik, se hará uso de portaherramientas para el mecanizado exterior de los componentes de la bomba de ariete, como indica en la Figura 4.1.

La mejor alternativa es el diseño de sujeción rígida, donde se hará uso de portaherramientas como torneado longitudinal, perfilado, refrendado.

G	Sistema de herramientas Coromant Capto® Portaherramientas Unidades de corte SL	Plaquitas negativas			Plaquitas positivas		Plaquitas de cerámica y de CBN	
		CoroTurn® RC A115 A137 -	T-Max P A124 A152 I12 A134 A159 -		CoroTurn® 107 A166 A174 -	CoroTurn TR A193 A195 I14	CoroTurn® RC A200 A208 -	T-Max® A207 A218 -
H								
		Diseño de sujeción rígida	Diseño de sujeción por palanca	Diseño de brida cuña	Diseño de sujeción por tornillo	Diseño de sujeción por tornillo	Diseño de sujeción rígida	Diseño de sujeción superior
I	Torneado longitudinal/ refrentado 	••	•	•	•	•	••	•
	Perfilado 	••	•	•	••	••	••	•
	Refrentado 	••	•	•	•		••	•

Figura. 4. 1. Porta herramientas











Fuente: [15]

Para el torneado externo la mejor recomendación es la plaquita de un material no férreo de 1/4-3/8. Como muestra en la Figura 4.2 y 4.3

	Plaquita página							
Plaquitas negativas	A20	A26	A30	A31	A35	A41	A39	A44
T-Max P								
Plaquitas positivas	A46	A49	A51	A52	A54	-	A58	-
CoroTurn® 107 CoroTurn® TR	-	A191	-	-	-	-	A191	-
Cerámica, CBN y PCD	A78	A82	A84	A86	A89	A91	A93	-
	A94	A95	A98	A99	A97	-	A96	-
Forma de la plaquita								
Torneado longitudinal/ refrentado 	••	•	•	•	•	•		•
Perfilado 		••	•		•		•	•
Refrentado 	•	•	•	••	•	•		•

Figura. 4. 2. Paqueta para mecanizado exterior.

Fuente: [15]

										
	<b>CCGW</b>	<b>CCGW-WH</b>	<b>DCMW</b>	<b>DCGW</b>	<b>SCGW</b>	<b>TCMW</b>	<b>TCGW</b>	<b>TPGW</b>	<b>VBMW</b>	<b>VBGW</b>
	06-09	06-09	11	07-11	08	09-11	09-11	11	16	16
TC	1/4-3/8	1/4-3/8	3/8	1/4-3/8	3/8	7/32-1/4	7/32-1/4	1/4	3/8	3/8
Página	A94	A94	A95	A95	A99	A97	A97	A97	A96	A96
















**Figura. 4. 3.** Plaquetas para torneado en general (materiales de corte avanzado).

Fuente: [15]

#### 4.4.2 Selección de herramienta de corte para el torneado interior

Con respecto al catálogo de Sandvik, se hará uso del portaherramientas para el mecanizado exterior de los componentes de la bomba de ariete, como indica en la Fig.4.4, dando la mejor alternativa.

Existe una mejor alternativa como es Diseño de sujeción por tornillo como muestra la figura 4.3.

Sistema de herramientas Mecanizado exterior, unidades de corte Coromant Capto® para mecanizado Multi-Tarea Portaherramientas Unidades de corte SL	Plaquetas negativas			Plaquetas positivas			Plaquetas de cerámica y de CBN
	CoroTurn® RC	T-Max P		CoroTurn® 107	CoroTurn® 111	CoroTurn TR	T-Max®
	A261	A263	A266	A280	-	-	-
	A269	A273	A275	A286	A309	-	A319
	I21	I16	-	I27	I32	I18	-
							
	Diseño de sujeción rígida	Diseño de sujeción por palanca	Diseño de brida cuña	Diseño de sujeción por tornillo	Diseño de sujeción por tornillo	Diseño de sujeción por tornillo	Diseño de sujeción superior
							
Torneado longitudinal/ refrentado 	• •	• •	•	• •	• •	•	•

**Figura. 4. 4.** Portaherramientas interiores.

Fuente: [15]

Como muestra la Fig. 4.5, la mejor opción para el mecanizado interior de los elementos, siendo la plaqueta negativa torneado longitudinal/ refrentado.

	Plaquita página							
Plaquitas negativas	A20	A26	A30	A31	A35	A41	A39	A44
T-Max P								
Plaquitas positivas	A46	A49	A51	A52	A54	-	A58	-
CoroTurn® 107								
Plaquitas positivas	A62	A63	-	A64	A65	A66		-
CoroTurn® 111								
Cerámica, CBN y PCD	A78	A82	A84	A86	A89	A91	A93	-
	A94	A95	A98	A99	A97	-	A96	-
Forma de la plaquita								
Torneado longitudinal/ refrentado 	•	•	•	•	••	•		

**Figura. 4. 5.** Mecanizado interior.

Fuente: [15]

## 4.5 Mecanizado en la fresadora

### 4.5.1 Selección de brocas para el centro de mecanizado

Para realizar la operación de punteado en las bridas, se hará uso de una broca para centros de material HSS, dicha herramienta se observa en el Anexo.

Para realizar cálculos de velocidades y avances de perforado se hará uso de las siguientes ecuaciones.

#### Ecuación 4.12. Velocidad de corte

$$v_c = \frac{D_c \cdot \pi \cdot n}{1000} \quad \text{Ec. (4.12)}$$

Dónde:

$v_c$ : Velocidad de corte; (m/min)

$D_c$ : Diámetro herramienta; (mm)

$n$ : Velocidad de husillo; (rpm)

#### Ecuación 4.13. Velocidad de husillo

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D_c} \quad \text{Ec. (4.13)}$$

Dónde:

$n$ : Velocidad de husillo; (rpm)

$v_c$ : Velocidad de corte; (m/min)

$D_m$ : Diámetro mecanizado; (mm)

#### Ecuación 4.14. Tiempo de mecanizado

$$T_c = \frac{I_m}{V_f} \quad \text{Ec. (4.14)}$$

Dónde:

$T_c$ : Tiempo de taladrado; (min)

$I_m$ : Velocidad de corte; (m/min)

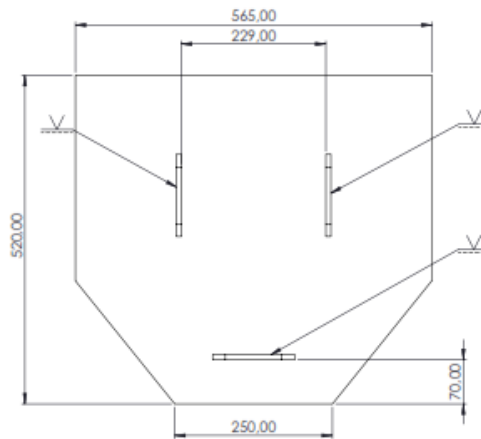
$v_f$ : Velocidad de avance; (mm/min)

#### 4.6 Herramienta para las divisiones en la fresadora

40/90

#### 4.7 Proceso de corte

En cuanto al proceso de corte para la estructura de la bomba de ariete se realizará mediante corte por plasma como muestra la Figura 4.6.



**Figura. 4. 6.** Dimensiones de la estructura de la bomba de ariete.

**Fuente:** Propia.

#### 4.8 Selección del tipo de tipo de soldadura

Para realizar la correspondiente selección de la soldadura, debe tener en consideración parámetros básicos, tal como muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 4. 1.** Tipos de soldadura.

Tipos de soldadura	Parámetros de Selección					
	Resistencia	Uso de operación	Penetración	Acceso al equipo	Costo (por cordón)	TOTAL
<b>TIC</b>	5	5	5	5	5	25
<b>MIG</b>	4	4	4	4	4	20
<b>Eléctrica</b>	4	5	5	5	4	24

**Fuente:** Propia.

La tabla 4.4, se puede apreciar que la suelda TIC tiene un valor de 25, mismos son usados con todos los metales soldables, como el acero inoxidable, seguida de la suelda eléctrica donde dichas soldaduras son mejores en el aspecto de costo por cordón.

#### 4.8.1 Selección de electrodos

Para la selección de los electrodos se toma en cuenta los siguientes parámetros.

**Tabla 4. 2.** Tipos de soldadura.

Tipos de Electrodo	Parámetros de Selección			
	Propiedades mecánicas	Aplicaciones	Costo	TOTAL
<b>E 6010</b>	4	5	4	13
<b>E 6013</b>	5	4	4	13
<b>E 6011</b>	4	4	4	12
<b>E 7018</b>	5	4	5	14

**Fuente:** Propia

La tabla 4.4, indica los diferentes tipos de soldadura, mismos que son recomendados para trabajos de soldadura, teniendo en cuenta que el electrodo E 7018, son especiales para trabajos de alta calidad, propiamente seguidos del E 6010 y E 6013, es un electrodo de penetración profunda, teniendo características especiales de soldabilidad, pero en este caso se seleccionará el E 6011 puesto que nos garantiza su aplicabilidad en la industria, garantizando resistencia mecánica.

## 5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 Cálculo de mecanizado de brida

Para el mecanizado de las piezas que componen la bomba de ariete, se utilizó un torno convencional, cuya velocidad de corte fue de 27 m/min, la cual se seleccionó de acuerdo al (Anexo III).

**Tabla 5. 1.** Mecanizado de la brida de un torno.

Ecuación	Datos	Unidades	Resultado
(4.7)	Velocidad de husillo	<i>rpm</i>	120
(4.8)	Velocidad de arranque de viruta	$m^3/min$	$8.1 \times 10^{-5}$

Fuente: Propia.



**Figura 5. 1.** Brida de la bomba de ariete.

Sin embargo, para realizar las cuatro perforaciones de la brida de la bomba de ariete se empleó una fresadora convencional con un divisor universal que fue necesario para calcular las divisiones de cada perforación, observar (Anexo IV).

**Tabla 5. 2.** Cálculo de brocas para el centro de mecanizado.

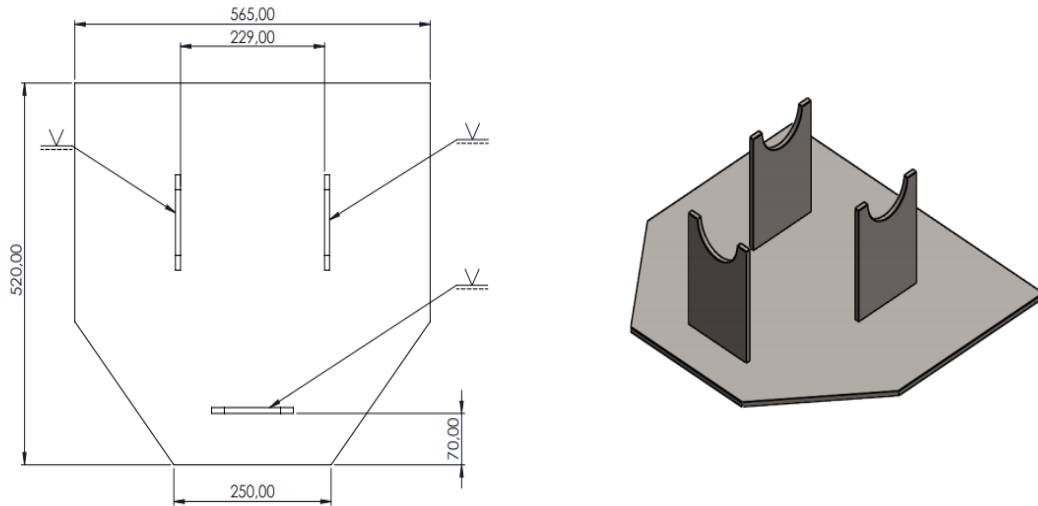
Ecuación	Datos	Unidades	Resultado
(4.12)	Velocidad de corte	<i>m/min</i>	24
(4.13)	Velocidad de husillo	<i>rpm</i>	402
(4.7)	Velocidad de arranque de viruta	$cm^3/min$	103056
(4.8)	Potencia neta	<i>kW</i>	2,667

Fuente: Propia



## 5.2 Manufactura para realizar la base de la bomba de ariete

El corte de las piezas que componen la base de la bomba se lo realizó mediante un cortador de plasma y posteriormente se utilizó la soldadura con electrodo (E 6011) para ensamblar las piezas.



**Figura 5. 2.** Estructura bomba de ariete.

En las imágenes siguientes, se observa el ensamblaje de la bomba de ariete.



**Figura 5. 3.** Ensamblaje de la bomba de ariete.

## 5.3 Evaluación de la bomba de ariete

Se realizaron los cálculos para determinar los parámetros de frontera en cuanto a velocidades, caudales y presiones, que ingresarán a la bomba de ariete desde el reservorio de 900 litros, como se observa en la tabla 5.3.

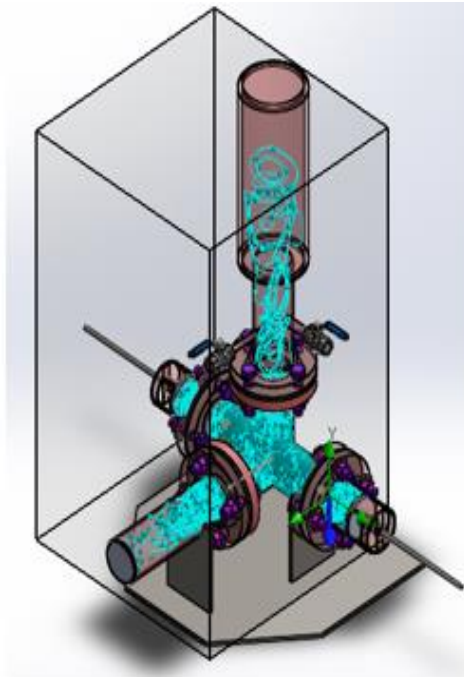


**Tabla 5. 3.** Variables para la evaluación de la bomba de ariete

<b>Ecuación</b>	<b>Datos</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>
(4.1)	Cálculo de caudal	$m^3/s$	$0,0089 m^3/s$
(4.2)	Velocidad de flujo de entrada	$m/s$	$4,43m/s$
(4.3)	Velocidad de flujo de salida	$m/s$	$1,96 m/s$
(4.4)	Presión de entrada	$N/m^2$	$9800 N/m^2$
(4.5)	Presión de salida	$N/m^2$	$17645 N/m^2$
(4.6)	Tiempo	seg	$100,67 s$

### 5.3.1 Evaluación mediante software CAE

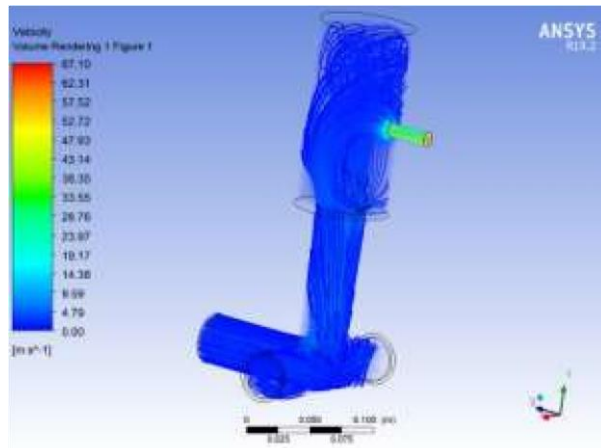
Como se observa en la figura 5.4, se realizó la simulación para observar el comportamiento del fluido (agua) en la bomba de ariete, colocando los parámetros de frontera que se mencionan en el apartado 5.4.



Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
SG Volume Flow Rate 1	$[m^3/s]$	0.0115	0.0115	0.0115	0.0115	100	Yes	1.1389e-08	1.1563e-08
SG Av Velocity (Q) 1	$[m/s]$	2.238	2.238	2.238	2.238	100	Yes	2.172e-05	3.045e-05

**Figura 5. 4.** Simulación bomba de ariete SOFTWARE CAE.

**Fuente:** Propia.



**Figura 5. 5.** Simulación bomba SOFTWARE ANSYS.

**Fuente:** [1]

En las simulaciones de la propuesta del diseño y la manufactura, al visualizar las simulaciones de la bomba de ariete mediante el SOFTWARE CAE y el SOFTWARE ANSYS, se puede observar a simple vista que el comportamiento del fluido es el mismo.

### 5.3.2 Evaluación mediante datos de funcionamiento.

Para lo cual se llegó hacer algunas modificaciones en cuanto a los resortes propuestos anteriormente y en las válvulas, con la finalidad que la bomba de ariete tenga un buen funcionamiento para la recolección adecuada de datos.

Se modificaron las entradas de las bridas con la finalidad que exista mayor ingreso de agua por las mismas para accionar el ariete, como se observa en la siguiente figura 5.6.



**Figura 5. 6.** Entrada de brida modificada.

**Fuente:** Propia.

A continuación, se realizará la comparación en una brida comprada con una mecanizada.

**Tabla 5. 4.** Comparación de bridas

<b>Brida comprada</b>		<b>Brida mecanizada</b>	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Costos económicos	Dimensiones establecidas	Dimensiones a conveniencia del diseñador	Costos elevados en producción
Costo de la brida 9 dólares americanos		Costo de brida 51.20 dólares americanos	

En la figura 5.7, se observan la modificación de los resortes, ya que esta se la realizó en diámetro y en largo.

Los datos del resorte modificado se los puede observar en la tabla 5.5:

**Tabla 5. 5.** Cálculo de resorte modificado

<b>Datos</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>
Diámetro del alambre	<i>mm</i>	1.2
Diámetro medio del resorte	<i>mm</i>	24
Número de espiras	<i>adimensional</i>	14
Longitud	<i>mm</i>	180



a) Resortes propuestos por Jiménez y Tituana



b) Resorte nueva propuesta funcional

**Figura 5. 7.** Resorte antiguo y nueva propuesta.

**Fuente:** Propia.

Donde:

$y$  = Deflexión, (mm).

$F$  = Fuerza aplicada, (N).

$N$  = Número de espiras activas.

$d$  = Diámetro del alambre, (mm).

$D$  = Diámetro medio del resorte, (mm).

$K$  = Constante elástica, (N/mm).

$G$  = Módulo de rigidez =  $79300 \left(\frac{N}{mm^2}\right)$ .

$A$ , m ver anexo VI.

$n$  = Factor de seguridad.

$$N = \frac{G \cdot d^4 \cdot y}{8 \cdot F \cdot D^3}$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot N \cdot F \cdot D^3}{G \cdot y}}$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot 8 \cdot (25.64 N) \cdot (29.5mm)^3}{\left(79300 \frac{N}{mm^2}\right) \cdot (10mm)}}$$

$$\mathbf{d = 2.69 mm}$$

$$K = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot N \cdot D^3}$$

$$K = \frac{\left(79300 \frac{N}{mm^2}\right) \cdot (2.69mm)^4}{8 \cdot 8 \cdot 29.5mm^3}$$

$$\mathbf{K = 2.52 N/mm}$$

$$F_{mxp} = \frac{A \cdot d^{3-m}}{5.88 \cdot (D + 0.5 \cdot d)}$$

$$F_{mxp} = \frac{(2060 \text{ MPa}) \cdot (2.67 \text{ mm})^{3-0.163}}{5.88 \cdot (29.5 \text{ mm} + (0.5 \cdot 2.67 \text{ mm}))}$$

$$F_{mxp} = 182.87 \text{ N}$$

$$n = \frac{F_{mxp}}{F_{mx.aplicada}}$$

$$F_{mx.aplicada} = \frac{182.87 \text{ N}}{1.3}$$

$$F_{mx.aplicada} = 140.66 \text{ N}$$

**Tabla 5. 6.** Cálculo de resorte modificado

Datos	Unidades	Resultado
Diámetro del alambre	mm	2.69
Constante elástica	N/mm	2.52
Fuerza máxima permisible	N	182.87
Fuerza máxima aplicada	N	140.66

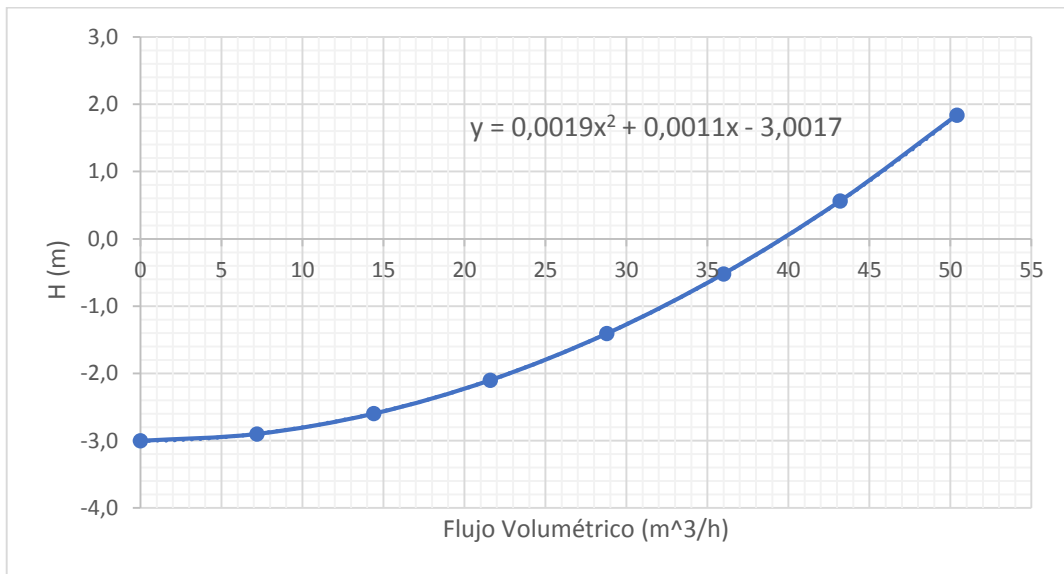
Con dichos cambios mencionados anteriormente se procedió hacer funcionar la bomba de ariete, misma que tuvo como resultado un funcionamiento correcto como se observa en la figura 5.10.

A continuación, se llegó a tomar los siguientes datos (tabla 5.7) para verificar el comportamiento de la misma a diferentes caudales.

**Tabla 5. 7.** Pérdidas de cargas del sistema de gravedad.

Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /h)	v (m/s)	Re	Landa	R (s <sup>2</sup> /m <sup>5</sup> )	H (m)
0	0	0,0	0,0	0,000	0,0	-3,0
0,002	7,2	0,4	33435,3	0,023	25565,8	-2,9
0,004	14,4	0,9	66870,6	0,020	25206,2	-2,6
0,006	21,6	1,3	100305,9	0,018	25023,0	-2,1
0,008	28,8	1,8	133741,2	0,017	24903,9	-1,4
0,01	36	2,2	167176,6	0,016	24817,2	-0,5
0,012	43,2	2,6	200611,9	0,015	24749,8	0,6
0,014	50,4	3,1	234047,2	0,014	24695,2	1,8

En la figura 5.8, se observa la relación entre la altura evaluada con respecto al flujo volumétrico, teniendo como resultado una ecuación cuadrática.



