

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA MERCÁNICA**

### **DISEÑO DE LA EXTENSION TELESCOPICA Y SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE UNA PÉRTIGA DE CORTE HIDRÁULICA PARA PODA DE ÁRBOLES FRUTALES.**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
MECÁNICA**

**LEANDRO PAÚL ESPÍN ORTEGA**

**leandro.espin@epn.edu.ec**

**DIRECTOR: WILSON IVAN GUACHAMIN ACERO**

**wilson.guachamin@epn.edu.ec**

**DMQ, febrero 2023**

## CERTIFICACIONES

Yo, Leandro Paúl Espín Ortega declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

*Leandro Espín*

Leandro Paúl Espín Ortega

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Leandro Paúl Espín Ortega, bajo mi supervisión.

*Wilson Iván Guachamin Acero*

Wilson Iván Guachamin Acero

DIRECTOR

Certificamos que revisamos el presente trabajo de integración curricular.

Revisor 1

Revisor 2

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

Leandro Paúl Espín Ortega

Wilson Iván Guachamin Acero

## DEDICATORIA

Dedico este esfuerzo a las personas que me han formado parte de mi vida universitaria. A mi padre Luis y mi madre Alicia, mis hermanas Pame y Vivi, a mi mejor amiga y roomie de la vida Dani. Y a las mejores personas que tuve la suerte conocer Frank, Marco, Marco G, Daniel, Emy, Gaby, Pris, Vivi, Juanjo, Karen, José, Nancy, Sofy, Josué, Deivid y Nayeli. También a mis compañeros de TIC que siempre fueron grandes amigos, pero en este viaje se convirtieron en mis hermanos Andrés y Sebastián.

## **AGRADECIMIENTO**

Para Andrés y Sebastián gracias por hacer que este viaje haya sido lo mejor de la carrera. A mi hermana Pame gracias ser mi roomie, por ti nunca estuve solo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
INDICE DE FIGURAS .....	IX
INDICE DE TABLAS .....	X
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT .....	XII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO .....	1
1.1 Objetivo general .....	1
1.2 Objetivos específicos .....	1
1.3 Alcance .....	2
1.4 Marco teórico .....	2
1.4.1 Poda de árboles Frutales.....	2
1.4.2 Tipos de Poda .....	3
1.4.3 Herramientas comúnmente utilizadas para Poda.....	3
1.4.4 Poda en altura - Pértigas de Poda.....	5
1.4.5 Sistemas de Potencia para Poda.....	6
1.4.6 Mecanismos telescópicos.....	7
1.4.7 Sistemas de Transmisión.....	7
1.4.7.1 Cadena.....	8
1.4.7.2 Cables .....	8
1.4.7.3 Barra Rígida .....	8
1.4.8 Resistencia Mecánica.....	9

1.4.9	Diseño de columnas a compresión.....	9
2	METODOLOGÍA.....	12
2.1	Etapa 1: Definición del Producto.....	12
2.1.1	Planteamiento y Justificación del Problema.....	12
2.1.2	Análisis Benchmarking.....	14
2.1.2.1	Análisis Competencia 1: ATP-230-410.....	14
2.1.2.2	Análisis Competencia 2: Tijera Bellota 3612.....	15
2.1.3	Casa de la Calidad.....	16
2.1.3.1	Voz del Usuario.....	16
2.1.3.2	Voz del Ingeniero.....	16
2.1.3.3	Resultados Casa de la Calidad.....	17
2.1.3.4	Especificaciones Técnicas.....	18
2.2	Etapa 2: Diseño Conceptual.....	19
2.2.1	Nivel 0.....	20
2.2.2	Nivel 1.....	20
2.2.3	Definición de Módulos.....	21
2.2.4	Solución para cada Modulo.....	22
2.2.4.1	Módulo 1: Extensión Telescópica.....	22
2.2.4.2	Modulo 2: Transmisión.....	26
2.2.5	Solución Virtual Completa.....	30
2.3	Etapa 3: Cálculo y Selección de Componentes.....	31
2.3.1.1	Análisis del Número de Ciclos.....	32
2.3.2.1	Diseño del Tubo externo.....	32
2.3.2.2	Consideraciones de diseño de columnas sometidas a fatiga.....	35
2.3.2.3	Diseño del Tubo interno.....	35
2.3.2.4	Diseño del perno bloqueo.....	36
2.4	Etapa 4: Diseño de Detalle.....	39
2.5	Etapa 5: Construcción y Montaje.....	40

2.5.1	Montaje Módulo 1: Extensión Telescópica.....	40
2.5.2	Montaje Módulo 2: Sistema Transmisión .....	40
2.5.3	Montaje Pértiga de Poda- Integración de Componentes.....	41
3	ResultADOS Y ANÁLISIS.....	41
3.1	Análisis de Costos.....	41
3.1.1	Costos Módulo 1.....	42
3.1.1.1	Costos Materia prima.....	42
3.1.1.2	Costos Fabricación .....	42
3.1.1.3	Costos totales Módulo 1 .....	42
3.1.2	Costos Módulo 2.....	43
3.1.2.1	Costos Materia Prima .....	43
3.1.2.2	Costos Fabricación .....	43
3.1.2.3	Costos Totales Módulo 2 .....	43
3.1.3	Costos Totales Componente .....	44
3.1.4	Resultados generales .....	44
3.2	Pruebas.....	44
3.2.1	Protocolo de Pruebas .....	45
3.2.1.1	Etapa 1: Componente 2 sin ensamblar a los demás componentes.....	45
3.2.1.2	Etapa 2: Componente 2 acoplado a los demás componentes y sin carga	45
3.2.1.3	Etapa 3: Comportamiento componente 2 en pruebas de corte .....	45
3.2.2	Ejecución del protocolo de pruebas.....	45
3.2.2.1	Resultados Etapa 1 .....	45
3.2.2.2	Resultados Etapa 2 .....	46
3.2.2.3	Resultados Etapa 3 .....	46
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
4.1	Conclusiones.....	46
4.2	Recomendaciones.....	47



ANEXO I: Casa de la Calidad.....	50
ANEXO II: Ponderación de Criterios y Evaluación de Alternativas Módulo 1: Sistema de Extensión Telescópico.....	51
ANEXO III: Ponderación de Criterios y Evaluación de Alternativas Módulo 2: Sistema de Transmisión.....	53
ANEXO IV: Protocolo de Pruebas.....	54
ANEXO V: PLANOS.....	56

## INDICE DE FIGURAS

Tabla 1: Herramientas de Poda más utilizadas.....	4
Tabla 2: Tipos de sistemas de potencia para accionamiento de tijeras de Poda.....	6
Tabla 3: Características principales Pértiga de Poda telescópica ATP-230-410. Fuente: BAHCO [12]......	15
Tabla 4: Características principales Pértiga de Poda 3612 de la empresa BELLOTA. Fuente BELLOTA [14]......	16
Tabla 5: Especificaciones Técnicas del sistema de transmisión y Extensión de la.....	19
Tabla 6: Alternativas para el material de Construcción del Módulo 1.....	23
Tabla 7: Alternativas para el mecanismo de Bloqueo del Módulo 1.....	24
Tabla 8: Alternativas Módulo 1: Sistema de Extensión.....	25
Tabla 9: Evaluación por factores ponderados Módulo 1.....	25
Tabla 10: Alternativas para el elemento de transmisión. Módulo 2.....	27
Tabla 11: Alternativas para el Módulo 2: Sistema de Transmisión.....	28
Tabla 12: Evaluación por factores ponderados Módulo 2. Sistema de Transmisión.....	29
Tabla 13: Propiedades del Acero AISI 304.....	33
Tabla 14: Factores Varios para el cálculo de resistencia a la Fatiga.....	38
Tabla 15: Cadenas de Placas Rectas. ISO 606 . [16].....	39
Tabla 16: Costos Materia Prima Módulo 1.....	42
Tabla 17: Costos de Fabricación Módulo 1.....	42
Tabla 18: Costos Totales Módulo 1.....	42
Tabla 19: Costos Materia Prima Módulo 2.....	43
Tabla 20: Costos de Fabricación Módulo 2.....	43
Tabla 21: Costos totales Módulo 2.....	43
Tabla 22: Costos Totales del Componente: Extensión y Transmisión.....	44

## INDICE DE TABLAS

Fig. 1: Tijera de Poda tipo Yunque. Obtenido de F. Irigai [4].	4
Fig. 2: Tijera de Poda de dos manos. Obtenido de F. Irigai [4].	4
Fig. 3: Serrucho de Poda. Obtenido de F. Irigai [4].	4
Fig. 4: Hacha de Mano. Obtenido de Verdecora [3].	5
Fig. 5: Soporte Telescópico para Equipo de Sonido SAMSON LS2. Fuente: SAMSON [6].	7
Fig. 6: Diagrama Modular Pértiga de Poda. Fuente: Propia	13
Fig. 7: a) Pértiga de Poda telescópica y b) Cabezal Giratorio	14
Fig. 8: a) Pértiga de Poda y b) Cabezal de Corte de la tijera Bellota 3612. Obtenido de BELLOTA [15].	15
Fig. 9: Diagrama Nivel 0. Funcionamiento Global del.	20
Fig. 10: Diagrama Nivel 1: Funciones detalladas en paralelo.	21
Fig. 11: División de Modular para el Componente:	22
Fig. 12: Mecanismo de bloqueo por obstrucción. Fuente: Propia	24
Fig. 13: Mecanismo de Bloqueo por fricción. Fuente: Propia	24
Fig. 14: Solución Módulo 1. Extensión Telescópica.	26
Fig. 15: Cadena de Rodillos. Fuente: Propia	27
Fig. 16: Cable de acero. Fuente: Propia	27
Fig. 17: Barra Rígida Perforada. Fuente: Propia	27
Fig. 18: Solución Módulo del Sistema Transmisión	29
Fig. 19: Solución Virtual Completa Componente Extensión y Transmisión	30
Fig. 20: Vista cortada de la pértiga y la Cadena	32
Fig. 21: a) Tubo externo (vista realista) b) DCL del Tubo Externo. Fuente: Propia	33
Fig. 22: Vista al corte de la junta entre el Tubo exterior y el Tubo Interior. Fuente: Propia.	36
Fig. 23: Esfuerzos alternante y medio. Fuente: Propia	37
Fig. 24: Mecanismo de Extensión: Fuente Propia	40
Fig. 25: Mecanismo de Transmisión. Fuente: Propia	41
Fig. 26: Pértiga de Poda: Integración Componentes Potencia, Corte, Extensión y Transmisión. Fuente: Propia	41

## RESUMEN

En este Trabajo de Integración Curricular (TIC) se presenta del diseño y construcción de un sistema de Extensión y Transmisión para una pértiga de Poda Hidráulica. Este TIC funciona en conjunto con dos componentes adicionales: Módulo de Corte y Módulo Hidráulico.

Para el diseño se utilizó un proceso de 5 etapas: 1.-Definición del Producto, 2.-Diseño Conceptual, 3.-Cálculo y Selección de componentes, 4.-Elaboración de Planos, 5.- Construcción y Montaje.

Una herramienta importante utilizada fue la Metodología de la Casa de la Calidad con la que se logró integrar los requerimientos del cliente y los criterios de ingeniería. Para los cálculos se utilizó principalmente 2 criterios de diseño: Teoría de la Estabilidad y Diseño a Fatiga.

Para la construcción se utilizó como material principal Acero Inoxidable AISI 304 para la resistencia en las condiciones del exterior y para la transmisión se utilizó el proceso de impresión 3D de Modelado por Deposición Fundida (FDM). Para trabajar el Acero Inoxidable se utilizó tecnologías de mecanizado disponibles en el país.

Finalmente se obtuvo un prototipo con las siguientes especificaciones técnicas: Capacidad de Extensión de 1.75 m a 2.50m. Transmisión por cadena de Rodillo con actuador Hidráulico. Factor de amplificación de fuerza de 32. Alta resistencia a las condiciones del exterior. Peso del Componente Extensión y Transmisión 2.3 kg. Peso total de la Pértiga Hidráulica 5.3 kg.

## ABSTRACT

This project shows the design and construction of an Extension and Transmission system for a Hydraulic Pruning Pole. This project is a system component in conjunction with two additional components the cutting and hydraulic modules.

A 5-stage process was used for the design: 1.-Product Definition, 2.-Conceptual Design, 3.-Component Calculation and Selection, 4.-Drawing, 5.-Construction and Assembly.

An important tool used was the House of Quality Methodology, which was used to integrate the client's requirements and the engineering criteria. Two main design criteria were used for the calculations: Stability Theory and Fatigue Design.

For the construction, AISI 304 Stainless Steel was used as the main material for resistance in outdoor conditions. For the manufacturing process of the stainless steel, machining technologies available in the country were used. The transmission prototype was made using the 3D printing process of Fused Deposition Modeling (FDM).

Finally, a prototype was obtained with the following technical specifications: Extension capacity from 1.75 m to 2.50m. Transmission by roller chain with hydraulic actuator. Force amplification factor of 32. High resistance to outdoor conditions. Weight of Extension and Drive Component 2.3 kg. Total weight of Hydraulic Pole 5.3 kg.

# **1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO**

En este componente se desarrolla el diseño y construcción de la extensión telescópica y transmisión para una pértiga de corte hidráulica. Se han considerado aspectos técnicos, funcionales y ergonómicos que permitan crear un producto competitivo con las opciones disponibles en el mercado.

Este proyecto surge de la necesidad de desarrollar una alternativa que permita facilitar y mejorar el proceso de poda en altura mejorando aspectos como velocidad y agilidad. Con el uso de este equipo también se pretende aumentar la seguridad en los procesos de poda en altura al evitar que el operador tenga que escalar al árbol mediante elementos externos como escalera o arneses que no tienen brindan una base estable en las condiciones del campo.

Con este propósito se ha realizado una revisión del estado del arte sobre pértigas de poda, normativa relacionada y benchmarking de algunos equipos similares disponibles en el mercado. Esto ha permitido establecer especificaciones que el equipo debe cumplir como objetivo de diseño.

El diseño incluye aspectos ergonómicos pertinentes para el manejo de herramienta manual, específicamente para este componente se requiere garantizar un peso manejable para la jornada de trabajo, un agarre cómodo para los mecanismos que permiten manipular la longitud de la pértiga. Como parte del diseño se realiza el cálculo de los componentes mecánicos en base a las solicitaciones mecánicas existentes en el proceso de poda.

En base al diseño propuesto se realiza la construcción del prototipo para los componentes de extensión telescópica y transmisión, para su posterior ensamble con los módulos de corte y sistema hidráulico.

## **1.1 Objetivo general**

Diseñar y Construir el mecanismo de extensión telescópica y transmisión para una podadora hidráulica manual de árboles frutales.

## **1.2 Objetivos específicos**

1. Establecer las especificaciones técnicas del mecanismo de extensión y Transmisión, según las necesidades del usuario.

2. Elaborar una propuesta de diseño que cumpla con las especificaciones técnicas planteadas.
3. Elaborar planos de conjunto, subconjunto y taller de los elementos diseñados.
4. Construir un prototipo funcional a partir de la propuesta de diseño.
5. Realizar una evaluación de los costos para la construcción del mecanismo.

### **1.3 Alcance**

Este proyecto contempla el diseño de los módulos de extensión telescópica y transmisión para una pértiga de poda manual con accionamiento hidráulico. Dentro del proceso de diseño se realiza un análisis funcional. Luego se realiza una selección alternativa y se plantea una solución virtual. A partir de esto se realiza el diseño de detalle que consiste en el cálculo de los elementos y elaboración de planos. Finalmente se realiza la construcción de un prototipo unido al componente de A. Alarcón y S. Casco para la ejecución de pruebas de campo.

Este proyecto no incluye el diseño de los procesos de manufactura del equipo, solo hasta la elaboración del prototipo.

### **1.4 Marco teórico**

#### **1.4.1 Poda de árboles Frutales**

Definición: La poda consiste en la eliminación tecnificada de las ramas de un árbol o arbusto [1] con el objetivo de:

1. Regularizar su fructificación
2. Darle y conservar su forma
3. Vigorizarlo o rejuvenecerlo

Importancia de la Poda

Mediante la implementación de técnicas de poda apropiadas se consigue darle forma a la especie, y en algunos casos adaptarla a las condiciones de cultivo, sin embargo, el principal objetivo de la poda es conseguir mejores resultados productivos [1]. Esto no solo implica aumentar la producción, sino regularla, consiguiendo una producción estable.

### **1.4.2 Tipos de Poda**

Poda de Formación: Con este procedimiento se consigue mejorar la disposición de ramas con el objetivo de facilitar las labores posteriores y también se busca obtener una planta bien equilibrada. La poda de formación se realiza desde las etapas más tempranas cuando la planta aún es un brote al elegir las ramas principales que darán forma al esqueleto de la planta y consecuentemente eliminando a las ramas competidoras tempranas [2].

Poda de floración: Es realizada sobre árboles adultos y se utiliza para controlar la producción de nuevas flores lo que incide en la producción de frutos. Permite también regular la relación entre la actividad vegetativa y productiva del árbol frutal [2]. Además, mediante esta poda se busca conservar la forma conseguida mediante la poda de floración.




Poda de rejuvenecimiento: Como su nombre lo indica el objetivo de este tipo de poda revigorar árboles que se encuentran cerca del final del ciclo productivo, así como también recuperar a los que presenten errores de formación, poca floración o especímenes decaídos y descuidados [2].


### **1.4.3 Herramientas comúnmente utilizadas para Poda**

La poda se realiza con el uso de una gran diversidad de herramientas según las necesidades del cultivo, a continuación, en la **Tabla 1**, se muestran algunas de las herramientas de poda más utilizadas.



Tabla 1: Herramientas de Poda más utilizadas.

Descripción	Imagen
<p>En la <b>Fig. 1</b> se observa Tijera de Poda Tipo Yunque. Este tipo de tijera se utiliza para ramas de poco grosor y en baja altura. Estas tijeras se clasifican en 2 tipos [3] :</p> <p>Tijeras de Yunque: Una de las cuchillas se mantiene fija y actúa como soporte</p> <p>Corte deslizante: Existe movimiento relativo entre las cuchillas lo que permite un movimiento de cizalla.</p>	 <p><i>Fig. 1: Tijera de Poda tipo Yunque. Obtenido de F. Irigai [4].</i></p>
<p>En la <b>Fig.2</b> se observa una Tijera de Poda de dos Manos. Esta herramienta permite alcanzar ramas de mayor altura y además por el efecto palanca de los brazos permite podar ramas de grosores hasta 25mm.</p>	 <p><i>Fig. 2: Tijera de Poda de dos manos. Obtenido de F. Irigai [4].</i></p>
<p>En la <b>Fig. 3</b> se observa un Serrucho de Poda, esta herramienta puede ser tanto de hoja curva como recta, sus dientes trabados realizan un trabajo de desgarre y se utilizan principalmente para podas en altura, para ramas de gran grosor superior a los 4 cm.</p>	 <p><i>Fig. 3: Serrucho de Poda. Obtenido de F. Irigai [4].</i></p>

<p>Hacha de Mano</p> <p>-Se utiliza para ramas de grosor considerable que no sería posible cortarlas con otra herramienta</p>	 <p><i>Fig. 4: Hacha de Mano. Obtenido de Verdecora [3]</i></p>
---	---

#### 1.4.4 Poda en altura - Pértigas de Poda

Uno de los principales problemas de la poda especialmente para los árboles frutales de gran tamaño es el alcance el personal a las ramas en altura. Para esto normalmente se utilizan arneses y escaleras, las cuales, si bien permiten tener el alcance necesario traen consigo otros riesgos. En particular son tres los problemas asociados a esta solución.