**Figura 5. 8.** Pérdidas de carga del sistema por gravedad

**Fuente:** Propia

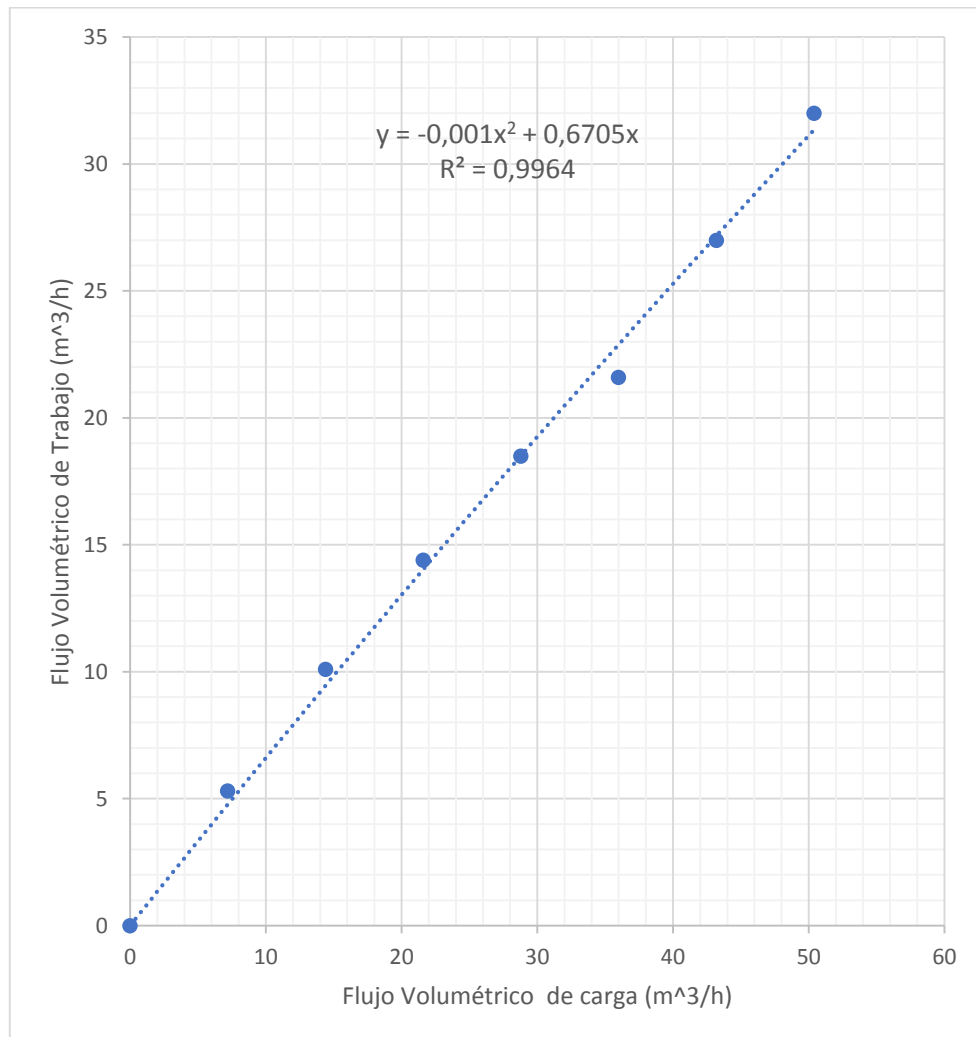
Análisis de gráfica, se puede observar la altura en relación al flujo volumétrico, para las condiciones que se experimentó, es el cálculo de la tubería de carga como llega la presión a la bomba de ariete, cuando las válvulas están abiertas se tiene un caudal de gravedad de  $38 \text{ m}^3/\text{h}$ , según el diámetro, longitud de la manguera y la altura de carga. La curva que se representa es el flujo de agua que llega al ariete.

A continuación, en la tabla 5.8 se observarán los parámetros de trabajo a los que se sometió la bomba de ariete en la parte práctica.

**Tabla 5. 8.** Parámetros de trabajo del ariete.

Golpes/min	q trabajo (m³/h)	Q pérdida (m³/h)	Coefficiente de Pérdida del ariete	Rendimiento Hidráulico	Rendimiento Volumétrico	Rendimiento de Rankine
0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	1,89	5,31	5,5	43,8	26,3	23,7
33	4,3	10,1	5,6	49,8	29,9	28,4
38	7,2	14,4	5,6	55,6	33,3	33,3
40	10,3	18,5	5,7	59,6	35,8	37,1
45	14,4	21,6	5,7	66,7	40,0	44,4
51	16,2	27	5,8	62,5	37,5	40,0
54	18,4	32	5,8	60,8	36,5	38,3

Considerando el flujo volumétrico la figura 5.9 se puede apreciar que el flujo volumétrico de trabajo con respecto al de carga forma una curva cuadrática al instante del trabajo.



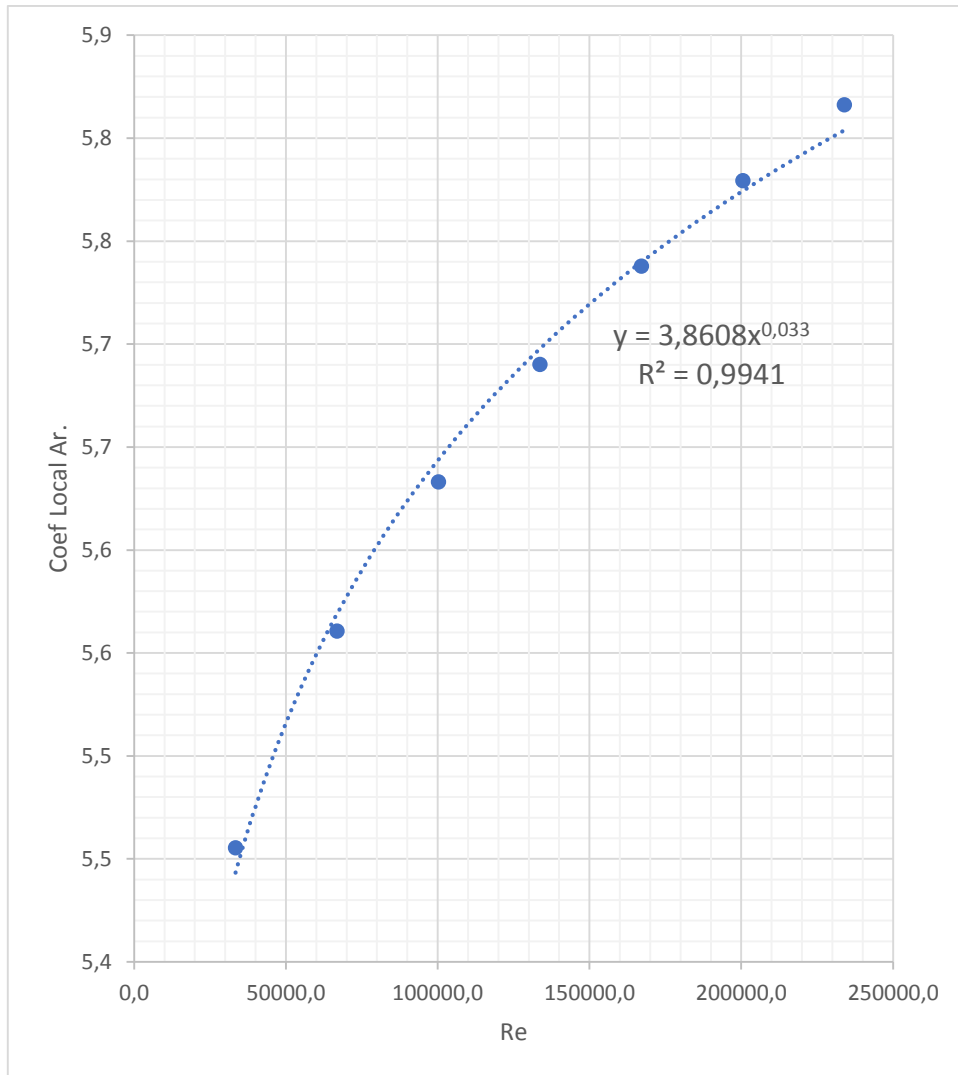
**Figura 5. 9.** Relación de flujo de carga y de trabajo

**Fuente:** Propia

Análisis de gráfica, esta curva es calculada en función de estos cálculos se determina el flujo volumétrico de carga y se obtiene el flujo volumétrico de trabajo, al cambiar el flujo volumétrico de trabajo, lo que da la bomba a la descarga en función de lo que da en la carga.

Del coeficiente de pérdida local de ariete en función de Reynolds, aquí se puede medir lo que sale por la manguera de color verde en función con la que entra al ariete. El tanque tiene una escala de 1000 litros la cual se va vaciando en relación al tiempo.

Sin embargo, en la figura 5.10 se observa que las pérdidas van en crecimiento de 5.5 a 5.8 en función de Reynolds misma que forma la siguiente ecuación.



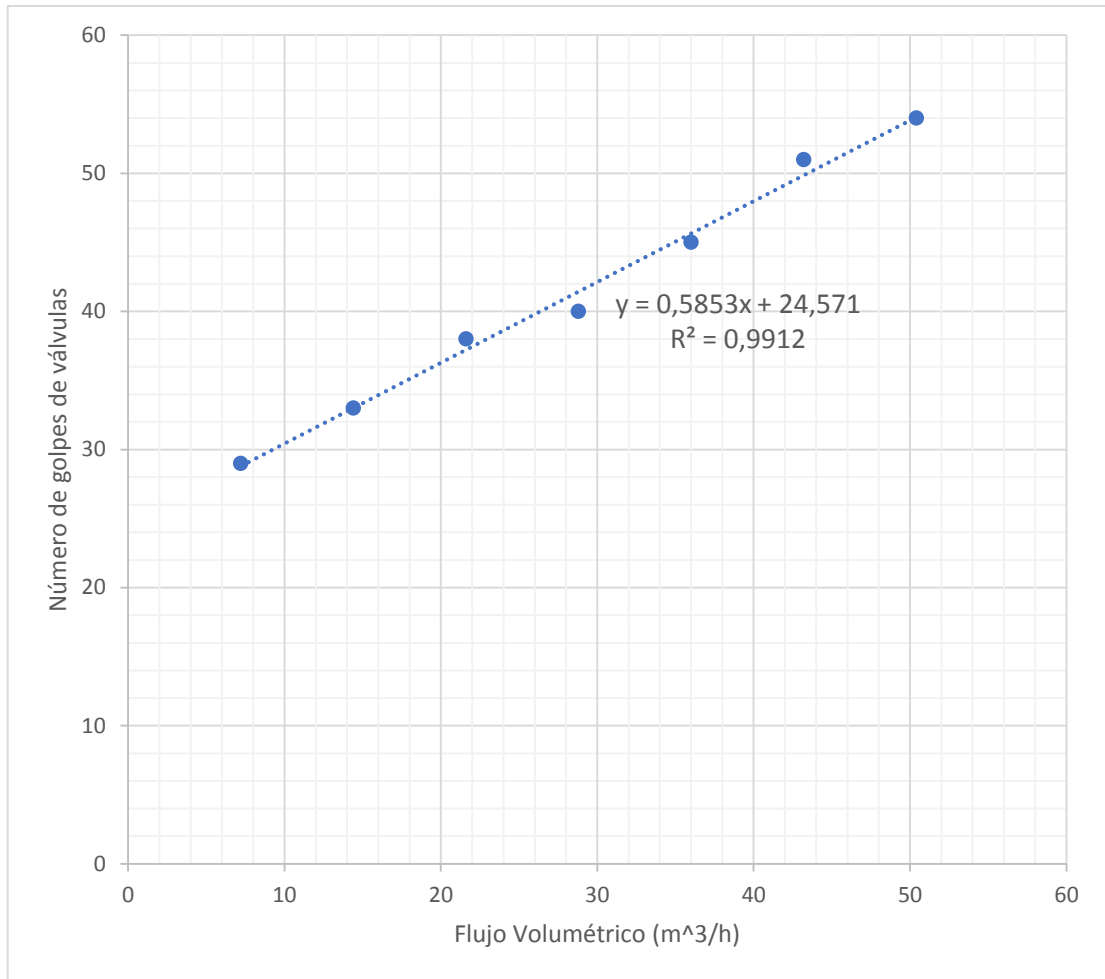
**Figura 5. 10.** Coeficiente de pérdida local de ariete en función de Reynolds

**Fuente:** Propia

En el Análisis de gráfica, con el experimento se determina a mayor presión, en como el ariete genera una pérdida, en el flujo del sistema se determina el coeficiente de pérdidas locales del ariete, porque el ariete tiene una perdida local, como se recomienda en función de número de Reynolds, en sí, va creciendo la turbulencia del sistema puede ser laminar o turbulento, aquí va hacer turbulento porque es mayor de 2300 Reynolds, con esto se puede dimensionar la bomba de ariete en función de las perdidas locales, si se desea hacer más grande o más pequeños la bomba de ariete

Según los resultados obtenidos en la figura 5.11, los golpes de ariete en función del caudal nos dan una curva recta ya que a 29 golpes del ariete va a producirse  $1.89m^3/h$ , siendo este el valor mínimo en el instante de trabajo y el valor máximo es de 54 golpes a  $18.4 m^3/h$ .





**Figura 5. 11** Relación de flujo de carga y de trabajo.

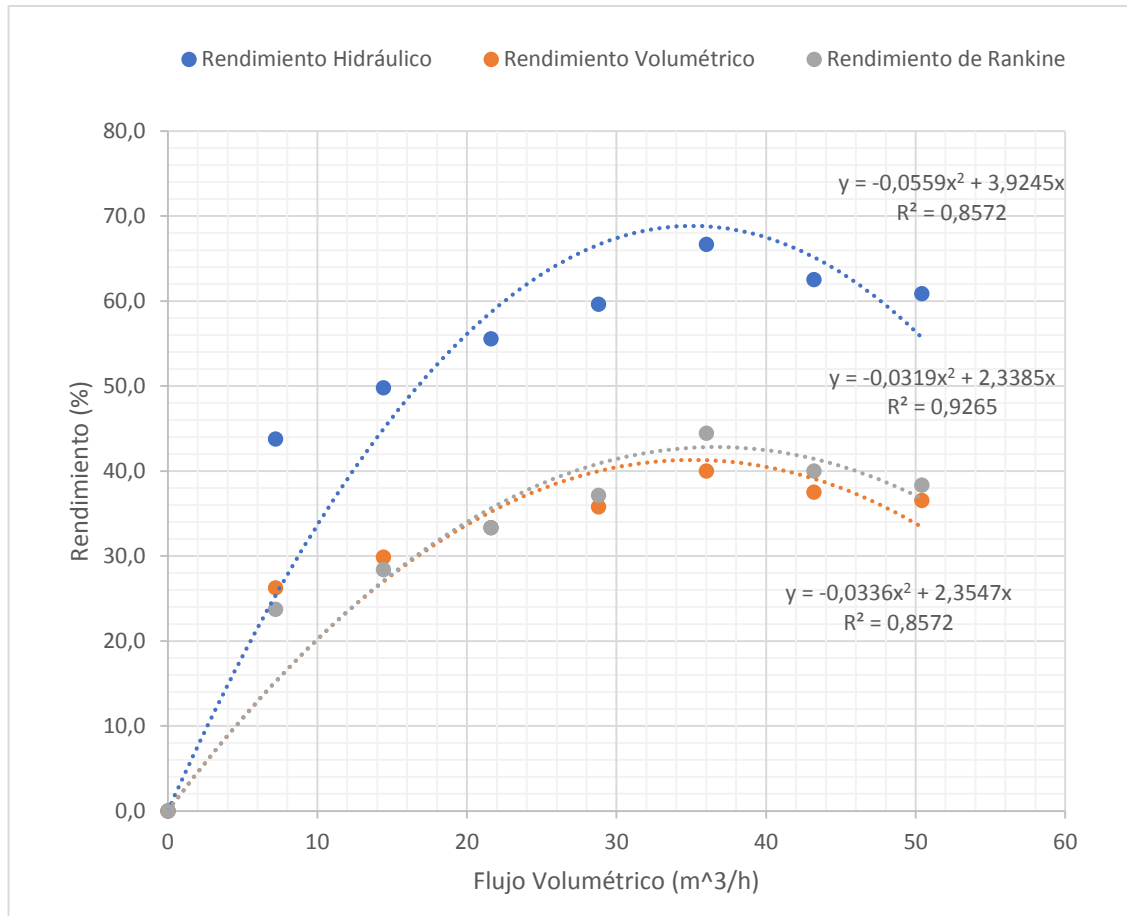
**Fuente:** Propia

Análisis de gráfica en relación al flujo de carga y de trabajo.

Análisis de gráfica, una vez que se obtuvo la pérdida local del ariete que varía en función del Reynolds, se obtiene la ecuación, que va a relacionar el número de golpes que dan las válvulas en función del caudal de carga, al aumentar el número de golpes también va a dar mayor presión, por el número de golpes aumenta el caudal.

En la evaluación la teoría indica que el número de golpes se acerca a 60 golpes por minuto mejora la presión, pero también si aumenta demasiado puede bajar la presión.

Finalmente, se realizó una comparación, entre los rendimientos que se producen en la bomba de ariete, teniendo en cuenta cada una de sus ecuaciones, siendo estas de segundo grado, como se observa en la figura 5.12.



**Figura 5. 12.** Comparación de los rendimientos hidráulicos, volumétricos y de Rankine.

**Fuente:** Propia

Análisis de gráfica, después que se tiene las pérdidas y los caudales se obtiene los 3 rendimientos para la evaluación del ariete que se puede observar en la figura 5.12.

Al rendimiento hidráulico en muchos textos se lo referencia únicamente como rendimiento.

A partir de aquí si el caudal empieza aumentar de descarga, el rendimiento comienza a caer, esto se debe a la energía cinética y energía potencial del sistema. Al aumentar las pérdidas de descarga según el coeficiente de perdidas locales del ariete.

Las curvas nunca se van a unir porque cada una evalúa un parámetro diferente.

- **Rendimiento hidráulico;** evalúa la altura de carga en función a la altura de descarga, los caudales y las pérdidas.
- **Rendimiento volumétrico;** es la evaluación del caudal de descarga en función del caudal de carga con las pérdidas.
- **Rendimiento de Rankine;** va evaluar en función del caudal que requiere el ariete.

## 6 PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO

A continuación, se detalla los costos involucrados en la construcción de la bomba de ariete hidráulico.

- Costos accesorios y materia prima empleada.
- Costo fabricación.

**Tabla 6. 1.** Costos de fabricación.

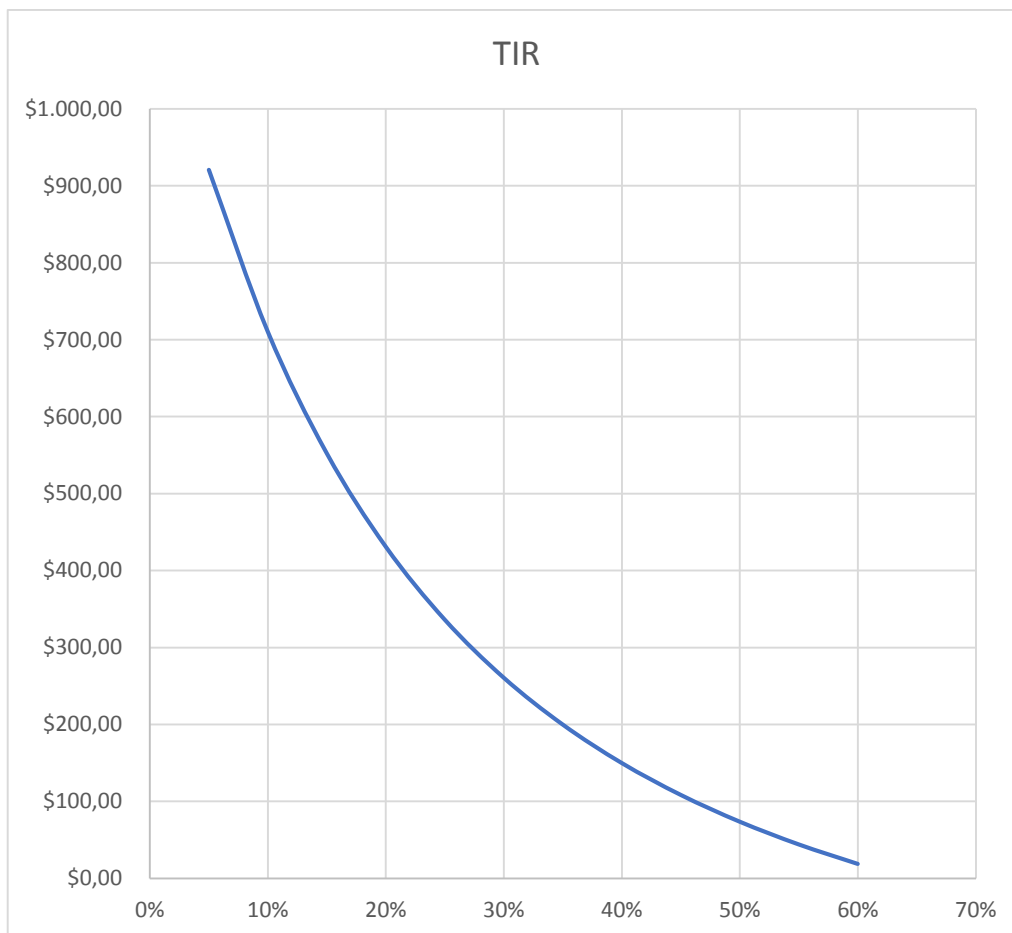
Denominación	Valor Unitario	Cantidad	Valor USD
Tubo galvanizado de 3"	20	3 m	20
Tubo galvanizado ¾"	3,65	0,20 m	3,65
Tubo galvanizado 1/2"	3,00	0,20 m	3,00
Lámina de acero 0,565 m x 0,520 m	20	1	20
Válvula de bola HG 1/2"	3,90	1	3.90
Válvula de bola HG ¾"	5,05	1	5.05
Perno Hex MM Inox AISI 18/8 x 3/4"	0.80	16	12.80
Tuerca Hex MM Inox AISI 304 18/8 3/4"	0.40	16	6.40
Rodela plana Inox AISI 304 18/8 3/4"	0.15	16	2.40
Tuerca Hex MM Inox AISI 304 18/8 5/16"	0.10	8	0.80
Rodela plana Inox AISI 304 18/8 5/16"	0.5	8	0.40
Teflón	0.50	1	0.50
Varilla roscada 50cmx5/16	1.70	2	3.40
Resortes	8	2	16
Empaque para las bridas	1.50	4	6
Duralón	1.50	2	3
	107.30		

<b>Máquina</b>	<b>Valor hora</b>	<b>Tiempo horas</b>	<b>Valor USD</b>
Taladro	4,60	4	18,40
Torno	7,40	4	29,60
Suelda eléctrica	3,60	2	7,20
Suelda TIG	4,00	3	12,00
Compresor	3,60	2	7,20
	74,40		
Electrodos AGA 6011 1/8" 5kg	0,20	4	0,80
Sierra para amoladora	1,80	1	1,80
Lija #35	0,35	2	0,70
	3.30		
<b>Mano de obra</b>	100	1	100
	100		
	285		

## 6.1 Análisis de impacto

### Análisis de rentabilidad de inversión de costos TIR-VAN

Con el costo total que es de \$ 285 de inversión, comparando de una tasa de amortización del 16% en un periodo de 8 meses, tiene un VAN de \$ 525,21 y una tasa interna de retorno (TIR) de 64% que da como resultado que la inversión del ariete es rentable, se comparó con una bomba de igual potencia en este caso una eléctrica de 0,5 kW dando cuenta que se ahorra en energía eléctrica ya que trabajan a la misma capacidad aprovechando los recursos naturales.