- Problema 1: Existe mayor riesgo en la seguridad del usuario al existir posibilidad de tener accidentes laborales como caída desde grandes alturas lo que puede provocar graves lesiones al personal.
- Problema 2: Se puede dañar irreversiblemente a las ramas sobre las cuales se apoyan los equipos de soporte como escaleras y arneses.
- Problema 3: Poca eficiencia en el manejo del tiempo puesto que el proceso de poda se vuelve tedioso y lento al tener que mover la escalera por toda la circunferencia del árbol para lograr alcanzar el objetivo de Poda.

Por estas razones se inventaron en un inicio rudimentariamente tijeras acopladas al extremo de una barra y accionadas mediante una cuerda, las cuales ahora se conocen como pértigas de poda. Con el tiempo el diseño de este tipo pértigas ha ido mejorando y se han solucionado los problemas del primer diseño.

Algunos problemas que persisten en este tipo de equipos son los siguientes: el cable utilizado para accionar la tijera se enreda constantemente con otras ramas menores, además no existe un sistema de transmisión de potencia que permita reducir el esfuerzo del operario. Hoy en día algunas soluciones colocan el mecanismo de transmisión por

dentro de la pértiga y además se colca un sistema de poleas por dentro lo que permite elevar la fuerza ejercida facilitando así el trabajo para el operador.

#### 1.4.5 Sistemas de Potencia para Poda

En la actualidad también se han realizado grandes mejoras al considerar la posibilidad de utilizar sistemas eléctricos, neumáticos y también hidráulicos para el accionamiento de la cuchilla, lo cual implica que el usuario activa los actuadores al enviar una señal mediante el accionamiento de un switch.

Ventajas y desventajas de las Pértigas de Poda semiautomáticas

En la **Tabla 2** se describen los tres tipos de accionamiento para las pértigas de poda semiautomáticas: Eléctricas, Neumáticas, Hidráulicas.

*Tabla 2: Tipos de sistemas de potencia para accionamiento de tijeras de Poda*

Tipo de Accionamiento	Ventajas	Desventajas
<b>Eléctrico</b>	El sistema es relativamente simple ya que se utiliza un motor reductor para enrollar un cable y accionar el mecanismo de corte.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Requiere portar un banco de baterías</li> <li>-Poca resistencia a las condiciones externas debido a componentes eléctricos.</li> <li>-Poca disponibilidad de fuentes de energía eléctrica en el campo</li> <li>-Autonomía reducida</li> <li>-Peso elevado por las baterías.</li> </ul>
<b>Neumático</b>	Ventaja Mecánica al usar un pistón neumático. El corte es amortiguado por la presión del aire en el interior del pistón.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Requiere el uso de un compresor que debe ser portado en carritos [5].</li> <li>-Se necesita de acceso a fuentes de energía para alimentar el compresor</li> <li>-Peso debido a los accesorios.</li> <li>-Accionamiento más lento</li> </ul>
<b>Hidráulico</b>	Mayor velocidad Presentan mayor simplicidad que los sistemas neumáticos [5].	Requieren de una fuente hidráulica que debe acompañar a los operarios [5].

### 1.4.6 Mecanismos telescópicos

Los mecanismos telescópicos permiten contener elementos de larga extensión en un espacio reducido lo cual permite mejorar su transportabilidad y hacer un uso más eficiente del espacio, también permiten versatilidad para condiciones de trabajo en diferentes alturas. Uno de los ejemplos más básicos de esta aplicación se presenta en la **Fig. 5**.



*Fig. 5: Soporte Telescópico para Equipo de Sonido SAMSON LS2. Fuente: SAMSON [6].*

El soporte para parlantes consiste tubo central apoyado en un trípode, dentro de este tubo se coloca un vástago deslizante cuya altura es regulada mediante un sistema de bloqueo que puede ser por fricción o por interferencia dependiendo de la carga para la cual es diseñado.

### 1.4.7 Sistemas de Transmisión

Un sistema de transmisión es un mecanismo que permite transmitir la potencia (fuerza o velocidad) desde una fuente de energía mecánica hacia un actuador para realizar un trabajo en específico. Se pueden mencionar varios elementos que permiten efectuar esta funcionalidad como son los sistemas de engranes, transmisión por cadena, y transmisión por correa, cable de acero y barra rígida (Brazo). De los mecanismos mencionados los sistemas de engrane y correa se usan para transmitir un movimiento rotacional de una fuente como un motor hacia otro eje [7], mientras que la transmisión por cadena, cable de acero y barra rígida pueden ser usados para la transmitir un movimiento lineal. Para este proyecto se necesita un mecanismo de transmisión lineal pues la fuente de potencia mecánica es un pistón hidráulico. A continuación, se detallan las características la transmisión por cadena, cable de acero y barra

#### **1.4.7.1 Cadena**

Una cadena es un elemento mecánico compuesto por eslabones. La cadena si bien puede ser utilizada para transmitir un movimiento giratorio, desde un eje hacia otro [7], también puede ser usada para la transmisión de movimientos lineales si se la usa en tensión. Las cadenas tienen versatilidad para el control de su longitud pues se pueden añadir o reducir eslabones.

Algunas ventajas del uso de cadenas para transmitir movimiento son: permiten transmitir movimiento de forma suave y con un costo relativamente bajo [7] y son elementos fácilmente disponibles en el mercado.

#### **1.4.7.2 Cables**

Los cables como sistema de transmisión son usados para transmitir movimiento de forma lineal y generalmente se utilizan junto con tambores para recoger el cable. Debido a su resistencia a la tensión uso se da principalmente en aplicaciones que requieren una elevada carga de tracción en el cable [8]. Algunos usos de los cables son: elevación de carga en grúas, polipastos, tarabitas y frenos.

Las ventajas del uso de cables como sistema de transmisión es su flexibilidad en la ruta del cable, pues no se requiere que la fuente y el elemento actuador estén alineados, como el caso de las poleas y engranes. Esta flexibilidad se logra de dos maneras, primero se puede colocar poleas adicionales que permitan el giro del cable por lo tanto cambiar la dirección en que se aplica tensión, como en el caso de polipastos. Por otro lado, también se puede encapsular el cable dentro de una manguera semi rígida que al restringir la longitud de cable interna permite transmitir el movimiento desde la fuente hasta la posición del actuador, un ejemplo de esto es el caso de los frenos de motocicleta.

#### **1.4.7.3 Barra Rígida**

Una barra rígida es un elemento que permite transmitir movimientos tanto lineales como circulares, o transformar entre este tipo de movimientos. Un ejemplo de esto es en el mecanismo biela manivela, en ese caso la manivela permite transformar el movimiento de lineal de por ejemplo un pistón en un movimiento circular hacia la biela. Las barras rígidas son también usadas en mecanismos como puertas automáticas, mecanismos de retorno rápido entre otros.

### 1.4.8 Resistencia Mecánica

Para este proyecto se va a requerir el cálculo de resistencia de elementos sometidos a distintos estados de carga. Para este proyecto se requiere el cálculo de elementos sometidos a cargas de Compresión, Tensión y Corte. El material que se utiliza para la fabricación del prototipo es el Acero AISI 304 cuyo módulo de elasticidad  $E$  es de  $1\,992\,500\text{ kg/cm}^2$  y su resistencia a la fluencia  $S_y$  es de  $2\,197\text{ kg/cm}^2$  [9].

### 1.4.9 Diseño de columnas a compresión.

Para el diseño de elementos a compresión se tomará como base la metodología de diseño por estabilidad de la AISC 14va edición [10]. La aplicación de las ecuaciones presentadas a continuación se muestra en las secciones **2.3.2.2 y 2.3.2.3**.

Se ha optado por utilizar la metodología de diseño por estabilidad, debido a que la pértiga básicamente consiste en un elemento esbelto sujeto a esfuerzos de compresión debido a las reacciones que produce a la tensión del elemento de transmisión. Por este motivo la pértiga principalmente se comporta como una columna.

El diseño de columnas de la AISC se realiza siguiendo los lineamientos del Capítulo E de la AISC [10]. Según este manual la carga de diseño de un elemento en compresión debe cumplir con la condición de **(Ec.1)**:

$$C_d \leq \frac{P_n}{F.S.} \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

$C_d =$  Carga de Diseño

$P_n =$  Resistencia a la compresión nominal

$F.S =$  Factor de Seguridad al menos 1.67

El valor de  $P_n$  se calcula de la siguiente manera

$$P_n = F_{cr} * A_g \quad (\text{Ec.2})$$

Donde:

$F_{cr} =$  Fuerza Crítica de resistencia a la Compresión

$A_g =$  Área efectiva de la sección transversal

$F_{cr}$  se calcula de la siguiente manera, dependiendo de la condición que cumpla

$$\text{Condición 1: Si } \frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (\text{Ec.3})$$

Entonces:

$$F_{cr} = \left[ 0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y \quad (\text{Ec.4})$$

$$\text{Condición 2: Si } \frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (\text{Ec.5})$$

Entonces

$$F_{cr} = 0,877 F_y \quad (\text{Ec.6})$$

Donde:

$F_e = \text{Tensión de Pandeo Elástico}$

Este valor es calculado según la siguiente ecuación:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (\text{Ec.7})$$

Donde  $\frac{KL}{r}$  es la relación de esbeltez según la condición de carga

El factor de  $K$  se obtiene del análisis del apoyo en el extremo,  $L$  es la longitud efectiva del Elemento y  $r$  es el radio mínimo de giro.

#### 1.4.10 Diseño a Corte

En este proyecto se tiene un elemento sometido a carga cortante el cual es un perno de bloqueo (**ver sección 2.3.2.4**). Este elemento será diseñado a fatiga y se utilizará el criterio de Goodman modificado que se muestra en la ecuación. Obtenido de Shigley [11].

$$\frac{\tau_a}{S_{se}} + \frac{\tau_m}{S_{su}} = \frac{1}{n_{fs}} \quad (\text{Ec.8})$$

Donde:

$\tau_a$  : Esfuerzo cortante alternante

$\tau_m$ : Esfuerzo cortante medio

$S_{se}$ : Límite de fatiga al cortante del elemento

$S_{su}$ : Esfuerzo último cortante

$n_{fs}$ : Factor de seguridad al cortante



## **2 METODOLOGÍA**

Para el desarrollo de este proyecto se utilizarán los principios de la ingeniería concurrente. La cual se define como la forma de llevar a cabo el diseño, desarrollo, y servicio de un producto, integrando 3 ejes fundamentales: el producto, el recurso humano y el recurso material [12].

Desde esta base a las propuestas de ingeniería concurrente se plantea una estrategia de 5 etapas:

Etapa 1: Definición del Producto

Etapa 2: Diseño Conceptual

Etapa 3: Cálculo y Selección de componentes

Etapa 4: Diseño de Detalle

Etapa 5: Construcción y Montaje

En las siguientes secciones se desarrollará cada una de estas etapas

### **2.1 Etapa 1: Definición del Producto**

El objetivo de esta etapa del problema es definir al producto en su conjunto [12]. Como resultado de esta etapa se va a elaborar un documento con las especificaciones que debe cumplir el producto de forma global, sin centrarse aún en proponer soluciones específicas.

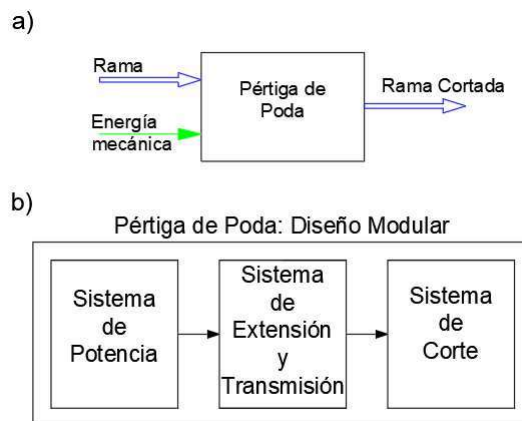
Para lograr definir el producto primero se va a plantear el problema, se realizará un análisis de las soluciones existentes en el mercado también conocido como benchmarking y finalmente se utilizará una herramienta para sintetizar la información obtenida conocida como Casa de la Calidad.

#### **2.1.1 Planteamiento y Justificación del Problema**

La poda de árboles es una actividad prácticamente obligatoria para las empresas, personas y familias que se dedican a la producción agrícola. Mediante la poda se logra aumentar la productividad y facilitar proceso de producción. Algunas de las etapas de la producción que se optimizan gracias a la poda son labores de riego, polinización y cosecha.

La propuesta de diseño de una pértiga de poda surge de la necesidad de proveer a los agricultores de una herramienta que les permita realizar la poda de forma rápida y segura. Además, el uso de una pértiga para poda en altura permitirá mejorar dos aspectos importantes de la labor de poda. En primer lugar, mejorar la seguridad para el trabajador al momento de realizar la tarea pues se evitar  el uso de escaleras que en el campo no cuentan con un apoyo estable, siendo esto un riesgo activo para cualquier agricultor. Un segundo aspecto importante es que usando un mecanismo de pértiga se va a reducir el daño que sufre el árbol o arbusto durante la poda. Normalmente una persona tendría que apoyar elementos de sujeción como escaleras o cuerdas, y en otras circunstancias incluso trepar por las ramas del árbol para alcanzar las ramas que deben ser podadas.

Por lo anteriormente expuesto se propone la construcción de una pértiga de poda, la cual consiste en una tijera colocada en el extremo de una barra y que será accionada por el usuario desde el nivel de suelo, mediante un mecanismo de potencia. La pértiga se puede dividir en los siguientes 3 módulos con las funciones descritas en la **Fig. 6**.



*Fig. 6: Diagrama Modular Pértiga de Poda. Fuente: Propia*

Como se puede observar en la **Fig. 6** en a) se presenta el diagrama funcional de la pértiga de poda hidráulica la cual usa energía mecánica para cortar(podar) ramas. En b) se presentan los 3 módulos principales que definen el funcionamiento de la pértiga para poda, los cuales son sistema de Potencia, Sistema de Extensión y Transmisión, y Sistema de Corte. Este trabajo se centrará en el desarrollo del componente conocido como: Sistema de Extensión y Transmisión. Este componente se encarga de proveer a la tijera de una longitud extensible para alcanzar las ramas altas, además funciona como un

elemento protector del sistema de transmisión. Es precisamente de esta funcionalidad que se requiere de un sistema de transmisión que se pueda adaptar a diferentes longitudes de trabajo de la pértiga.

### 2.1.2 Análisis Benchmarking

Se revisará 2 soluciones existentes en el mercado nacional o internacional para evaluar su fortalezas y debilidades con respecto al problema planteado.

#### 2.1.2.1 Análisis Competencia 1: ATP-230-410

El producto que va a ser analizado es la tijera de poda de una mano tipo bypass de largo alcance, extensible conocida como Tijera 230-410 la cual es producida por la empresa BAHCO [13]. En la **Fig. 7** se puede observar una imagen del equipo ATP-230-410.

a) Equipo ATP-230-410



b) Cabezal Giratorio ATP-230-410



*Fig. 7: a) Pértiga de Poda telescópica y b) Cabezal Giratorio del equipo ATP-230-410. Obtenido de BAHCO [13].*

El equipo ATP-230-410 que se puede observar en el apartado **a)** de la **Fig. 7** tiene un cuerpo construido en aluminio lo que le permite ser ligera y manejable. Esta pértiga está diseñada para cortar ramas de hasta 32mm de diámetro, y la extensión del mecanismo telescópico puede llegar hasta los 4m de longitud. El mecanismo de accionamiento se basa en el principio de polea. Este equipo cuenta con un cabezal giratorio cuyo detalle se observa en el apartado **b)** de la **Fig. 7** tiene una libertad de movimiento de 230° lo que permite acceder a zonas complicadas durante el proceso de poda.

Las especificaciones y características más importantes de ATP-230-410 como competencia se presentan a continuación en la **Tabla 3**.

Tabla 3: Características principales Pértiga de Poda telescópica ATP-230-410. Fuente: BAHCO [13].

Característica	Valor
Material	Aluminio
Largo	2-4 m
Capacidad de Corte (diámetro)	32 mm
Transmisión	Tipo Cable (Cuerda)
Accionamiento	Deslizante
Potencia	Mecánica tipo polea

### 2.1.2.2 Análisis Competencia 2: Tijera Bellota 3612

El equipo analizado es la Tijera Bellota 3612 la cual es producida por la empresa Bellota [14]. Los detalles de esta Tijera de Poda se pueden observar en la **Fig. 8** a continuación.

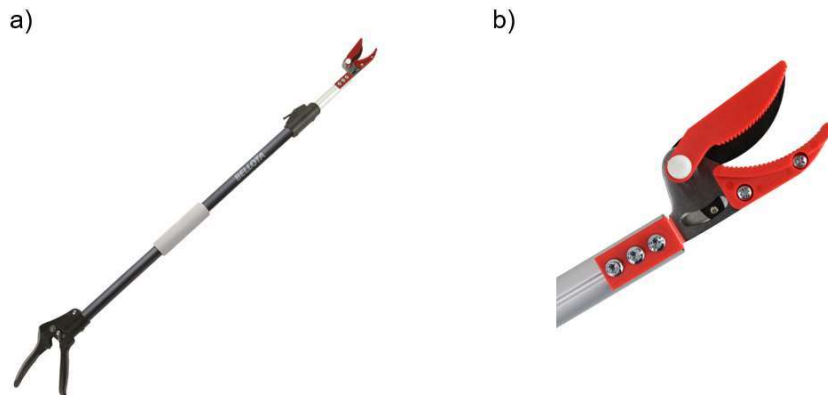


Fig. 8: a) Pértiga de Poda y b) Cabezal de Corte de la tijera Bellota 3612. Obtenido de BELLOTA [15].

La pértiga de poda presentada en el apartado **a)** de la **Fig.8** tiene una longitud extensible de 1m a 1,6 m de longitud, y está fabricada en aluminio. Posee, una tijera de tipo *cut and hold*, es decir permite que la rama cortada sea sostenida por la tijera después del corte, el uso de este mecanismo se da para cosecha de fruta evitando el desperdicio golpes y en la poda al evitar que la rama caiga sobre el usuario.

Las especificaciones y características más importantes del equipo Bellota 3612 como competencia se presentan a continuación en la **Tabla 4**.

*Tabla 4: Características principales Pértiga de Poda 3612 de la empresa BELLOTA. Fuente BELLOTA [15].*

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Material	Aluminio
Largo	1-1,6 m
Capacidad de Corte (diámetro)	10 mm
Transmisión	Tipo Cable (Cuerda)
Accionamiento	Manilla
Potencia	Mecánica directa

### **2.1.3 Casa de la Calidad**

La casa de la calidad es una herramienta que permite cualitativamente analizar los requerimientos de la voz del usuario y de la voz del ingeniero, esto con el objetivo de integrar las dos perspectivas y lograr una solución viable.

Para este proyecto se va a realizar un análisis de Casa de la calidad del sistema de extensión y transmisión como se presentó en la **sección 2.1.1 (Fig.6)**.

#### **2.1.3.1 Voz del Usuario**

El usuario plantea los siguientes requerimientos que debe tener el equipo:

- Que permita alcanzar ramas de una altura de al menos 2 metros.
- Que sea liviano
- Que no se enrede entre las ramas
- Que sea resistente al agua
- Que sea de fácil mantenimiento
- Que se pueda transmitir la fuerza

#### **2.1.3.2 Voz del Ingeniero**

En base al análisis ingenieril se plantean los siguientes requisitos para la pértiga:

- Peso

- Extensible
- Mantenimiento
- Costo
- Material
- Resistencia
- Fabricación

### **2.1.3.3 Resultados Casa de la Calidad**

El diagrama de la Casa de la Calidad se presenta en el **Anexo I**. Mediante este análisis se han obtenido los siguientes criterios de ingeniería que debe cumplir la pértiga extensible y el sistema de transmisión para satisfacer las necesidades del usuario.