**Figura 6. 1.** Análisis de costos TIR-VAN

### 6.2 Condiciones ecológicas

Es imperiosa la necesidad de que se profundicen investigaciones y estudios relacionados al perfeccionamiento tecnológico en la contracción de las bombas de ariete ya que estas son de fácil manejo y mantenimiento. Se reconoce la necesidad de compatibilizar el continuo crecimiento económico con la equidad social y con la protección y administración eficaz y eficiente del ambiente. Este es un camino en que países pobres y ríos deben hacer juntos para tener éxito, ya que los asuntos ambientales se han convertido en un tema global.

### 6.3 Impacto ambiental

Es imperiosa la necesidad de que se profundicen investigaciones y estudios relacionados al perfeccionamiento tecnológico en la contracción de las bombas de ariete ya que estas son de fácil manejo y mantenimiento. Se reconoce la necesidad de compatibilizar el continuo crecimiento económico con la equidad social y con la protección y administración eficaz y eficiente del ambiente. Este es un camino en que países pobres y ríos deben hacer juntos para tener éxito, ya que los asuntos ambientales se han convertido en un tema global.

#### **6.4 Impacto tecnológico**

Con la construcción de este tipo de bomba de ariete se deja un equipo que puede seguir perfeccionándose en posteriores proyectos de titulación de la carrera. Revisando las medidas técnicas necesarias para la construcción de la bomba de ariete multipulsor, se estableció la factibilidad de ejecutarlo, teniendo en cuenta ciertos factores y parámetros al momento de su evaluación.

## **7 Conclusiones y recomendaciones**

### **7.1 Conclusiones.**

- El software utilizado (CAE), permitió conocer por simulación en tiempo real el comportamiento del fluido dentro de la bomba de ariete hidráulico.
- En el análisis de rendimiento del ariete, se determinó que los mayores valores alcanzados para el rendimiento hidráulico, fue del 60.8%, con un caudal de  $32 \text{ m}^3/\text{h}$  y una tasa de 54 golpes por minuto.
- La información obtenida por las curvas de operación de la bomba es similar a las que posee una boba eléctrica de 0,5 kW de potencia.

### **7.2 Recomendaciones**

- Realizar la adecuada calibración de las válvulas en función de la altura de carga; mediante la generación de pulsaciones de inercia.
- Mejorar el sistema de válvulas utilizando válvulas de compuerta para mejorar el rendimiento volumétrico y aumentar el golpe de ariete.
- Realizar pruebas a diferentes alturas de carga, para la determinación de los rendimientos a diferentes presiones de golpe de ariete.
- Este tipo de bombas se deben utilizar en lugares cercanos a una fuente de captación como ríos, arroyos o quebradas con el fin de que el caudal perdido durante el bombeo regrese a la fuente.

## 8 REFERENCIAS

- [1] A. C. D. E. Ingenier *et al.*, “Universidad técnica de cotopaxi,” 2020.
- [2] UNESCO, “No Title.” <https://www.puce.edu.ec/intranet/documentos/PISP/PISP-Areas-Subareas-Conocimiento-UNESCO-Manual-SNIESE-SENESCYT.pdf>.
- [3] D. Triana, “Construcción e Instalación de una Bomba de Ariete Hidráulico para Alimentar el Sistema de Riego en una área Definida para una Finca Agrícola,” Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2015.
- [4] A. Chero-lizana, “Diseño de un Sistema de Bombeo Mediante Ariete Hidráulico,” 2018.
- [5] “Ariete hidraulico,” 2016, [Online]. Available: [https://www.academia.edu/28354262/ARIETE\\_HIDRAULICO](https://www.academia.edu/28354262/ARIETE_HIDRAULICO).
- [6] O. Gustavo, “El Golpe de Ariete en Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable,” 2006, [Online]. Available: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2611\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2611_C.pdf).
- [7] V. Labs, “Características de rendimiento del ariete hidráulico,” [Online]. Available: [http://vlabs.iitb.ac.in/vlabs-dev/labs/nitk\\_labs/fluid-machinery-lab/experiments/performance-characteristics-hydraulic-ram-nitk/theory.html](http://vlabs.iitb.ac.in/vlabs-dev/labs/nitk_labs/fluid-machinery-lab/experiments/performance-characteristics-hydraulic-ram-nitk/theory.html).
- [8] C. Cristian, “Diseño y Construcción de una bomba de ariete hidráulico,” 2011, [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4020/1/CD-3778.pdf>.
- [9] M. Abanto, J. Rogelio, Q. Gamboa, and R. Aristedes, “Eficiencia de un sistema de suministro de agua por impulsión utilizando bombas de ariete hidráulico con válvulas en serie y en paralelo,” *Ucv*, pp. 0–123, 2016, [Online]. Available: [chrome-extension://oemmnadbldboiebfnladdacbfmadadm/https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10256/Malca Abanto Julio Rogelio - Quiroz Gamboa Raider Aristedes.pdf?sequence=1&isAllowed=y](chrome-extension://oemmnadbldboiebfnladdacbfmadadm/https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10256/Malca%20Abanto%20Julio%20Rogelio%20-%20Quiroz%20Gamboa%20Raider%20Aristedes.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [10] R. Santiago, “Diseño y construcción de una bomba de ariete hidráulico con el desarrollo de un software para su dimensionamiento,” 2013.
- [11] C. Leopoldo, “Selección e Instalación del Ariete Hidráulico,” [Online]. Available: <chrome-extension://oemmnadbldboiebfnladdacbfmadadm/https://biblioteca.inia.cl/bitstream/h>



andle/123456789/35760/NR18414.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- [12] G. Claudio, "Construcción y análisis del funcionamiento de una bomba reciprocante de triple émbolo," 2018, [Online]. Available: chrome-extension://oemmnndcbldboiebfnladdacbfmadadm/https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19869/1/CD-9282.pdf.
- [13] G. Pujadas, "Ejecución de procesos de mecanizado, conformado y montaje," [Online]. Available: [https://books.google.com.ec/books?id=lgMoDwAAQBAJ&pg=PR5&dq=maquinas+electricas+torno+cnc+fresadora&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj1gOLO\\_8zuAhXtnuAKHfaVBOQQ6AEwAXoECAUQA#g#v=onepage&q=maquinas electricas torno cnc fresadora&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=lgMoDwAAQBAJ&pg=PR5&dq=maquinas+electricas+torno+cnc+fresadora&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj1gOLO_8zuAhXtnuAKHfaVBOQQ6AEwAXoECAUQA#g#v=onepage&q=maquinas electricas torno cnc fresadora&f=false).
- [14] P. Argumedo Moreno, "Programación del torno didáctico con control numérico computacional BOXFORD 250," p. 118, 2008.
- [15] Sandvik, "Herramientas de torneado - Torneado general," p. 529, 2012, [Online]. Available: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/tecnologia/archivos/Tecnologia1/SandvikTorno.pdf>.
- [16] L. Guaigua, "Implementación de un mecanismo automatizado en el avance longitudinal de la mesa de una fresadora para mejorar el planeado de superficies en duraluminio (PRODAX) en la empresa LYG ingenio industrial."
- [17] Bitfab, "Guía de fresadoras." [Online]. Available: <https://bitfab.io/es/blog/fresadoras/>.
- [18] T. D. E. Fin, D. E. G. En, and A. S. Marinas, "Etapas en el proceso de fabricación mecánica de elementos en plástico y su aplicación didáctica," 2019.
- [19] M. N. R. Naranjo, "Diseño, construcción, programación de software y protocolo de transferencia de datos de una mesa de corte CNC por plasma a ser usada en el corte de planchas de acero inoxidable," [Online]. Available: chrome-extension://oemmnndcbldboiebfnladdacbfmadadm/http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2150/1/106038.pdf.
- [20] J. Cabrera, "Influencia de la energía apirtada a la soldadura GMAW dela aleación 5086-h1 16 sobre la microestructura y propiedades mecánicas de resistencia y dureza," Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, 2014.

- [21] “Máquinas y herramientas para el uso industrial.” [Online]. Available: <http://elburilito.com/tmx/>.
- [22] “Tipos brocas.” [Online]. Available: <https://www.zonaferreteria.com/blog/herramienta/diferentes-tipos-de-brocas-y-su-uso>.
- [23] “FICHA TÉCNICA : CATEGORÍA : MAQUINARIA BKB,” p. 1, [Online]. Available: [file:///E:/TESIS UTC/CATALOGOS/Ficha-Técnica-Torno-Convencional-OptiTurn-D660.pdf](file:///E:/TESIS%20UTC/CATALOGOS/Ficha-Técnica-Torno-Convencional-OptiTurn-D660.pdf).

Firma: \_\_\_\_\_

Sr. Edison Fernando Llano Toapanta.

Proponente 1

Email: edison.llano6@utc.edu.ec

Telf.: 0987724205

CI: 0503918716

Firma: \_\_\_\_\_

Sr. Richard Paul Oña Velasco.

Proponente 2

Email: Richard.ña2@utc.edu.ec

Telf.: 0983740366

CI: 1726307992

Firma: \_\_\_\_\_

Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso; Dr. C.

PROFESOR TUTOR

Email: hector.laurencio@utc.edu.ec

Telf.:0998978168

CI: 1758367252

# **ANEXOS**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**



**ANEXO I**

Selección de herramientas





TORNEADO GENERAL      Cómo se elige la herramienta correcta

**Selección del tamaño de plaquita**

**Acabado**  
Operaciones a pequeñas profundidades de corte avance bajos.  
 $f_s = 0.1 - 0.3 \text{ mm/r}$   
.004 - .012 pulgadas/r

**Medio**  
Operaciones de desbaste medio a ligero. Ampla gama de combinaciones de profundidades de corte y avances.  
 $f_s = 0.2 - 0.5 \text{ mm/r}$   
.008 - .020 pulgadas/r

**Desbaste**  
Operaciones para grandes avances y eliminación de material  
 $f_s = 0.5 - 1.5 \text{ mm/r}$   
.020 - .059 pulgadas/r

Forma de la plaquita	Tamaño de plaquita  $iC$	Profundidad de corte ( $a_p$ ), mm, pulgadas												
		Acabado						Desbaste						
		Medio												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		mm												
		.04 .08 .12 .16 .20 .24 .28 .31 .35 .40 .43 .47 .51 pulgadas												
 <b>80°</b>	06 1/4	█												
	09 3/8	█	█											
	12 1/2	█	█	█										
	16 5/8	█	█	█	█									
	19 3/4	█	█	█	█	█								
	25 1	█	█	█	█	█	█							
 <b>55°</b>	07 1/4	█												
	11 3/8	█	█											
	13 .512	█	█	█										
	15 1/2	█	█	█	█									
 <b>R</b>	05 .197	█												
	06 .236	█	█											
	08 .315	█	█	█										
	10 .394	█	█	█	█									
	12 .472	█	█	█	█	█								
	15 .591	█	█	█	█	█	█							
16 .630	█	█	█	█	█	█	█							

**Figura 1.** Selección de herramienta de torneado

**Fuente:** [15]



ANEXO II

Broca centros



### BROCA DE CENTROS 60°

CÓDIGO	Tamaño	Diámetro Cuerpo	Diámetro Broca	Largo Broca	Largo Total
<b>5-600-010</b>	1"	1/8"	3/64	3/64	1-1/4
<b>5-600-015</b>	2"	3/16"	5/64	5/64	1-7/8
<b>5-600-020</b>	3"	1/4"	7/64	7/64	2
<b>5-600-025</b>	4"	5/16"	1/8	1/8	2-1/8
<b>5-600-030</b>	5"	7/16"	3/16	3/16	2-3/4
<b>5-600-035</b>	6"	1/2"	7/32	7/32	3

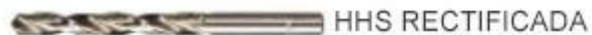
Figura 2. Broca de centros

Fuente: [21]

BROCAS PARA METAL



HSS LAMINADA



HSS RECTIFICADA



HSS TITANIO



HS COBALTO

Figura 3. Broca de centros

Fuente:[22]



ANEXO III

Velocidades de corte

Tabla de Velocidades						
	Desbastado		Acabado		Rosgado	
Material	Pies/min	m/min	Pies/min	m/min	Pies/min	m/min
Acero de Maquina	90	27	100	30	35	11
Acero de Herramienta	70	21	90	27	30	9
Hierro Fundido	60	18	80	24	25	8
Bronce	90	27	100	30	25	8
Aluminio	200	61	300	93	60	18

Figura 3. Velocidades de corte

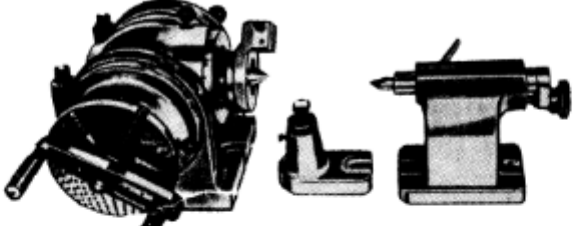
Fuente:[22]



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



**ANEXO IV**

Aparatos divisores		<b>DIVISIÓN SIMPLE (INDIRECTA) RELACIÓN DE DIVISIÓN 40/1</b>										TABLA 4 . 10			
<i>PLATILLOS Serie 1.º</i>										<i>APLICACIÓN</i> Divisores: Semi-universales Universales					
N.º de divis.	Manivela			N.º de divis. N	Manivela			N.º de divis. N	Manivela			N.º de divis. N	Manivela		
	N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p <sub>a</sub>	Ag. circunfer. a <sub>c</sub>		N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p <sub>a</sub>	Ag. c. a <sub>c</sub>		N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p <sub>a</sub>	Ag. c. a <sub>c</sub>		N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p <sub>a</sub>	Ag. c. a <sub>c</sub>
2	20	—	Cualq.	38	1	1	19	90	0	12	27	188	0	10	47
3	13	13	39	39	1	1	39	92		10	23	190		4	19
4	10	—	Cualq.	40	1	—	Cualq.	94		20	47	195		8	39
5	8	—	Cualq.	41	0	40	41	95		8	19	196		10	49
6	6	26	39	42		20	21	98		20	49	200		4	20
7	5	35	49	43		40	43	100		8	20	205		8	41
8	5	—	Cualq.	44		30	33	104		15	39	210		4	21
9	4	12	27	45		24	27	105		8	21	215		8	43
10	4	—	Cualq.	46		20	23	108		10	27	216		5	27
11	3	21	33	47		40	47	110		12	33	220		6	33
12	3	13	39	48		15	18	115		8	23	230		4	23
13	3	3	39	49		40	49	116		10	29	232		5	29
14	2	42	49	50		16	20	120		13	39	235		8	47
15	2	26	39	52		30	39	124		10	31	240		3	18
16	2	10	20	54		20	27	128		5	16	245		8	49
17	2	6	17	55		24	33	130		12	39	248		5	31

**Figura 3. Potencia neta**

Fuente: [23]





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**



**ANEXO IV**

**Selección del tamaño de plaquita**

<p><b>Acabado</b> Operaciones a pequeñas profundidades de corte avance bajos. <math>f_n = 0.1 - 0.3 \text{ mm/r}</math> .004 - .012 pulgadas/r</p>		<p><b>Medio</b> Operaciones de desbaste medio a ligero. Amplia gama de combinaciones de profundidades de corte y avances. <math>f_n = 0.2 - 0.5 \text{ mm/r}</math> .008 - .020 pulgadas/r</p>		<p><b>Desbaste</b> Operaciones para grandes avances y eliminación de material <math>f_n = 0.5 - 1.5 \text{ mm/r}</math> .020 - .059 pulgadas/r</p>										
Forma de la plaquita	Tamaño de plaquita 	Profundidad de corte ( $a_p$ ), mm, pulgadas												
		Acabado					Desbaste							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		.04	.08	.12	.16	.20	.24	.28	.31	.35	.40	.43	.47	.51
	80°	06 1/4												
		09 3/8												
		12 1/2												
		16 5/8												
		19 3/4												
		25 1												

**Figura 4.** Selección del tamaño de plaquita.

Fuente:[15]

**Tabla 1.** Solución del proceso de mecanizado en torno

$n = \frac{v_c * 1000}{\pi * D_m}$ $n = \frac{27 \frac{m}{min} * 1000}{\pi * 0.19m}$ $n = 45233.51 \frac{rad}{min}$ $n = \mathbf{119.98 RPM}$		$Q = v_c * a_p * f_n$ $Q = 27 \frac{m}{min} * 3mm * 1 \frac{mm}{r}$ $Q = 27 \frac{m}{min} * 0.003m * 0.001 \frac{mm}{r}$ $Q = \mathbf{8.1 \times 10^{-5} \frac{m^3}{min}}$	
$P_c = \frac{v_c * a_p * f_n * k_c}{60 * 10^3}$ $P_c = \frac{27 \frac{m}{min} * 0.003m * 0.001m * 0.001 \frac{N}{m^2}}{60 * 10^3}$			
<b>Nombre</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>
Velocidad de husillo	$n$	(4.1)	119.98 RPM
Régimen de arranque de viruta	$Q$	(4.2)	$8.1 \times 10^{-5} \frac{m^3}{min}$
Fuerza especifica	$k_c$	(4.3)	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

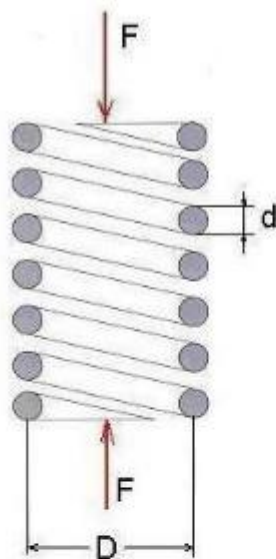
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



ANEXO VI

Resortes



①  $K = \frac{F}{y} = \frac{G d^4}{8 N D^3}$  constante elástica (N / mm)

②  $N = \frac{G d^4 y}{8 F D^3}$  número de espiras

③  $F_{mx.p} = \frac{A d^{3-m}}{5.88 (D + 0.5 d)}$  fuerza máxima permisible antes de que haya deformación permanente del material

④  $n = \frac{F_{mx.p}}{F_{mx.aplicada}} > 1$  factor de seguridad

RESORTE HELICOIDAL  
medidas para el cálculo

MATERIAL	ASTM	m	A, Mpa*
alambre cuerda plano	A228	0,163	2060
alambre revenido aceite	A229	0,193	1610
alambre estirado duro	A227	0,201	1510
al cromo-vanadio	A232	0,155	1790
al cromo-silicio	A401	0,091	1960

\*1 MPa = 1 N / mm<sup>2</sup>

1 GPa = 1000 N / mm<sup>2</sup>

y = deflexión (mm) correspondiente a una fuerza aplicada "F"

F = fuerza aplicada (N)

A, m ver tabla A = MPa = N / mm<sup>2</sup>

d = diámetro del alambre (mm)