- Peso

Debido a los principios del diseño ergonómico se debe proveer de una solución que pueda ser manipulada por el usuario sin la necesidad apoyos externos. Por este motivo se plantea que el mecanismo de extensión y transmisión no supere un peso de 2.5 kg.

- Extensible

La pértiga debe tener un sistema de extensión que permita variar su longitud para lograr versatilidad en su uso cortando ramas de baja altura 1 m y también rama de mayor altura hasta 2 m.

- Mantenimiento:

El diseño debe permitir ensamblar y desensamblar los componentes con el fin de realizar limpieza, ajustes y lubricar elementos móviles.

- Costo:

Se debe realizar el diseño considerando los costos de manufactura y disponibilidad de elementos normalizados, de tal manera que el costo final se adapte al nivel adquisitivo del mercado nacional.

- Selección de Materiales:

Se debe proveer de una solución que utilice materiales disponibles en el mercado nacional, y que la selección de esos materiales considere facilitar la fabricación usando materiales con altos niveles de soldabilidad y maquinabilidad.

- Resistencia:

Se debe considerar que la pértiga será expuesta a condiciones climáticas de exteriores. Además, soportará unos niveles de esfuerzo bastante altos pues la carga de diseño que se plantea alcanzar para el sistema de transmisión es de  $340kgf$ . Tanto los elementos de la transmisión como la estructura del sistema de extensión deben soportar las fuerzas de reacción al accionar los actuadores hidráulicos.

- Fabricación:

Que los procesos de manufactura puedan ser realizados en el país, con la maquinaria disponible. En el caso de los elementos normalizados se debe priorizar aquellos disponibles en el mercado nacional.

#### **2.1.3.4 Especificaciones Técnicas**

Del análisis anterior se ha propuesto las siguientes especificaciones técnicas presentadas en la **Tabla 5** para la pértiga de poda en altura, en específico para el sistema de transmisión y extensión.

Tabla 5: Especificaciones Técnicas del sistema de transmisión y Extensión de la

Pértiga de Poda Telescópica. Fuente: Propia

<b>Empresa Cliente:</b> Escuela Politécnica Nacional		<b>Producto:</b> Mecanismo de Extensión y Transmisión		<b>Fecha Inicial:</b> 25/11/2022
<b>DISEÑADOR:</b> Leandro Paúl Espín Ortega				<b>Última revisión:</b> 02/03/2023
<b>Especificaciones</b>				
<b>Concepto</b>	<b>Fecha</b>	<b>Propone</b>	<b>R/D</b>	<b>Descripción</b>
Peso		D	D	Peso no mayor a 2.5 [Kg]
Longitud		D+C	R	Longitud extensible de 1.5 a 2.5 [m]
Costo		M	D	Costo no mayor a 150\$ para el prototipo
Material		D+F	R	Maquinable
		D+F	R	Soldable
		D+C	D	Liviano
Resistencia		D	R	Resistencia Mecánica
		D+C	D	Resistencia a la Corrosión
Mantenimiento		D	D	Piezas desmontables
<b>Nota:</b>				
<b>Propone:</b> C = Cliente; M = Marketing; D = diseño; F = Fabricación				
<b>R/D:</b> R = Requerimiento; MR = Modificación de requerimiento; NR = Nuevo requerimiento;				
D = Deseo; MD = Modificación de deseo; ND = Nuevo deseo				

## 2.2 Etapa 2: Diseño Conceptual

En esta etapa se elabora una serie de diagramas que permiten descomponer el problema en partes más sencillas a las cuales es más fácil encontrar una solución particular, esto se conoce como diagramas funcionales, y se definen en los niveles 0 y 1, según el grado de especificación.

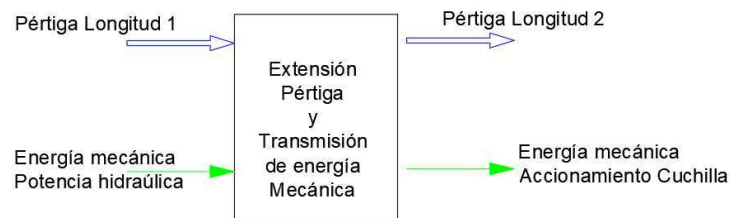
Para los módulos, obtenidos en esta etapa se plantearán soluciones virtuales realizando una evaluación de alternativas. Para evaluarlas, se utilizará la metodología conocida como método ordinal por criterios ponderados.



Como resultado de esta etapa se obtiene una solución virtual en torno a la cual se centrará la siguiente etapa del proceso.

### 2.2.1 Nivel 0

En el nivel 0 del análisis funcional se va a presentar la función global del componente desarrollado es decir del sistema de extensión y transmisión de la pértiga de poda hidráulica. Esta información se presenta en la **Fig. 9**.



*Fig. 9: Diagrama Nivel 0. Funcionamiento Global del Sistema de Extensión y Transmisión. Fuente: Propia*

En este nivel se propone como variables de entrada la energía mecánica producida mediante potencia hidráulica proveniente del módulo sistema de potencia (**ver Fig. 6**) y también la pértiga de poda en un estado 1 (longitud 1). Como variables de salida se obtiene la energía mecánica transmitida hacia el sistema de corte y la pértiga en un estado 2 (longitud 2).

### 2.2.2 Nivel 1

En el nivel 1 se muestra la función global en mayor detalle. Para representar correctamente la función del componente a diseñar se ha representado los dos principales procesos que debe cumplir en dos rutas paralelas. Ver **Fig. 10**.

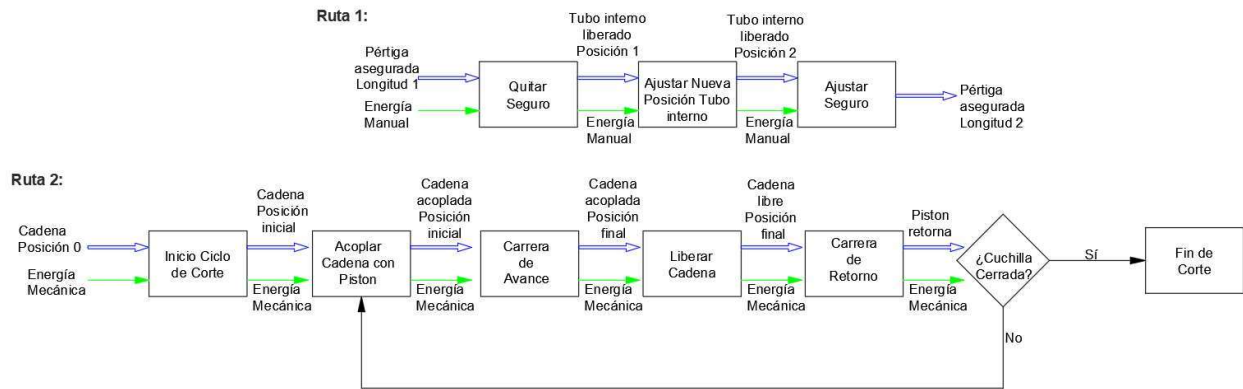


Fig. 10: Diagrama Nivel 1: Funciones detalladas en paralelo del sistema de transmisión y Extensión. Fuente: Propia

En la Ruta 1 de la **Fig. 10** se presenta el análisis funcional del mecanismo de extensión telescópica. Este es el proceso que permite llevar la pértiga desde una longitud 1 hasta una longitud 2. En la Ruta 2 **Fig. 10** se presenta el proceso ejecutado por el mecanismo de transmisión. En esta ruta la potencia mecánica proveniente del actuador hidráulico o pistón y se transmite en un ciclo hasta el mecanismo de corte. Este proceso se hace en un bucle puesto que el corte no se realiza en una sola carrera del mecanismo de potencia, sino que se requieren hasta 8 carreras para la rama más gruesa, por lo cual la cuchilla se cierra por etapas.

### 2.2.3 Definición de Módulos

En base a la descomposición en funciones principales se han definido los siguientes módulos presentados en la **Fig. 11** los cuales deben ser diseñados evaluando diferentes alternativas.

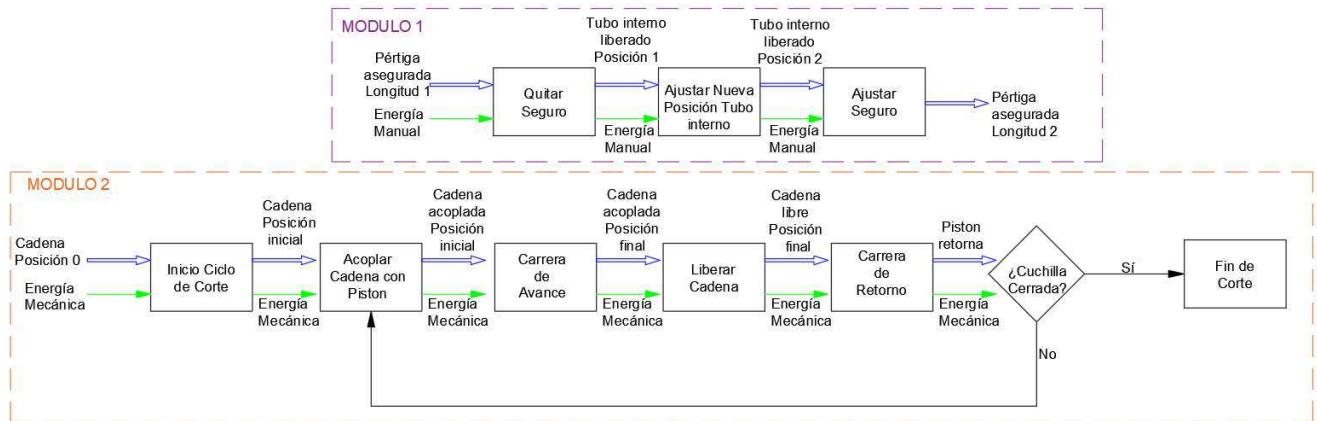


Fig. 11: División de Modular para el Componente: Sistema de Extensión y Transmisión. Fuente: Propia

En la Fig. 11 se define como Módulo 1 al sistema de extensión telescópica y al Módulo 2 al sistema de transmisión.

## 2.2.4 Solución para cada Modulo

A continuación, se van a evaluar las alternativas para cada uno de los módulos propuestos en la sección anterior.

### 2.2.4.1 Módulo 1: Extensión Telescópica

Este módulo tiene como funciones principales:

- Asegurar la pértiga en una posición determinada
- Liberar la extensión de la pértiga
- Permitir desplazar la tubería.
- Alojar y proteger el elemento de transmisión por la sección interna de la tubería
- Acoplarse al sistema de potencia
- Acoplarse al sistema de corte

Considerando estos requerimientos de funcionalidad se propone que la solución conceptual contenga los siguientes los siguientes elementos.

- Tubo interno

- Tubo externo
- Acople Mecanismo de Corte
- Seguro Extensión
- Acople Palanca
- Acople Pistón de Bombeo
- Acople Transmisión

En base a este análisis se plantean las siguientes alternativas en cuanto a las principales características del mecanismo.

En primer lugar, se requiere evaluar qué material será utilizado para la construcción del mecanismo. Se han considerado los siguientes materiales: Aluminio, Acero Inoxidable y Acero Galvanizado (**Ver Tabla 6**).

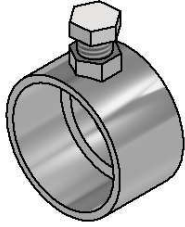
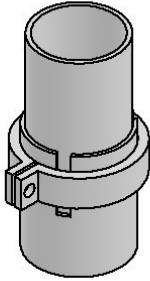
*Tabla 6: Alternativas para el material de Construcción del Módulo 1.*

Material de Construcción (Tubería)		
Opciones	Ventajas	Desventajas
Aluminio:	Resistencia a la Corrosión. Material Liviano Maquinable	Difícil de soldar, y mayor costo del proceso. Costo elevado. Poca disponibilidad de composiciones especiales en el país.
Acero Inoxidable:	Disponibilidad en el país de AISI 304 y 204 principalmente. Alta resistencia. Maquinable	Mayor peso que el aluminio. Soldadura un poco especializada
Acero Galvanizado:	Alta disponibilidad en el mercado nacional. Recubrimiento	Los procesos de fabricación generalmente afectan la integridad del recubrimiento. Peso elevado.

Como segundo punto de análisis se debe evaluar qué tipo de mecanismo se utilizará para realizar el bloqueo de la extensión de la pértiga telescópica.

Las alternativas planteadas se presentan en la **Tabla 7**.

*Tabla 7: Alternativas para el mecanismo de Bloqueo del Módulo 1.*

Material de Construcción (Tubería)			
Opciones	Ventajas	Desventajas	Desc. Gráfica
Bloqueo por Interferencia.	Alta resistencia. Construcción sencilla. Seguridad.	Debilita la estructura Requiere de un ajuste más tardado.	 <p><i>Fig. 12: Mecanismo de bloqueo por obstrucción. Fuente: Propia</i></p>
Bloqueo por Fricción	Sencillo. Desmontable. Rapidez.	La fuerza de fricción puede no ser suficiente para soportar las fuerzas de reacción producidas por el sistema de potencia.	 <p><i>Fig. 13: Mecanismo de Bloqueo por fricción. Fuente: Propia</i></p>

### **Selección de Alternativas:**

A continuación, se presenta el resumen de la selección de las alternativas propuestas. Estas fueron evaluadas por el método de criterios ponderados. Para el módulo 1 los criterios de diseño fueron:

- Peso
- Costo

- Resistencia
- Fabricación

Las alternativas evaluadas se presentan en la **Tabla 8**:

*Tabla 8: Alternativas Módulo 1: Sistema de Extensión.*

	Mecanismo Bloqueo	Material
Alternativa 1	Por Interferencia	Aluminio
Alternativa 2		Acero Inoxidable
Alternativa 3		Acero Galvanizado
Alternativa 4	Por Fricción	Aluminio
Alternativa 5		Acero Inoxidable
Alternativa 6		Acero Galvanizado

En la **Tabla 9** presentada a continuación se obtiene los valores ponderados de cada criterio para las alternativas del módulo 1: Sistema de Extensión.

*Tabla 9: Evaluación por factores ponderados Módulo 1*

CONCLUSION	Peso	Costo	Resistencia	Fabricación	$\Sigma+1$	Prioridad
Alternativa 1	0.0429	0.0238	0.0667	0.0143	1.1476	0.1639
Alternativa 2	0.0333	0.0476	0.1000	0.0429	1.2238	0.1748
Alternativa 3	0.0238	0.0714	0.0833	0.0429	1.2214	0.1745
Alternativa 4	0.0429	0.0119	0.0167	0.0143	1.0857	0.1551
Alternativa 5	0.0333	0.0357	0.0500	0.0429	1.1619	0.1660
Alternativa 6	0.0238	0.0595	0.0333	0.0429	1.1595	0.1656
Total					7	

En base a los resultados presentados en la **Tabla 9** se propone una solución virtual para el módulo 1 a partir de la alternativa 2. Por lo tanto, el mecanismo de extensión telescópica será construido en acero inoxidable con un sistema de bloqueo por obstrucción. Esta solución se presenta gráficamente en la **Fig. 14** a continuación.

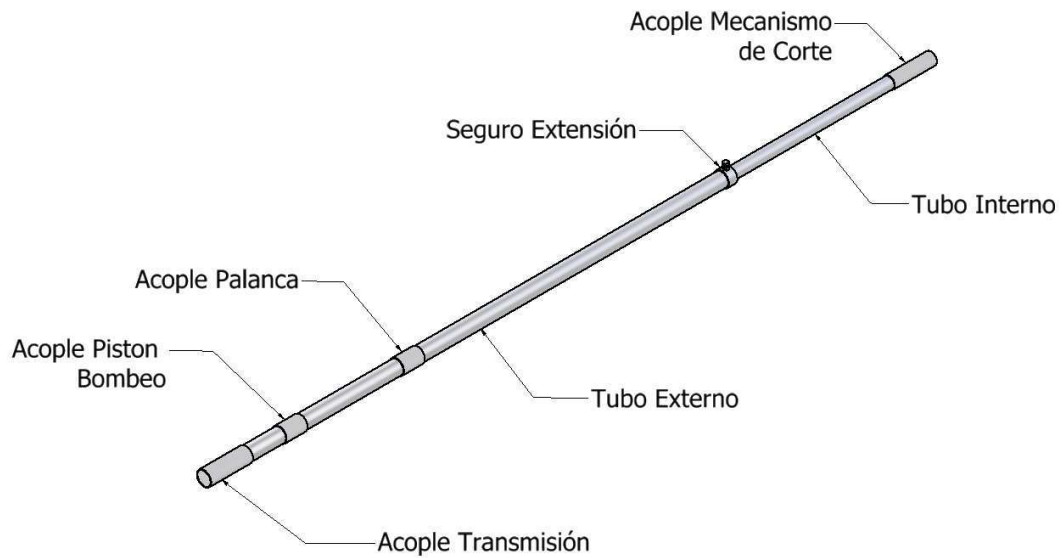


Fig. 14: Solución Módulo 1. Extensión Telescópica.

#### 2.2.4.2 Módulo 2: Transmisión

Este módulo tiene como funciones principales:

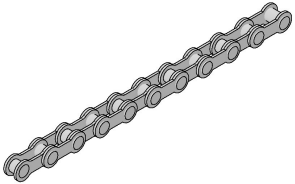
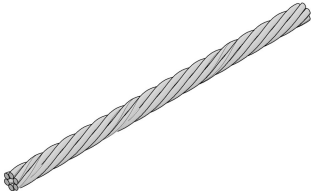
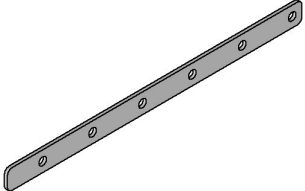
- Soportar la fuerza ejercida por el sistema de Potencia
- Transmitir la fuerza desde el pistón hacia la tijera
- Permitir el cierre de la cuchilla por etapas
- Permitir acoplar la transmisión a la extensión de la pértiga
- Bloqueo de elemento tensor
- Liberación de Elemento Tensor

Partes del sistema

- Elemento transmisor de tensión
- Acople brazo de tijera
- Acople sistema de Potencia
- Cajetín para transmisión por etapas

A partir de estos criterios se plantean las siguientes alternativas para el elemento de transmisión, las cuales se detallan a continuación en la **Tabla 10**.

Tabla 10: Alternativas para el elemento de transmisión. Módulo 2

Material de Construcción (Tubería)			
Opciones	Ventajas	Desventajas	Desc. Gráfica
Cadena	Elemento flexible, permite acoplarse a distintas extensiones del mecanismo telescópico. Alta resistencia a la tensión	Pesada. No permite resistir cargas de compresión por lo cual requiere de un sistema que mantenga la tensión en la cadena	 <p><i>Fig. 15: Cadena de Rodillos. Fuente: Propia</i></p>
Cable Acero	Liviano. Alta resistencia a la tensión.	Requiere de un sistema de carrete que permita recoger y bloquear el cable en tensión. No transmite carga de compresión	 <p><i>Fig. 16: Cable de acero. Fuente: Propia</i></p>
Barra rígida	Permite transmitir cargas de tracción y compresión.	Pesado.	 <p><i>Fig. 17: Barra Rígida Perforada. Fuente: Propia</i></p>



### Selección de Alternativas:

A continuación, se presenta el resumen de la selección de alternativas por el método de factores ponderados. Para las opciones propuestas se han considerado los siguientes criterios.

- Peso
- Costo
- Mantenimiento
- Complejidad

Los 3 primeros criterios fueron abordados en la **sección 2.1.3.3**, sin embargo, se ha añadido el criterio de complejidad. Mediante este módulo se va a evaluar que tan complejo sería el mecanismo que permita bloquear y mantener la tensión del elemento de transmisión. Para el caso de una cadena se requiere un bloqueo por obstrucción que se acople a un eslabón de la cadena. Para el caso de una transmisión por cable de acero se requiere de un carrete para recoger el cable y un sistema de bloqueo para el carrete. Y para la transmisión por barra rígida se requiere de un mecanismo con un pasador para acoplar la barra al actuador.

Por lo tanto, las alternativas evaluadas se presentan en la **Tabla 11** que se presenta a continuación:

*Tabla 11: Alternativas para el Módulo 2: Sistema de Transmisión*

	Elemento Transmisor de Tensión	Sistema de Bloqueo
Alternativa 1	Cadena	Pasador para eslabón
Alternativa 2	Cable Acero	Carrete
Alternativa 3	Barra Rígida	Pasador para agujero

El resumen de los resultados de la evaluación de las alternativas propuestas para el módulo 2 se presentan en la **Tabla 12**.

Tabla 12: Evaluación por factores ponderados Módulo 2. Sistema de Transmisión

CONCLUSION	Peso	Costo	Mantenimiento	Complejidad	$\Sigma+1$	Prioridad
Alternativa 1	0.050	0.083	0.125	0.133	1.392	0.348
Alternativa 2	0.075	0.050	0.042	0.067	1.233	0.308
Alternativa 3	0.025	0.067	0.083	0.200	1.375	0.344

En base a estos resultados se propone la siguiente solución virtual para el módulo 2 la cual se presenta en la **Fig. 18**.

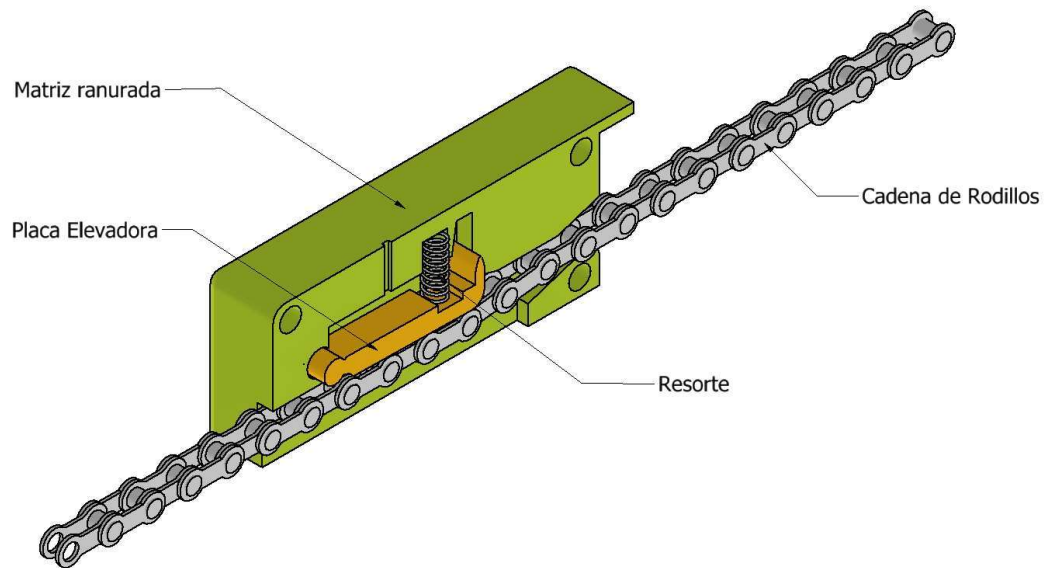
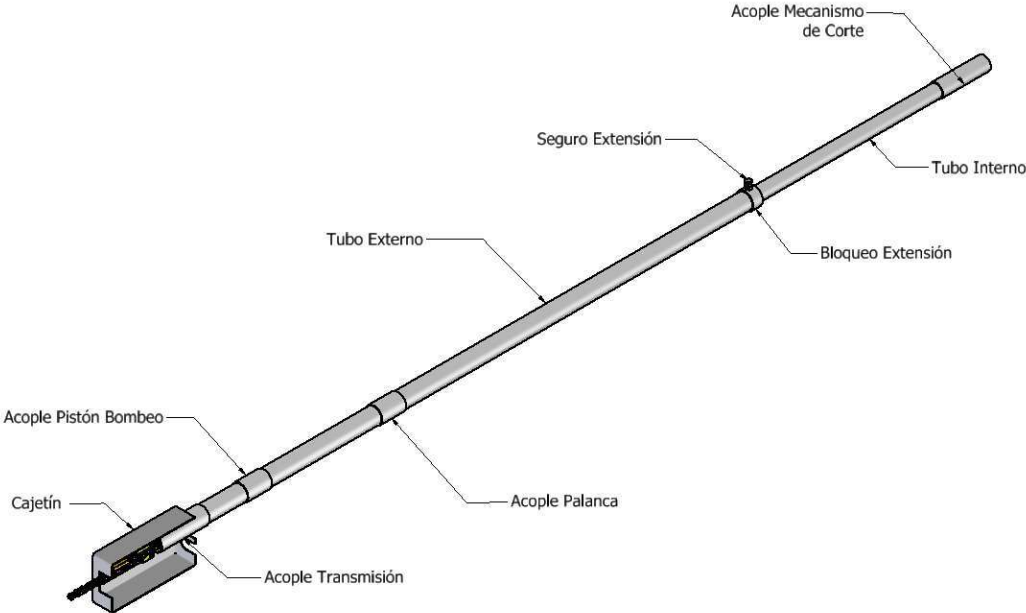


Fig. 18: Solución Módulo del Sistema Transmisión

La solución presentada en **Fig. 18** consiste en un mecanismo que permite a la cadena efectuar un ciclo de avance por etapas. Para la apertura más grande de la cuchilla se requieren 8 ciclos para cerrarla completamente. En cada ciclo la cadena avanza un eslabón. La Matriz ranurada mantiene la cadena en posición y alineada con el actuador hidráulico, mientras la placa elevadora permite mantener el acople entre la cadena y el actuador hidráulico durante la carrera de avance. En la carrera de retorno la cadena se desliza ligeramente comprimiendo el resorte y permitiendo al actuador saltar al siguiente eslabón.

### 2.2.5 Solución Virtual Completa

A continuación, se presenta el ensamble completo de las 2 soluciones virtuales presentadas para los dos módulos en la **Fig. 19**.



*Fig. 19: Solución Virtual Completa Componente Extensión y Transmisión*

El diseño propuesto presenta un mecanismo con un tubo externo y un tubo interno deslizante, junto a este mecanismo se colocará un sistema de bloqueo para fijar la longitud de extensión entre los dos tubos. El diseño propuesto implica que estos perfiles son estructurales pues además de soportar el peso de los elementos en la parte superior de la pértiga también tienen que soportar las reacciones debidas a la transmisión de fuerza desde el sistema hidráulico hacia el mecanismo de corte. Además, estos perfiles tienen la función de proteger el mecanismo interno para la transmisión de la fuerza proveniente de un actuador hidráulico, evitando que el cable o cadena se encuentre expuesto a las condiciones del exterior lo que podría provocar atascos por la presencia de ramas, basura, polvo y agua.

### **2.3 Etapa 3: Cálculo y Selección de Componentes**

A partir de la solución virtual se realizarán los cálculos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento del componente y que cumpla con las especificaciones técnicas planteadas en la Etapa 1.

Como resultado de esta etapa se obtendrá la memoria de cálculo de los componentes, dimensiones y selección de elementos normalizados.

#### **2.3.1 Preanálisis del mecanismo**

A partir de la solución virtual se realiza el análisis de la carga que va a soportar el mecanismo de extensión y transmisión.

Los dos módulos serán diseñados considerando las fuerzas de reacción que ejerce la cadena al estar tensionada. Se va a partir del hecho que la transmisión por cadena solo puede transmitir carga de tensión al estar compuesta por eslabones. La tensión requerida en la cadena se obtiene del desarrollo del componente: Diseño y Construcción del mecanismo de corte de una podadora hidráulica manual para árboles frutales [16]. Para lograr el corte de una rama de hasta 38mm en madera fresca (viva) se requiere una tensión  $T_x$  en la cadena equivalente a 340 *kgf*. Esta fuerza se muestra en la **Fig. 21** donde se ha realizado un corte en una sección de la pértiga.

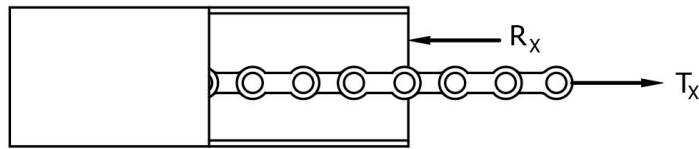


Fig. 20: Vista cortada de la pértiga y la Cadena

En la **Fig. 21** se muestra una vista cortada para exponer la cadena y la pértiga. Por condición de equilibrio estático la fuerza  $T_x$  genera una reacción  $R_x$  de igual magnitud, pero en dirección contraria sobre la pértiga. Este análisis es válido tanto para el tubo externo como para el tubo interno. Es necesario aclarar que la tensión  $T_x$  no estática, sino que toma un valor variable desde 0 a  $340\text{kgf}$  durante cada ciclo de corte. Es decir, se trata de una carga cíclica.

### 2.3.1.1 Análisis del Número de Ciclos.

Para realizar las consideraciones de diseño a fatiga se va a realizar un cálculo estimado del número de ciclos efectuados en un día de trabajo.

El ciclo de trabajo de la pértiga se realiza con 8 activaciones del mecanismo de palanca por cada corte, y se estima que un trabajador realiza el corte de 200 ramas por día. Por lo tanto, para una jornada diaria de trabajo se realiza el siguiente número de ciclos:

$$N_c = 1 \text{ dia} \cdot 200 \frac{\text{ramas}}{\text{día}} \cdot 8 \frac{\text{ciclos}}{\text{rama}} \quad (\text{Ec.9})$$

Esto da un total de  $N_c = 1\ 600$  ciclos diarios.

### 2.3.2 Cálculos Modulo 1: Extensión Telescópica

Los elementos que serán diseñados para el Mecanismo de Extensión son

- Tubo Externo
- Tubo Interno
- Seguro Extensión (Perno)

#### 2.3.2.1 Diseño del Tubo externo

Como se explicó anteriormente este elemento se comporta como una columna por su forma esbelta, por lo cual será diseñada por estabilidad. Para más detalles del elemento ver el **ANEXO V: Planos**.

El primer paso es definir las propiedades del Material. De la selección de alternativas de determinó que el material principal para la construcción sería acero Inoxidable. En el país se encuentran disponible principalmente el acero AISI 304, este será el material de construcción para la tubería.

Las propiedades del Material fueron obtenidas de la librería de Inventor.

Tabla 13: Propiedades del Acero AISI 304.

Fuente: Biblioteca de Materiales Inventor 2023 [9].

Material	AISI 304	
Propiedad	Valor	Unidades
E	1992400	kg/cm2
Fy	2197	kg/cm2
Fu	5160	kg/cm2

A continuación, en la **Fig. 21** se presenta el diagrama de cuerpo libre (DCL) para el tubo externo.

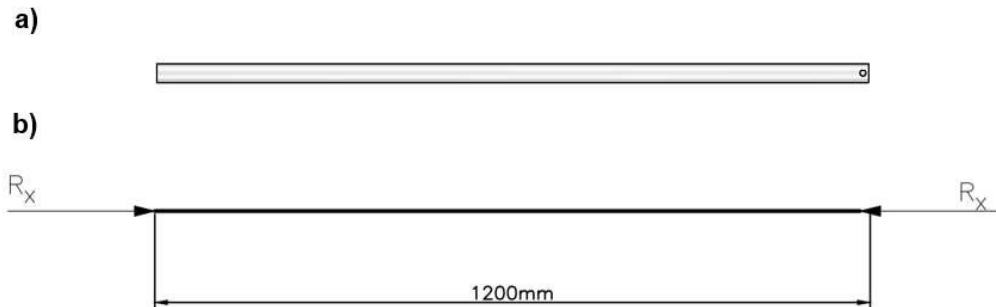


Fig. 21: a) Tubo externo (vista realista) b) DCL del Tubo Externo. Fuente: Propia

En la **Fig. 21** se observa el Tubo externo del sistema de extensión. La longitud total de este elemento se muestra en **b)** y tiene un valor de 1200mm. La fuerza  $R_x$  es una carga cíclica como se explicó en la **sección 2.3.1**. Además, se trata de una carga axial y por ser una carga de compresión sobre un elemento esbelto entonces se diseñará aplicando las consideraciones del Manual de Construcciones en acero de la AISC [10].

Primero se debe revisar si este elemento requiere ser calculado a fatiga. De

Se debe verificar la relación  $D/t$  para establecer si se trata de un elemento esbelto o no. Si  $D/t$  es mayor que el parámetro  $\lambda_r$ , entonces es considerado esbelto [10]. Para el caso de una tubería redonda la ecuación que se utiliza es la siguiente:

$$\lambda_r = 0.11 \frac{E}{F_y} \quad (\text{Ec.10})$$

Reemplazando los datos de la **Tabla 13** se obtiene que  $\lambda_r$  para el material seleccionado tiene un valor de 104. Este valor se va a comparar con la relación  $D/t$  de una tubería preseleccionada la cual tiene un diámetro  $D=28.575$  mm y un espesor de 1 mm.

$$\frac{D}{t} = \frac{28.575}{1} = 28.575 \quad (\text{Ec.11})$$

Como  $\frac{D}{t} = 23.81$  es menor que 104 se determina que la tubería considerada se debe diseñar a partir de la ecuación (**Ec.4**) si verifica la condición de la ecuación (**Ec.3**) o a partir de la ecuación (**Ec.6**) si la condición (**Ec.5**) se cumple.

De las ecuaciones (**Ec.3** y **Ec.4**) se calcula el valor de  $\frac{KL}{r}$  y  $4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

$$\frac{KL}{r} = 83.995 \quad (\text{Ec.12})$$

$$4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 141.84 \quad (\text{Ec.13})$$

Como  $\frac{KL}{r} = 83.995$  es menor que 141.84 concluye que cumple la condición (**Ec.3**). Por lo cual el esfuerzo crítico  $F_{cr}$  se calcula con la ecuación (**Ec.4**). El valor de  $F_e$  se obtiene de la ecuación (**Ec.7**).

$$F_e = 2787 \text{ kgf} \quad (\text{Ec.14})$$

Luego, (Ec.15)

$$F_{cr} = 1579 \text{ kgf}$$

Para encontrar la resistencia a la compresión nominal de la ecuación (**Ec.2**) se requiere el área transversal  $A_g$  de la tubería la cual se obtiene de la siguiente forma:

$$A_g = \pi \cdot \frac{D_{ext}^2 - D_{int}^2}{4} \quad (\text{Ec.16})$$

$$A_g = 0.866 \text{ cm}^2 \quad (\text{Ec.17})$$

Donde  $D_{ext}$  y  $D_{int}$  son el diámetro externo e interno de la tubería respectivamente.

Reemplazando los valores de (Ec.15 y Ec.17) en (Ec.2) se obtiene  $P_n$ .

$$P_n = 1368 \text{ kgf} \quad (\text{Ec.18})$$

Entonces se despejando el  $F.S$  de la ecuación (Ec.1) considerando la carga de diseño de  $340 \text{ kgf}$ , que el elemento Tubo Externo tiene un factor de seguridad de:

$$F.S = 4.02 \quad (\text{Ec.19})$$

### 2.3.2.2 Consideraciones de diseño de columnas sometidas a fatiga

Un elemento mecánico sujeto a la acción de cargas cíclicas siempre corre el riesgo de fallar por fatiga. En este proyecto se ha hecho las verificaciones propuestas por el manual de la AISC en el ANEXO 3 [10].

Determinándose que en este caso no es necesario el cálculo de resistencia a la fatiga, dado que el rango de tensión  $F_{SR}$  con un valor de  $340 \text{ kgf}$  es menor a un valor conocido como el umbral de fatiga  $F_{TH}$ . Los valores del umbral de fatiga se encuentran tabulados en la Tabla A-3-1 del Manual de la AISC edición 14va [10] y para este elemento tiene un valor de  $1125 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$  que para el área del elemento tiene un valor de  $974 \text{ kgf}$ .

Esto se justifica ya que el valor de  $F_{TH}$  representa el rango mínimo de esfuerzo alternante requerido para la propagación de la grieta según la condición del elemento.

### 2.3.2.3 Diseño del Tubo interno

El Tubo interno está sometido a la misma carga de  $340 \text{ kgf}$  cíclica. El diseño de este elemento se realizado de la misma forma que en la sección 2.3.2.2. Y se ha determinado que no requiere tampoco dimensionamiento para carga a fatiga.

Se realizó una preselección el tubo interno, considerando un tubo de acero inoxidable AISI 304 de 7/8 de pulgada, 80cm de largo y un espesor de 1.2 mm encontrándose que con este elemento se tiene un factor de seguridad de:

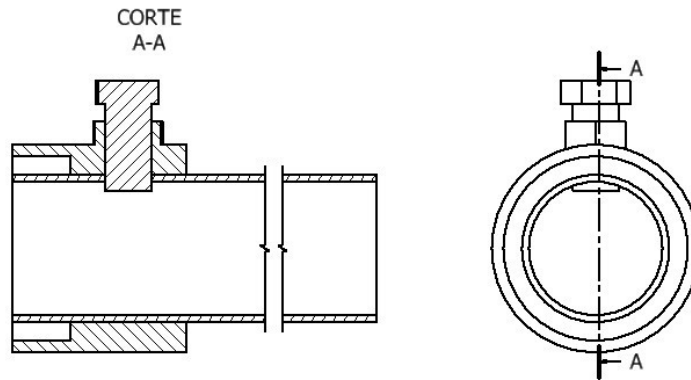
$$F.S = 2.67 \quad (\text{Ec.20})$$



#### 2.3.2.4 Diseño del perno bloqueo

El perno de bloqueo es un elemento que en la condición máxima de trabajo debe soportar una carga de 340 *kgf* para bloquear la extensión de la pértiga.

A continuación, en la **Fig. 22** se representa la condición de carga del perno en una vista de corte.



*Fig. 22: Vista al corte de la junta entre el Tubo exterior y el Tubo Interior. Fuente: Propia.*

Como se puede observar en la **Fig. 22** el perno funciona como un elemento que bloquea el movimiento relativo entre el buje de tubo exterior y el tubo interior. Por la configuración presentada el perno está sometido únicamente a un esfuerzo cortante primario. Sin embargo, debido a que la carga tiene un comportamiento cíclico este esfuerzo cortante primario se puede dividir en un esfuerzo cortante medio  $\tau_m$  y esfuerzo cortante alternante  $\tau_a$ . El valor de estos esfuerzos se calcula de la ecuación (**Ec.21**) a continuación.

$$\tau_m = \tau_a = \frac{K_{fs} 340 [kgf]}{A_e \times 2} \quad (\text{Ec.21})$$

Donde:  $K_{fs}$  es el factor de concentración de esfuerzos por cizallamiento a fatiga. Para el caso presentado  $K_{fs} = 1.33$

La razón de esto se muestra en la **Fig. 23**.