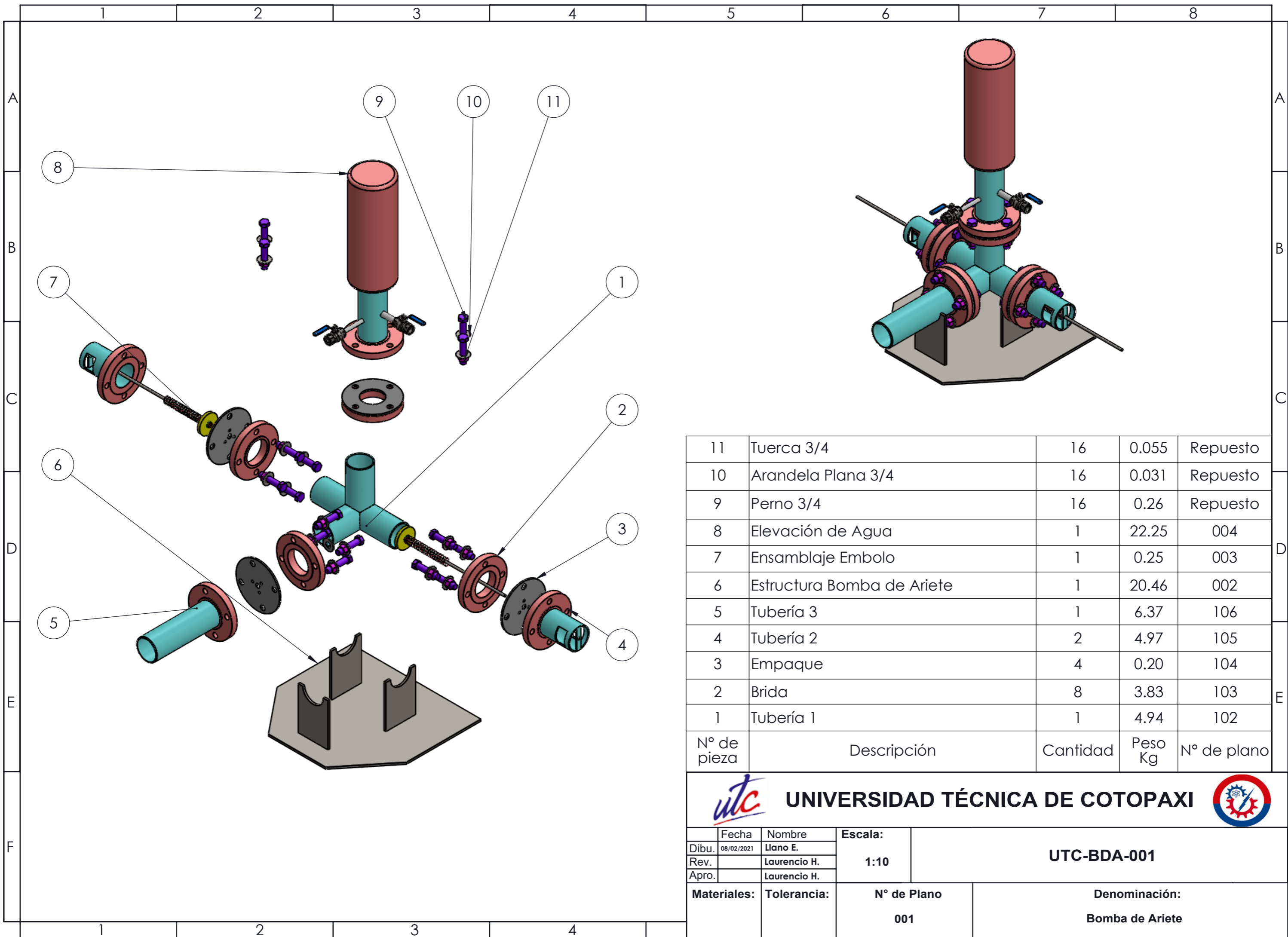
D = diámetro medio del resorte (mm)

n = factor de seguridad = 1.1 a 1.3

N = número de espiras activas

G = modulo de rigidez = 79 300 N / mm<sup>2</sup>

**PLANOS**



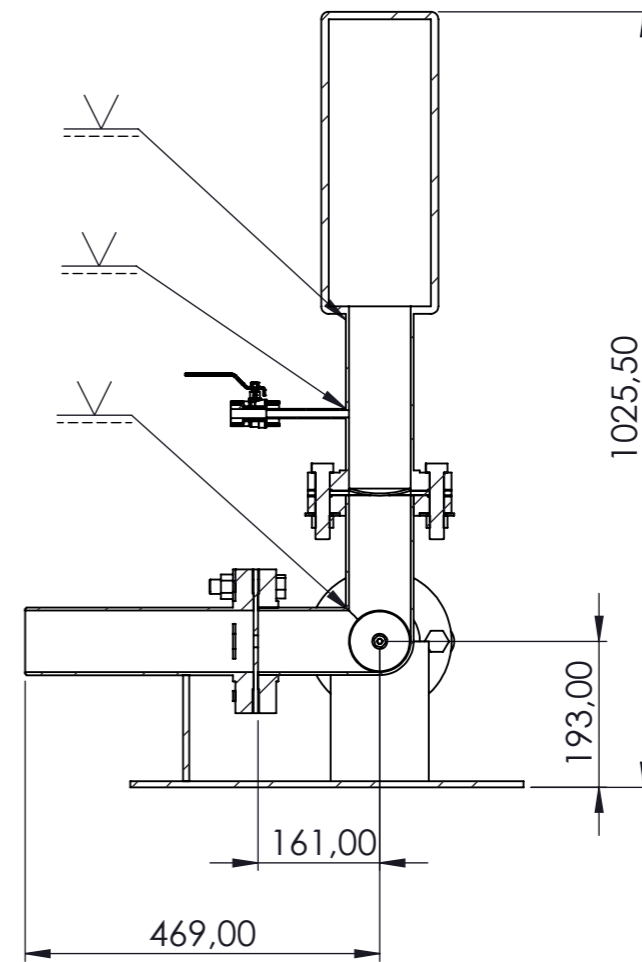
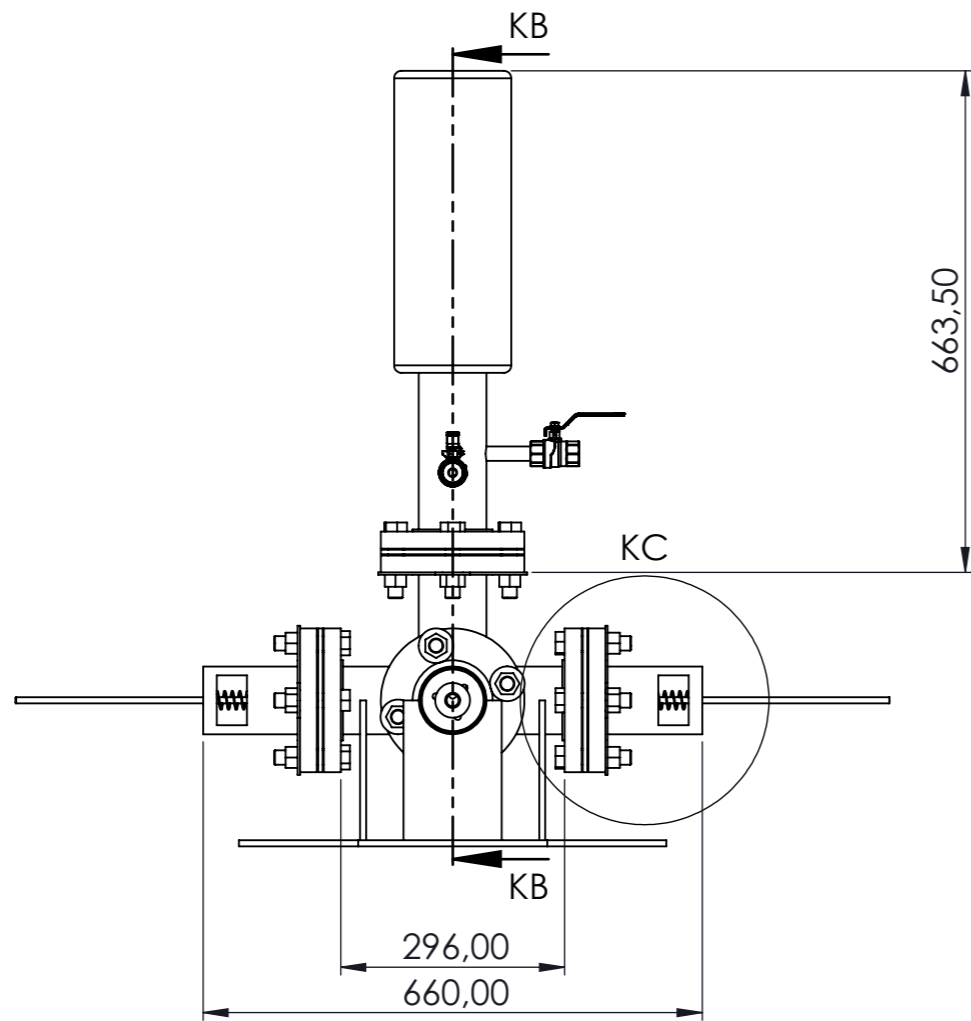
11	Tuerca 3/4	16	0.055	Repuesto
10	Arandela Plana 3/4	16	0.031	Repuesto
9	Perno 3/4	16	0.26	Repuesto
8	Elevación de Agua	1	22.25	004
7	Ensamblaje Embolo	1	0.25	003
6	Estructura Bomba de Ariete	1	20.46	002
5	Tubería 3	1	6.37	106
4	Tubería 2	2	4.97	105
3	Empaque	4	0.20	104
2	Brida	8	3.83	103
1	Tubería 1	1	4.94	102
Nº de pieza	Descripción	Cantidad	Peso Kg	Nº de plano



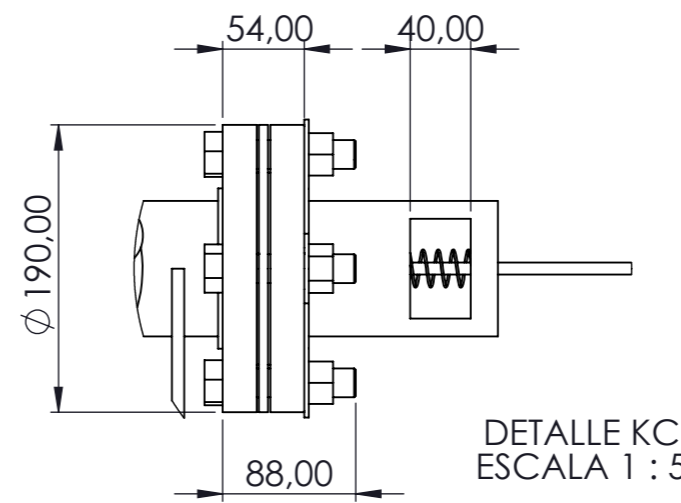
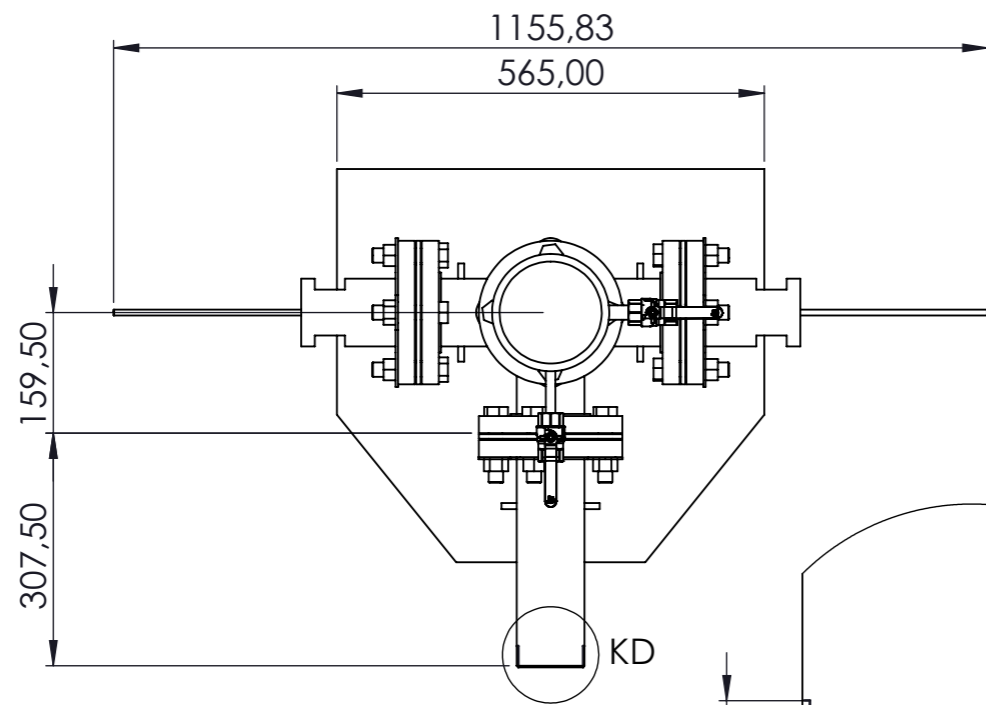
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



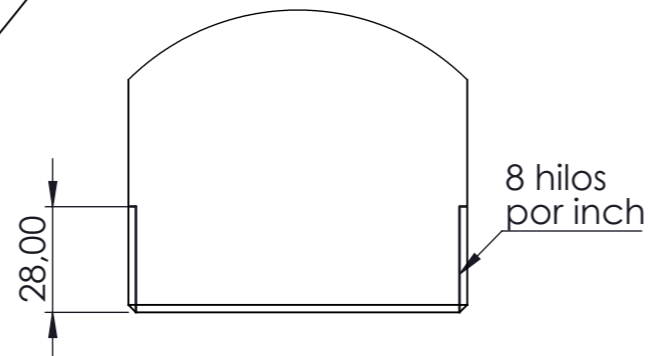
Dibu.	08/02/2021	Nombre	Llano E.	Escala:	UTC-BDA-001
Rev.		Nombre	Laurencio H.		
Apro.		Nombre	Laurencio H.		
Materiales:		Tolerancia:		Nº de Plano	Denominación:
				001	Bomba de Ariete



SECCIÓN KB-KB  
ESCALA 1 : 10

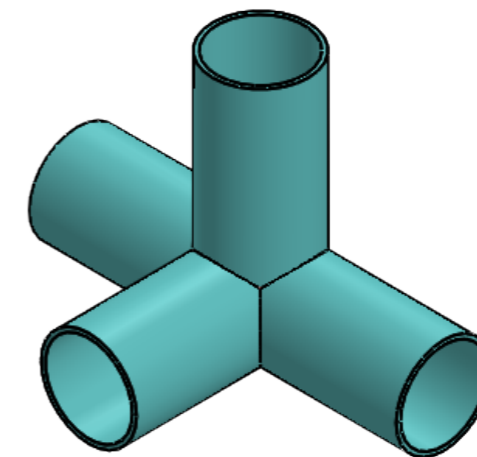
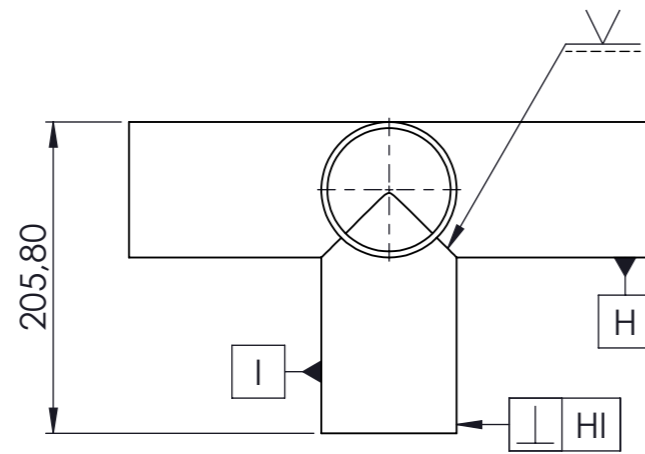
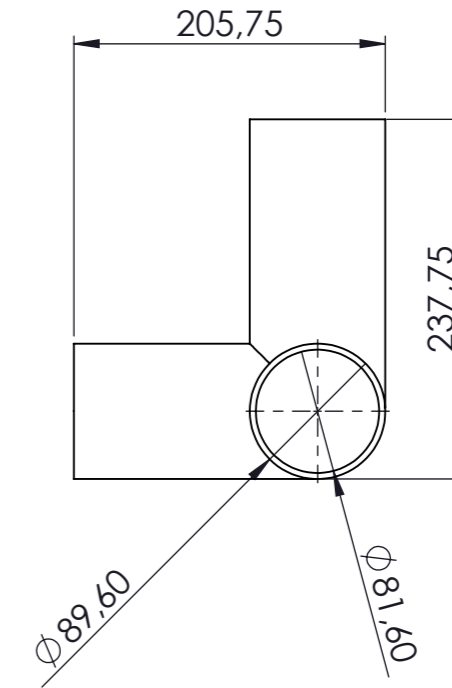
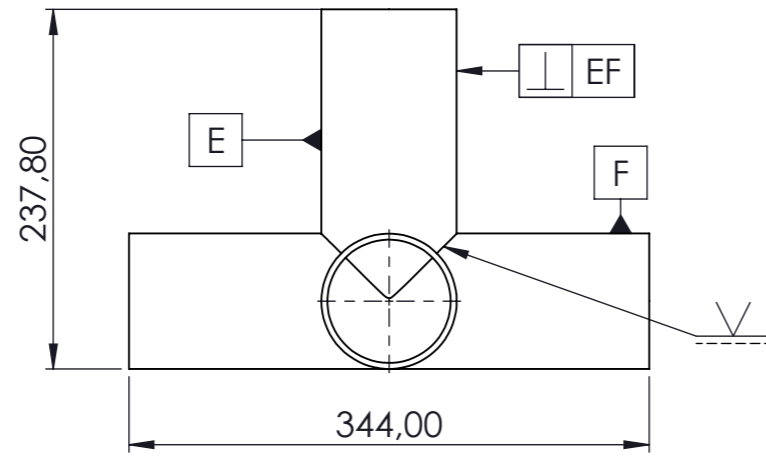


DETALLE KC  
ESCALA 1 : 5



DETALLE KD  
ESCALA 1 : 2

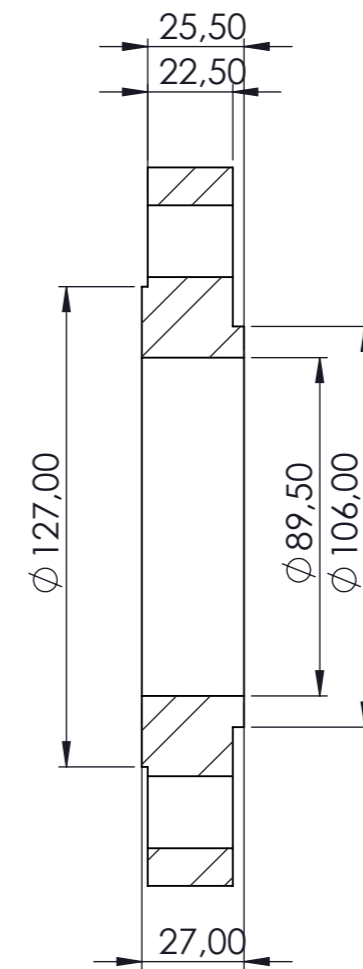
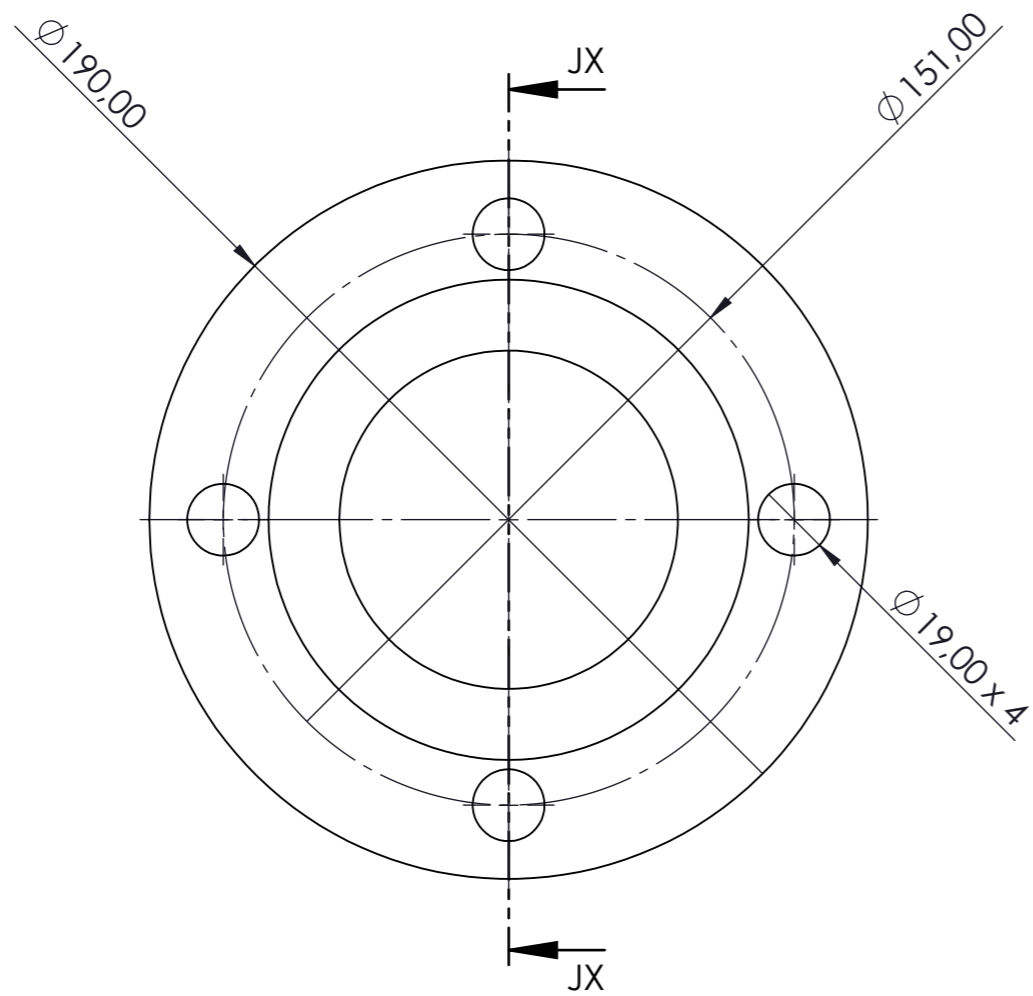
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> 		<b>UTC-BDA-001-2</b>	
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano <b>101</b>	Denominación: <b>Bomba de Ariete</b>



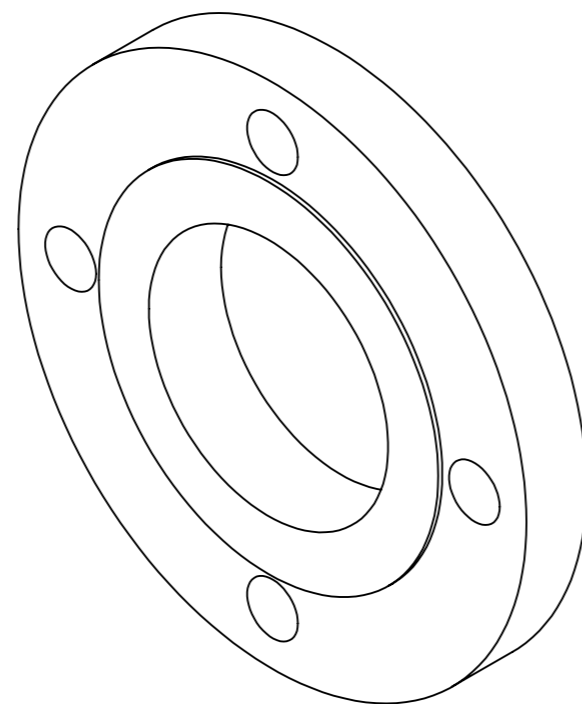
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI





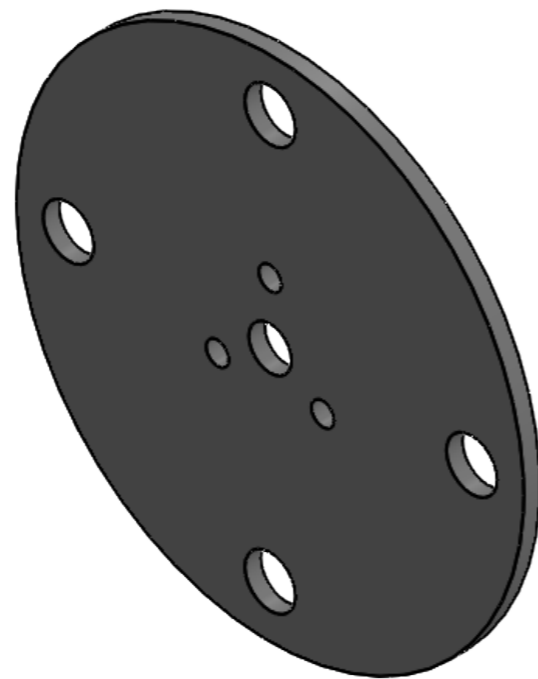
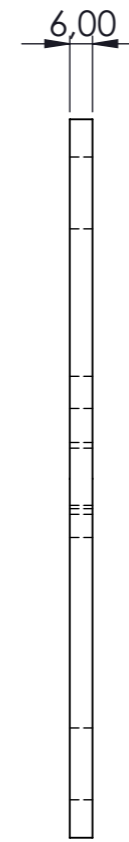
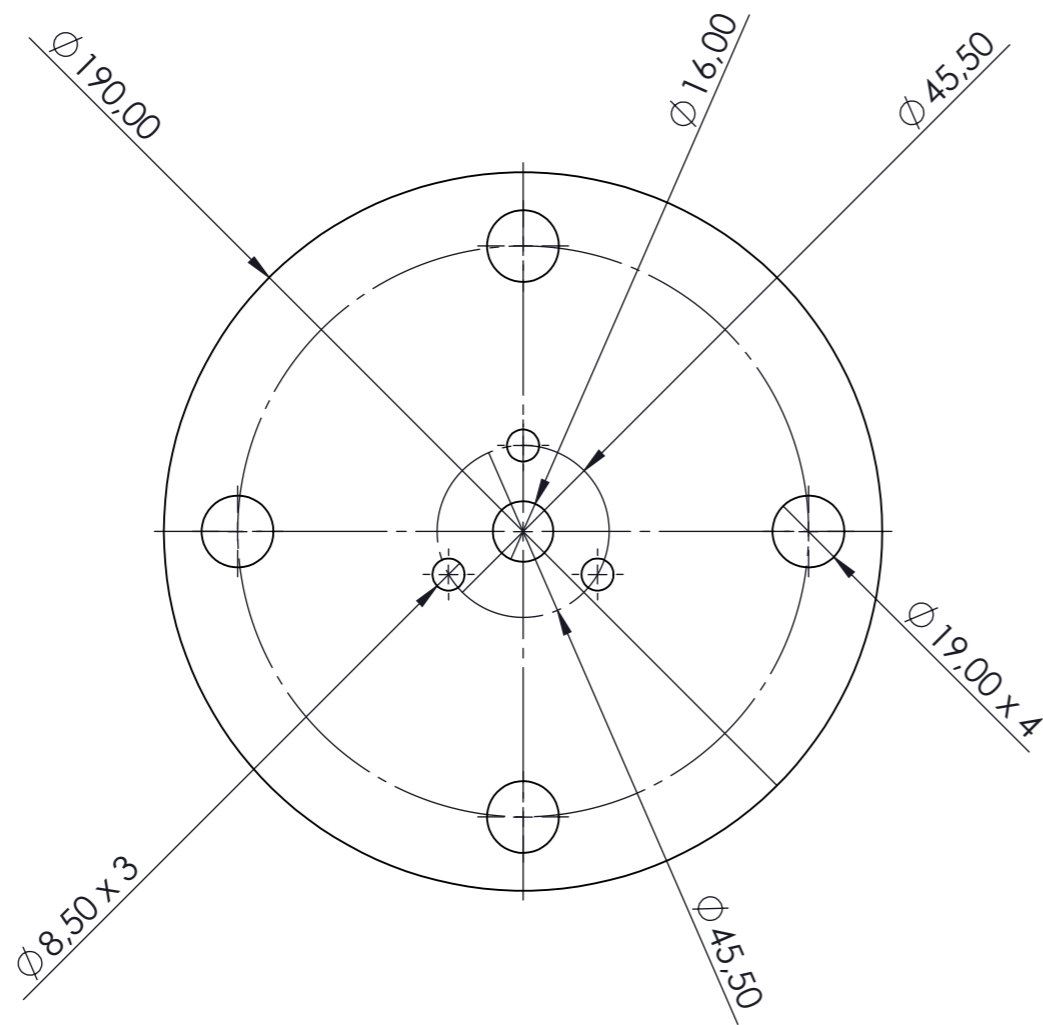
Fecha	Nombre	Escala:	UTC-BDA-Tubería 1-1001
Dibu. 08/02/2021	Llano E.		
Rev.	Laurencio H		
Apro.	Laurencio H	1:5	
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:
Tubo Galvanizado		102	Tubería 1



SECCIÓN JX-JX  
ESCALA 1 : 2



		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>		
Fecha	Nombre	Escala:	<b>UTC-BDA-Brida-1002</b>	
Dibu. 08/02/2021	Llano E.			
Rev.	Laurencio H			
Apro.	Laurencio H	N° de Plano	Denominación:	
1045				

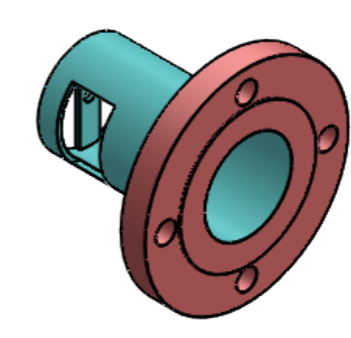
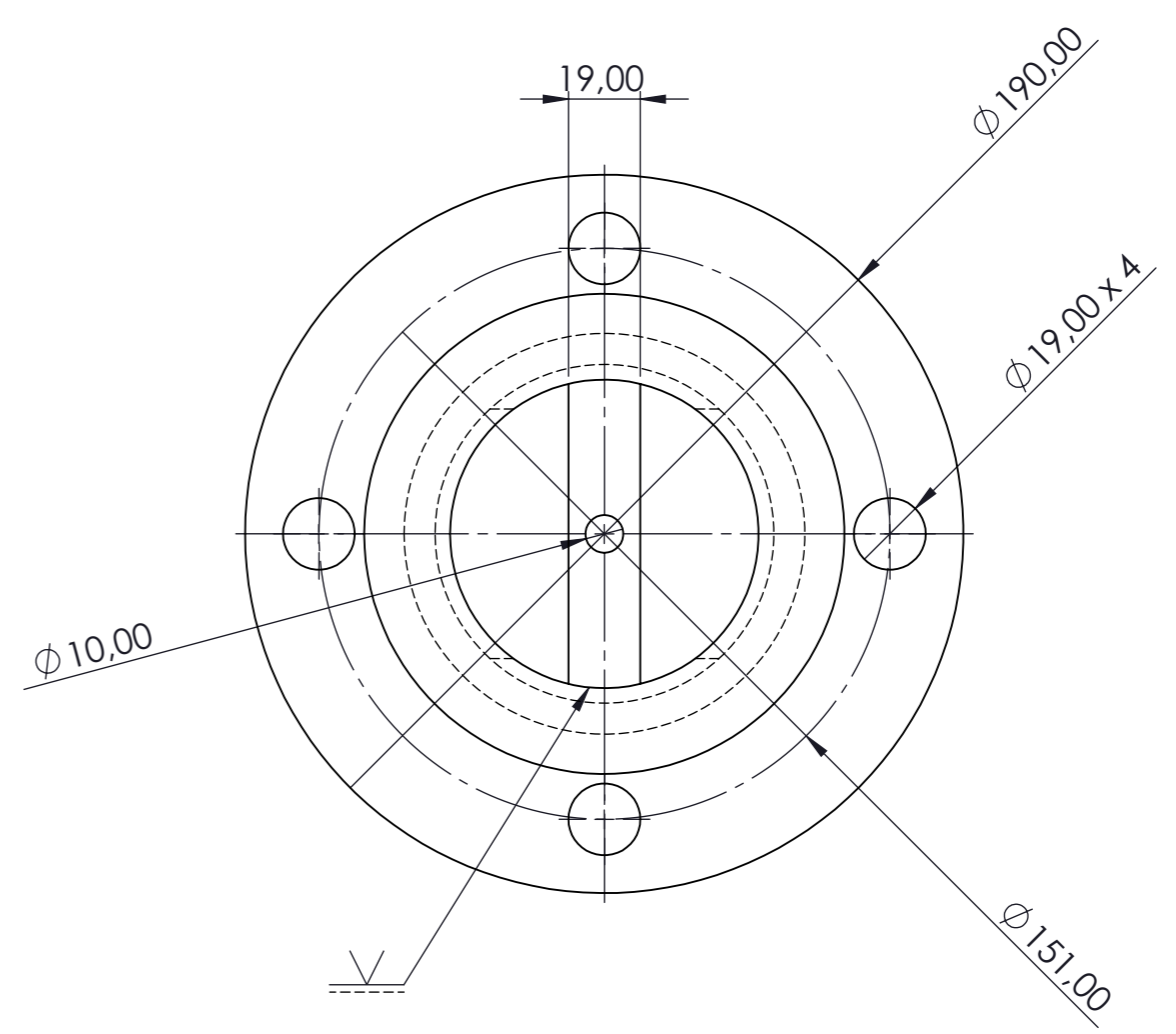
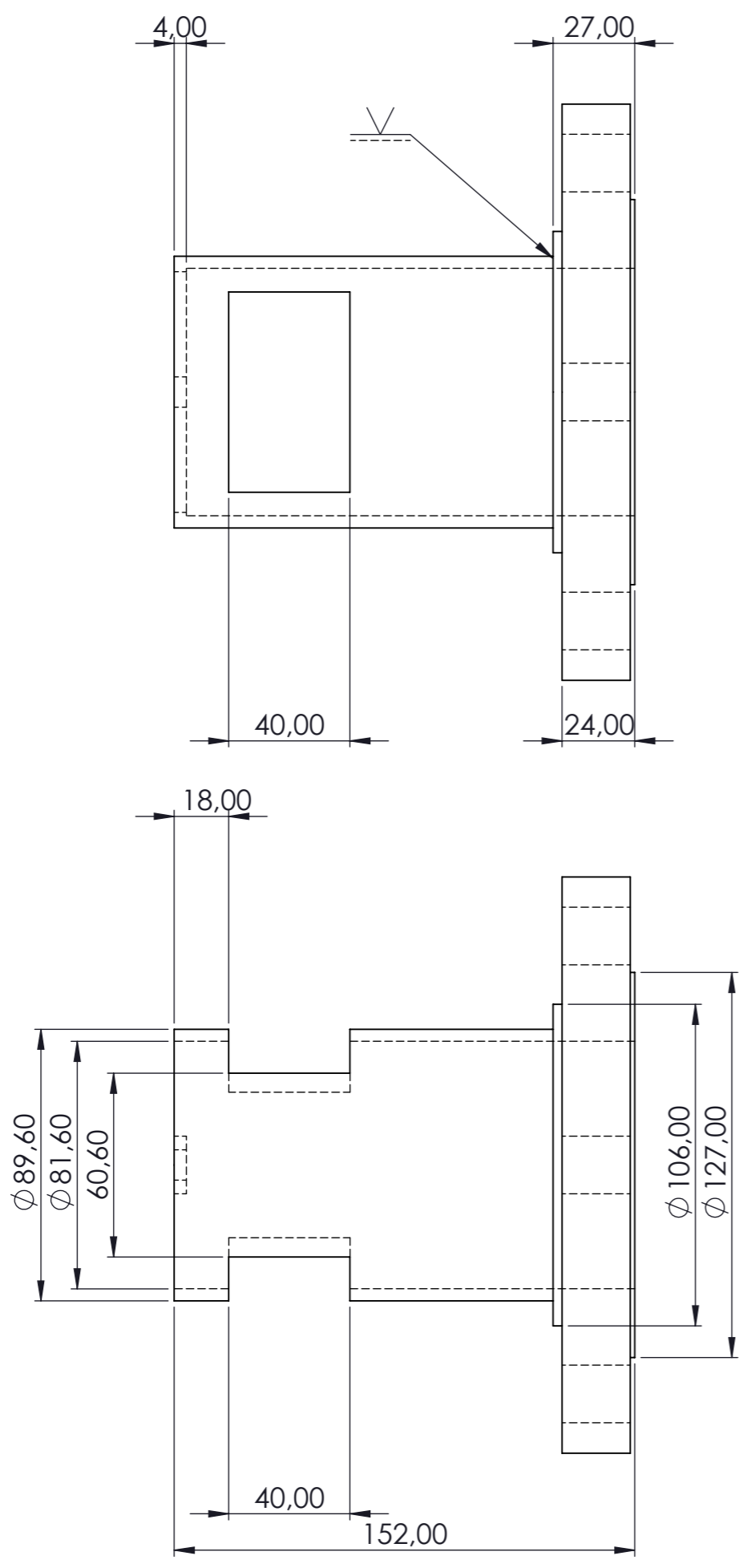


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

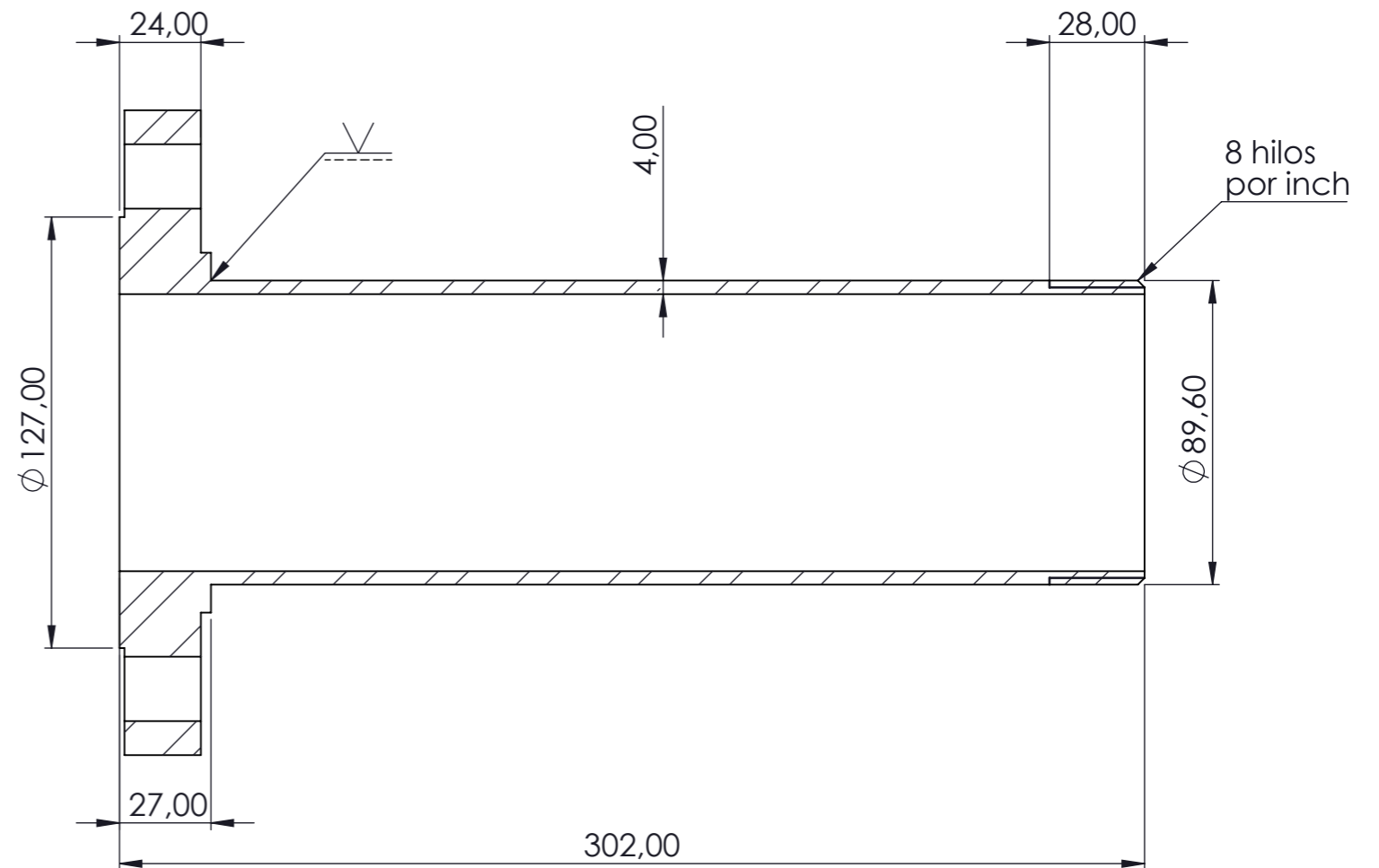
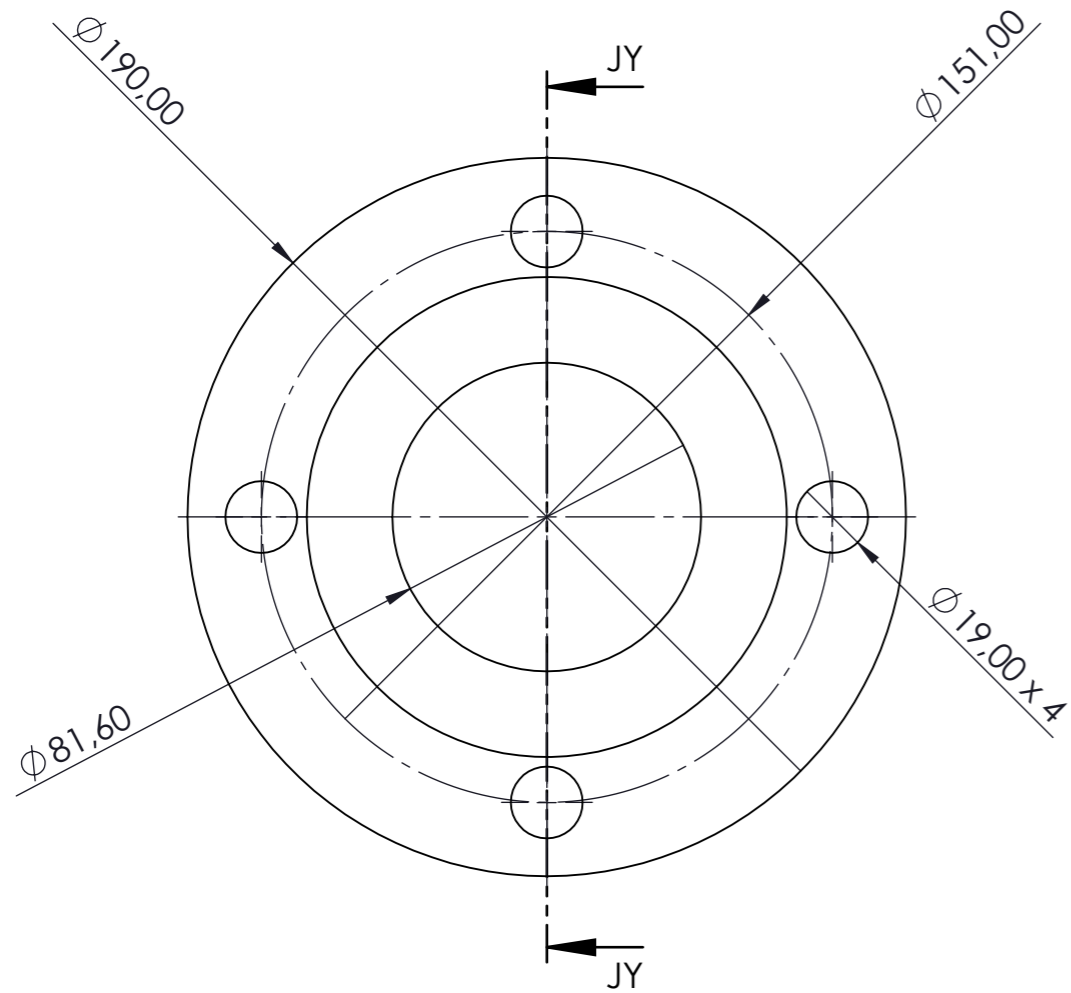


Fecha	Nombre	Escala:	UTC-BDA-Empaque-1003	
Dibu. 08/02/2021	Llano E.			1:2
Rev.	Laurencio H.			
Apro.	Laurencio H.			
<b>Materiales:</b>	<b>Tolerancia:</b>	<b>N° de Plano</b>	<b>Denominación:</b>	
Caucho		104	Empaque	