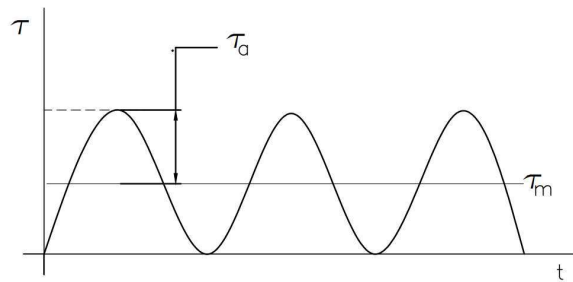


Fig. 23: Esfuerzos alternante y medio. Fuente: Propia

En la **Fig. 23** se observa que el esfuerzo alternante tiene un rango desde 0 hasta su valor máximo, por lo cual el esfuerzo medio se ubica en por simetría en la mitad del rango. Por este motivo  $\tau_m = \tau_a$ .

Para calcular el valor numérico de  $\tau_m$  y  $\tau_a$  se requiere seleccionar un perno y determinar su área efectiva.

Se ha preseleccionado un Perno M10 de paso fino. El área efectiva del perno se ha obtenido de valores tabulados en [17]:

$$A_e = 61.2 \text{ mm}^2 \quad (\text{Ec.22})$$

A continuación se reemplaza el valor de **(Ec.22)** en la ecuación **(Ec.21)**

$$\tau_m = \tau_a = 740 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad (\text{Ec.23})$$

Para determinar la resistencia del perno se va a utilizar la ecuación **(Ec. 8)**. Para esto se requiere calcular los valores de:  $S_e$  y  $S_{su}$ . El primer valor  $S_e$  se calcula a partir de los factores de marin del caso de estudio. En la **Tabla 14** a continuación, se presentan los valores de los factores para el cálculo de la resistencia a la fatiga.

Tabla 14: Factores Varios para el cálculo de resistencia a la Fatiga.

Factor	Descripcion	Valor
$S_e'$	Límite de resistencia a la fatiga de la probeta	4075 kg/cm <sup>2</sup>
$k_a$	Factor de superficie	0.4982
$k_b$	Factor de Tamaño	1
$k_c$	Factor de carga	0.59
$k_d$	Factor de Temperatura	1
$k_e$	Confiabilidad	1
$k_f$	Efectos Varios	1
$K_{fs}$	Factor de Concentración de Esfuerzos	1.333

$S_e$  se obtiene a partir de los datos de la **Tabla 14** de la siguiente manera.

Con esto se obtiene que el perno está sometido a un esfuerzo de

De los datos de la tabla 11 se calcula  $S_{se}$

$$S_{se} = S_e' k_a k_b k_c k_d k_e k_f \quad (\text{Ec.24})$$

Dando como resulta un valor de resistencia a la fatiga  $S_{se}$  de  $1994 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ .

El valor de  $S_{su}$  se calcula a partir de la ecuación (**Ec.25**) presentada a continuación.

$$S_{su} = 0.67 S_{ut} \quad (\text{Ec.25})$$

El valor de  $S_{su}$  es de  $5461 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ .

Al reemplazar los datos obtenidos en la ecuación (**Ec.8**) se determina que se trabaja con un factor de seguridad de:

$$F.S = 1.97 \quad (\text{Ec.26})$$

Este es un valor pequeño, sin embargo, considerando que se ha tomado criterios conservativos, se considera que el perno es apropiado en los fines prácticos de la aplicación.

El factor de seguridad del perno es menor que el usado para la tubería, esto es debido al ser diseñado más débil permite proteger las otras partes del equipo pues el perno debe fallar antes que ocurra el colapso de las tuberías por compresión.

## Cálculos Modulo 2: Mecanismo Transmisión

En el módulo 2 se va a realizar la selección.

- Cadena

Considerando la carga de trabajo de 340 Kg se va a seleccionar una cadena del catálogo de la empresa JORESA de la serie de cadenas producidas bajo la Norma Europea ISO 606. La cadena seleccionada es la siguiente.

Tabla 15: Cadenas de Placas Rectas. ISO 606 . [18]

CÓDIGO CODE		PASO PITCH		ANCHO INTERIOR INNER WIDTH A min. mm.	DIÁMETRO RODILLO ROLLER DIAMETER Ø D max. mm.	DIÁMETRO DEL EJE PIN DIAMETER Ø d max. mm.	LONGITUD DEL EJE PIN LENGTH H max. mm.	LONG. EJE UNIÓN CONN. LINK PIN LENGTH C max. mm.	SUPERFICIE ARTICULACIÓN PROJECTED BEARING AREA S' cm²	CARGA DE ROTURA AVG. TENSILE STRENGTH A.TS daN-Kg	PASOS POR METRO PITCHES PER METER P-Mtr Aprox.	PESO POR METRO WEIGHT PER METER q Kg/m.
JORESA	ISO	P Pulg.-Inch	P mm.									
26	04B-1	-	6,00	2,80	4,00	1,85	7,40	10,30	0,07	330	167	0,12
28	05B-1	-	8,00	3,00	5,00	2,31	8,60	11,70	0,10	590	125	0,18
32#	06B-1	3/8	9,525	5,72	6,35	3,28	13,50	16,80	0,29	1.070	105	0,40
42	08B-1	1/2	12,70	7,75	8,51	4,45	17,00	20,90	0,50	2.100	79	0,72
52	10B-1	5/8	15,875	9,65	10,16	5,08	19,60	23,70	0,68	2.740	63	0,96
62	12B-1	3/4	19,05	11,68	12,07	5,72	22,70	27,30	0,90	3.225	52	1,23
82	16B-1	1	25,40	17,02	15,88	8,28	36,10	41,50	2,12	7.050	39	2,67
102	20B-1	1 1/4	31,75	19,56	19,05	10,19	43,20	49,30	2,94	10.900	31	3,60
122	24B-1	1 1/2	38,10	25,40	25,40	14,63	53,40	60,00	5,54	17.800	26	7,28
142	28B-1	1 3/4	44,45	30,99	27,94	15,90	65,10	72,50	7,40	22.600	22	8,95
162	32B-1	2	50,80	30,99	29,21	17,81	67,40	75,30	8,00	27.200	20	9,90
202	40B-1	2 1/2	63,50	38,10	39,37	22,89	82,60	92,60	12,75	39.100	16	16,04
242	48B-1	3	76,20	45,72	48,26	29,24	98,20	109,10	20,58	60.200	13	25,31

# Cadena de placas rectas. Straight plates chain.

1 daN = 1 Kg.

En base de los datos de la tabla 12 se puede calcular un factor de seguridad para la cadena de:

$$F.S_{cadena} = 6.17 \quad (\text{Ec.27})$$

La cadena ISO 08B-1 es seleccionada también por criterio de disponibilidad pues es el tipo de cadena usada para bicicletas y por lo tanto es fácil de conseguir en el mercado nacional a un costo adecuado.

## 2.4 Etapa 4: Diseño de Detalle

El diseño de detalle consiste en la realización de los planos de conjunto, subconjunto y planos de taller de los elementos que serán fabricados. Adicionalmente se realizará la selección de elementos normalizados. Ver **ANEXO V PLANOS**

## 2.5 Etapa 5: Construcción y Montaje

Esta etapa consiste en la elaboración de un prototipo funcional. Este será sometido a pruebas de funcionamiento para verificar se lograron los objetivos propuestos y que cumple con las especificaciones técnicas. Se realizarán pruebas de corte y de resistencia.

### 2.5.1 Montaje Módulo 1: Extensión Telescópica

La extensión telescópica fue construida en base a la solución virtual propuesta en la sección 2.2.4.1. El resultado se muestra en la **Fig. 24**



*Fig. 24: Mecanismo de Extensión: Fuente Propia*

En la **Fig. 24** se observa el cuerpo construido en acero inoxidable AISI 304 del sistema de extensión. El cuerpo implementa acoples para las unir el componente a las otras partes del proyecto.

### 2.5.2 Montaje Módulo 2: Sistema Transmisión

El módulo 2 final que se puede ver en la **Fig. 25** contiene una cadena de rodillos, una matriz guía para la cadena y un cajetín protector de acero inoxidable el cual en teoría no debe soportar cargas representativas. Este último punto se retomará en el análisis de las pruebas.

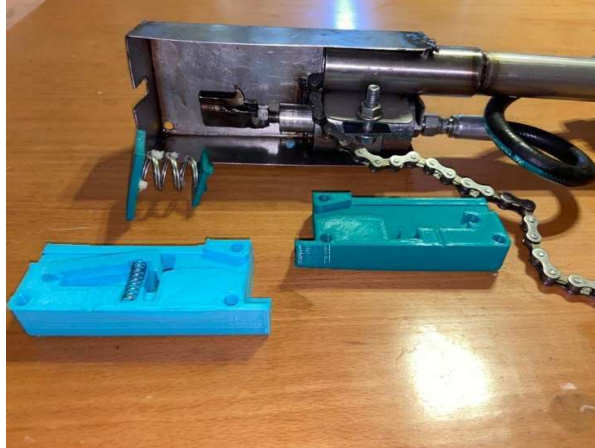


Fig. 25: Mecanismo de Transmisión. Fuente: Propia

Para la construcción de las matrices de la **Fig. 25** se utilizó la tecnología de impresión 3D FDM. La matriz sirve para restringir los grados de libertad de la cadena y así mejorar la precisión del mecanismo. Se ha colocado un resorte y una placa para mantener el acople con el pistón.

### 2.5.3 Montaje Pértiga de Poda- Integración de Componentes



Fig. 26: Pértiga de Poda: Integración Componentes Potencia, Corte, Extensión y Transmisión. Fuente: Propia

En la **Fig. 26** se muestra el resultado final de la integración de los componentes Hidráulico, Corte, Extensión y Transmisión.

## 3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Análisis de Costos

En esta sección se va a hacer una revisión de los costos de fabricación asociados al componente 2: Mecanismo de Extensión y Transmisión.

Es necesario tener en cuenta que los costos descritos a continuación son para la construcción del primer prototipo funcional, por lo cual no se pueden considerar aún los costos reales que tendría la producción de la máquina.

### 3.1.1 Costos Módulo 1

#### 3.1.1.1 Costos Materia prima

Los costos de la materia prima fueron obtenidos de cotizaciones con varios comerciantes locales.

Tabla 16: Costos Materia Prima Módulo 1

COSTOS DE MATERIA PRIMA					
Elemento	Descripción	Cant.	Mag.	Precio Unitario	Precio Total
Tubo Inox 1 1/8"	Tubería AISI 304	2	m	\$5.43	\$ 6.51
Tubo Inox 1"	Tubería AISI 304	1	m	\$5.28	\$ 5.28
Tubo Inox 7/8"	Tubería AISI 304	1	m	\$4.61	\$ 2.31
Eje Perforado Inox	AISI 304 de 50 mm de diámetro	1	Kg	\$6.00	\$ 6.00
Perno Inox	A2-79. M10x20	1	u	\$0.75	\$ 0.75
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 20.85</b>

#### 3.1.1.2 Costos Fabricación

Tabla 17: Costos de Fabricación Módulo 1.

COSTOS DE FABRICACIÓN					
Elemento	Descripción	Cant.	Mag.	Precio Unitario	Precio Total
Mecánica General	Técnico Mecánico	1	Día	\$25.00	\$ 25.00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 25.00</b>

#### 3.1.1.3 Costos totales Módulo 1

Tabla 18: Costos Totales Módulo 1

Elemento	Monto
Materia Prima	\$ 20.85
Fabricación	\$ 25
<b>Total</b>	<b>\$ 45.85</b>

### 3.1.2 Costos Módulo 2

#### 3.1.2.1 Costos Materia Prima

Tabla 19: Costos Materia Prima Módulo 2

COSTOS DE MATERIA PRIMA						
Elemento	Descripción	Cant.	Mag.	Precio Unitario	Precio Total	
Cajetín	Plancha AISI 304. 25cmx19cm	2	u	\$2.50	\$ 5.00	
Filamento PLA	Filamento 1.7 mm diámetro. PLA	1	Kg	\$24.00	\$ 24.00	
Resorte	Resorte ISO 2162. 10x30x2x2	1	u	\$1.00	\$ 1.00	
Perno y Tuerca	AS 1474. M6x50	6	u	\$0.30	\$ 2.40	
Cadena	ISO 606 08 B1.	2	u	\$5.00	\$ 10.00	
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 42.40</b>	

#### 3.1.2.2 Costos Fabricación

Tabla 20: Costos de Fabricación Módulo 2.

COSTOS DE FABRICACIÓN					
Elemento	Descripción	Cant.	Mag.	Precio Unitario	Precio Total
Mecánica General	Técnico Mecánico	1	Día	\$25.00	\$ 25.00
Diseño Impresión 3D	Generación de Código e Impresión	8	h	\$2.00	\$ 16.00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 41.00</b>

#### 3.1.2.3 Costos Totales Módulo 2

Tabla 21: Costos totales Módulo 2

Elemento	Monto
Materia Prima	\$ 42.40
Fabricación	\$ 41
<b>Total</b>	<b>\$ 83.40</b>



### 3.1.3 Costos Totales Componente

Tabla 22: Costos Totales del Componente: Extensión y Transmisión

Elemento	Costo
Módulo 1: Extensión	\$ 45.85
Módulo 2: Transmisión	\$ 83.40
Total	\$ 129.25

### 3.1.4 Resultados generales

En la etapa del diseño el primer paso dio como resultado el establecer las especificaciones que debía cumplir la pértiga de poda. Estas especificaciones se resumieron en la sección (3.1.1.3). A partir de estos requerimientos se planteó una solución virtual para el sistema la cual fue expuesta en la sección (3.2.5) (Ver Fig. 16).

A partir de la solución virtual planteada se realizaron los cálculos necesarios para dimensionar los elementos mecánicos previo a su fabricación. Se realizó el cálculo del tubo externo y del tubo interno por la teoría de la estabilidad al tratarse de elementos a compresión, se obtuvo un factor de seguridad de 4.02 y 2.67 respectivamente. El material de construcción fue tubería AISI 304 de 1 ¼" para el tubo externo y 7/8 " para el tubo interno.

El perno que bloquea la extensión de la pértiga fue diseñado a fatiga considerando la teoría de falla de Goodman. Se obtuvo que este elemento tiene un factor de seguridad de 1.97

Se realizó la construcción del componente de Extensión y Transmisión como se presenta en las secciones (2.5.2 y 2.5.3) (Ver Fig. 22). Para esto se utilizó procesos de mecanizado, soldadura y corte.

Con el prototipo construido se procede a realizar pruebas de funcionamiento en campo.

## 3.2 Pruebas

Para la verificación del funcionamiento del componente 2: Sistema de Extensión y transmisión se propone el siguiente protocolo de pruebas que consta de 3 etapas y se describe a continuación.

### **3.2.1 Protocolo de Pruebas**

El detalle de la ejecución del protocolo de pruebas se presenta en el **ANEXO IV**

#### **3.2.1.1 Etapa 1: Componente 2 sin ensamblar a los demás componentes**

Previo al ensamble completo se requiere verificar que el módulo tenga la capacidad de extensión propuesta en el diseño y que el deslizamiento sea el adecuado.

#### **3.2.1.2 Etapa 2: Componente 2 acoplado a los demás componentes y sin carga**

Se debe verificar el correcto acople del mecanismo hidráulico y de corte a la pértiga extensible. Esta etapa implica revisar el correcto ensamble de las juntas de los componentes, y el movimiento adecuado de las partes. Además, se propone realizar un ciclo de corte sin carga para verificar el funcionamiento en las carreras de avance, retorno y apertura de cuchilla.

#### **3.2.1.3 Etapa 3: Comportamiento componente 2 en pruebas de corte**

En esta etapa se somete al equipo a las pruebas de corte. Se propone cortar ramas desde 1 cm hasta los 4cm aumentando el diámetro de forma progresiva.

Para el módulo de extensión se requiere verificar la longitud de extensión máxima y mínima del componente, deslizamiento sin esfuerzo de la extensión telescópica capacidad de bloqueo, y que la pértiga no fleje durante el corte. Para el módulo de transmisión por otro lado se requiere verificar que el mecanismo permita mantener el acople del pistón con la cadena en la carrera de avance, la matriz debe alojar la cadena sin fricción, placa elevadora debe permitir que el pistón se acople al siguiente eslabón en la carrera de retorno, y que en la apertura de la tijera el mecanismo de transmisión no obstruya el retorno de la cadena.

### **3.2.2 Ejecución del protocolo de pruebas.**

El detalle de la ejecución del protocolo de pruebas se presenta en el **Anexo IV**

#### **3.2.2.1 Resultados Etapa 1**

El componente por separado cumple con las especificaciones y dimensiones presentado en los planos **ANEXO V**. El ensamble se realiza de manera correcta. No se presenta rozamiento en el deslizamiento del tubo interno para regular la longitud de la pértiga, por lo cual el ajuste es el adecuado. Se ha medido longitud máxima y la mínima y se ha determinado que la extensión telescópica permite aumentar 80cm adicionales respecto a la condición con la pértiga recogida, logrando una longitud total máxima de 2.5m.

### **3.2.2.2 Resultados Etapa 2**

El ensamble con los demás componentes es adecuado, y permite los rangos de movimiento propuestos. Se verificó las posiciones relativas del ensamble según se presenta en el plano de conjunto **Anexo V**. Además, se ha verificado que en vacío la pértiga de poda hidráulica es capaz de efectuar sin problema los movimientos de avance, retorno del pistón y el de apertura de la cuchilla.

### **3.2.2.3 Resultados Etapa 3**

Las pruebas de corte fueron realizadas en la ciudad de Quito, sobre madera fresca semi blanda. El equipo demostró ser exitoso para el corte de ramas hasta los 20 mm de diámetro. Se observó que el equipo construido presenta dificultad para cortar ramas una vez que estas superan los 2cm de diámetro.

El módulo de extensión resistió los esfuerzos generados hasta el corte de ramas de 3cm. No se presentó pandeo en las tuberías, ni falla del perno de bloqueo.

La impresión 3D si bien permitió construir las formas complejas que requiere la matriz de la transmisión, no es un material resistente y no soporta los esfuerzos que se requieren en el mecanismo. La caja de acero inoxidable que sirve para proteger el sistema se deformó plásticamente, pues no soportó la fuerza ejercida por el resorte que ayuda en la carrera de retorno del pistón hidráulico. Finalmente se debe decir que este prototipo se atasca durante el corte en ramas gruesas, por lo cual aún no permite realizar un trabajo continuo. Las soluciones a estos problemas se analizan en la sección de conclusiones y recomendaciones.

## **4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1 Conclusiones**

En este trabajo se ha realizado el diseño y construcción del mecanismo de extensión y transmisión de una pértiga de poda hidráulica manual.

El sistema diseñado consta de los siguientes módulos. Módulo 1: Extensión telescópica con los componentes tubo externo, tubo interno, buje externo, acople superior, acople inferior, acople palanca, acople pistón bombeo. Detalles del diseño se pueden ver en el plano de subconjunto TIC-PH.401 en el **Anexo V**. Módulo 2: Transmisión, en primer lugar, se seleccionó una cadena de rodillos, los otros elementos del módulo son: 2 matrices guía para la cadena y una placa, construidas en impresión 3D FDM.