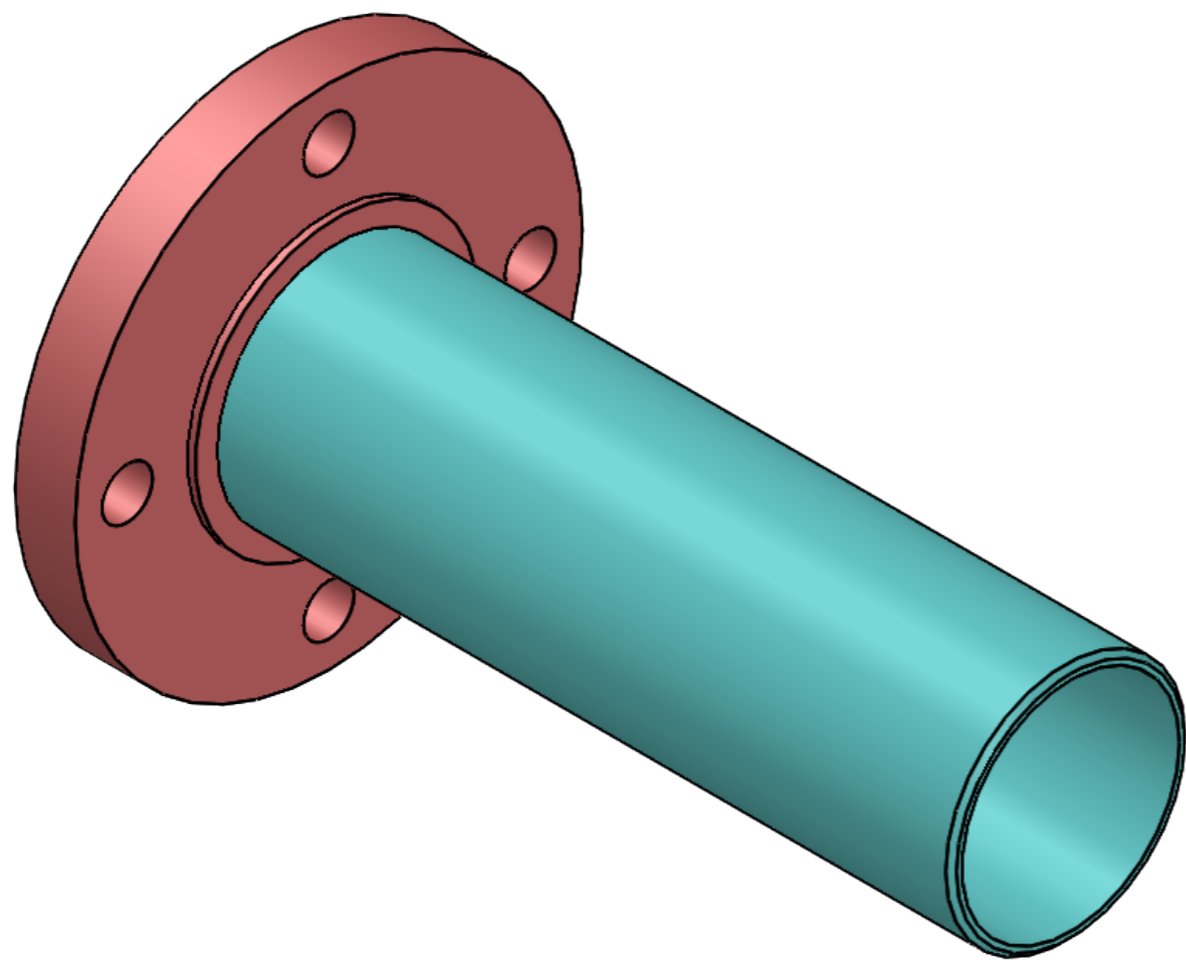




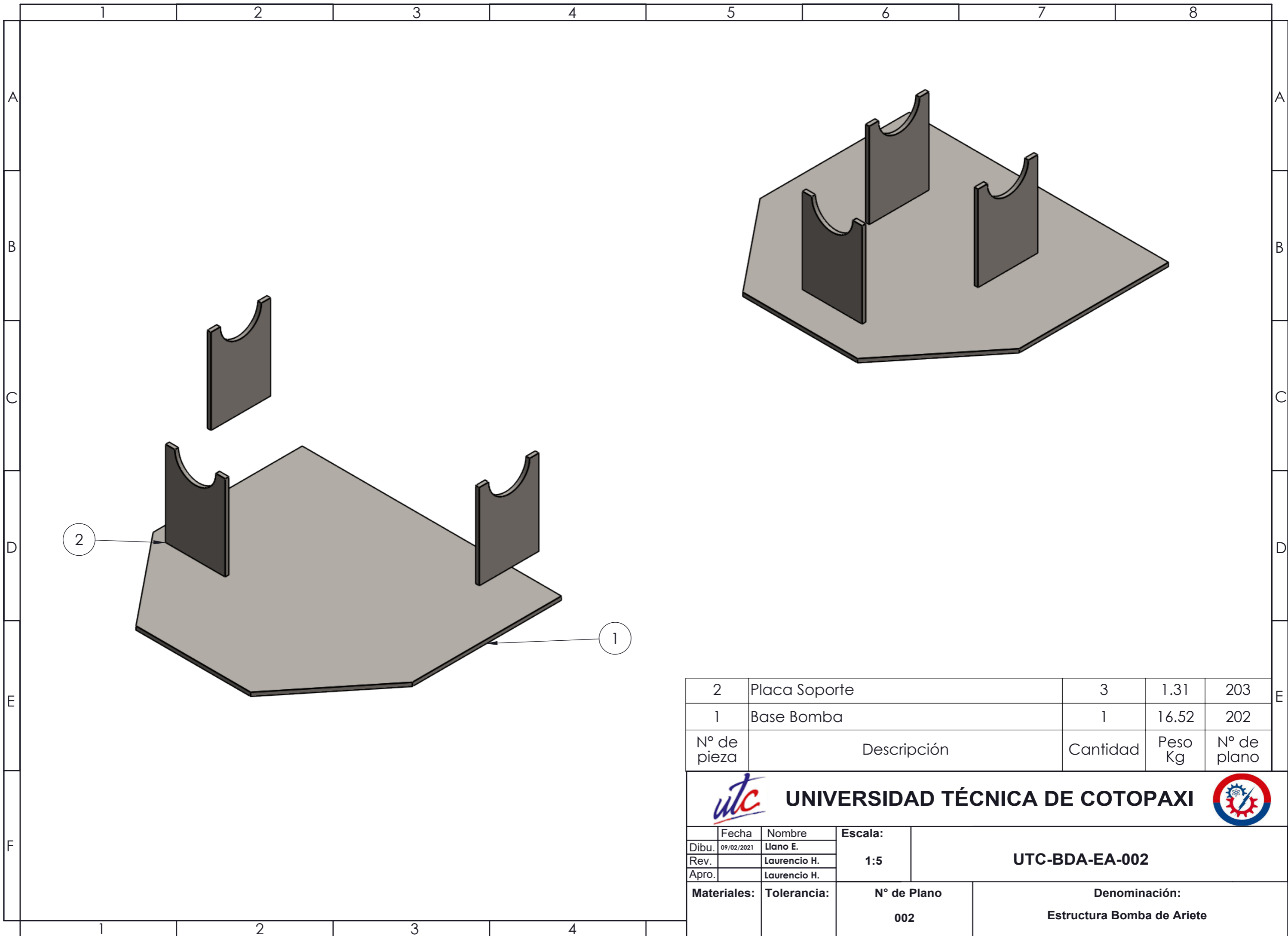
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>			
Fecha	Nombre	Escala:	<b>UTC-BDA-Tubería 2-1004</b>		
Dibu. 08/02/2021	LLano E.				
Rev.	Laurencio H				
Apro.	Laurencio H	1:2			
<b>Materiales:</b>	<b>Tolerancia:</b>	<b>N° de Plano</b>	<b>Denominación:</b>		
<b>Tubo Galvanizado</b>		<b>105</b>	<b>Tubería 2</b>		



SECCIÓN JY-JY  
ESCALA 1 : 2



		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>			
					Fecha: 08/02/2021 Dibu.: Llano E. Rev.: Laurencio H. Apro.: Laurencio H.
<b>Materiales:</b> Tubo Galvanizado	<b>Tolerancia:</b>	<b>N° de Plano</b> 106	<b>Denominación:</b> Tubería 3		



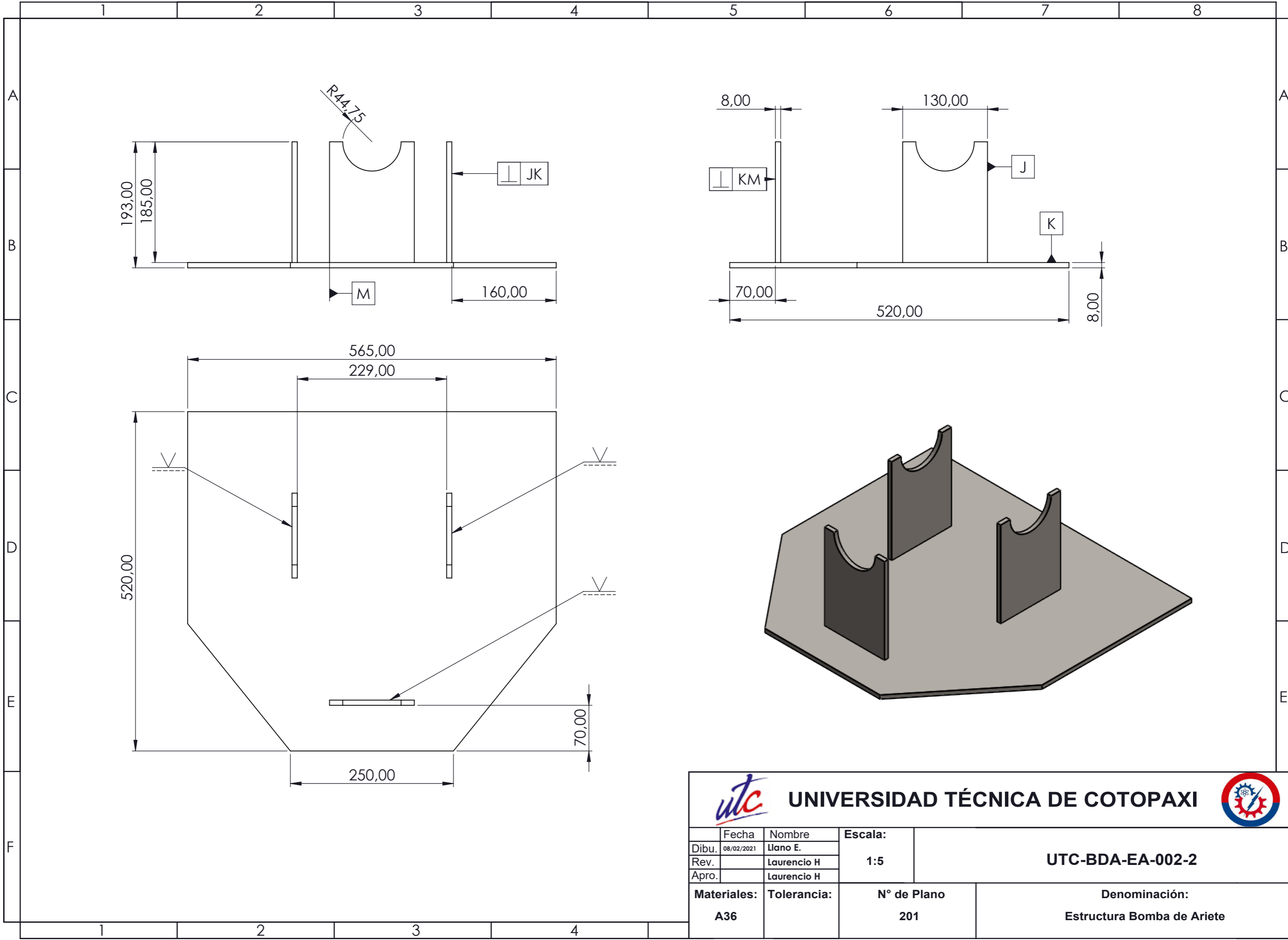
2	Placa Soporte	3	1.31	203
1	Base Bomba	1	16.52	202
N° de pieza	Descripción	Cantidad	Peso Kg	N° de plano



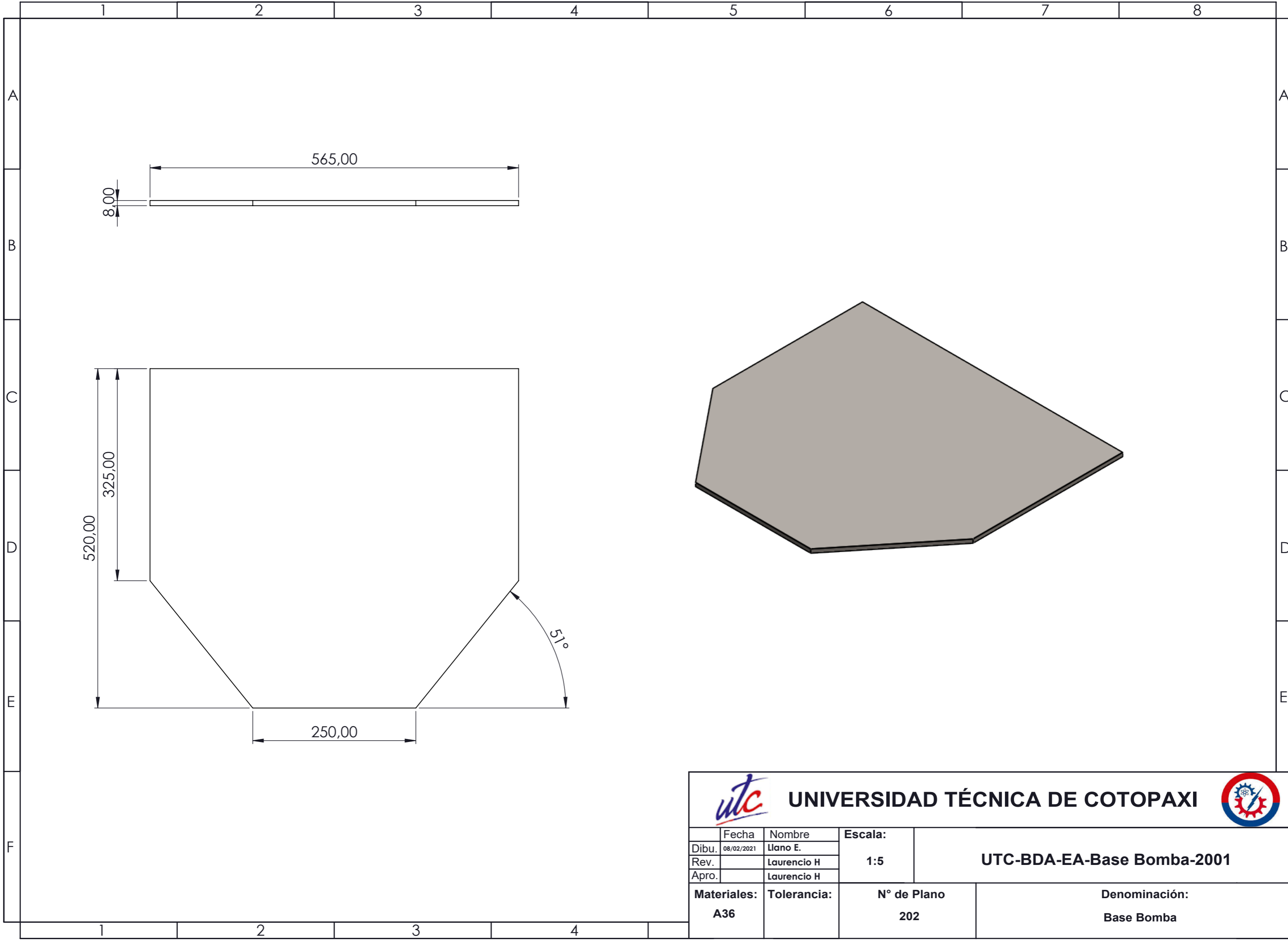
### UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI





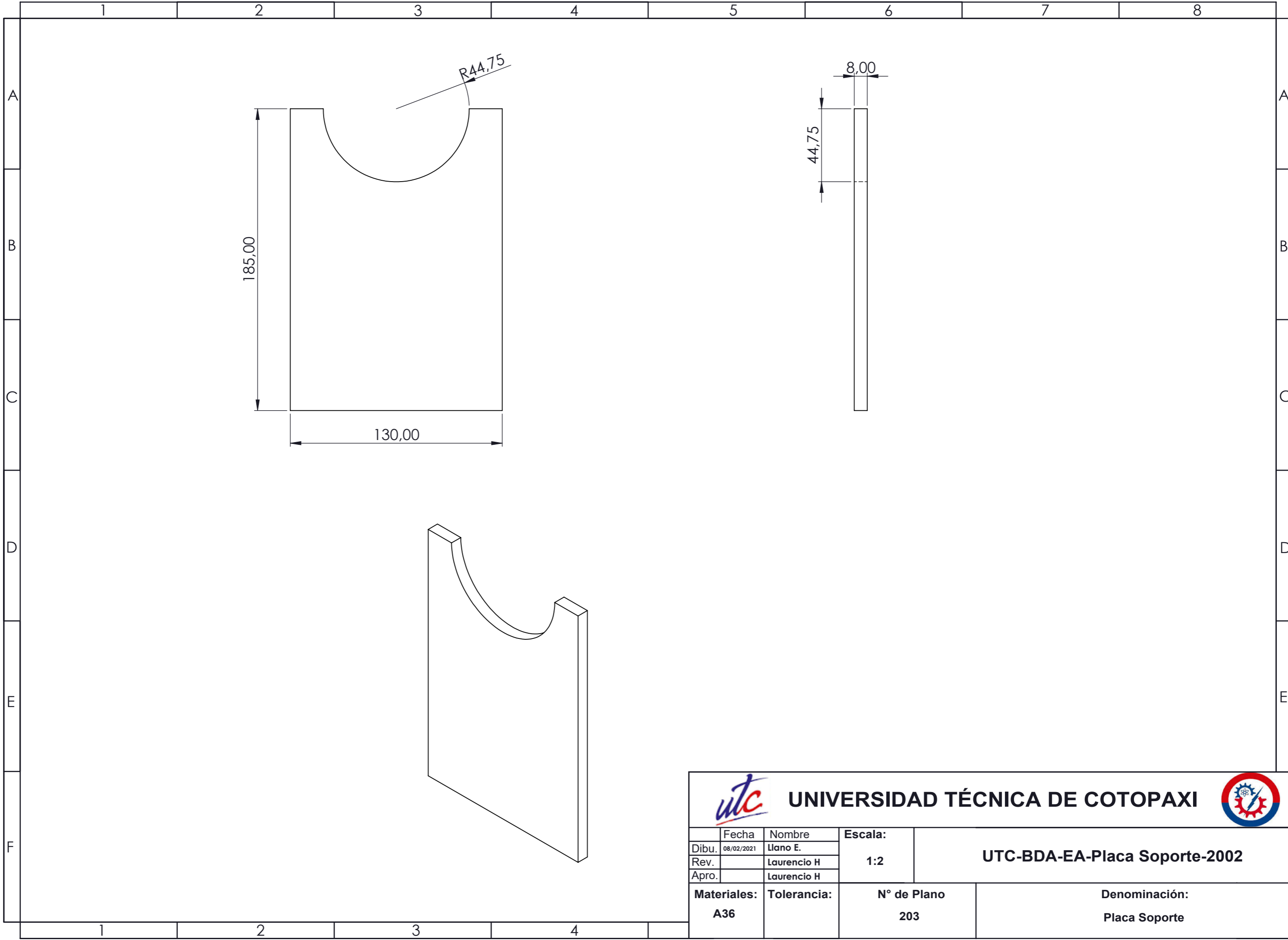
Fecha	Nombre	Escala:	1:5	<b>UTC-BDA-EA-002</b>
Dibu. 09/02/2021	Llano E.			
Rev.	Laurencio H.			
Apro.	Laurencio H.			
<b>Materiales:</b>	<b>Tolerancia:</b>	<b>N° de Plano</b> 002	<b>Denominación:</b> Estructura Bomba de Ariete	





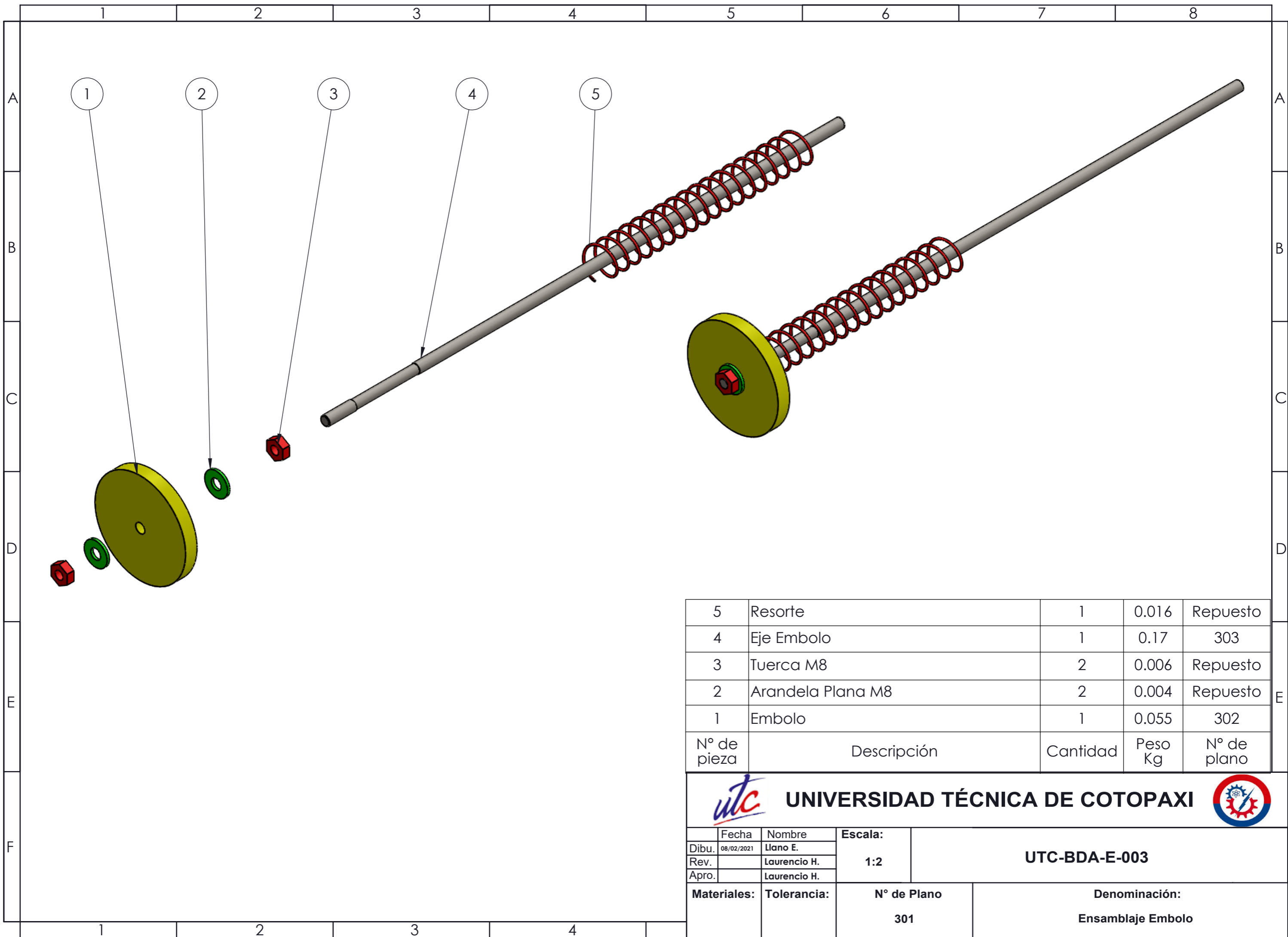
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>			
Fecha	Nombre	Escala:	<b>UTC-BDA-EA-002-2</b>		
Dibu. 08/02/2021	Llano E.				
Rev.	Laurencio H				
Apro.	Laurencio H	1:5			
<b>Materiales:</b>	<b>Tolerancia:</b>	<b>N° de Plano</b>	<b>Denominación:</b>		
A36		201	Estructura Bomba de Ariete		



		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>		
Fecha	Nombre	Escala:	<b>UTC-BDA-EA-Base Bomba-2001</b>	
Dibu. 08/02/2021	Llano E.			
Rev.	Laurencio H			
Apro.	Laurencio H	1:5		
<b>Materiales:</b>	<b>Tolerancia:</b>	<b>N° de Plano</b>	<b>Denominación:</b>	
<b>A36</b>		<b>202</b>	<b>Base Bomba</b>	



		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>		
Fecha	Nombre	Escala:	<b>UTC-BDA-EA-Placa Soporte-2002</b>	
Dibu. 08/02/2021	Llano E.			
Rev.	Laurencio H			
Apro.	Laurencio H	1:2		
<b>Materiales:</b>	<b>Tolerancia:</b>	<b>N° de Plano</b>	<b>Denominación:</b>	
<b>A36</b>		<b>203</b>	<b>Placa Soporte</b>	