El diseño de la extensión telescópica fue reducido a una de las soluciones más sencillas. Es decir, al bloqueo por obstrucción mediante un perno. Esta es una solución elegante pues permite mantener el espacio interno libre para que la cadena transmita la fuerza, y a la vez es superior en efectividad a la de otros mecanismos que realizan el bloqueo por fricción, ya que la fuerza que puede soportar es mucho mayor. El mecanismo de transmisión que mantiene la cadena bloqueada en la carrera de retroceso es funcional, pero hay aspectos que merecen un trabajo de optimización y mejorar, pues la impresión 3D permitió realizar prototipos rápidos, pero es poco resistente. El peso final del componente es de 2.3 kg lo cual se considera un peso aceptable, sin embargo, se podría optimizar.

Las pruebas de funcionamiento del elemento no dieron resultados favorables para cortar ramas mayores a los 20 mm de diámetro. Esto debido a que el espesor del material seleccionado para la caja exterior no fue el adecuado dado que existieron deformaciones en esta al momento de la ejecución del corte por otra parte la caja de transmisión también sufrió alteraciones al momento de cortar ramas de diámetros superiores a 2 [cm], por lo que se considera cambiar el material de esta a acero o grilón, puesto que son materiales más resistentes con respecto al usado en la impresión 3D.

Finalmente se puede decir que el objetivo de construir un primer prototipo funcional con un costo bajo se logró con medianamente. Si bien el equipo demostró ser funcional cortando ramas hasta 2cm el diseño no fue efectivo para espesores mayores. El prototipado de este componente tuvo un costo total de 129.25\$ un valor que evidentemente sería mucho más bajo, y accesible, para una producción a mayor escala.

## **4.2 Recomendaciones**

Este proyecto representó un reto en varios aspectos, una de las partes más complejas fue optimizar el diseño del mecanismo de extensión para lograr que sea resistente y liviano. En este caso se podría optimizar más el diseño de la extensión telescópica si se colocara el actuador hidráulico directamente en la tijera. De esta forma el mecanismo de extensión no tendría que soportar la carga de reacción de 340 *kgf* al tensionar la cadena. Y por lo tanto se podría optar por materiales que, aunque son menos resistentes son más livianos como la fibra de vidrio o el aluminio.

En este trabajo se utilizó acero inoxidable como material principal para el sistema de extensión, considerando la accesibilidad a los procesos de soldadura TIG en los talleres

disponibles. Sin embargo, el peso obtenido aunque aceptable aún tiene opción a mejorarse, y es algo que se podría mejorar en futuros estudios utilizando materiales como aluminio, o polímeros como fibra de vidrio.

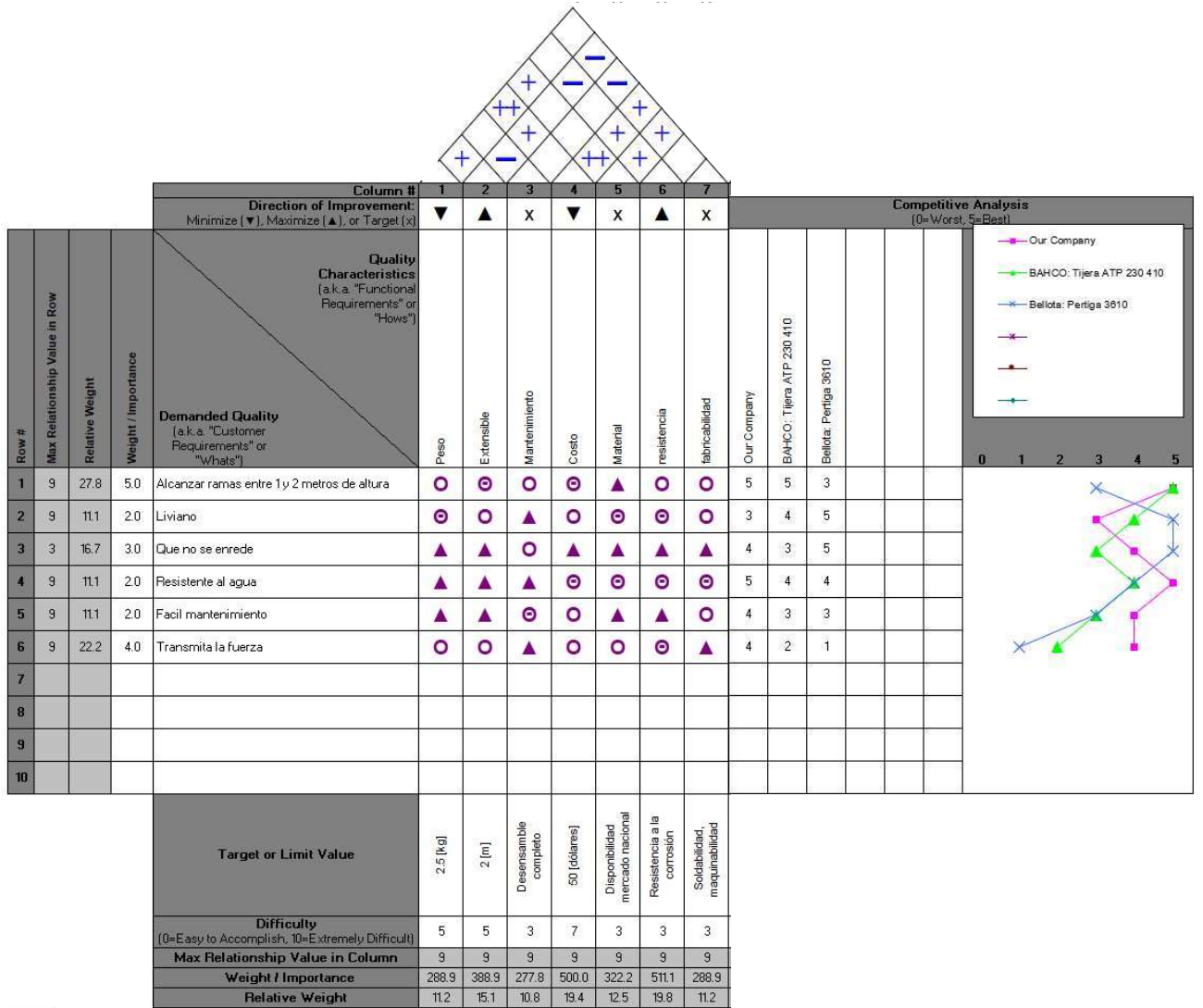
Se recomienda verificar los esfuerzos a los que está sometida la caja protectora pues durante las pruebas de campo se deformó plásticamente, es necesario revisar si se debe aumentar el espesor, o agregando un elemento rigidizador sea suficiente para soportar las cargas. Además, la impresión 3D no dio buenos resultados sería interesante revisar si aumentando la densidad de relleno de las piezas es suficiente para aumentar la resistencia o si se necesita cambiar el material de construcción. Una opción sería utilizar el material grilón.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. de Picaza, La Poda de los Árboles Frutales, Providencia: Servicio de Publicaciones Agrícolas.
- [2] G. Valentini y L. Arroyo, La Poda en Frutales y Ornamentales, Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2003.
- [3] Verdecora.es, «Herramientas de Poda: Para que sirve cada una,» [En línea]. Available: <https://verdecora.es/blog/herramientas-poda-para-que-sirve-cada-una>.
- [4] F. Irigai, «Tipos de Herramientas para Podar,» [En línea]. Available: <https://ferreteriairigaray.com/tipos-de-herramientas-para-podar/>. [Último acceso: 21 07 2022].
- [5] J. Gil Sierra, Mecanización de la Poda: Nuevos Equipos de Trabajo, Madrid: Departamento de Ingeniería Rural, 2001.
- [6] SAMSON, «importmusic.ec,» Import Music Ecuador, [En línea]. Available: <https://www.importmusic.ec/producto/samson-pedestales-parlantes-ls2/>. [Último acceso: 20 02 23].
- [7] D. H. Myszka, Máquinas y Mecanismos, 4ta ed., México: Pearson, 2012.
- [8] J. V. García, «Transmisión por cable,» MECAPEDIA, 21 09 2022. [En línea].

- Available: [http://www.mecapedia.uji.es/pages/transmision\\_por\\_cable.html](http://www.mecapedia.uji.es/pages/transmision_por_cable.html). [Último acceso: 23 01 2023].
- [9] Autodesk, «Biblioteca de Materiales Inventor 2023,» 2023.
- [10] A. S. o. S. Construction, Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones en Acero, 14 ed., Chicago: AISC, 2011.
- [11] Budynass y Nisbett, Shigley's Mechanical Engineering Design, 8va ed., McGraw-Hill Primis, 2008.
- [12] C. Riba Romeba, Diseño Concurrente, Primera ed., Barcelona: Edicions de la Universidad Politècnica de Catalunya SL, 2002.
- [13] BAHCO, «Tijeras de podar de altura con pértiga telescópica y cabeza de corte giratoria ATP-230-410,» SNA Europe, 2022. [En línea]. Available: [https://www.bahco.com/ec\\_es/tijeras-de-podar-de-altura-con-pertiga-telescopica-y-cabeza-de-corte-giratoria-pb\\_atp-230-410\\_.html](https://www.bahco.com/ec_es/tijeras-de-podar-de-altura-con-pertiga-telescopica-y-cabeza-de-corte-giratoria-pb_atp-230-410_.html). [Último acceso: 26 01 2022].
- [14] BELLOTA, «Bellota Nuestro Grupo,» bellota.com, 2023. [En línea]. Available: <https://www.bellota.com/nuestro-grupo>. [Último acceso: 26 01 2023].
- [15] BELLOTA, «TIJERA DE UNA MANO BYPASS, DE LARGO ALCANCE, EXTENSIBLE GARDEN LINE,» bellota.com, 2023. [En línea]. Available: <https://www.bellota.com/para-la-agricultura/corte-y-poda-manual/tijeras/tijeras-de-una-mano/tijera-de-una-mano-bypass-de-largo-alcance-extensible-garden-line-3612/3612>. [Último acceso: 26 01 2023].
- [16] S. Casco, Diseño y Construcción del mecanismo de corte de una podadora hidráulica manual para árboles frutales, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2023.
- [17] M. Abasolo, S. Novalpotro, E. Iriondo y J. Corral, Diseño de Máquinas. Uniones Atornilladas, OCW, 2015.
- [18] JORESA, CADENAS DE RODILLOS SERIE ISO 606, CATALOGO JORESA.

# ANEXO I: Casa de la Calidad



## ANEXO II: Ponderación de Criterios y Evaluación de Alternativas

### Módulo 1: Sistema de Extensión Telescópico

#### Ponderación de Criterios

Resistencia>Costo>Peso=Fabricación						
	Peso	Costo	Resistencia	Fabricación	$\Sigma+1$	Ponderación
Peso		0	0.5	0.5	2	0.2
Costo	1		0	0.5	2.5	0.25
Resistencia	0.5	1		1	3.5	0.35
Fabricación	0.5	0.5	0		2	0.2
				Suma	10	1

#### Evaluación Criterio Peso

Alternativa1=Alternativa4>Alternativa2=Alternativa5>Alternativa3=Alternativa6								
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	Alternativa 6	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0.5	1	0.5	0.5	1	4.5	0.214
Alternativa 2	0.5		0.5	0.5	0.5	0.5	3.5	0.167
Alternativa 3	0	0.5		0	0.5	0.5	2.5	0.119
Alternativa 4	0.5	0.5	1		0.5	1	4.5	0.214
Alternativa 5	0.5	0.5	0.5	0.5		0.5	3.5	0.167
Alternativa 6	0	0.5	0.5	0	0.5		2.5	0.119
						Total	21	

#### Evaluación Criterio Costo

Alternativa3> Alternativa6>Alternativa2>Alternativa5>Alternativa1>Alternativa2								
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	Alternativa 6	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0	0	2	0.095
Alternativa 2	1		0	1	1	0	4	0.190
Alternativa 3	1	1		1	1	1	6	0.286
Alternativa 4	0	0	0		0	0	1	0.048
Alternativa 5	1	0	0	1		0	3	0.143
Alternativa 6	1	1	0	1	1		5	0.238
						Total	21	



### Evaluación Criterio Resistencia

Alternativa2>Alternativa3>Alternativa1>Alternativa5>Alternativa6>Alternativa4								
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	Alternativa 6	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	1	1	4	0.190
Alternativa 2	1		1	1	1	1	6	0.286
Alternativa 3	1	0		1	1	1	5	0.238
Alternativa 4	0	0	0		0	0	1	0.048
Alternativa 5	0	0	0	1		1	3	0.143
Alternativa 6	0	0	0	1	0		2	0.095
Total							21	

### Evaluación Criterio Fabricación

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	Alternativa 6	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	0.5	0	0	1.5	0.071
Alternativa 2	1		0.5	1	0.5	0.5	4.5	0.214
Alternativa 3	1	0.5		1	0.5	0.5	4.5	0.214
Alternativa 4	0.5	0	0		0	0	1.5	0.071
Alternativa 5	1	0.5	0.5	1		0.5	4.5	0.214
Alternativa 6	1	0.5	0.5	1	0.5		4.5	0.214
Total							21	

## ANEXO III: Ponderación de Criterios y Evaluación de Alternativas

### Módulo 2: Sistema de Transmisión

#### Evaluación Criterio Peso

Alternativa2>Alternativa1>Alternativa3					
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	2	0.333
Alternativa 2	1		1	3	0.500
Alternativa 3	0	0		1	0.167
Total				6	

#### Evaluación Criterio Costo

Alternativa1>Alternativa3>Alternativa2					
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0.5	1	2.5	0.417
Alternativa 2	0.5		0	1.5	0.250
Alternativa 3	0	1		2	0.333
Total				6	

#### Evaluación Criterio Mantenimiento

Alternativa1>Alternativa3>Alternativa2					
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0.500
Alternativa 2	0		0	1	0.167
Alternativa 3	0	1		2	0.333
Total				6	

#### Evaluación Criterio Complejidad

Alternativa3>Alternativa1>Alternativa2					
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	0	2	0.333
Alternativa 2	0		0	1	0.167
Alternativa 3	1	1		3	0.500
Total				6	

## ANEXO IV: Protocolo de Pruebas

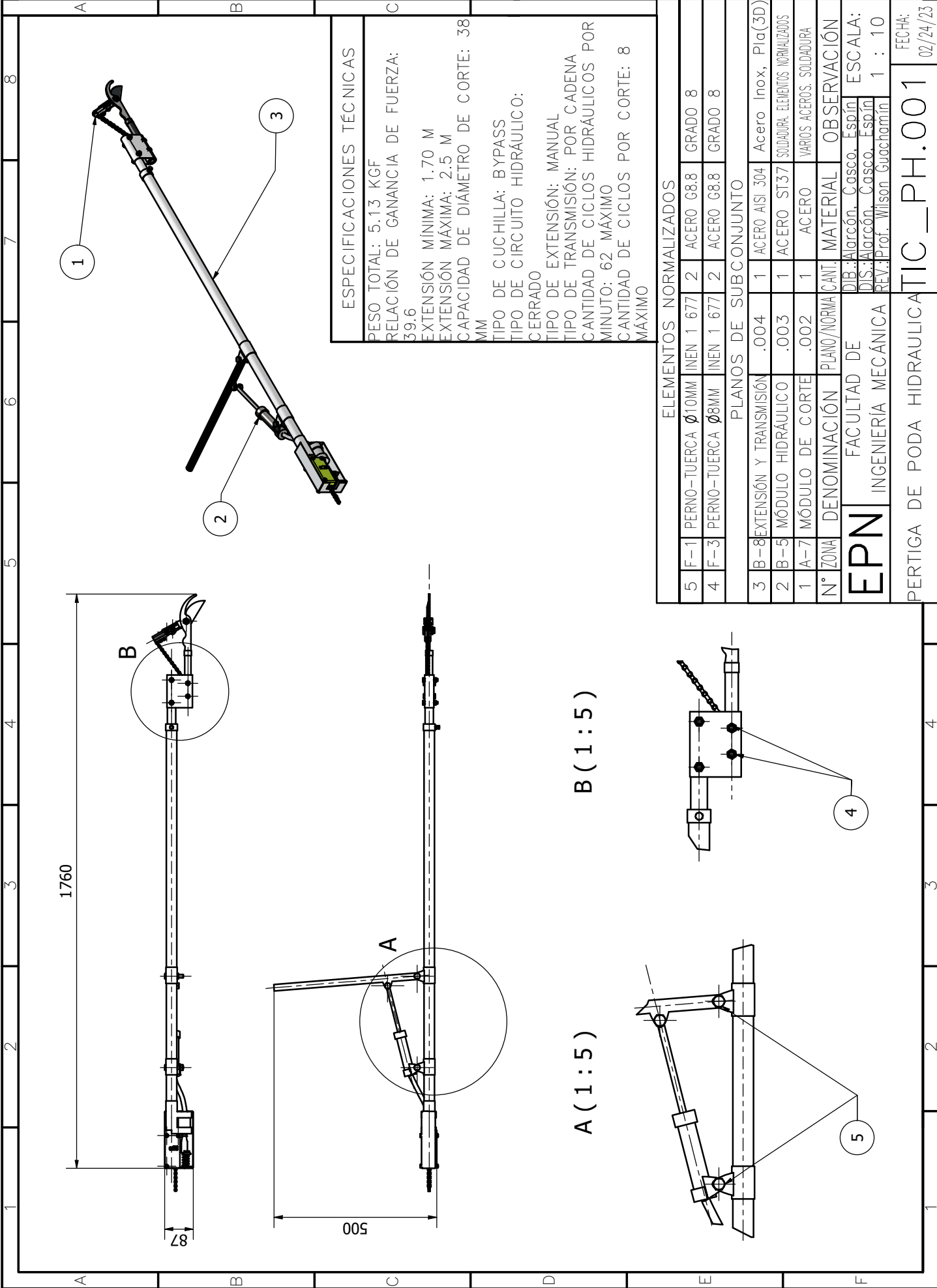
<b>MAQUINA:</b>	<b>PODADORA HIDRÁULICA MANUAL</b>	<b>FECHA:</b>	2/18/2023	
<b>ESTUDIANTES</b>	Alarcón Andrés	<b>PROFESOR:</b>	Ing. Wilson Guachamin	
	Casco Sebastián	<b>HORA INICIAL</b>	8H	00MIN
	Espin Leandro	<b>HORA FINAL</b>	9H	00MIN

<b>LISTA DE VERIFICACIÓN DE ESTADO DE LA MÁQUINA ANTES DEL INICIO DE PRUEBAS</b>		
<b>ASPECTO DE INSPECCIÓN</b>	<b>CHEQUEO</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
Verificación de las cuchillas	✓	N/A
Verificación del resorte de restitución de las cuchillas	✓	N/A
Verificación de la posición de la cadena	✓	N/A
verificación del mecanismo de extensión	✓	N/A
Verificación de aceite del macanismo hidráulico	✓	N/A
Verificación de la palanca de accionamiento del hidráulico	✓	N/A
Verificación de la caja de transmisión	✓	N/A
Verificación del resorte de restitución del piston actuador	✓	N/A
Verificación de la carrera de los pistones	✓	

<b>TOMA DE DATOS (MÁQUINA CONECTADA Y ENCENDIDA )</b>		
<b>ASPECTO DE INSPECCIÓN</b>	<b>PARÁMETRO</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
Verificar del movimiento de las partes de la máquina previo al corte	✓	Cierre de las cuchillas en su máxima apertura en 8 carreras.
Verificación de la restitución de las partes para un nuevo corte	✓	N/A


<b>FUNCIONAMIENTO (MÁQUINA EN OPERACIÓN ) PARA EL CORTE DE RAMAS</b>		
<b>ASPECTO DE INSPECCIÓN</b>	<b>PARÁMETRO</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
Corte de Rama 1	D = 1 [cm]	Ejecución del corte en 2 carreras
Corte de Rama 2	D = 2 [cm]	Ejecución del corte en 4 carreras
Corte de Rama 3	D = 3 [cm]	Ejecución del corte en 6 carreras
Corte de Rama 4	D = 4 [cm]	Ejecución del corte en 8 carreras
Corte con la pertiga extendida al máximo	D = 3 [cm]	Ejecución del corte en 6 carreras
Fotografías de resultado de los cortes	✓	Para verificación de la calidad de corte de la maquina
<b>D = diámetro promedio de la rama</b>		

## **ANEXO V: PLANOS**



**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

PESO TOTAL: 5.13 KGF  
 RELACIÓN DE GANANCIA DE FUERZA: 39.6  
 EXTENSIÓN MÍNIMA: 1.70 M  
 EXTENSIÓN MÁXIMA: 2.5 M  
 CAPACIDAD DE DIÁMETRO DE CORTE: 38 MM  
 TIPO DE CUCHILLA: BYPASS  
 TIPO DE CIRCUITO HIDRÁULICO: CERRADO  
 TIPO DE EXTENSIÓN: MANUAL  
 TIPO DE TRANSMISIÓN: POR CADENA  
 CANTIDAD DE CICLOS HIDRÁULICOS POR MINUTO: 62 MÁXIMO  
 CANTIDAD DE CICLOS POR CORTE: 8 MÁXIMO

**ELEMENTOS NORMALIZADOS**

5	F-1	PERNO-TUERCA Ø10MM	INEN 1-677	2	ACERO 68.8	GRADO 8
4	F-3	PERNO-TUERCA Ø8MM	INEN 1-677	2	ACERO 68.8	GRADO 8

**PLANOS DE SUBCONJUNTO**

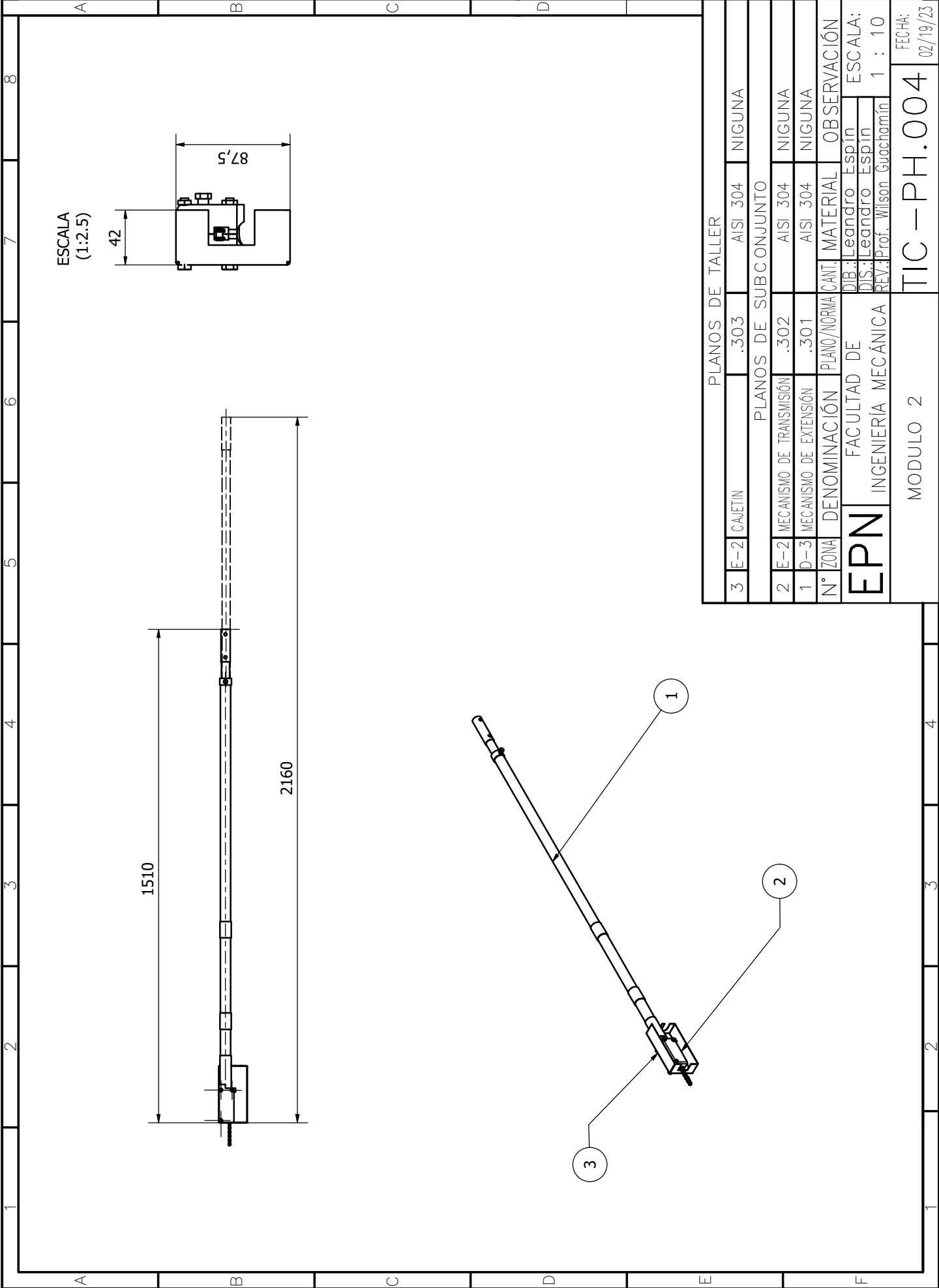
3	B-8	EXTENSIÓN Y TRANSMISIÓN	.004	1	ACERO AISI 304	Acero Inox, Pla(3D)
2	B-5	MÓDULO HIDRÁULICO	.003	1	ACERO ST37	SOLDADURA, ELEMENTOS NORMALIZADOS
1	A-7	MÓDULO DE CORTE	.002	1	ACERO	VARIOS ACEROS, SOLDADURA

**Nº ZONA DENOMINACIÓN PLANO/NORMA CANT. MATERIAL OBSERVACIÓN**

**EPN** FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA  
 DIB.: Alarcón, Casco, Espín  
 DIS.: Alarcón, Casco, Espín  
 REV.: Prof. Wilson Guachamin

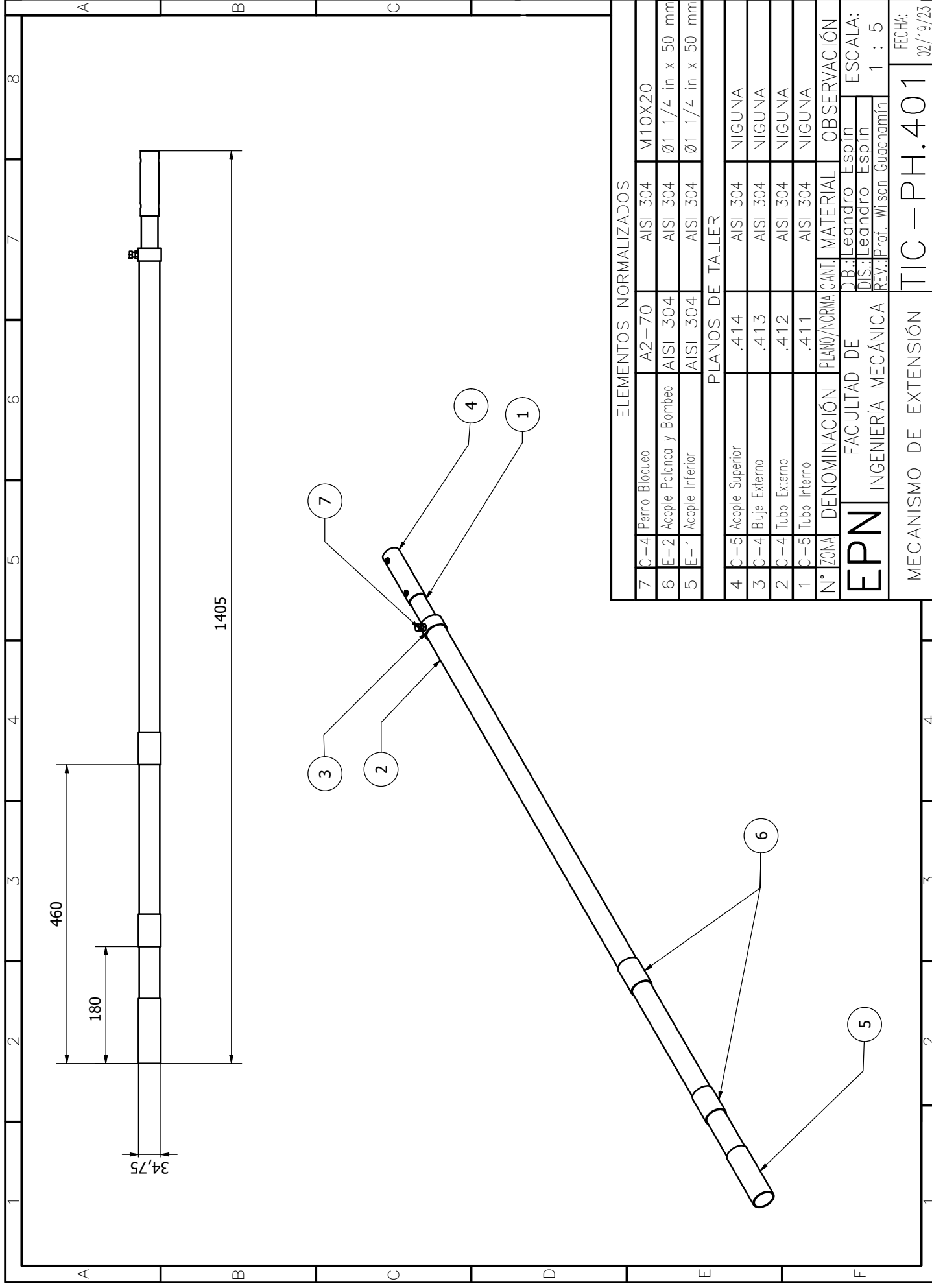
ESCALA: 1 : 10  
 OBSERVACIÓN: ESCALA: 1 : 10

PERTIGA DE PODA HIDRAULICA **TIC\_PH.001**  
 FECHA: 02/24/23



ESCALA  
(1:2.5)

PLANOS DE TALLER			
3	E-2 CAJETIN	.303	AIISI 304 NIGUNA
PLANOS DE SUBCONJUNTO			
2	E-2 MECANISMO DE TRANSMISIÓN	.302	AIISI 304 NIGUNA
1	D-3 MECANISMO DE EXTENSIÓN	.301	AIISI 304 NIGUNA
N° ZONA	DENOMINACIÓN	PLANO/NORMA	CANT. MATERIAL OBSERVACIÓN
<b>EPN</b>	FACULTAD DE	Leandro Espín	ESCALA:
	INGENIERÍA MECÁNICA	Leandro Espín	1 : 10
		Prof. Wilson Guachamin	
MODULO 2		<b>TIC-PH.004</b>	
		FECHA: 02/19/23	



ELEMENTOS NORMALIZADOS

7	C-4	Perno Bloqueo	A2-70	AISI 304	M10X20
6	E-2	Acople Palanca y Bombeo	AISI 304	AISI 304	Ø1 1/4 in x 50 mm
5	E-1	Acople Inferior	AISI 304	AISI 304	Ø1 1/4 in x 50 mm

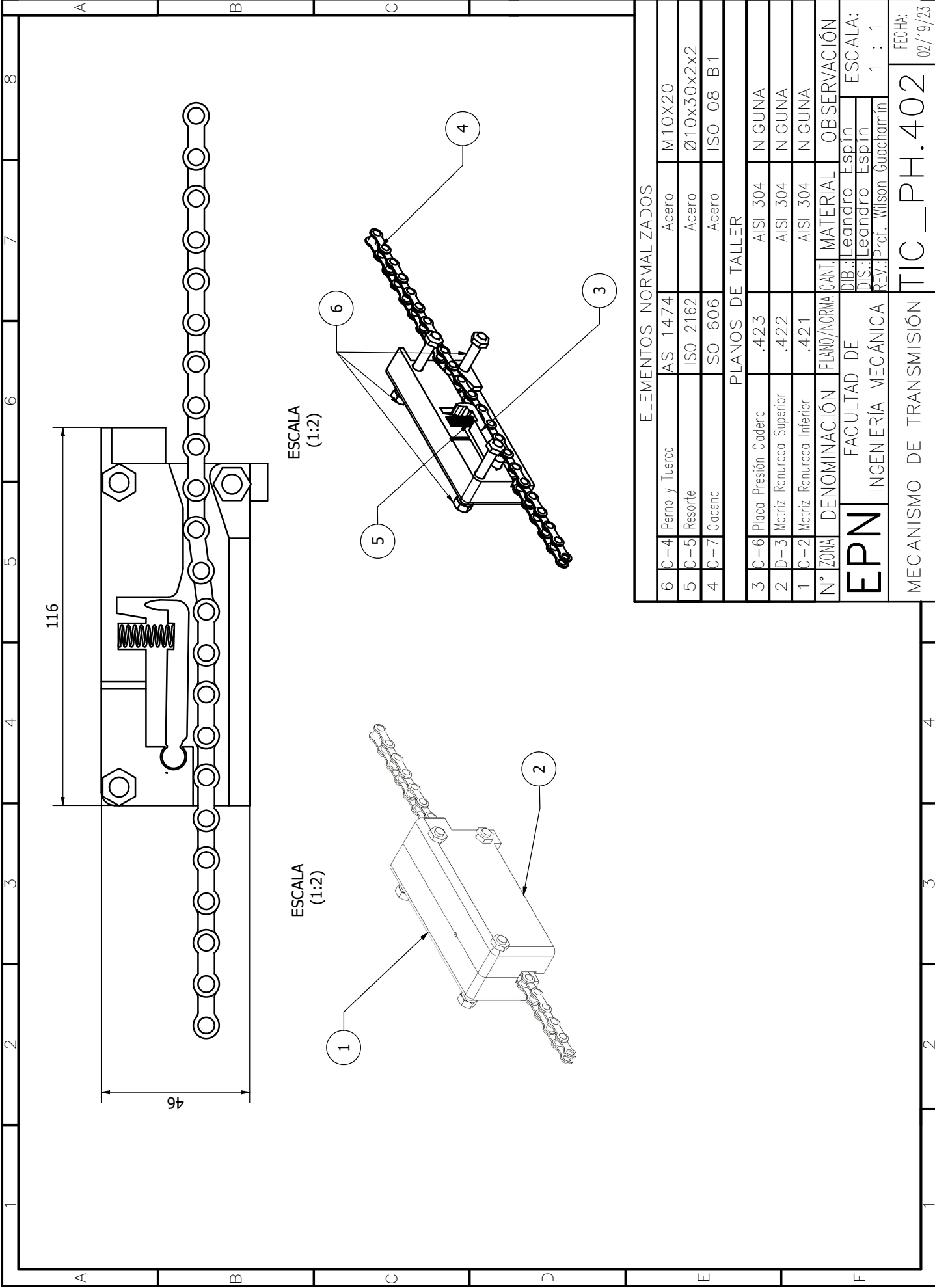
PLANOS DE TALLER

4	C-5	Acople Superior	.414	AISI 304	NIGUNA
3	C-4	Buje Externo	.413	AISI 304	NIGUNA
2	C-4	Tubo Externo	.412	AISI 304	NIGUNA
1	C-5	Tubo Interno	.411	AISI 304	NIGUNA

N° ZONA	DENOMINACIÓN	PLANO/NORMA	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN
<b>EPN</b>	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		DIB.:	Leandro Espín	ESCALA: 1 : 5
			DIS.:	Leandro Espín	
			REV.:	Prof. Wilson Guachamín	

MECANISMO DE EXTENSION		<b>TIC-PH.401</b>		FECHA:	02/19/23
------------------------	--	-------------------	--	--------	----------





ELEMENTOS NORMALIZADOS

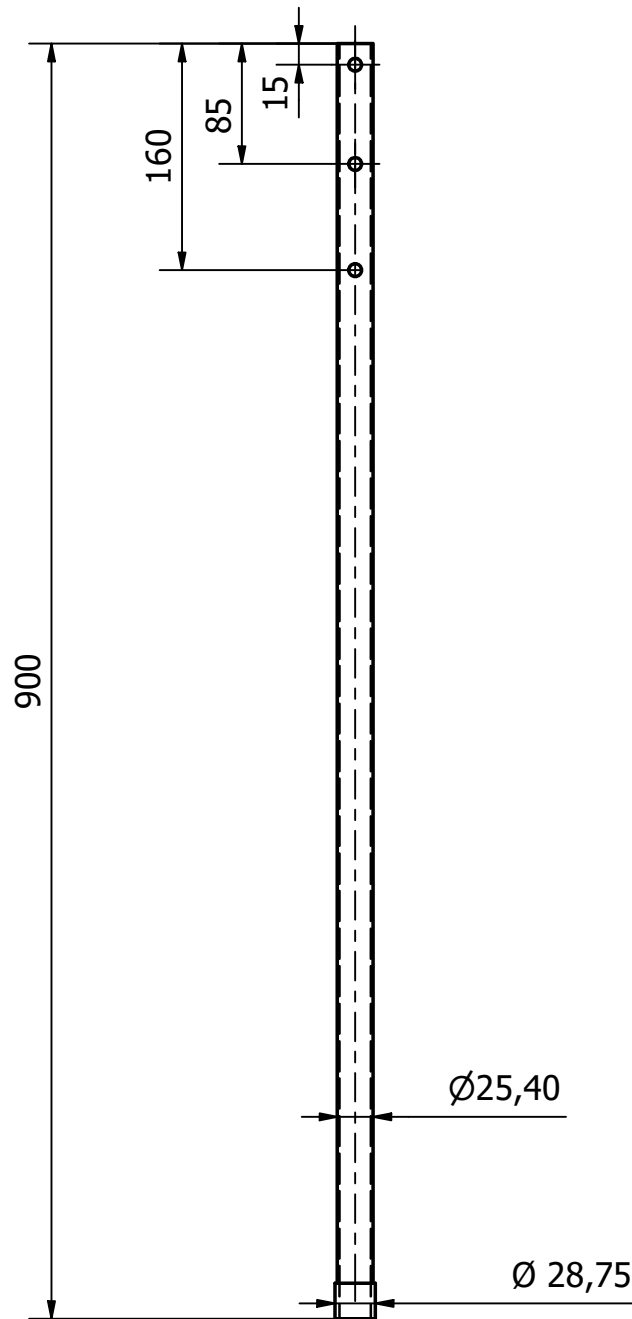
6	C-4	Perno y Tuerca	AS 1474	Acero	M10X20
5	C-5	Resorte	ISO 2162	Acero	Ø10x30x2x2
4	C-7	Cadena	ISO 606	Acero	ISO 08 B1