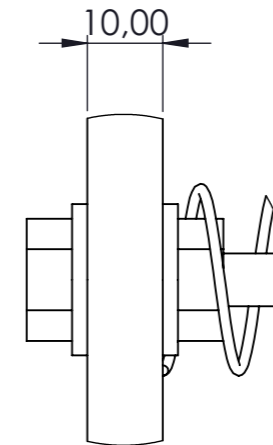
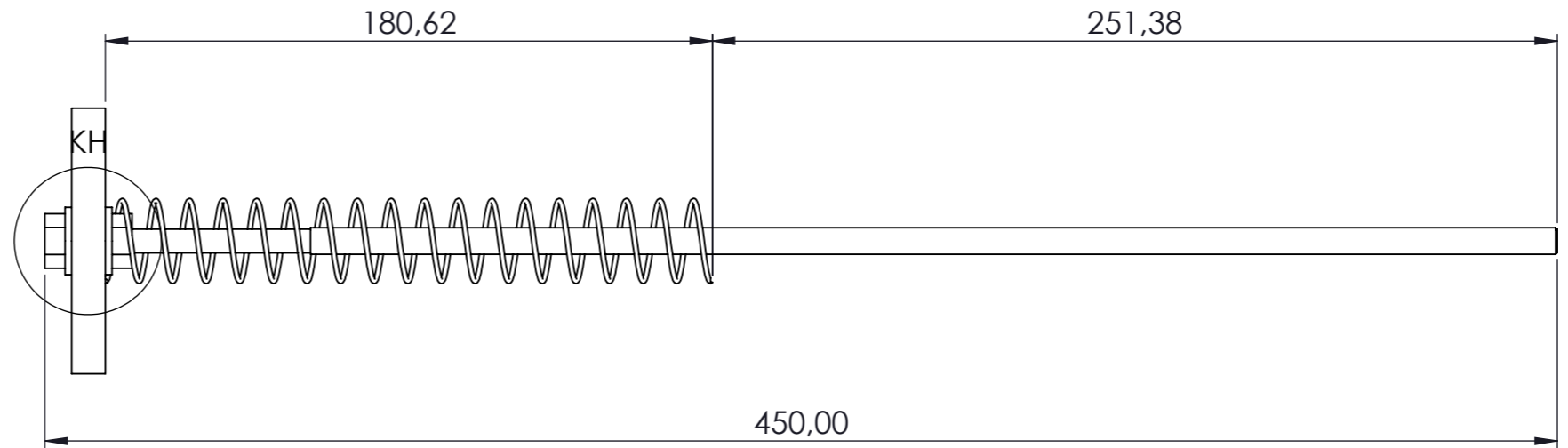
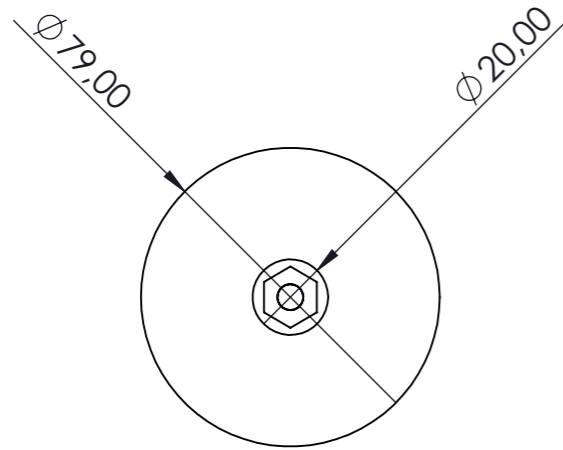
5	Resorte	1	0.016	Repuesto
4	Eje Embolo	1	0.17	303
3	Tuerca M8	2	0.006	Repuesto
2	Arandela Plana M8	2	0.004	Repuesto
1	Embolo	1	0.055	302
N° de pieza	Descripción	Cantidad	Peso Kg	N° de plano



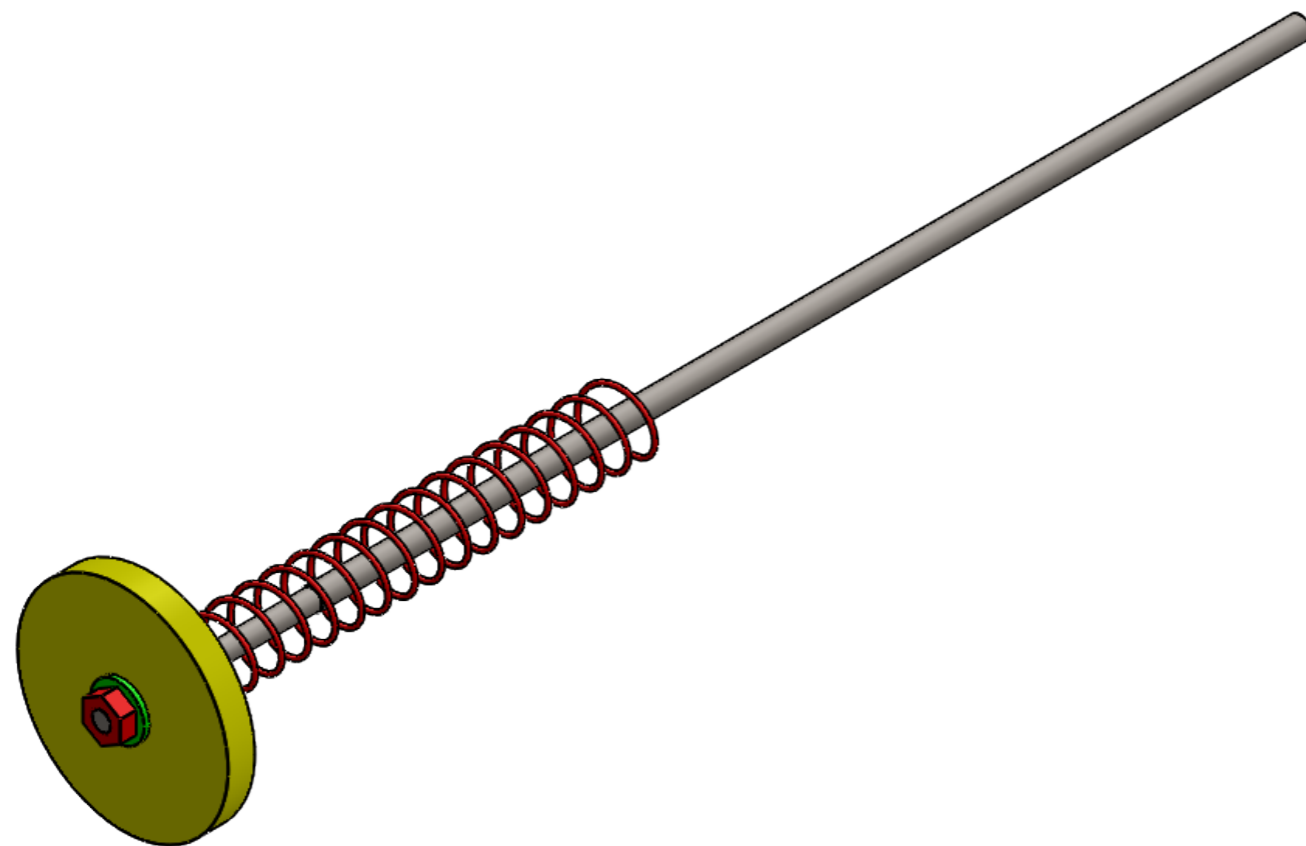
## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI





Fecha	Nombre	Escala: <b>1:2</b>	<b>UTC-BDA-E-003</b>
Dibu. 08/02/2021	Llano E.		
Rev.	Laurencio H.		
Apro.	Laurencio H.		
<b>Materiales:</b>	<b>Tolerancia:</b>	<b>N° de Plano</b> <b>301</b>	<b>Denominación:</b> <b>Ensamblaje Embolo</b>

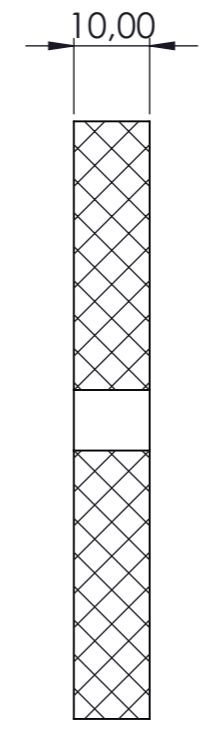
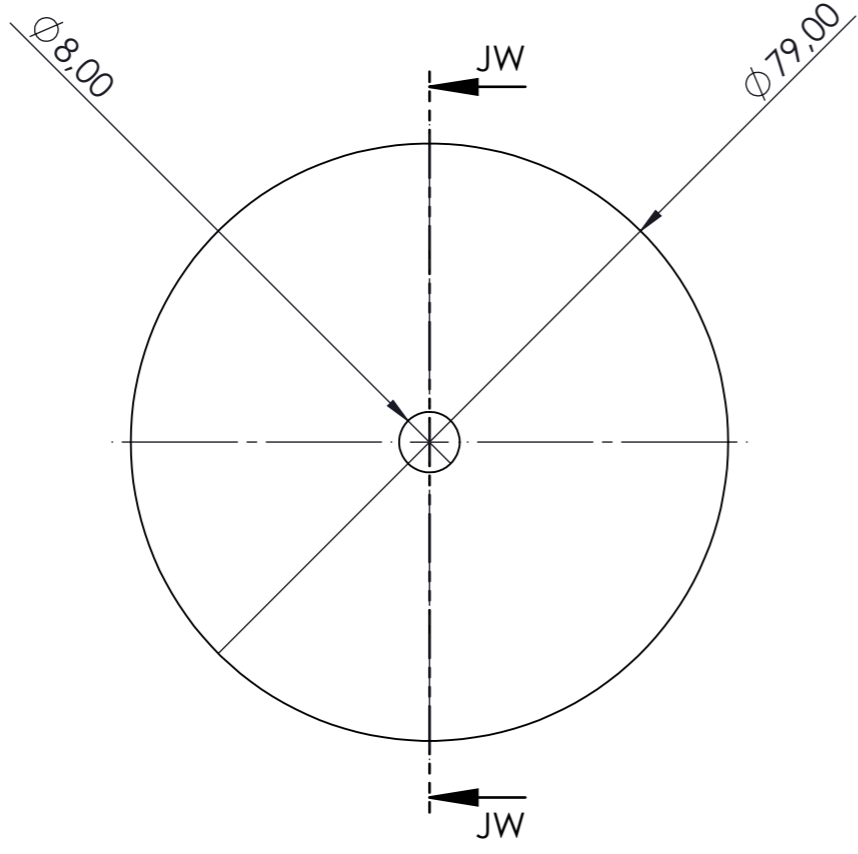


DETALLE KH

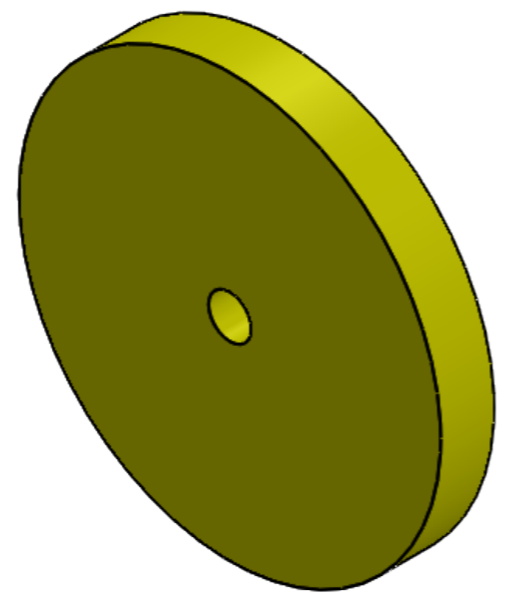




		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> 			
				<b>UTC-BDA-E-003-2</b>	
Fecha	Nombre	Escala:	Denominación:		
Dibu. 09/02/2021	Llano E.			1:2	Ensamblaje Embolo
Rev.	Laurencio H.				
Apro.	Laurencio H.	N° de Plano			
Materiales:		302			
Tolerancia:					

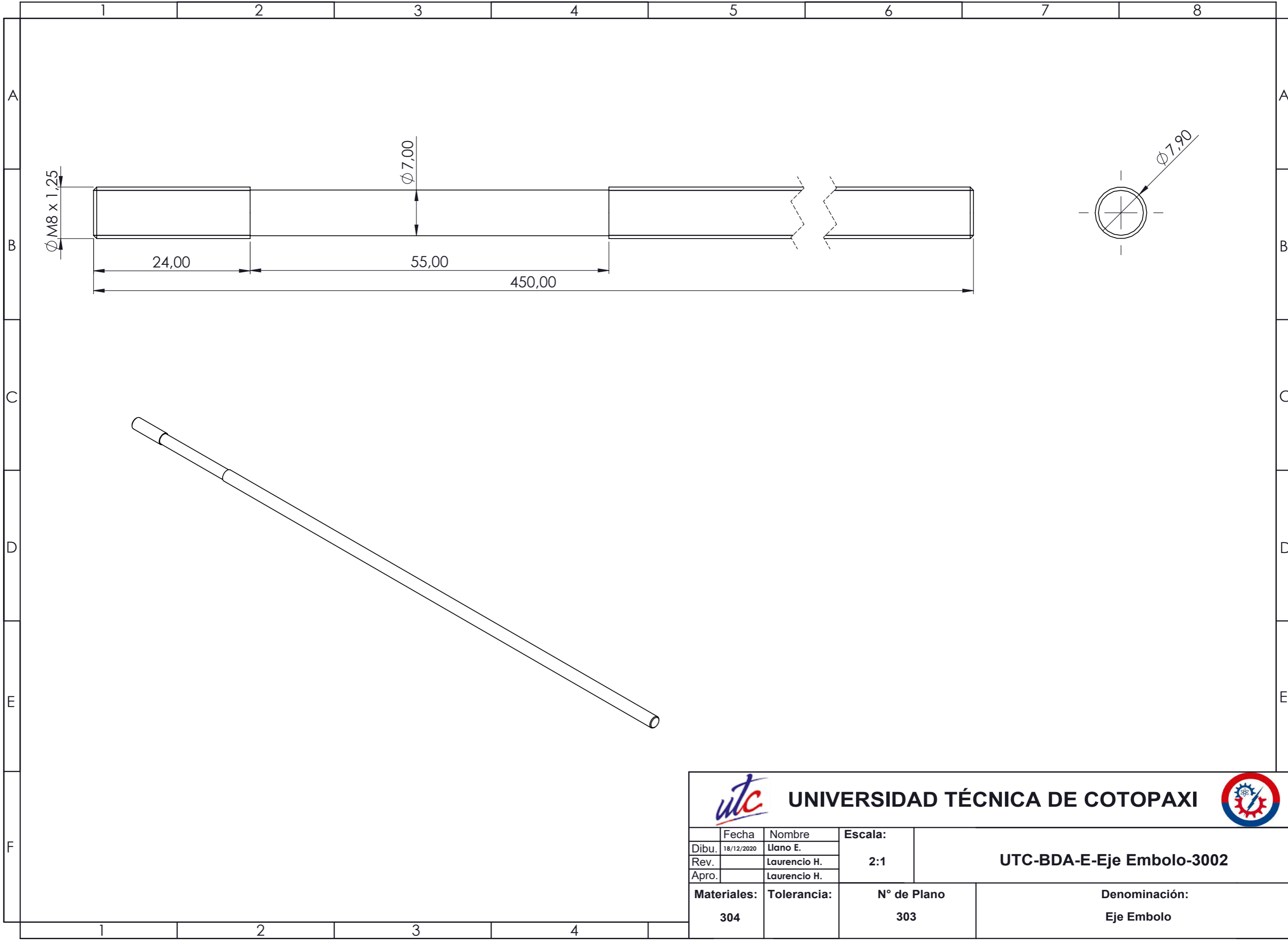






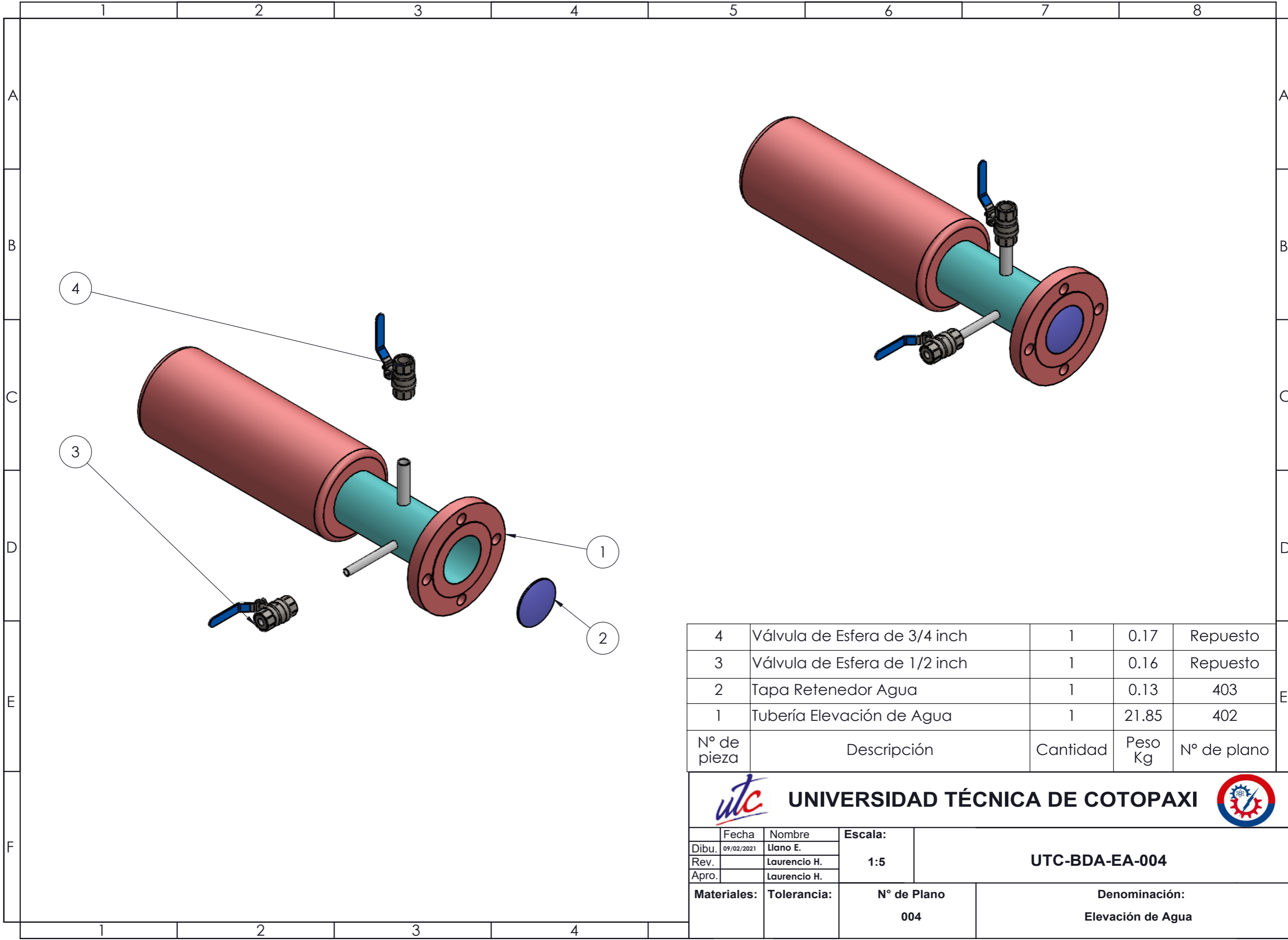
SECCIÓN JW-JW




		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> 	
Fecha	Nombre	Escala:	
Dibu. 08/02/2021	Llano E.		
Rev.	Laurencio H.		
Apro.	Laurencio H.	1:1	
Materiales:			
Duralón		302	Eje Motriz Cuchillas




		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>		
Fecha	Nombre	Escala:	<b>UTC-BDA-E-Eje Embolo-3002</b>	
Dibu. 18/12/2020	Llano E.			
Rev.	Laurencio H.			
Apro.	Laurencio H.	2:1		
<b>Materiales:</b>	<b>Tolerancia:</b>	<b>N° de Plano</b>	<b>Denominación:</b>	
304		303	Eje Embolo	