PLANOS DE TALLER

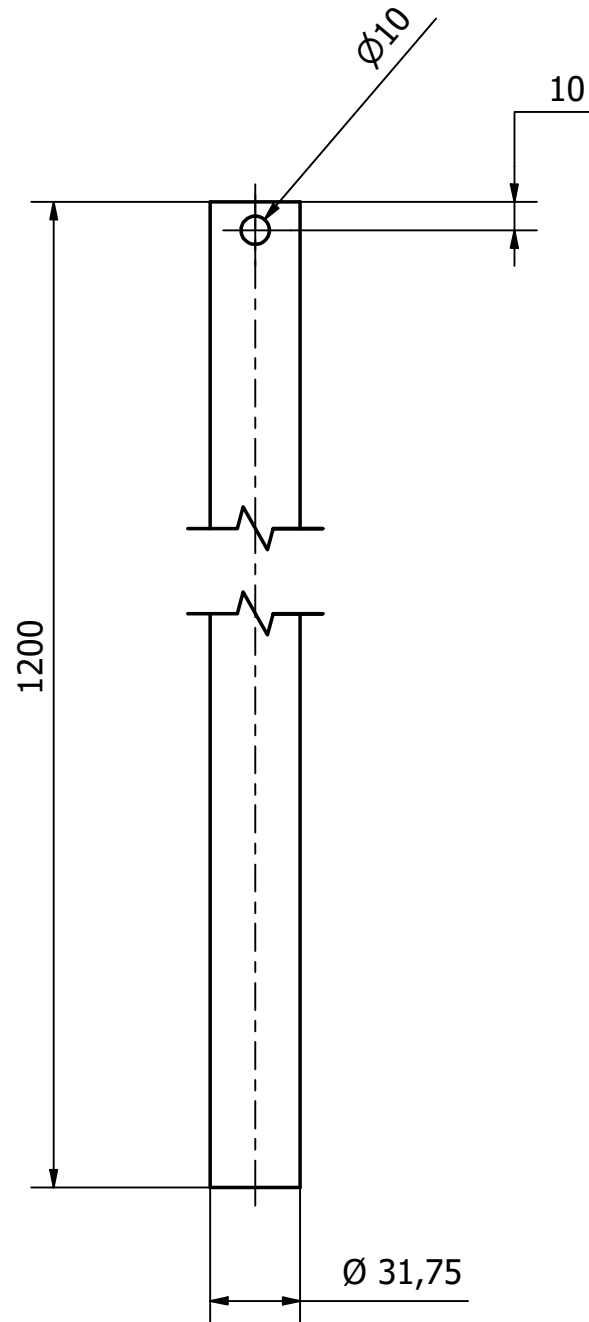
3	C-6	Placa Presión Cadena	.423	AISI 304	NIGUNA
2	D-3	Matriz Ranurada Superior	.422	AISI 304	NIGUNA
1	C-2	Matriz Ranurada Inferior	.421	AISI 304	NIGUNA

N° ZONA	DENOMINACIÓN	PLANO/NORMA	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN		
						DIB.: Leandro Espín	ESCALA:
						DIS.: Leandro Espín	1 : 1

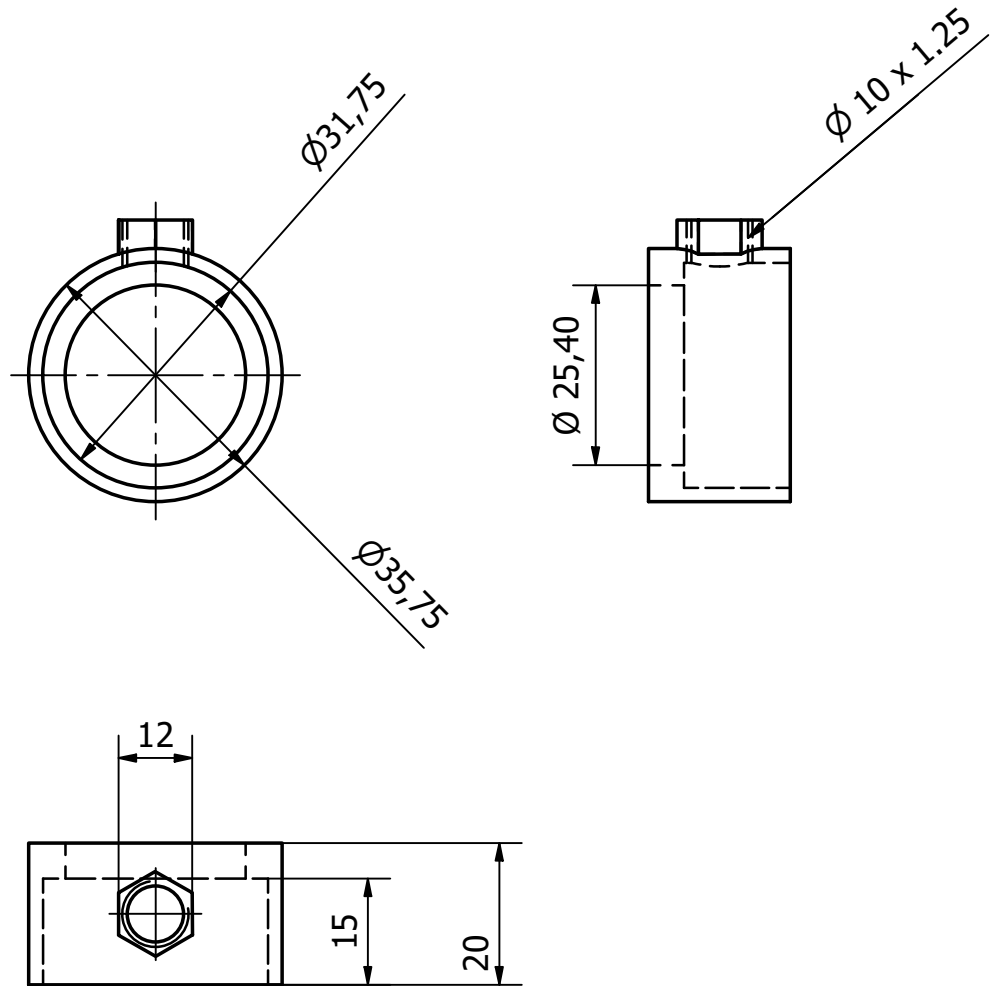
MECANISMO DE TRANSMISIÓN	TIC_PH.402	FECHA:	02/19/23
--------------------------	------------	--------	----------



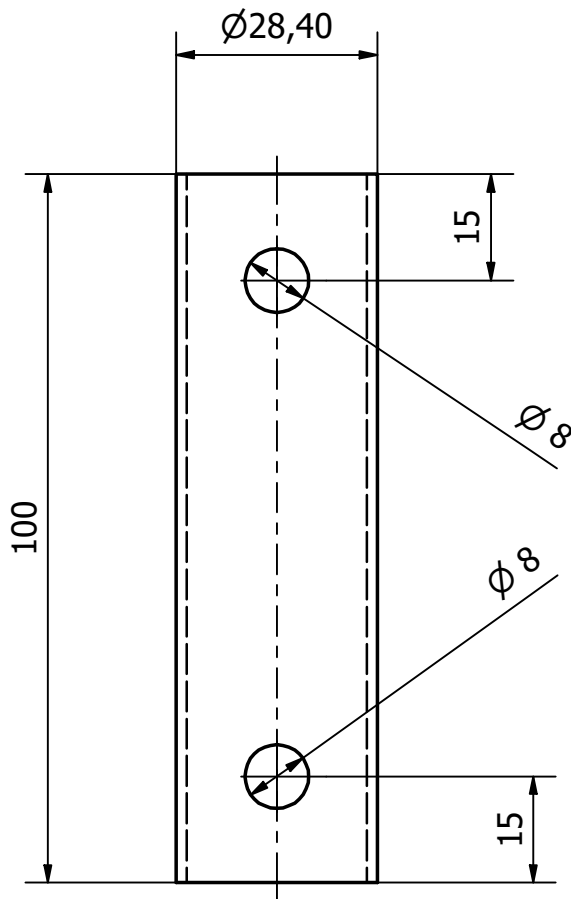
TRAT. TÉRMICO	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
RECUBRIMIENTO	Ninguno		DIB.:	Leandro Espín
MATERIAL:		ESCALA: 1 : 5	DIS.:	Leandro Espín
ACERO AISI 304			TOL. GRAL.:	0,1
Tubo Interno			REV.:	Prof. Wilson Guachamín
		TIC – PH.411	FECHA:	02/19/23



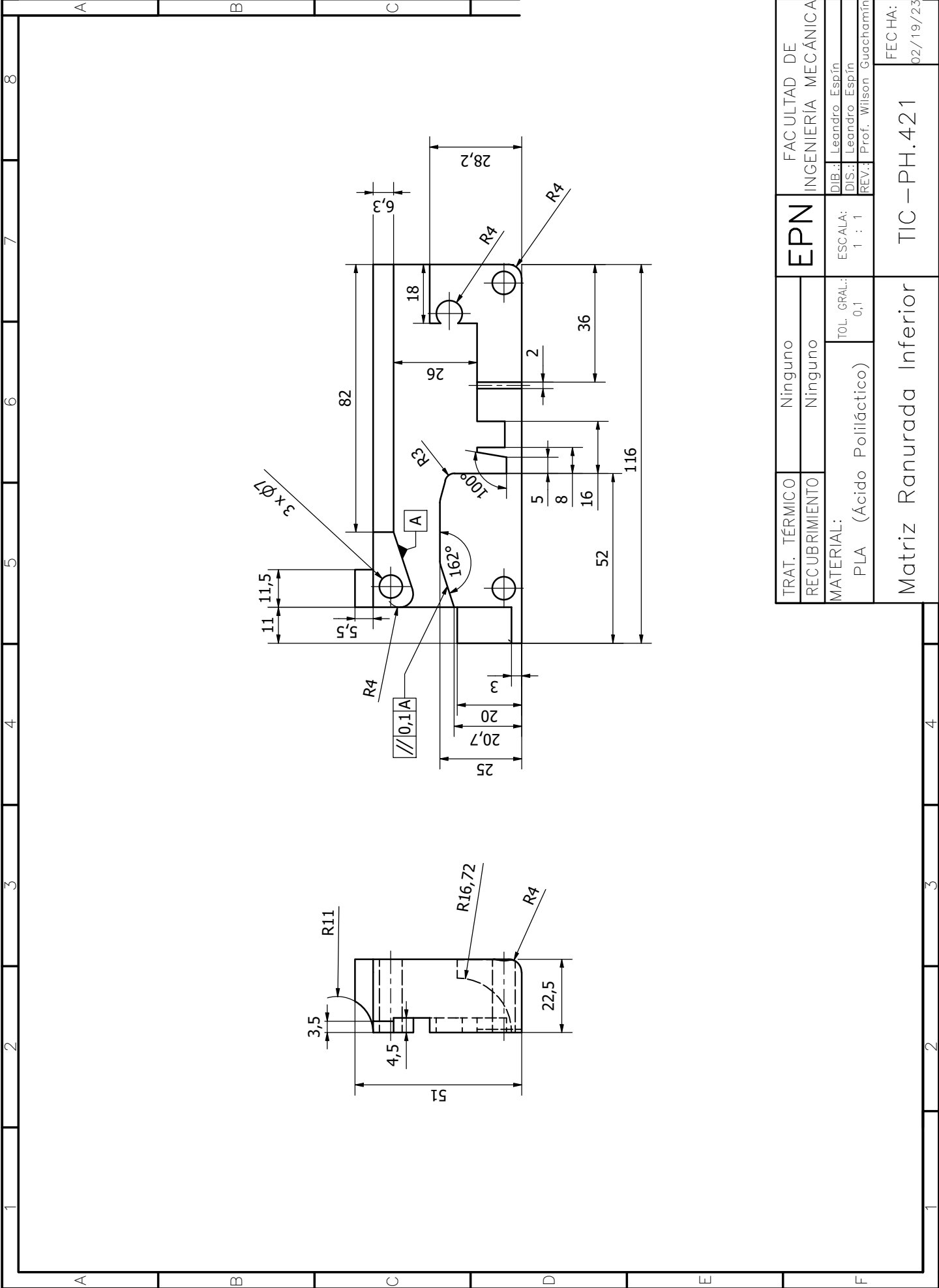
TRAT. TÉRMICO	Ninguno	<b>EPN</b>	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
RECUBRIMIENTO	Ninguno		DIB.:	Leandro Espín
MATERIAL:		ESCALA: 1 : 2.5	DIS.:	Leandro Espín
Acero AISI 304			TOL. GRAL.:	0,1
Tubo Externo			REV.:	Prof. Wilson Guachamín
		TIC – PH.412	FECHA:	02/19/23



TRAT. TÉRMICO	Ninguno	<b>EPN</b>	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
RECUBRIMIENTO	Ninguno		DIB.: Leandro Espín	
MATERIAL: Acero AISI 304		TOL. GRAL.: 0,1	ESCALA: 1 : 1	DIS.: Leandro Espín
				REV.: Prof. Wilson Guachamín
Buje Externo		TIC – PH.413		FECHA: 02/19/23

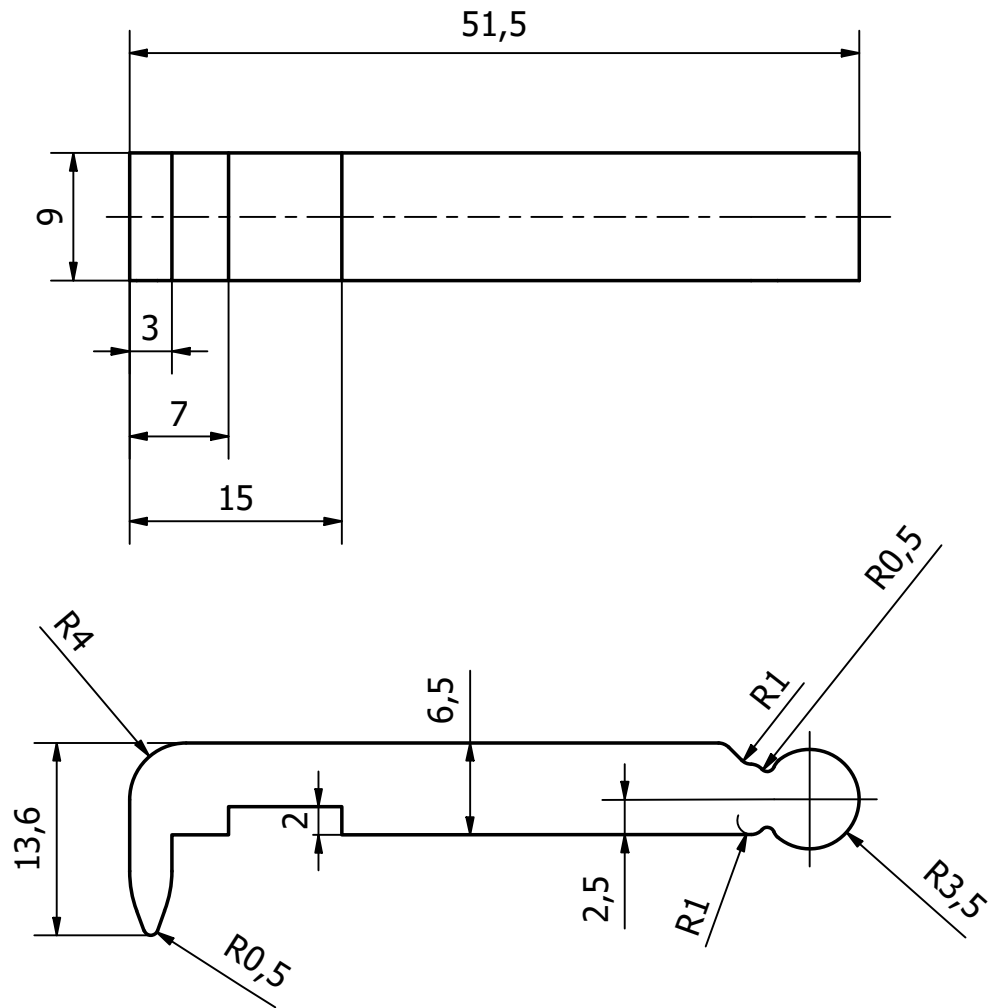


TRAT. TÉRMICO	Ninguno	<b>EPN</b>	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
RECUBRIMIENTO	Ninguno		DIB.:	Leandro Espín
MATERIAL:		ESCALA: 1 : 1	DIS.:	Leandro Espín
Acero AISI 304			TOL. GRAL.:	0,1
			REV.:	Prof. Wilson Guachamín
Acople Superior		TIC – PH.414		FECHA: 02/19/23



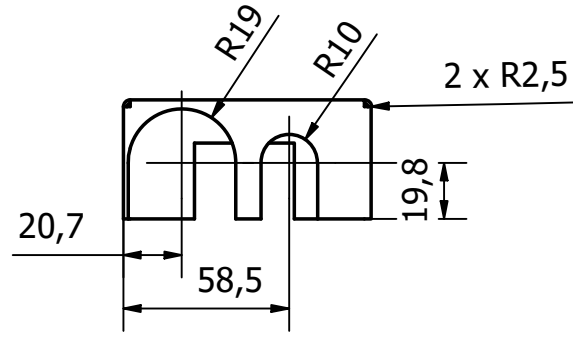
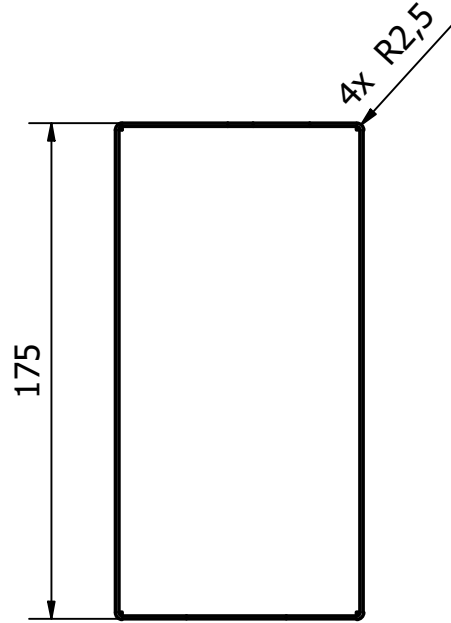
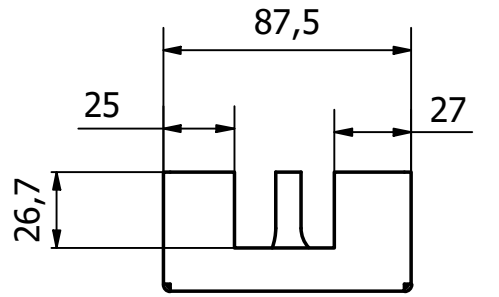
TRAT. TÉRMICO	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA
RECUBRIMIENTO	Ninguno	ESCALA:	DIB.: Leandro Espín
MATERIAL:	PLA (Ácido Poliláctico)	TOL. GRAL:	DIS.: Leandro Espín
		0,1	REV.: Prof. Wilson Guachamin
			FECHA:
			02/19/23
Matriz Ranurada Inferior		TIC - PH.421	





TRAT. TÉRMICO	Ninguno	<b>EPN</b>	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		
RECUBRIMIENTO	Ninguno		DIB.:	Leandro Espín	
MATERIAL: PLA (Ácido Poliláctico)		TOL. GRAL.: 0,1	ESCALA: 2 : 1	DIS.:	Leandro Espín
				REV.:	Prof. Wilson Guachamín
Placa Presión Cadena			TIC – PH.423		FECHA: 02/19/23





TRAT. TÉRMICO	Ninguno	<b>EPN</b>	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
RECUBRIMIENTO	Ninguno		DIB.:	Leandro Espín
MATERIAL:		ESCALA: 1 : 2.5	DIS.:	Leandro Espín
Acero AISI 304			REV.:	Prof. Wilson Guachamín
			TOL. GRAL.:	0,1
Cajetín		TIC – PH.403		FECHA: 02/19/23