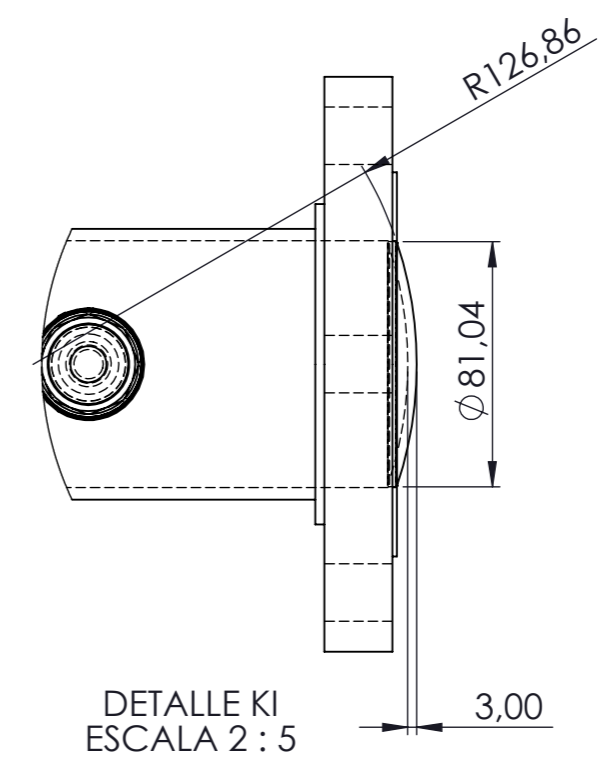
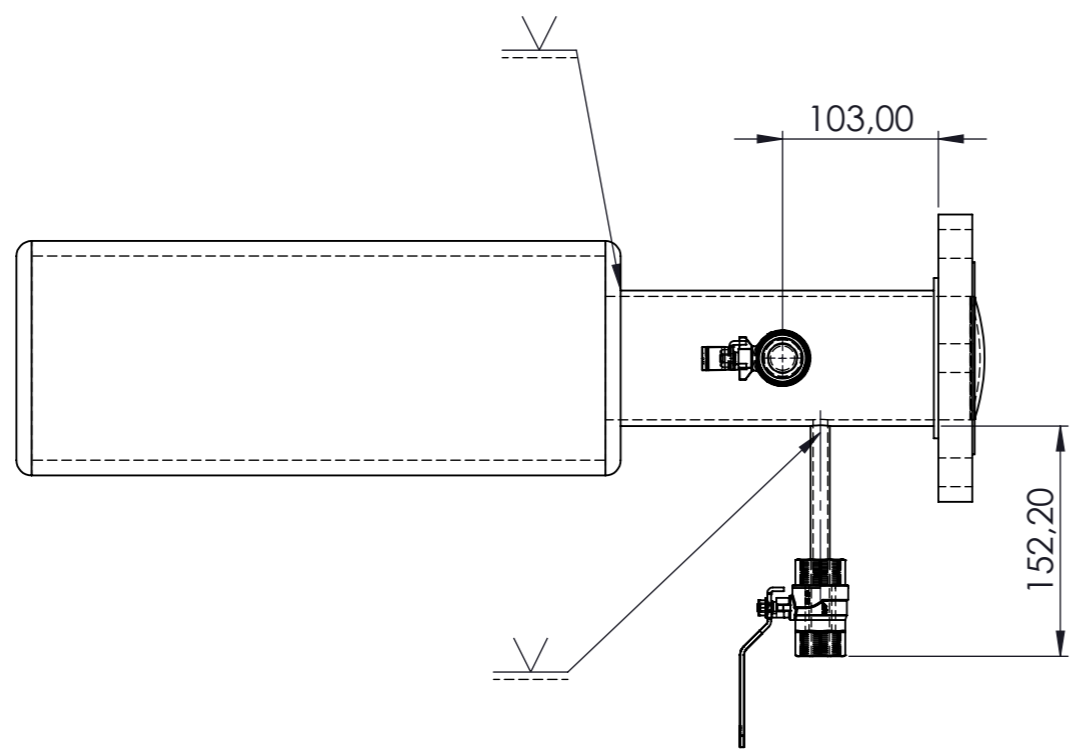
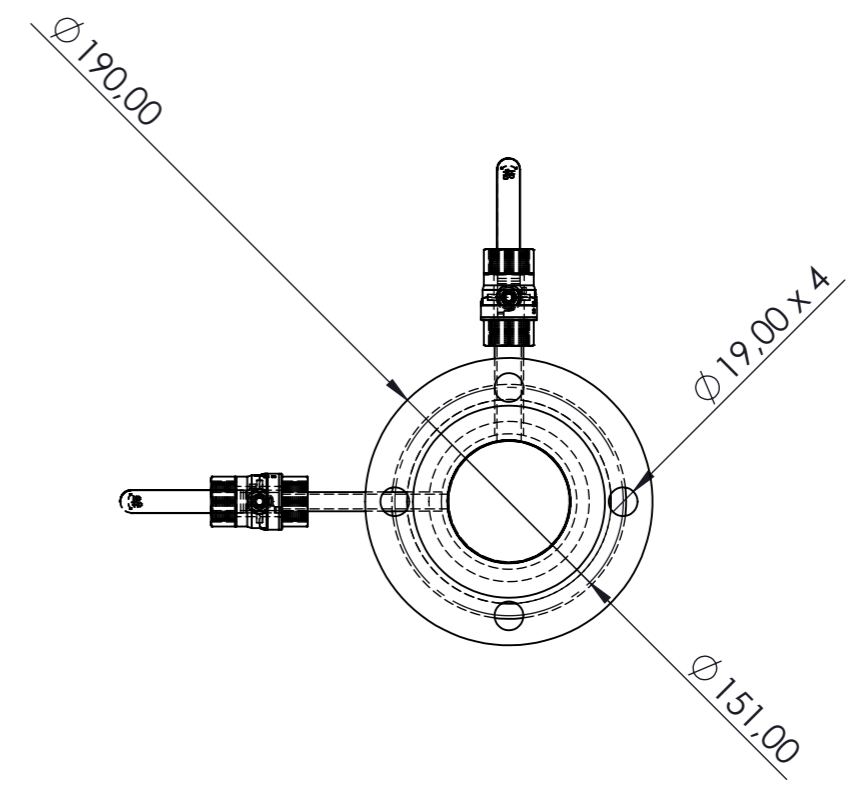
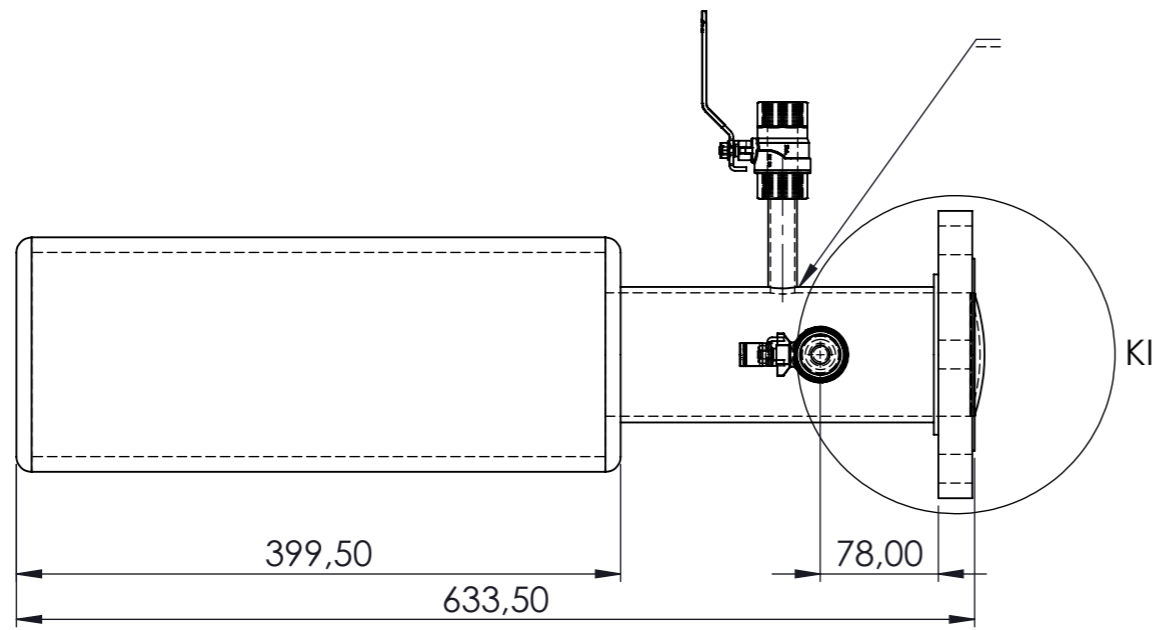
4	Válvula de Esfera de 3/4 inch	1	0.17	Repuesto
3	Válvula de Esfera de 1/2 inch	1	0.16	Repuesto
2	Tapa Retenedor Agua	1	0.13	403
1	Tubería Elevación de Agua	1	21.85	402
Nº de pieza	Descripción	Cantidad	Peso Kg	Nº de plano



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



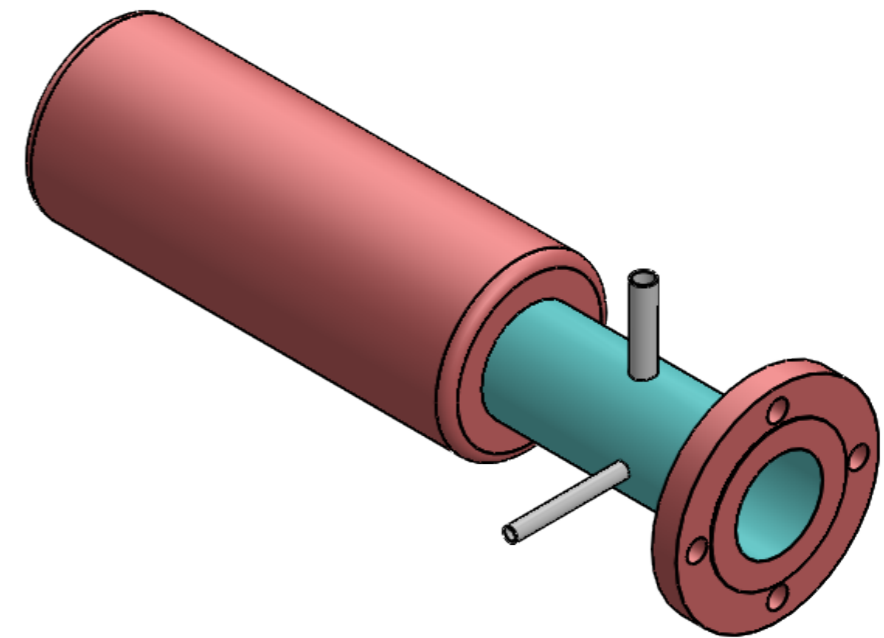
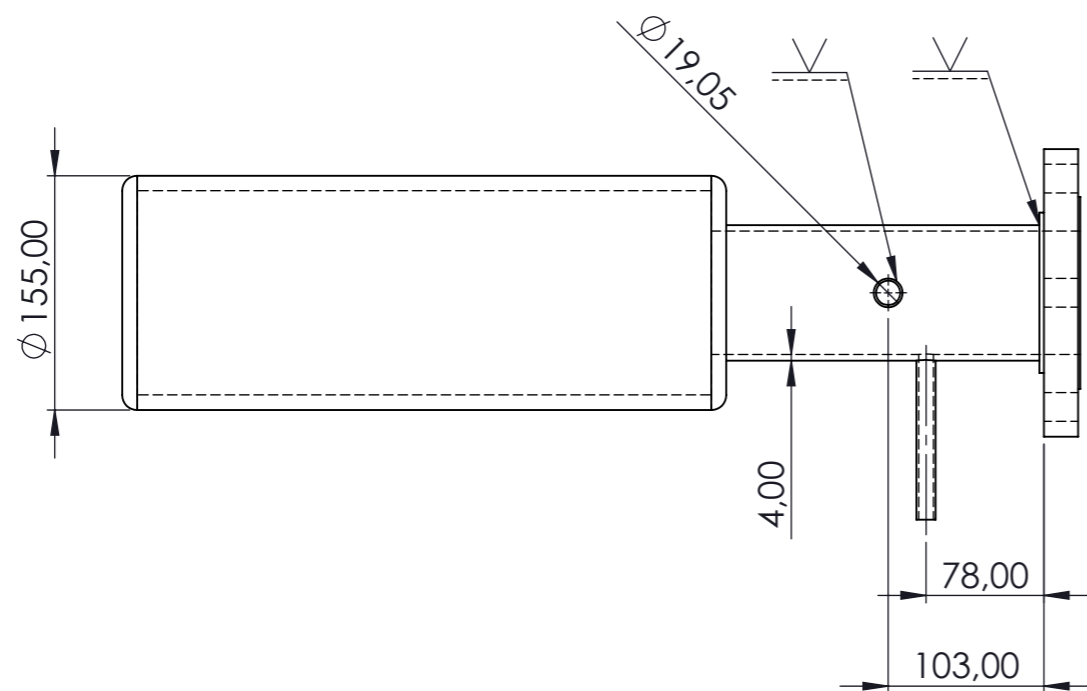
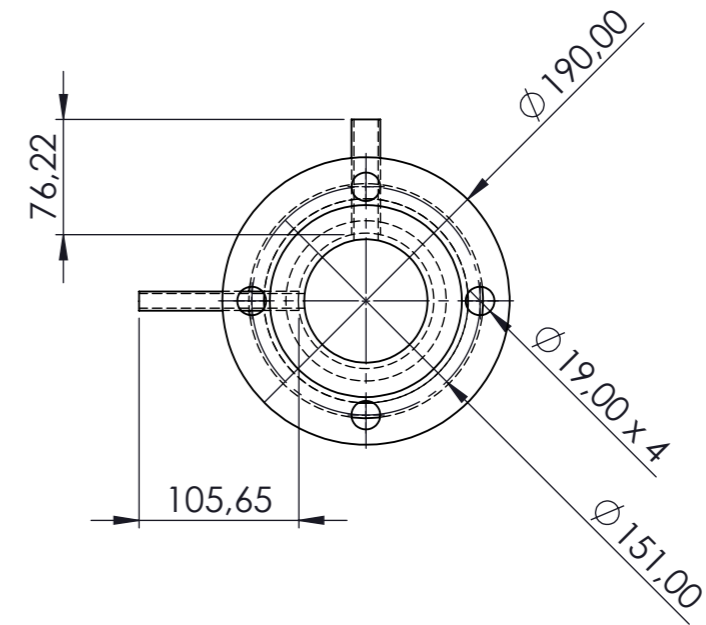
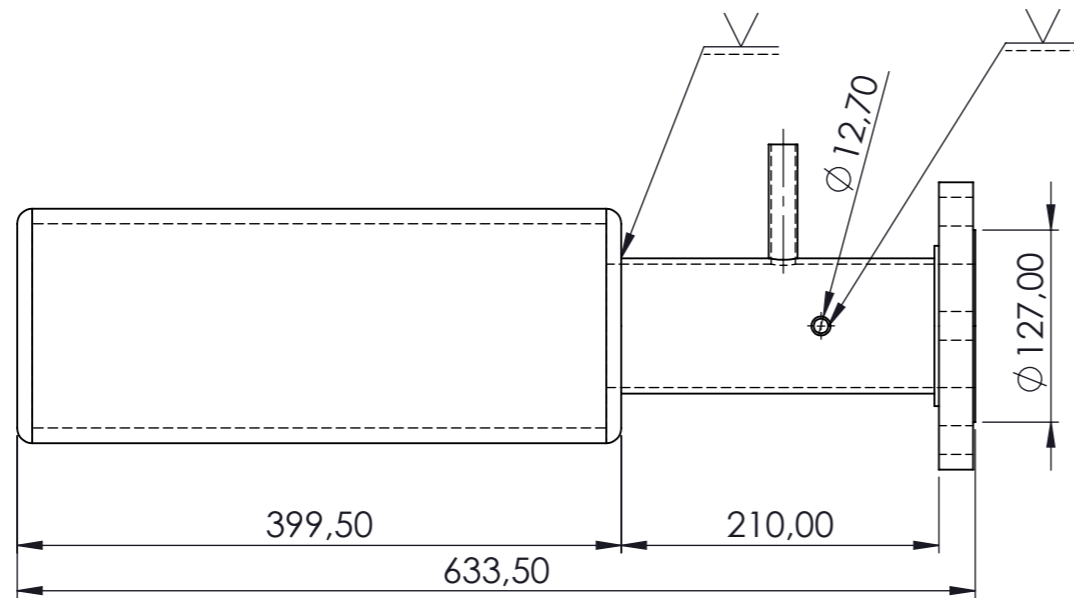
Fecha	Nombre	Escala:	<b>UTC-BDA-EA-004</b>
Dibu. 09/02/2021	Llano E.		
Rev.	Laurencio H.		
Apro.	Laurencio H.	1:5	
<b>Materiales:</b>	<b>Tolerancia:</b>	<b>Nº de Plano</b> 004	<b>Denominación:</b> Elevación de Agua



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



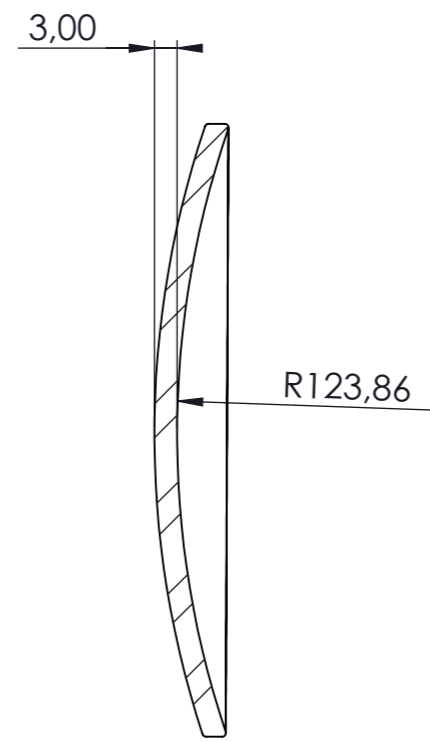
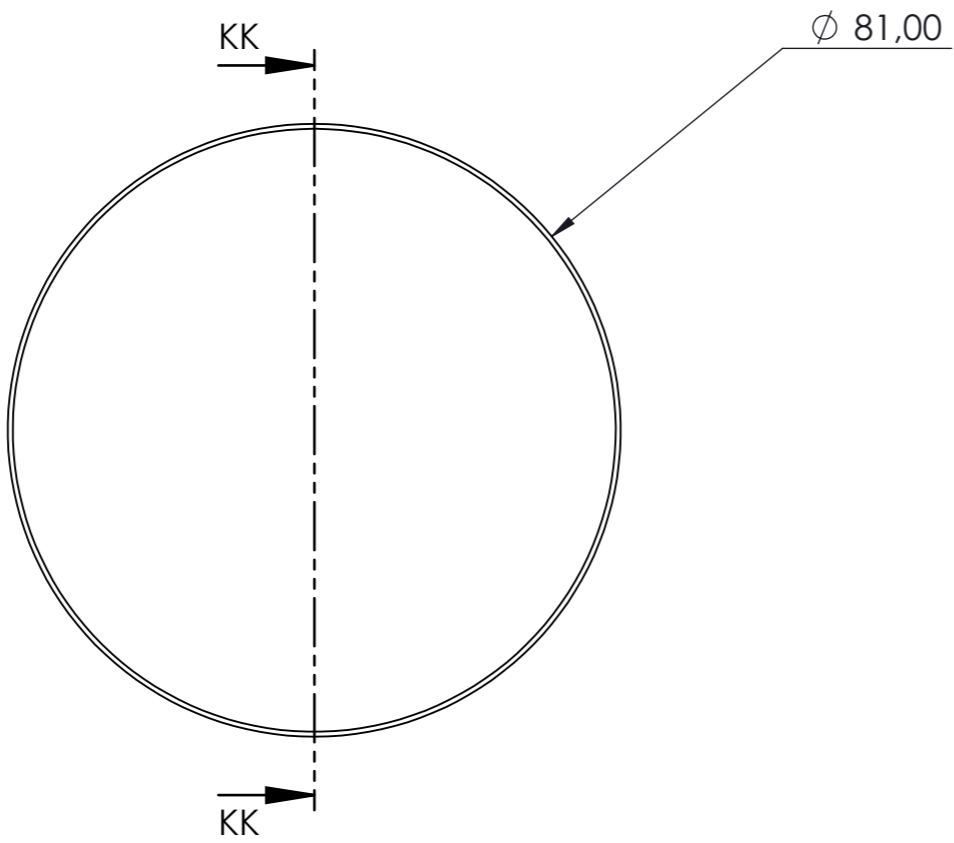
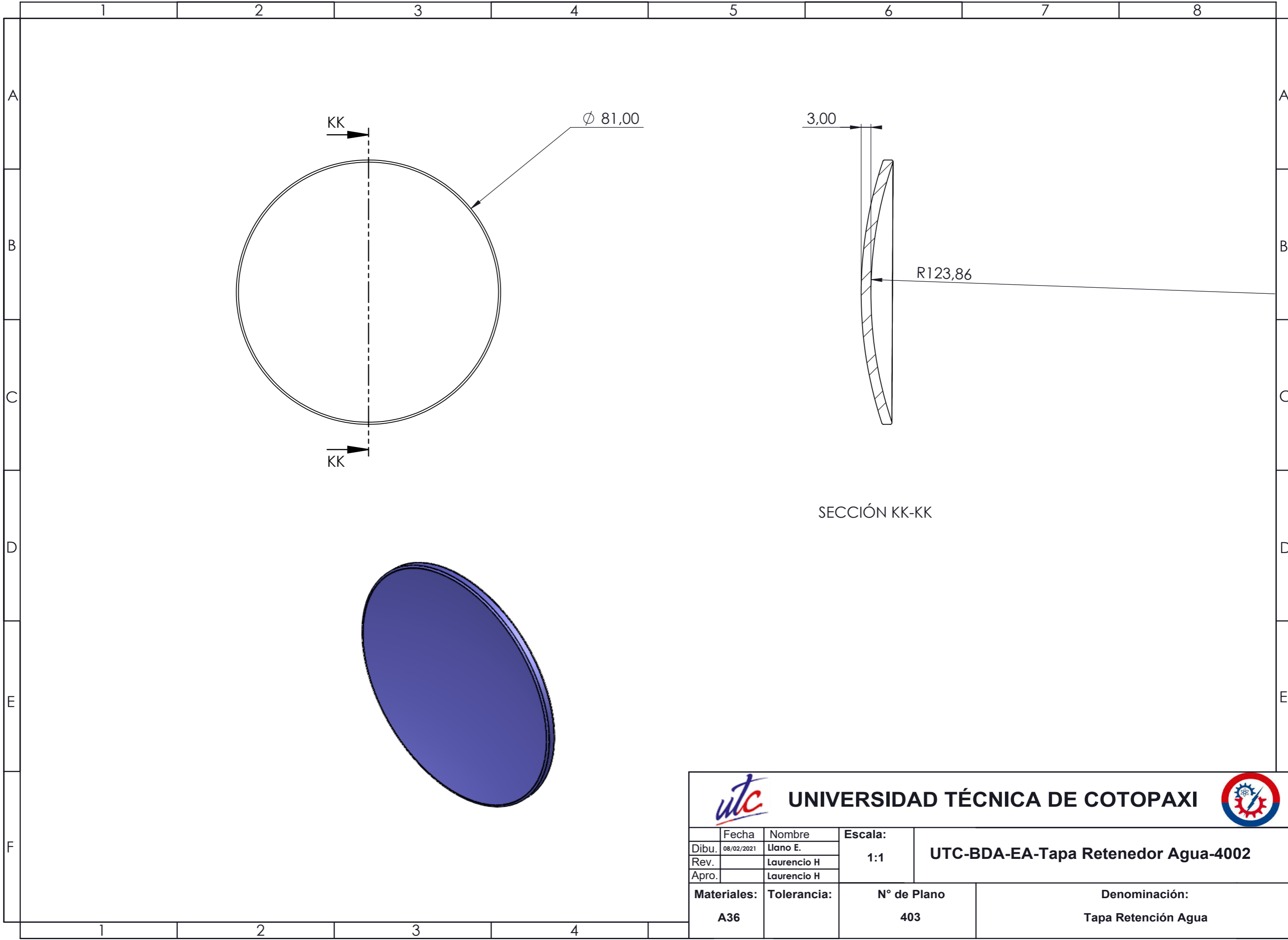
Dibu.	09/02/2021	Nombre	Llano E.	Escala:	UTC-BDA-EA-004-2
Rev.		Nombre	Laurencio H.		
Apro.		Nombre	Laurencio H.		
Materiales:		Tolerancia:		N° de Plano	Denominación:
				401	Elevación de Agua



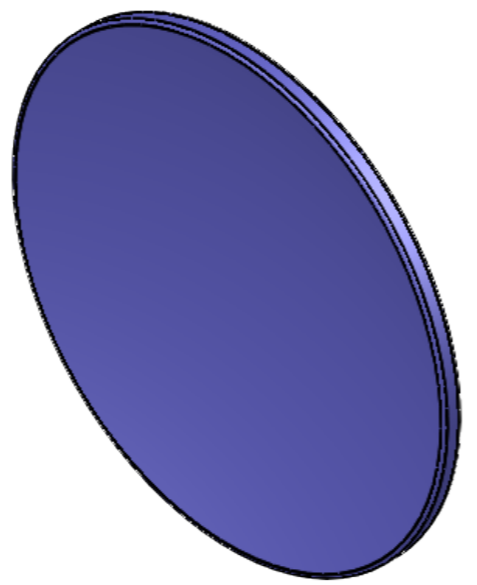
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI





Fecha	Nombre	Escala:	UTC-BDA-EA-Tubería Elevación de Agua-4001
Dibu. 08/02/2021	Llano E.	1:5	
Rev.	Laurencio H.		
Apro.	Laurencio H.	Nº de Plano	Denominación:
Materiales:	Tolerancia:	402	Tubería Elevación de Agua
Tubo Galvanizado			



SECCIÓN KK-KK



		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>		
Fecha	Nombre	Escala:	<b>UTC-BDA-EA-Tapa Retenedor Agua-4002</b>	
Dibu. 08/02/2021	Llano E.			
Rev.	Laurencio H			
Apro.	Laurencio H	1:1		
<b>Materiales:</b>	<b>Tolerancia:</b>	<b>N° de Plano</b>	<b>Denominación:</b>	
<b>A36</b>		<b>403</b>	<b>Tapa Retención Agua</b>	